РОССИЙСКАЯ АКАДЕМИЯ НАУК СИБИРСКОЕ ОТДЕЛЕНИЕ
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ НАУКИ
ИНСТИТУТ ЭКОНОМИКИ И ОРГАНИЗАЦИИ ПРОМЫШЛЕННОГО ПРОИЗВОДСТВА
СИБИРСКОГО ОТДЕЛЕНИЯ РОССИЙСКОЙ АКАДЕМИИ НАУК

Бурматова О.П.

МЕТОДОЛОГИЯ И ИНСТРУМЕНТАРИЙ АНАЛИЗА ЭКОЛОГО-ЭКОНОМИЧЕСКИХ АСПЕКТОВ РЕГИОНАЛЬНОГО РАЗВИТИЯ

Под редакцией
д. э. н. А.С. Новоселова

Новосибирск
2021

УДК 338.9
ББК 65.9(2Р)30-2
Б 912

Рецензенты:
д.э.н. Е.А. Коломак, д.э.н. Т.О. Тагаева, д.э.н. И.В. Филимонова

Б 912 Бурматова О.П. **Методология и инструментарий анализа эколого-экономических аспектов регионального развития** / Под ред. А.С. Новоселова. – Новосибирск: ИЭОПП СО РАН, 2021. – 442 с.

ISBN 978-5-89665-360-8

В монографии рассмотрены теоретические и методические проблемы прогнозирования развития территориальных эколого-экономических систем для обоснования управленческих решений на отдельной территории. Выполнены исследования влияния экологических факторов на формирование территориальных производственных систем и предложены способы их учета. На основе изучения методов экологического регулирования в системе государственной экологической политики за рубежом и в России выявлены их особенности и возможности, показаны «болевые точки» экологической политики в России и предложены рекомендации по совершенствованию механизма управления охраной окружающей среды. Предложены концептуальные положения формирования региональной стратегии природоохранной деятельности как функции управления и осуществлено их практическое приложение. Разработан комплексный подход и экономико-математический аппарат для анализа эколого-экономических взаимосвязей и учета экологических последствий реализации хозяйственных решений при прогнозировании развития территории. С использованием данного подхода выполнены практические расчеты и предложены рекомендации по рационализации природоохранной деятельности в конкретных регионах для совершенствования методов управления.

Монография предназначена для специалистов, работающих в сфере региональной экономики и управления охраной окружающей среды, включая стратегические и инновационные аспекты регионального развития. Книга может быть полезна также для студентов, аспирантов и преподавателей экономических вузов.

Монография подготовлена по плану НИР ИЭОПП СО РАН, Проект 5.6.3.2. (0260-2021-0006) "Региональное и муниципальное стратегическое планирование и управление в контексте модернизации региональной политики и развития цифровой экономики" (2021–2023 гг.).

УДК 338.9
ББК 65.9(2Р)30-2

ISBN 978-5-89665-360-8

© ИЭОПП СО РАН, 2021
© Бурматова О.П., 2021

ВВЕДЕНИЕ

Обеспечение устойчивого социально-экономического развития, высокого качества жизни и здоровья людей возможно только при условии проведения эффективной экологической политики, координации деятельности в экологической сфере с учетом долгосрочных задач развития. Обострение экологической ситуации во многих регионах России усиливает значимость учета территориальных аспектов использования природных ресурсов и охраны окружающей среды. Данные о современном состоянии окружающей среды в России [182; 395] показывают, что по основным экологическим показателям ситуация в динамике ухудшается, т.е. в целом растут масштабы негативного воздействия на окружающую среду. В настоящее время 17% территории страны относятся к экологически неблагополучным. 20% городов России, в которых проживает 17% городского населения, характеризуются высоким и очень высоким уровнем загрязнения воздуха. Сравнение загрязнения воздуха в городах на территориях федеральных округов показывает, что половина городов с высоким и очень высоким уровнем загрязнения расположены в Сибирском и Уральском федеральных округах [342; 346; 351; 409].

Загрязнение окружающей среды занимает одно из первых мест среди причин заболеваемости и смертности населения, являясь одним из важнейших факторов депопуляции в России [18; 140; 260; 331; 332]. Все это, в свою очередь, свидетельствует о неэффективности проводимой государственной экологической политики (ЭП). В то же время ЭП призвана выражать интересы всего населения страны и являться основой и необходимым катализатором развития.

Особенно актуальной проблема выбора модели взаимоотношений между развитием экономики и обеспечением ее экологической безопасности стала для России в последние годы в связи с необходимостью всесторонней и незамедлительной модернизации экономики и формированием инновационного механизма эколого-экономического развития. Обострение экологических проблем повышает требования регионализации ЭП, упорядочения и управления природопользованием в долгосрочной перспективе. В связи с этим становится насущной необходимость выработки эффективной стратегии природоохранной деятельности в регионе. Экологические последствия любой хозяйственной деятельности возникают и проявляются в первую очередь на конкретной территории. Преимущественно локальный характер антропогенного воздействия на процессы воспроизводства природных ресурсов и состояние окружающей среды требует поиска путей эффективного решения экологических проблем с учетом как особенностей природных факторов и условий территории, так и специфики производственной и пространственной структуры ее хозяйства.

В последние годы в сфере природопользования происходит смещение акцентов на проблемы управления природными ресурсами и окружающей средой. Эффективное управление в природоохранной сфере и, соответственно, проведение результативной государственной ЭП, в том числе на уровне субъектов Российской Федерации, невозможно без решения комплекса задач, одной из которых является выработка стратегии природоохранной деятельности и поиск путей ее реализации. Наличие природоохранной стратегии в регионе позволяет охватывать в совокупности основные направления ЭП на территории с учетом перспектив развития региональной экономики. Разработка и реализация региональной природоохранной стратегии должна отражать необходимость интеграции экологических проблем в стратегию социально-экономического развития региона. Обеспечение устойчивого роста региональной хозяйственной системы невозможно в условиях деградации окружающей среды, приводящей к её неспособности обеспечивать предпосылки для здоровой жизни людей и долгосрочного экономического развития. Главная задача в связи с этим

заключается в определении возможностей и направлений сбалансированного развития экономики и окружающей среды в регионе с учетом краткосрочных и долгосрочных проблем эколого-экономического взаимодействия. Попытка интегрировать экологические проблемы в экономические стратегии развития региона означает сдвиг от восприятия окружающей среды как внешнего фактора по отношению к региональной экономической системе и самостоятельной сферы исследования к пониманию окружающей среды как составной части социально-экономического развития. Наилучшими возможностями для увязки экономических, социальных и экологических целей долгосрочного развития региона обладают региональные программы социально-экономического развития.

В настоящее время одним из слабых мест различных региональных программ хозяйственного развития является недостаточно полная с точки зрения комплексности анализа проработка проблем рационального природопользования и охраны ОС. Как правило, соответствующие разделы региональных программ характеризуются, по крайней мере, двумя недостатками. Во-первых, экологическая проблематика в них находит отражение чаще всего либо в разрезе отдельных производств, оказывающих негативное воздействие на состояние окружающей среды (без учета эффектов взаимодействия выбросов и сбросов различных источников загрязнения, возможной суммарной антропогенной нагрузки на те или иные компоненты природной среды и т.д.), либо в разрезе отдельных элементов окружающей среды, охватывая загрязнение или воздушного бассейна, или водоемов, или нарушение ландшафта и т.д. При этом за пределами исследования нередко остаются проблемы взаимодействия различных объектов (как действующих, так и намечаемых) друг с другом и с окружающей средой. Во-вторых, подобные исследования с точки зрения экономической оценки последствий антропогенной деятельности нередко ограничиваются лишь оценкой экономического ущерба от загрязнения окружающей среды, оставляя в стороне вопросы определения эффективности осуществления природоохранных мероприятий и, в целом, возможностей получения выгод от природоохранной деятельности. Избежать названных недостатков возможно лишь на основе использования комплексного подхода, позволяющего осуществлять всесторонний анализ эколого-экономических взаимосвязей, возникающих при прогнозировании развития территориальных хозяйственных систем, и предусматривающего разработку и реализацию природоохранной стратегии.

Данная монография призвана внести вклад в исследования по выработке подхода к выстраиванию региональной природоохранной стратегии; выявлению особенностей формирования основных элементов механизма ее реализации, предусматривающего проведение определенного комплекса правовых, экономических, организационных, информационных и других мер, являющихся составной частью общегосударственной ЭП. Поэтому нацеленность данной работы на формирование научно-методических основ механизма управления охраны ОС в регионе, разработку и реализацию комплекса мероприятий по улучшению качества среды обитания человека, а также разработку аппарата анализа эколого-экономических взаимодействий в регионе представляется своевременной.

Исследования различных аспектов проблемы охраны ОС широко ведутся в нашей стране и за рубежом. Для современных работ российских ученых характерен переход от ограничительной концепции (необходимости осуществления контроля над экологическими параметрами производства, когда экологические требования выступают внешним по отношению к экономике фактором) к системному рассмотрению эколого-экономических взаимодействий. Наибольшее влияние на формирование замысла настоящей работы оказали исследования:

● *по теории устойчивого развития и научному обоснованию концепции эколого-экономического развития Российской Федерации* – Т.А. Акимовой [5], Ю.М. Арского [13], С.Н. Бобылева [31; 32; 33; 34; 35; 36], В.И. Данилова-Данильяна [13; 165; 167; 365], В.М. Захарова [36; 37; 389], Ю.А. Израэля [196], К.Я Кондратьева [13; 222], В.А. Коптюга [224; 225; 226; 227; 289], В.М. Котлякова [13; 232; 305], К.С. Лосева [13; 167; 254], Д.С. Львова [257; 335], Н.Н. Марфенина [264], Н.Н. Моисеева [280; 281], П.Г. Олдака [294], Н.В. Пахомовой [304], Б.Н. Порфирьева [319; 320; 321; 322], Л.Д. Урсула [387; 388], В.В. Хаскина [5], Н.Н. Яшаловой [419; 420; 421] и других ученых, исследования которых в значительной мере восходят к теории ноосферного развития В.И. Вернадского [124; 125], базирующейся на идее гармонизации взаимодействия общества и природы. Важное значение в формировании концепции устойчивого развития имеют работы Международной комиссии по окружающей среде и развитию под руководством Г.Х. Брундтланд [286; 436], а также исследования Римского клуба [269; 270; 311; 323; 344; 447; 448; 449; 450; 463 и др.];

● *по управлению природопользованием* – Ю.В. Бабиной [20], С.Н. Бобылева [405; 411], В.И. Данилова-Данильяна [163; 164], И.И. Думовой [180; 181], М.Ч. Залиханова [13; 166], Б.Х. Краснопольского [235; 236; 237; 238; 239], В.А. Крюкова [242], М.Я. Лемешева [252], Н.Н. Лукьянчикова [255; 256], Г.М. Мкртчяна [278; 279], А.И. Муравых [239; 283], К.В. Папенова [301], Р.А. Перелета [35; 161; 390], Н.И. Пляскиной [278; 279; 316], А.Е. Севастьяновой [242], И.Л. Тимониной [377; 378; 379], В.В. Шмата [242] и др.;

● *по моделированию эколого-экономических взаимосвязей на различных территориальных уровнях и проблемам формирования эффективной региональной системы регулирования качества окружающей среды* – О.Ф. Балацкого [23], В.И. Данилова-Данильяна [165], П.В. Дружинина [175; 176; 177], В.М. Гильмундинова [140; 141], А. Голуба [145], А.Б. Горстко [147; 148], К.Г. Гофмана [157], А.А. Гусева [159], Л.К. Казанцевой [140; 141; 205; 374; 375], Г.М. Мкртчяна [277], Морошкиной М.В [175; 176], А.А. Музалевского [396], Е.В. Рюминой [348; 349], Е.Б. Струковой [145], Т.О. Тагаевой [140; 141; 205; 373; 374; 375], Е.Н. Ушакова [391; 392; 393; 394], Н.В. Чепурных [402], Г.Т. Шкиперовой [175; 176; 177] и др.;

● *по экономическим проблемам экологической безопасности* – С.Н. Бобылева [37], В.Я. Возняка [132; 410], Э.В. Гирусова [35; 411], В.И. Данилова-Данильяна [166], А.В. Кокина [213], К. Папенова [301], Н.В. Пахомовой [304], И.М. Потравного [256], В.Ф. Протасова [331], Б.Б. Прохорова [332], Е.В. Рюминой [348; 349], А.В. Яблокова [341; 416; 417], Я.Я. Яндыганова [418] и др.;

● *по проблемам экологического права* – С.А. Боголюбова [38; 39], М.М. Бринчука [50; 51; 52], О.JI. Дубовик [179], Т. В. Злотниковой [191], О.С. Колбасова [215], К.В. Колесниковой [216; 217; 218], И.Н. Красновой [234], Т.В. Петровой [308], Н.П. Чуркина [404] и др.

● *по проблемам рационального использования природных ресурсов и охраны окружающей среды* – А.А. Арбатова [410], Л.А. Безрукова [26; 27], И.Н. Волковой [324; 347], Ю.Н. Гладкого [143], Н.Н. Клюева [210], Л.М. Корытного [230; 231], А.А. Минца [276], Г.М. Мкртчяна [277], Т.Г. Нефедовой[347],Г.А. Приваловской [324], Н.Ф. Реймерса [340; 341], Т.Г. Руновой [347], А.И. Чистобаева [143], И.В. Филимоновой [277], Л.В. Эдера [277] и др.;

● *по проблемам регионального развития и стратегирования* – А.Г. Аганбегяна [2;3], С.С. Артоболевского [14], М.К. Бандмана [24], А.Г. Гранберга [365], О.Г. Дмитриевой [178], Б.С. Жихаревича [187], В.В. Ивантера [194], В.И. Клисторина [209], О.В. Кузнецовой [243], В.В. Кулешова [244], Н.И. Лариной [248], В.Н. Лексина [251],

В.Ю. Малова [262; 288], А.С. Маршаловой [290], А.С. Новоселова [290], О.С. Пчелинцева [336], В.Е. Селиверстова [353; 354], В.И. Суслова [369], С.А. Суспицына [370], А.И. Татаркина [376], Г.А. Унтуры [384] и др.

Формирование эффективной системы управления в экологической сфере требует изучения зарубежного опыта, выявления специфических особенностей и причин, определяющих выбор конкретных инструментов управления. Накопленный опыт (в том числе организационный) и практика проведения природоохранной деятельности в других странах могут быть особенно полезными для нашей страны. На современном этапе развития для российской экономической науки представляется полезным изучение имеющегося зарубежного теоретического и практического опыта в области разработки механизма реализации экологической политики. Среди зарубежных ученых и специалистов, внесших большой вклад в решение различных аспектов проблемы минимизации негативного воздействия на ОС и анализ эколого-экономических взаимодействий, следует назвать таких исследователей, как У. Айзард (W.Isard) [4; 195; 440; 441], Айрес (R.U.Ayres) [422], А.Аткинсон (A. Atkinson) [15], Г. Дейли (H.E.Daly) [434], Д. Диксон (D. Dixon) [173; 291], Ван Зеле (R. Van Zele) [462], В. Леонтьев (W. Leontief) [253; 444; 445], Д. Камберленд (J.H. Cumberland) [206; 430; 431; 432; 433], Р. Карпентер (R. Carpenter) [173], Б. Коммонер (B. Commoner) [221], Р.Е. Кон (R.E. Kohn) [442; 443], Р. Дж. Корбач (Korbach R.J.) [206; 431; 432], Д.Л. Медоуз (D.L. Meadows) [269; 270; 271; 323; 447; 448; 449], Д.Х. Медоуз (D.H. Meadows) [269; 270; 271; 323; 447; 448; 449], М. Месарович (M. Mesarovic) [450], Мюллер Ф. (F. Muller) [451; 452], П. Ниджкамп (P. Nijkamp) [453], А. Низ (A. Kneese) [422], Е. Пестель (E. Pestel) [450], А. Роуз (A. A Rose) [455], Л. Скура (L. Scura) [173], Д.А. Тернер (G.A. Turner) [459], Р.К. Тернер (R.K. Turner) [460; 461], Т. Титенберг (T.H. Tietenberg) [380], Р. Тос (R.Thoth) [458], Дж. Форрестер (J.W. Forreter) [398; 437; 438], П. Шерман (P. Sherman) [173], С. Шмидхейни (S. Schmidheiny) [456], А. Эндрес (A. Endres) [412], Е. Вайцзеккер (E.Weizsaecker) [463], Ф. Янг (F.W. Young) [464] и др.

Несмотря на обширную тематику названных направлений исследований целый ряд проблем не нашел полного отражения в исследованиях отечественных и зарубежных авторов. Так, недостаточно внимания уделяется проблемам представления региона как единой территориальной социально-экономической системы, для которой характерно наличие тесной взаимосвязи экономических, социальных и природных элементов отдельной территории; вопросам увязки экологических проблем с характером размещения производства, особенностями и масштабами хозяйственной деятельности на отдельной территории; учета пространственного аспекта анализа экологических проблем в регионах нового хозяйственного освоения в долгосрочной перспективе; комплексного охвата экологических проблем, а не только загрязнения воды или воздуха. Недостаточно разработан инструментарий для анализа проблем рекультивации нарушенных земель, утилизации отходов, влияния загрязнения на состояние здоровья населения, взаимодействия водохранилищ с хозяйством региона и др. Требуют проработки вопросы эффективного регулирования эколого-экономических взаимодействий в условиях модернизации российской экономики и перехода на инновационный путь развития и др.

Сложность и масштабность перечисленных проблем, их актуальность и возрастающая теоретическая и практическая значимость обусловили выбор круга рассматриваемых вопросов, нацеленных на разработку теоретических и методических основ прогнозирования развития территориальных эколого-экономических систем для обоснования управленческих решений на отдельной территории.

Подобная целевая установка потребовала решения следующих основных задач:

– выполнить исследование влияния экологических факторов на формирование территориальных производственных систем и предложить способы их учета в целях обоснования управленческих решений;

– на основе изучения методов экологического регулирования в системе государственной экологической политики за рубежом и в России выявить их особенности и возможности, показать «болевые точки» экологической политики в России и выработать рекомендации по совершенствованию механизма управления охраной окружающей среды;

– обосновать выбор региональных программ как одного из средств увязки экономических, социальных и экологических целей развития территории и выявить место экологической подсистемы в их структуре;

– разработать концептуальные положения формирования региональной стратегии природоохранной деятельности как функции управления и осуществить их практическое приложение;

– разработать комплексный подход и экономико-математический аппарат для анализа эколого-экономических взаимосвязей и учета экологических последствий реализации хозяйственных решений при прогнозировании развития территории;

– предложить и осуществить практическую реализацию методических подходов к анализу отдельных направлений природоохранной деятельности на территории, включая рекультивацию земель, охрану здоровья населения, утилизацию отходов и др.;

– выполнить практические расчеты с использованием разработанного подхода и аппарата, проанализировать их результаты и предложить рекомендации по рационализации природоохранной деятельности в конкретных регионах для совершенствования методов управления.

В соответствии с этим в монографии выделены несколько направлений исследования.

Во-первых, обосновано, что поиск адекватных путей решения экологических проблем необходим прежде всего на уровне территориальных эколого-экономических систем как отдельных ограниченных компактных территорий с наличием тесных взаимосвязей ее элементов для детального учета взаимного влияния природно-климатической специфики и социально-экономических особенностей развития территории на формирование экологической ситуации. Без учета индивидуальных особенностей конкретного объекта регулирования и прямых и обратных связей в системе «хозяйство-население-окружающая среда» меры экологической политики часто оказываются безуспешными, поэтому подход к анализу влияния экологических факторов на развитие территориальных хозяйственных сочетаний должен быть системным.

Во-вторых, результативность управления в сфере охраны окружающей среды определяется проводимой экологической политикой на всех уровнях власти и проявляется в снижении негативного воздействия на окружающую среду. В результате анализа зарубежного опыта разработки методов государственного регулирования в сфере охраны окружающей среды выявлены общие черты и особенности методов экологического регулирования в развитых странах. Анализ основных направлений и тенденций формирования механизма экологической политики в России, включая становление экологической политики; причин и основных направлений деэкологизации государственного управления и актуальных современных экологических проблем, позволил обосновать назревшие преобразования в сфере управления природоохранной деятельностью и высказать предложения по актуальным направлениям улучшения экологической политики.

В-третьих, предложены концептуальные основы разработки стратегии природоохранной деятельности в регионе, в рамках которых проанализированы факторы форми-

рования природоохранной стратегии и предложен подход к прогнозированию экологических последствий хозяйственной деятельности в рамках экологического стратегирования. Данный подход был впервые апробирован при подготовке ряда стратегических документов на материалах Новосибирской области. Выполненный комплексный анализ экологической обстановки в регионе позволил сформулировать вызовы, цели, задачи и приоритеты в экологической сфере, определить стратегические направления природоохранной деятельности; оценить возможные сценарии решения экологических проблем в рамках формируемой стратегии социально-экономического развития региона, выполнить прогноз загрязнения окружающей среды, предложить систему природоохранных мероприятий и выявить условия ее реализации. Тем самым обоснована возможность формирования тенденции постепенного улучшения экологической обстановки в Новосибирской области.

В-четвертых, разработан комплексный подход к учету эколого-экономических взаимодействий при прогнозировании развития территории, который базируется на использовании аппарата, включающего систему авторских оптимизационных моделей и ряд методик по анализу экологических последствий реализации отдельных хозяйственных решений, и позволяет осуществлять всесторонний и достаточно детальный анализ таких последствий с учетом специфики формирования экологической ситуации в регионе и обеспечивать сбалансированное эколого-экономическое развитие территории.

В рамках разработанного подхода предложены также две методики:

1) методика оценки формирования возможного качества воды в водохранилищах в зависимости от вариантов расположения створов ГЭС и возможных производственных объектов в зоне водохранилищ;

2) методика оценки влияния факторов окружающей среды на здоровье населения и выявления возможности размещения в пределах отдельной территории объектов теплоэнергетики с позиций возможного влияния их выбросов на здоровье.

Разработанный подход ориентирован не только на всесторонний охват экологических проблем на территории и поиск путей их решения, но и на получение дополнительной информации для целей управления. Подход реализован, в частности, при решении практических задач на материалах Нижнего Приангарья.

В-пятых, открытая добыча угля требует проведения рекультивации нарушенных земель. Для отражения данного направления предложен авторский подход по оптимизации рекультивационных работ, использование которого позволило увязать во времени, в пространстве и по видам варианты функционирования совокупности угольных разрезов в одном угольном районе и мероприятия по рекультивации земель. Обоснован выбор наилучших вариантов рекультивации в зависимости от степени равномерности разворачивания добычи угля и проведения восстановительных работ на угольных разрезах.

В-шестых, предложен авторский подход к оптимизации системы природоохранных мероприятий при формировании топливно-энергетического комплекса (на примере Шарыповского промышленного узла КАТЭКа), реализация которого позволила с высокой степенью детализации учесть взаимосвязи и зависимость формирования пространственной структуры территории и экологической ситуации и высказать рекомендации по выбору комплекса природоохранных мероприятий.

Полученные результаты могут служить методологической и методической базой для совершенствования государственной политики на разных уровнях управления в сфере охраны окружающей среды, а также могут быть использованы для улучшения методов управления экологической политики в процессе развития территориальных производственных систем.

ГЛАВА 1
МЕТОДОЛОГИЧЕСКИЕ И МЕТОДИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ ФОРМИРОВАНИЯ ПРИРОДООХРАННОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ В РЕГИОНЕ

1.1. Социально-экономическое развитие и новая парадигма природоохранной деятельности

Проблема взаимодействия человеческой деятельности и окружающей среды (ОС) извечна, она с разной степенью остроты существовала на всем протяжении жизни человечества. Ее решение, в конечном счете, должно состоять в поиске компромисса между экономикой и экологией, стремлении направить это взаимодействие в определенные рамки, позволяющие, с одной стороны, обеспечивать экономическое развитие, и с другой – сохранять ОС. Соответственно, общую цель в области управления взаимодействием экономики и экологии можно сформулировать как предельно необходимое сокращение влияния антропогенной деятельности на состояние ОС или как нахождение оптимума между экономикой и природой, обеспечивающего их непротиворечивое сосуществование. Нахождение такого оптимума требует выработки системы инструментов регулирования экологической сферы и формирования механизма их реализации, который позволял бы обеспечивать и экономическое развитие, с одной стороны, и рациональное использование природных ресурсов и сохранение ОС, – с другой.

Исторически представления о роли природной среды в жизни человеческого общества претерпевали существенные изменения, в зависимости от которых на разных этапах развития общественного производства формировались и разные парадигмы в сфере взаимодействия общества и природы. Под *парадигмой в области ОС* мы понимаем общепризнанную систему взглядов в сфере взаимоотношений общества и ОС, определяющую выбор концептуально-методологического подхода к постановке и решению экологических проблем на том или ином этапе исторического периода развития общества, и соответствующую ей модель экологической политики, устанавливающую цель и основные направления государственного экологического регулирования, формы, методы и инструменты рационального использования природных ресурсов и охраны окружающей среды.

К настоящему времени сложились три основные парадигмы в области ОС [81; 90; 167; 176; 289; 341]. ***Первая парадигма*** господствовала до середины XX века. В соответствии с данной парадигмой природная среда рассматривалась как неисчерпаемый источник природных ресурсов и адаптационных свойств биосферы. В течение данного периода времени природная среда как естественная предпосылка производственной деятельности людей обеспечивала экономический рост, а масштабы воздействия антропогенной деятельности на природную среду в целом вписывались в рамки ее ассимиляционных возможностей. Однако по мере стремительного роста потребления природных ресурсов (особенно начиная с промышленной революции) ситуация стала стремительно меняться. Ускорились процессы нарушения состояния ОС, прежде всего ее загрязнение. Это повлекло изменение условий жизни самого человека. В результате перед человеком встала проблема изучения влияния тех изменений в состоянии природной среды, которые им вызваны, на него самого – на здоровье людей, условия жизни и будущее человечества. К началу второй половины XX века стало очевидно, что

масштабы антропогенной деятельности достигли уровня, сравнимого или даже превышающего масштабы различных природных процессов, превысили возможности природной среды адаптироваться к антропогенным нагрузкам. Важно учитывать не только масштабы, но и появление технологий, благодаря которым в природную среду начали поступать чуждые ей вещества синтетического происхождения. В этих условиях перед человечеством все более остро встает проблема сохранения природной среды.

На смену потребительскому отношению к природной среде приходит осознание ограниченности природных ресурсов и адаптационного механизма ОС, что нашло выражение в формировании ***второй парадигмы***, относящейся к 50–70-м годам прошлого века. По существу одним из первых выразителей озабоченности по поводу ограниченности природных ресурсов и возможностей природной среды к самоочищению явился Римский клуб[1] [344] – международная неправительственная организация (созданная в 1968 г. по инициативе итальянского промышленника А. Печчеи [311]), которая начала работу над проблемами, важными для всей цивилизации на Земле и поставившая эти исследования на научную основу. Римский клуб ставил перед собой цель изучить глобальные процессы на планете и разработать прогнозы развития человечества в его взаимодействии с природой, а также создать инструменты управления для преодоления надвигающегося глобального экологического кризиса. За время существования Римского клуба проведен анализ важнейших мировых проблем, разработаны научные методы, вошедшие в арсенал новой науки – глобалистики, высказаны практические рекомендации, предложены альтернативные сценарии мирового развития.

Среди работ Римского клуба выделяется, прежде всего, книга группы ученых Массачусетского технологического института во главе с Д. Медоузом «Пределы роста» [447] (подготовленная в 1972 г. к Стокгольмской конференции ООН по проблемам окружающей среды), в которой особенно остро ставится проблема необходимости учета экологических требований для дальнейшего успешного развития человечества и делается первая попытка математического описания мировой системы. Именно эта работа положила начало новому направлению исследования процессов развития мировой системы, получившему название глобального моделирования.

Авторы книги «Пределы роста» предприняли попытку оценить возможности развития человечества на нашей планете на перспективу (более 100 лет) исходя из учета пяти основных факторов, определяющих такое развитие, – населения, природных ресурсов, производства продовольствия, капитальных вложений и загрязнения ОС. Прогнозы изменения рассматриваемых факторов сводятся воедино в глобальной модели мира будущего, которая строится на базе имитационной модели мировой динамики, предложенной Д. Форрестером [398; 437; 438]. Под его руководством были разработаны математические модели Мир-1 и Мир-2, результаты использования данных моделей легли затем в основу модели Мир-3, с помощью которой проводились исследования группы Д.Л. Медоуза [350]. На базе названной модели исследовались перспективы развития процессов, вызывающих нарушение экологического равновесия: рост численности населения, истощение естественных ресурсов, производство продовольствия, уско-

[1]Римский клуб ставил своей целью исследовать ближайшие и отдаленные последствия крупномасштабных решений, связанных с выбранными человечеством путями развития. Предметом его исследований стала глобальная проблематика и широкая публикация полученных результатов в форме докладов. За время существования Римского клуба подготовлено около пятидесяти докладов. Серия докладов Римскому клубу наглядно отражает историю становления глобального экологического мышления.

ренная индустриализация и деградация природной среды. Между этими процессами существуют многочисленные и весьма сложные взаимосвязи, ускоряющие или замедляющие развитие. Равновесие в развитии общества достигается в результате сочетания положительных и отрицательных обратных связей, характеризующих такие взаимодействия между выделенными компонентами мировой системы, при которых изменение одной из компонент приводит к изменению другой. Изменение же второй компоненты, в свою очередь, вызывает новое положительное (рост) или отрицательное (сокращение) изменение исходной компоненты. При этом положительная обратная связь, обусловливающая экспоненциальный рост соответствующего фактора, выводит систему из состояния равновесия, а отрицательная обратная связь, наоборот, приводя к снижению темпов роста, возвращает систему в состояние равновесия. Примером таких взаимосвязей может служить фрагмент мировой модели, приводимый на рис. 1.1. В целом же модель мира включает около 100 элементов и их взаимосвязи. Она относится к тому типу эколого-экономических моделей, в которых агрегированные экологические факторы выступают в качестве ограничений для развития экономики.

Рис. 1.1. Структура взаимосвязей населения, капитала, сельского хозяйства и загрязнения окружающей среды

Источник: [447].

Основные выводы, полученные группой Д.Л. Медоуза, состояли в том, что при сохранении нынешних тенденций к росту в условиях ограниченной по своим масштабам планеты уже следующие поколения человечества достигнут пределов демографического и экономического роста, что приведет мировую систему к неконтролируемому кризису и краху.

В целом с использованием мировой модели было рассчитано несколько вариантов прогноза глобального экологического кризиса исходя из различных гипотез относительно возможных тенденций изменения выделенных факторов.

Результаты расчетов приводят авторов книги «Пределы роста» к выводу, что для сохранения наметившихся тенденций в экономическом развитии и, прежде всего, высокого уровня промышленного производства необходимо немедленное проведение комплекса мероприятий, позволяющих установить глобальное равновесие и предусматривающих прекращение дальнейшего роста населения и промышленности, резкое сокращение потребления минеральных ресурсов, переключение материальных средств на борьбу с загрязнением ОС и т.д. Выдвигается альтернатива: либо экономический рост, а также рост населения, но тогда – дальнейшее нарушение равновесия между обществом и природой, либо восстановление равновесия путем отказа от экономического роста и роста населения. Состояние глобального равновесия, делают вывод авторы, может быть достигнуто только при нулевых темпах роста производства и нулевых темпах роста населения.

Несомненным достоинством примененного группой Д. Медоуза подхода к исследованию взаимодействий между человеком и природой было качественное изучение динамики мировой системы, выявление возможных критических тенденций в ее развитии и изменении ее основных параметров. Однако данный подход имел много условностей и допущений (в частности, высокоагрегированная модель; использование статистических данных, характеризующих развитые в промышленном отношении страны; экстраполяция современных тенденций развития этих стран на перспективу; игнорирование социальных различий; отказ от учета научно-технического прогресса; отсутствие рассмотрения возможностей сознательного и целенаправленного воздействия общества на процессы развития изучаемой системы и др.), что привело к нивелировке многих явлений и чрезмерному упрощению, а в ряде случаев и к искажению реальных процессов динамики мировой системы.

Впоследствии расчеты группы Медоуза были проверены на более совершенных моделях (М. Мессарович, Э. Пестель и др.) [450], и, хотя было доказано, что данные расчеты во многом оказались неточны (и даже ошибочны) [459], тем не менее, основные тенденции в них уловлены правильно. Пожалуй, еще важнее то, что из-за простоты и наглядности результатов, они привлекли внимание мировой общественности. Благодаря работам Римского клуба была осознана необходимость замены потребительского отношения со стороны общества к природе природосберегающим, соизмерению неограниченных потребностей общества в природных условиях и ресурсах с ассимиляционным потенциалом природной среды. Исследования Римского клуба подвели к осознанию того, что экологические проблемы – это, в конечном счете, проблемы выживания человечества [106].

Интересно отметить, что в 2008 г. Грэм Тернер на уровне Содружества по научным и промышленным исследованиям (CSIRO) в Австралии опубликовала статью под названием «Сравнение „Пределов роста“ с тридцатилетней реальностью» [459]. В ней рассматриваются последние 30 лет реальности и прогнозов, сделанных в 1972, и установлено, что изменения в области промышленного производства, производства продуктов питания и загрязнения ОС соответствуют предсказаниям книги «Пределы роста» относительно экономического и социального краха в двадцать первом веке.

Помимо Римского клуба, в 70-е годы XX века для исследования глобальных экологических проблем был создан ряд международных неправительственных научных организаций, в частности Международная федерация институтов перспективных исследований (International Federation of Institutes for Advanced Study (IFIAS)[1]), Международный институт системного анализа (International Institute for Applied Systems Analysis (IIASA)[2] в Австрии), Всесоюзный институт системных исследований (в б. СССР) и др. После проведения в 1972 г. в Стокгольме Конференции ООН по окружающей среде[3] и создания Программы ООН по окружающей среде (ЮНЕП) экологические проблемы начали все шире включаться в структуру государственных интересов в разных странах, положив тем самым начало формированию государственной экологической политики.

Под влиянием сказанного в развитии взглядов на процесс взаимодействия общества и окружающей среды с 80-х годов XX века наступает третий этап и соответственно, складывается ***третья, современная, парадигма*** в области ОС, для которой характерна трактовка природной среды как фундаментальной системы жизнеобеспечения человека и всей биосферы. При этом природная среда переходит из разряда экзогенных по отношению к экономике факторов в разряд эндогенных, определяя взаимозависимость и взаимообусловленность социально-экономического развития и состояния ОС. На базе данной парадигмы сформировалась концепция устойчивого развития (рис. 1.2), получившая широкое распространение в мире. Суть данной концепции коротко можно свести к требованию сохранения и преумножения трёх потенциалов – природного, технического и человеческого, что возможно при условии одновременного повышения технического уровня производства, здоровья людей и сохранения должного качества природной среды, необходимого для удовлетворения потребностей настоящего и будущего поколений. Таким образом, устойчивое развитие понимается как системное единство живой природы, экономики и человека в контексте долгосрочного развития.

Единого мнения относительно трактовки понятия «устойчивое развитие» до сих пор не выработано[4]. Наибольшее использование в качестве базового многими исследователями и политиками, получило определение, данное в докладе «Наше общее будущее» [286], с которым выступила на Генеральной ассамблее ООН в 1987 г. Гру Харлем Брундтланд (Gro Harlem Brundtland), возглавлявшая в то время Международную комиссию по окружающей среде и развитию, созданную по инициативе ООН в 1983 г. В соответствии с указанным источником, **устойчивое развитие** (УР) понимается как такое развитие, при котором удовлетворение потребностей настоящего времени не подрывает способность будущих поколений удовлетворять свои собственные потребности [286]. В данном определении подчёркивается ограниченный характер ресурсов ОС и

[1] http://www.ifias.ca.

[2] http://www.iiasa.ac.at.

[3] 1972 United Nations Conference on the Human Environment. На этой конференции впервые обсуждалась концепция устойчивого развития, которая в настоящее время является наиболее популярной концепцией развития человечества. Была принята Стокгольмская декларация, установившая 26 принципов сохранения ОС.

[4] Устойчивое развитие (sustainable development) – это процесс экономических и социальных изменений, при котором эксплуатация природных ресурсов, направление инвестиций, ориентация научно-технического развития, развитие личности, и институциональные изменения согласованы друг с другом и укрепляют нынешний и будущий потенциал для удовлетворения человеческих потребностей и устремлений (Википедия). Очевидно, что во многом в данном определении речь идёт о повышении качества жизни людей.

ставится вопрос об учете интересов разных поколений, необходимости оценить компромиссные решения с позиций живущего поколения, а также ставится проблема использования ресурсов и обеспечения качества ОС в настоящем и в будущем. Именно в докладе «Наше общее будущее» [286] была представлена новая КУР как альтернатива развитию, основанного на неограниченном экономическом росте. Однако официальное признание данной концепции состоялось позже – в 1992 году, на Международной Конференции ООН по окружающей среде и развитию в Рио-де-Жанейро.

Рис. 1.2. Устойчивое развитие как системное единство живой природы, экономики и человека

Источник: составлено автором.

Важными вехами в становлении и развитии КУР явились Всемирные саммиты по УР в 1992 г. в Рио-де-Жанейро (Бразилия)[1], в 2002 г. в Йоханнесбурге (ЮАР), в 2012 г. – в Рио-де-Жанейро («Рио+20») и в 2015 г. – в Нью-Йорке (США).

На конференции ООН в Рио-де-Жанейро в 1992 г. был принят ряд важных документов, в частности:

● Декларация конференции, в которой были изложены основные принципы устойчивого развития и международного экологического сотрудничества, подчеркнута необходимость комплексного подхода к решению экологических проблем;

● Повестка дня на XXI век, в соответствии с которой каждой стране было рекомендовано разработать национальную стратегию УР (на основе экономических, социальных и природоохранных планов и прогнозов, обеспечивая их согласованность).

[1] Конференция ООН по окружающей среде и развитию, в которой приняли участие 17 тыс. человек из 178 государств и выступили более 100 глав государств и правительств.

Основным результатом Всемирного саммита по УР в 2002 г. в Йоханнесбурге считается принятие документа под названием «Будущее, которого мы хотим» [457]. В нем главы 192 государств подтвердили свою политическую приверженность УР и заявили о намерениях содействовать устойчивому будущему. На встрече были согласованы Йоханнесбургская декларация по УР [204] и План выполнения решений [315], в котором расставлены приоритеты деятельности. Саммит еще раз подтвердил, что УР является одним из центральных вопросов международной повестки дня и открыл путь для принятия практических мер, необходимых для решения многих из наиболее актуальных мировых проблем. Была расширена и усилена концепция УР, особенно в отношении взаимосвязей между социально-экономическим развитием и охраной ОС.

На саммите в Рио-де-Жанейро («Рио+20») в 2012 г. была продемонстрирована возрастающая значимость принципов УР и признано, что обеспечение длительного благополучного развития возможно лишь на основе перехода к «зеленой» экономике [284], которая способна обеспечить рост качества жизни всех людей в пределах экологических возможностей планеты, и предполагает сокращение количества потребляемых ресурсов и их эффективное использование, повышение энергоэффективности экономики и производительности труда, сохранение и увеличение природного капитала, снижение углеродных выбросов, предотвращение утраты экосистемных услуг и др. Важно, что такой рост должен обеспечиваться без дополнительной нагрузки на природные ресурсы и климатическую систему и сопровождаться минимизацией связанных с ним экологических и социальных издержек.

Таким образом, любое развитие должно предусматривать одновременное решение как социально-экономических, так и экологических проблем (политика двойного выигрыша). Важным критерием УР становится эффект декаплинга, характеризующий, в частности, феномен разделения (рассогласования) трендов ранее тесно связанных тенденций развития – экономического роста и потребления природных ресурсов (или экономического роста и загрязнения ОС), что предполагает удовлетворение растущих потребностей при минимизации природного капитала [435]. Часто эффект декаплинга находит выражение в опережении темпов роста ВВП над темпами потребления энергетических ресурсов [36].

Центральное место в понятии УР занимает проблема учета долгосрочных экологических последствий принимаемых сегодня экономических решений. При этом необходима минимизация негативных экологических последствий, будущих экстерналий для последующих поколений. Проблема экологических ограничений, компромисса между текущим и будущим потреблением является основной при разработке стратегии социально-экономического развития на длительную перспективу для любой страны и ее отдельных регионов. Основными направлениями УР в современных условиях становится формирование «зеленой» и «низкоуглеродной» экономики и достижение «эффекта декаплинга», определяющего стратегическую основу движения к экологически устойчивой экономике, позволяющей рассогласовывать темпы роста благосостояния людей и потребления ресурсов и экологического воздействия. Другими словами, данный эффект предполагает использование меньшего количества ресурсов на единицу экономического результата и сокращение негативного воздействия на ОС. Это, в свою очередь, определяет необходимость инновационного развития, внедрения передовых производственных и природоохранных технологий в качестве основного приоритета и непременного условия УР.

В 2015 г. в Нью-Йорке был проведен Саммит ООН по принятию Повестки дня в области УР на период до 2030 года и были утверждены новые глобальные Цели устойчивого развития [339] для всех стран (и вступившие в силу с 01.01.2016 г.). В принятых Саммитом ООН 17 Целях УР и 169 связанных с ними задач (которые носят комплексный и неделимый характер) на ближайшие 15 лет 8 целей увязаны с обеспечением экологической устойчивости. Новые цели и задачи требуют разработки такой модели экономического развития, при которой будет наблюдаться экономический рост и повышение благосостояния общества без деградации ОС. Международное сообщество высказало заинтересованность в надёжном энергоснабжении, обеспечении продовольственной безопасности и устойчивом развитии сельского хозяйства, рациональном использовании водных ресурсов, содействии всеохватной и устойчивой индустриализации и инновациям, экологической устойчивости городов, борьбе с изменениями климата и его последствиями, рациональном использовании экосистем и др. Способом достижения намеченных целей УР признан переход к «зелёной» экономике, которая рассматривается как механизм модернизации и инновационного развития территории.

В целом УР призвано обеспечивать сбалансированное решение задач социально-экономического развития на перспективу и сохранение благоприятного состояния ОС и природно-ресурсного потенциала в целях удовлетворения жизненных потребностей как ныне живущих, так и будущих поколений людей.

Проблемам УР посвящено множество работ, как в России, так и за рубежом. Не останавливаясь на анализе данных работ (в определенной мере это сделано в ряде наших публикаций [80; 81; 90]), отметим, что среди отечественных исследований можно как наиболее значимые назвать труды Т.А. Акимовой и В.В. Хаскина [5], Ю.М. Арского [13], С.Н. Бобылева [31; 32; 33; 34; 35], В.И. Данилова-Данильяна [13; 165; 166], М.Ч. Залиханова [13; 166], Ю.А. Израэля [196], К.Я. Кондратьева [13; 222], В.А. Коптюга [224; 225; 226; 227], В.М. Котлякова [13; 232], К.С. Лосева [166; 167; 254], Д.С. Львова [257], Н.Н. Марфенина [264], Н.Н. Моисеева [280; 281], П.Г. Олдака [294], Б.Н. Порфирьева [319; 320; 321; 322], А.И. Татаркина [376], Л.Д. Урсула [387;388] и многих других ученых, исследования которых в значительной мере восходят к теории ноосферного развития В.И. Вернадского [124;125], базирующейся на идее гармонизации взаимодействия общества и природы. Большое значение в формировании концепции УР, как уже указывалось, имели работы Международной комиссии ООН по окружающей среде и развитию под руководством Г.Х. Брунтланд [286; 436], а также исследования Римского клуба [269; 270; 311; 323; 344; 447; 448; 449; 450 и др.].

За рубежом исследованиями проблем УР занимались, в частности, такие ученые, как А. Аткинсон (*A. Atkinson*) [15], Г. Дейли (*G. Daily*) [434], Д.А. Тернер (*G.A. Turner*), Р.К. Тернер (*R.K. Turner*) [460; 461] и Д. Пирс (*D. Pearce*) [461], Д.Л. Медоуз (*Dennis L. Meadows*) и Д.Х. Медоуз (*Donella H. Meadows*) [448; 449], Д. Диксон (*J. Dixon*), Л. Скура (*L. Scura*) и Р. Карпентер (*R. Carpenter*), П. Шерман (*P. Sherman*) [173], Дж. Форрестер (*J. Forrester*) [398; 437; 438], А.Эндрес (*A. Ehndres*) [412], Е. Вайцзеккер (*E. Weizsaecker*) [463], Ф. Янг (*F.W. Young*) [464] и др.

Концепция УР в настоящее время превратилась не только в самое популярное и развивающееся учение, но и вполне «практическую» концепцию, в соответствии с которой все развитые государства мира не только выразили стремление следовать по направлению к УР, но и многие из них разработали национальные стратегии УР, включая Россию [300; 365; 389; 390; 473; 487]. В целом, концепция УР принята в настоящее

время как ориентир долгосрочного развития. Остановимся подробнее на характеристике исходных позиций, с анализа которых следует начинать работу по прогнозированию эколого-экономических взаимодействий на территории.

1.2. Взаимодействия в социо-эколого-экономической системе и виды проявления последствий антропогенного воздействия на окружающую среду

Исследование экологических проблем должно начинаться с изучения взаимодействий в системе «хозяйство и население – природная среда», выявления взаимосвязей в данной системе и ее составных элементах, идущих от воздействий к изменениям в состоянии природной среды и последствиям изменений. Основным источником воздействия антропогенной деятельности на природную среду является производство (прежде всего промышленное), представленное отдельными объектами, видами деятельности, отраслевыми и межотраслевыми комплексами. Рассмотрим некоторые методические аспекты эколого-экономических взаимодействий и возможные виды проявления последствий таких взаимодействий на состояние ОС. Это может быть полезно для более точной характеристики взаимосвязей между производственной структурой хозяйства конкретной территории и ее природной средой, что позволяет четче очертить круг задач по охране окружающей среды при обосновании управленческих решений о размещении и функционировании того или иного объекта-загрязнителя и наметить пути по предотвращению негативного воздействия антропогенной деятельности на ОС.

Сфера ресурсопользования и охраны ОС представляется естественным условием развития любого региона, в том числе одним из главных факторов экономического развития. Это особенно важно для России, где большое число субъектов РФ имеет самый разный природно-ресурсный и экологический потенциал, а также большие различия уровня напряженности экологической ситуации.

Хозяйственная деятельность оказывает разнообразные воздействия на ОС (рис. 1.3). ***Воздействия*** человека на ОС понимаются нами как все виды деятельности человека и созданных им объектов, вызывающие те или иные изменения в природе. Под влиянием таких воздействий происходят те или иные ***изменения*** в состоянии природной среды. Измененные природные комплексы и компоненты оказывают обратное влияние как на самого человека, так и на его деятельность. ***Последствия*** воздействий могут быть как положительные, так и отрицательные – нежелательные для общества в целом и отдельного индивидуума, в частности. Вычленение основных элементов взаимодействия «воздействия – изменения в природной среде – последствия» представляется весьма важным для решения задач охраны ОС.

Многообразные воздействия на природную среду можно условно объединить в несколько групп, содержание которых показано на рис. 1.3. Кроме приведенной группировки воздействий, возможна их классификация и по другим признакам, например, по территориальному и временному, а также по силе и интенсивности. В территориальном аспекте могут различаться воздействия следующего типа: точечно-очаговые (воздействия промышленности и поселений); линейно-сетевые (воздействия транспорта); площадные (воздействия сельского хозяйства). Во временном аспекте воздействия подразделяются на длительные и кратковременные; непрерывные и импульсивные, сезон-

ные и круглогодичные и т.п. Различают воздействия также по интенсивности или силе (рис. 1.4). Каждый вид деятельности характеризуется тем или иным видом воздействия или определенным их сочетанием. Это позволяет разрабатывать типологию воздействий, которая может быть использована для изучения регионов с разными видами производственных комплексов.

Рис. 1.3. Система связей «хозяйство региона – окружающая среда»

Источник: составлено автором.

Изменения в природной среде охватывают изменения состава, состояния, строения, режимов природных комплексов и их компонентов. Для полного представления об изменениях природной среды и их прогнозирования необходим анализ так называемых «цепных реакций», происходящих в природе. Благодаря им, изменения распространяются как в рамках отдельных компонентов, так и от компонента к компоненту и от комплекса к комплексу. Разное отношение природных комплексов и их компонентов к воздействиям (разная их устойчивость – способность к самоочище-

нию, самовосстановлению) во многом определяет территориальное распространение изменений и их продолжительность. Изменения природной среды могут быть обратимыми, когда после прекращения (снятия) «нагрузки» возможно возвращение природной среды в «исходное» состояние за определенный период времени (например, срок жизни поколения) и необратимыми, когда такого возвращения не происходит. Степень измененности природных комплексов и их компонентов зависит как от степени их устойчивости, так и от характера и величины антропогенных нагрузок – силы воздействий на них.

Рис. 1.4. Классификация воздействий по интенсивности, территориальному и временному признакам

Источник: составлено автором.

Последствия воздействия – изменения в состоянии хозяйства или жизни населения, происходящие под влиянием измененной природной среды. Подобные последствия, как уже отмечалось, могут быть как положительными для общества, так и отрицательными. Многие изменения природной среды воспринимаются как ухудшение ее качества, а также количества природных ресурсов. Они влекут за собой ухудшение здоровья населения и условий труда, условий работы техники, ухудшение качества и уменьшение количества продукции отраслей природопользования и т.д. Одним из последствий антропогенных изменений природной среды выступают потери в генофонде и в степени разнообразия экосистем. Величина последствий зависит как от степени изменения природы, так и от типа социально-хозяйственного комплекса, подвергающегося воздействию измененной природы.

При изучении и прогнозировании последствий воздействия, необходим учет «цепных реакций», связывающих между собой все виды деятельности человека. В результате цепного характера связей последствия могут распространяться от одного вида деятельности (отрасли хозяйства) к другому, от одной группы населения – к другой. Здесь также большую роль играет «устойчивость» хозяйства, его разных отраслей к воздействиям. Необходимо учитывать, что разные демографические и профессиональ-

ные группы населения также по-разному реагируют на изменения ОС. Последствия воздействия хозяйства и населения на ОС в социально-экономических системах передаются по вертикали – от добычи сырья к его переработке и потреблению готовой продукции и по горизонтали – между отраслями, видами деятельности, хозяйственными и социальными комплексами. Такое многообразие последствий требует их группировки. Можно выделить три группы «первичных» последствий с сопутствующими им «вторичными» последствиями, возникающими в результате цепных реакций в социально-экономических системах (рис. 1.5).

Рис. 1.5. Первичные и вторичные последствия воздействия антропогенной деятельности на окружающую среду

Источник: составлено автором по данным [299].

В процессе изучения пространственно-временной динамики социальных и экономических последствий требуется установить: степень устойчивости разных типов социальных и хозяйственных систем и их элементов к изменениям в природной среде; ареалы распространения последствий и временной разрыв между воздействиями и их последствиями; цепные реакции в социальной и экономической сферах, их направленность, скорость распространения, зоны проявления; территориальные сочетания последствий.

Характеристика форм и особенностей непосредственного и косвенного влияния природной среды на размещение и функционирование производства с учетом специфики добывающих и обрабатывающих производств подробно дана в нашей работе [74].

Установление цепочек связей, идущих от источников воздействия на окружающую среду к самой природной среде с определением видов и всевозможных негативных последствий такого воздействия, представляется необходимым при выборе основных направлений ***природоохранной деятельности*** в регионе, под которой понимается многообразная хозяйственная и прочая деятельность, охватывающая различные мероприятия, направленные на снижение и ликвидацию негативного антропогенного воздействия на ОС, сохранение, улучшение и рациональное использование природно-ресурсного потенциала территории. К ***природоохранным мероприятиям*** (ПОМ) относятся любые мероприятия, связанные с сохранением и улучшением ОС. Основными критериями отнесения мероприятий, осуществляемых предприятием или организацией, к категории «природоохранных» следует прежде всего считать повышение экологичности выпускаемой продукции; сокращение объема потребления природных ресурсов, включая атмосферный воздух; снижение массы и уменьшение токсичности выбросов в воздушный бассейн и сбросов сточных вод в водные объекты; санкционированное размещение отходов в ОС и др.

ПОМ являются важным звеном в системе связей в социо-эколого-экономической системе (см. рис. 1.3). Задавая требуемые природоохранные мероприятия (выбор которых в каждом конкретном случае зависит от возможных негативных последствий воздействия тех или иных производств) мы устанавливаем и необходимую обратную связь от ОС к источникам воздействия посредством выбора такого варианта природоохранных мероприятий, который обеспечивает соблюдение заданных экологических стандартов.

Выбор соответствующей системы природоохранных мероприятий, в свою очередь, оказывает влияние и на выбор возможных условий создания и функционирования объектов, являющихся источниками воздействия на ОС. Это проявляется, в частности, через такие действия, как установление экологически допустимых масштабов создания и функционирования рассматриваемых объектов в том или ином месте; выбор технологий (и основных производственных и природоохранных процессов); учет экологической совместимости каждого из рассматриваемых источников с другими объектами на территории; определение возможностей размещения каждого из источников в той или иной части региона или необходимости выноса (с экологических позиций) за его пределы и др. Кроме того, отдельные системы ПОМ сами могут быть источниками воздействия на ОС (так называемое вторичное загрязнение, например, объекты-утилизаторы могут быть источниками загрязнения водоемов и атмосферы и т.д.). Отсюда – вторая линия связей на рис. 1.3 от «мероприятий» к «источникам».

Еще одно направление в анализе эколого-экономических взаимосвязей при прогнозировании формирования хозяйства территории характеризуется детализацией представления отдельных компонентов природной среды. В частности, объектами специального исследования могут быть: (1) использование и охрана водных ресурсов, формирования водного хозяйства конкретной территории; (2) загрязнение воздушного бассейна и выбор атмосферозащитных мероприятий; (3) образование отходов и определение требуемых мероприятий по их утилизации и обезвреживанию; (4) нарушение лесных и земельных ресурсов и формирование мероприятий по их рациональному ис-

пользованию и воспроизводству; (5) проведение рекультивации в районах открытой добычи полезных ископаемых и др.

Направления природоохранной деятельности различны в регионах разного типа [132; 410]. Особенно остро экологические проблемы встают в регионах интенсивного хозяйственного развития (как староосвоенных, так и нового освоения). Это связано прежде всего с тем, что интенсификация хозяйственного развития на тех или иных территориях сопровождается, как правило, значительным повышением уровня территориальной концентрации производства и населения, что в свою очередь ведет к значительному увеличению масштабов антропогенного воздействия на ОС. Это проявляется, с одной стороны, в возможном ухудшении качественного состояния элементов природной среды (росте уровня химического и теплового загрязнения воздушного и водного бассейнов, нарушении ландшафта, ухудшении качества почв и т.д.) и, с другой стороны, – в увеличении количественных потребностей развивающегося хозяйства в локальных природных ресурсах (земельных и водных), что в конечном счете может негативно отражаться и на адаптационных механизмах различных экосистем.

Вместе с тем при размещении новых производств в староосвоенных районах или реконструкции сложившегося хозяйства в таких районах нагрузка на ОС, создаваемая новыми или развивающимися действующими производствами, накладывается на уже существующий определенный фон антропогенного изменения природной среды, что в значительной степени осложняет решение экологических проблем и требует проведения сложного комплекса ПОМ, которые по большей части являются капиталоемкими. Чаще всего интенсивное хозяйственное развитие ограничивается, как правило, небольшими по масштабам территориями, в результате чего усиливается и интенсификация взаимодействия развития производительных сил и ОС, что опять же сопровождается увеличением антропогенной нагрузки на среду. Все перечисленные обстоятельства в значительной мере определяют приоритетность природоохранного фактора среди других факторов социально-экономического развития в регионах интенсивного хозяйственного развития.

Проблемы охраны ОС характеризуются существенной территориальной дифференциацией: в каждом отдельном регионе они имеют свою специфику и требуют своих путей решения. Эта специфика определяется прежде всего особенностями местных природно-климатических условий. В соответствии с этим решение сходных проблем охраны окружающей среды может существенно различаться в зависимости от природных, экономических и других особенностей каждой конкретной территории. В результате одни и те же виды хозяйственной деятельности в различных регионах могут иметь и различные экологические последствия и требовать проведения своей системы природоохранных мероприятий.

Кроме того, специфика природоохранных проблем зависит и от характера тех видов деятельности, которые размещены и функционируют на данной территории, включая масштабы и состав производств, характер их воздействия на ОС, экологичность используемых на них технологий и т.д. Наряду с этим, нужно иметь в виду, что в регионах нового хозяйственного освоения на территории Сибири размещаемые производства являются, как правило, уникальными по масштабам, что обусловливает не только возможное существенное увеличение масштабов воздействия таких производств на ОС, но и необходимость создания для них уникальных (как по мощности, так и по показателям эффективности функционирования) систем обезвреживания отходов, включая методы очистки сточных вод, атмосферозащитное оборудование, разработку и внедрение малоотходных производств и т.д.

В староосвоенных регионах со сложившейся производственной структурой и системой расселения (в отличие от новых районов, где при строительстве предприятий можно предусмотреть проведение всего необходимого комплекса природоохранных мероприятий, обеспечивающих предотвращение возможного негативного воздействия производства на ОС) важнейшей проблемой в области рационализации природопользования является прежде всего снижение отрицательного воздействия на ОС со стороны существующего производства. Одним из путей решения экологических проблем в таких регионах может выступать ограничение развития и размещения нового производства наряду с техническим перевооружением существующего производства на основе внедрения ресурсосберегающих и малоотходных технологий в сочетании с оснащением действующих предприятий высокоэффективными системами обезвреживания выбросов и сбросов, организацией утилизации отходов, комплексного использования сырья и т.д.

Следует иметь в виду, что наряду с ростом антропогенной нагрузки на ОС в отдельных регионах, связанной с усилением в них территориальной концентрации производства и населения, сосредоточение на ограниченной территории различных производств может создавать и ряд благоприятных предпосылок для решения задач ООС (при определенных условиях), что также необходимо учитывать при формировании природоохранной деятельности в пределах отдельных территорий.

В целом анализ последствий антропогенного воздействия на ОС должен преследовать следующие основные цели:

а) выявление основных видов, масштабов, характера и тенденций проявления последствий в социальной и хозяйственной сферах, интенсивности проявления последствий в территориальной и отраслевой структуре хозяйства, особенно в системах землепользования, а также в системах расселения;

б) установление связей между изменениями природной среды и природных ресурсов и последствиями в социальной и хозяйственной сферах;

в) районирование по характеру и масштабам последствий, выявление ареалов с наиболее сильно выраженными экономическими и социальными последствиями.

1.3. Направления учета экологических факторов при прогнозировании формирования регионального хозяйственного комплекса

Экологические проблемы имеют важное значение, по существу, на всех территориальных уровнях анализа – от глобального до регионального и локального. При этом с точки зрения возможных последствий и их распространения, локальные экологические проблемы могут приобретать в конечном счете глобальный характер. Однако, с точки зрения происхождения, любая экологическая проблема выступает как локальная и носит конкретный характер – возникает в конкретном месте под влиянием конкретных источников воздействия на ОС. Это определяет и необходимость поиска путей решения подобных проблем прежде всего на локальном (или региональном) территориальном уровне. Только данный уровень охвата экологических проблем дает возможность для учета специфики как различных производств – источников воздействия на природную среду, так и природных ресурсов и условий территории и позволяет, соответственно, наметить комплекс конкретных мероприятий, нацеленных на сохранение ОС.

При прогнозировании экологических последствий хозяйственной деятельности возможны следующие способы учета влияния экологических факторов на формирование элементов территориальных производственных систем (рис. 1.6).

Рис. 1.6. Основные направления учета экологических требований при прогнозировании формирования региональной экономики

Источник: составлено автором.

Первый способ предусматривает ***проведение комплекса природоохранных мероприятий*** (ПОМ), направленных на предупреждение, снижение или ликвидацию негативного воздействия различных объектов на ОС. В зависимости от характера воздействия того или иного объекта на ОС, возможных негативных последствий такого воздействия, технических возможностей их предупреждения и других условий внедрение ПОМ может идти по трем основным направлениям.

1. Совершенствование и внедрение инновационных технологических процессов, которое обязательно сопровождается и улучшением показателей экологичности производства (т.е. показателей, характеризующих степень воздействия технологий на ОС и полноту использования природных ресурсов). Сюда относится расширение доли энергосберегающих и малоотходных технологий. Отражение таких мероприятий возможно прежде всего в вариантах способов функционирования производственных объектов. При этом совершенствование технологий, нацеленное на снижение их негативного воздействия на ОС, распространяется как на основные производственные процессы, так и на методы обезвреживания отходов и природоохранное оборудование.

2. Создание специальных сооружений, оборудования и объектов, проведение других мероприятий, предназначенных в основном для обеспечения снижения загрязнения ОС (технологии «конца трубы»). В силу преимущественно однонаправленного действия такого рода объектов и мероприятий (на снижение загрязнения) их принято называть одноцелевыми (см. рис. 1.6). К ним относятся: очистные сооружения для обработки промышленных и бытовых сточных вод, газоочистное и пылеулавливающее оборудование, водоохлаждающие сооружения и оборудование, мероприятия по пылеподавлению и пылегазорассеиванию, обеспечение разбавления загрязненных сточных вод свежей водой, создание санитарно-защитных зон, озеленение территории и др. Учет подобных мероприятий при постановке задач минимизации негативного воздействия на ОС возможен путем выбора вариантов мощности соответствующих сооружений, методов и технологий обезвреживания загрязнений, показателей степени очистки, требуемых затрат и т.д.

3. Осуществление различных мероприятий, ориентированных не только на снижение тех или иных видов антропогенного воздействия на ОС, но и связанных с дополнительным получением какого-либо позитивного результата производственной деятельности (например, выпуск дополнительной продукции, экономия ресурсов и т.д.). Это так называемые многоцелевые мероприятия (см. рис. 1.6). К ним относятся утилизация отходов; внедрение систем последовательного, оборотного и замкнутого водоснабжения; рекультивация земель, нарушенных открытыми разработками полезных ископаемых; восстановление лесов и др.

Особое место в общей системе ПОМ принадлежит, на наш взгляд, организации утилизации отходов, которая является необходимым элементом в общей цепи создания системы безотходных производств. Экологизация производства невозможна без дополнения производственных комплексов территории специальными объектами, предназначенными для переработки всех видов образующихся промышленных и бытовых отходов. Утилизация отходов, с одной стороны, способствует сокращению выделения в ОС различных вредных веществ, снижению масштабов негативного воздействия производства на состояние ландшафта, животного и растительного мира и т.д. Все это в конечном счете сопровождается снижением загрязнения воздушного и водного бассейнов, сохранением ландшафта, высвобождением территории в результате ликвидации отвалов и т.д. С другой стороны, утилизация отходов отражает и возможность получения экономической выгоды – дополнительных источников выпуска той или иной полезной продукции, возможность расширения сырьевой базы производства за счет использования отходов и в связи с этим экономии природного сырья, возможность снижения себестоимости получаемой в результате утилизации отходов продукции (благодаря использованию более дешевого сырья, каковым являются отходы) и т.д.

Второй способ учета экологических факторов при прогнозировании хозяйственного развития территории представляет собой ***введение запретов на совместное размещение и функционирование в том или ином месте различных сочетаний производств, неблагоприятных с точки зрения санитарных условий*** (см. рис. 1.6). Необходимость в таком способе обусловлена прежде всего тем, что, с одной стороны, в настоящее время имеющиеся технические возможности не обеспечивают стопроцентного обезвреживания отходов и, с другой стороны, ориентация на соблюдение принятых экологических стандартов еще не является надежной гарантией сохранения всех

компонентов ОС (включая человека). Поэтому при осуществлении природоохранной деятельности в пределах различных территорий могут оказаться обязательными и дополнительные меры запретительного характера.

Установление запретов на совместное размещение экологически несовместимых производств может исходить из следующих требований.

Во-первых, из учета особенностей рассматриваемых в регионе производств. Среди таких особенностей следует назвать свойство отдельных ингредиентов выбросов и сбросов различных предприятий взаимодействовать между собой, приводя к ухудшению качества ОС или к усложнению проблемы обезвреживания отходов (явление синергизма). Вредные вещества, обладающие эффектом синергизма, в условиях совместного присутствия могут приводить к образованию соединений повышенной токсичности либо усиливать вредное действие друг друга. Следует заметить, что экологическая совместимость производств в значительной степени зависит от экологической опасности технологий данных производств, которая определяется как физико-химическими свойствами выбрасываемых в среду веществ, так и степенью их превращения и аккумулирования в ОС. Эффектом синергизма в атмосфере обладают, в частности, диоксид серы и хлор, окислы азота и углеводороды, диоксид серы и влага, фтористый водород и метилмеркаптан и др. [28; 258; 306]. Синергидным эффектом воздействия в водной среде обладают, в частности, ионы меди и свинца, наличие которых в комбинации в сточных водах причиняет больший вред, чем каждый из них в отдельности; нефтепродукты и пестициды и др. [220].

Кроме того, существуют стойкие (неразлагающиеся) загрязнения – вещества и яды, такие, как алюминиевые банки, соли ртути, фенольные соединения с длинной цепью, ДДТ, которые в естественной среде либо не разрушаются вовсе, либо разрушаются очень медленно. Для таких веществ не существует природных процессов, которые могли бы их разлагать с такой же скоростью, с какой они вводятся в экосистему. Подобные неразрушающиеся загрязнители не только накапливаются, но часто «биологически усиливаются» по мере прохождения в биогеохимических циклах и по пищевым цепям. Кроме того, они могут образовать другие ядовитые загрязнения, соединяясь с другими веществами в ОС.

К сожалению, учет экологической совместимости различных производств относится к числу наименее изученных и, как правило, игнорируемых при принятии хозяйственных решений проблем. В то же время взаимодействие загрязнений, поступающих в ОС, может привести к нежелательным последствиям для здоровья людей, состояния природных комплексов и других реципиентов.

Во-вторых, при установлении запретов на совместное размещение определенных производств необходимо учитывать не только названные особенности данных производств, но и особенности территории размещения и ее природно-климатические условия. Это может иметь важное значение, когда исследуемая территория располагает уникальными ландшафтами, ценными и редкими видами растений и животных и т.п. В этом случае принятие решения о запрете совместного функционирования тех или иных производств на отдельной территории может быть обусловлено требованиями сохранения ее природных комплексов и в целом генофонда. Учет особенностей территории имеет немаловажное значение и тогда, когда территория характеризуется низким ассимиляционным потенциалом, т.е. низкой способностью экосистем обезвреживать вредные отходы антропогенного происхождения. Это может быть связано с неблагоприят-

ным потенциалом климатических факторов (обусловливающим низкую рассеивающую способность воздушной среды), экстремальностью природных условий (приводящей к замедлению процессов разложения загрязнения), высокой уже сложившейся нагрузкой в пределах региона на почву, воздушный и водный бассейны (в результате чего самоочищающие способности различных элементов природной среды уже в значительной мере исчерпаны) и т.д. Наличие таких условий может приводить к быстрым и необратимым изменениям в ОС, что требует особенно внимательного отношения к подобным территориям.

В-третьих, установление запретов на совместное размещение и функционирование определенных производств может диктоваться требованиями сохранения здоровья людей [400]. Различные вещества, содержащиеся в сточных водах и палегазовых выбросах, могут оказывать различное негативное воздействие на здоровье населения. Так, окислы азота вызывают резкое раздражение органов дыхания; поражающее действие на органы дыхания оказывает и сернистый ангидрид, который, кроме того, вызывает повышение восприимчивости к инфекциям, нарушение обмена веществ и др. Наряду с этим, при определенных условиях взаимодействие отдельных вредных веществ может привести к образованию исключительно опасных для здоровья людей соединений, например, взаимодействие бенз(а)пирена с окислами азота приводит к образованию нитрабензапирена, который является высоко активным мутагеном и т.д. [94, с. 115–127]. Нежелательно также соединение в одном месте таких видов деятельности, выбросы которых в атмосферный воздух могут приводить к образованию токсичного или фотохимического смога, что также опасно для здоровья людей.

Третий способ учета фактора ООС при прогнозировании формирования хозяйственного комплекса региона связан с ***использованием возможностей размещения производства и населения для решения экологических проблем*** (см. рис. 1.6). Такие возможности заключаются прежде всего в том, что, рассматривая множество различных вариантов функционирования производства (каждый из которых характеризуется своими показателями экологичности), можно обеспечить выбор таких масштабов территориальной концентрации производства и такой состав технологий производства в каждом промышленном узле, которые удовлетворяют экологическим требованиям. Характер размещения и функционирования производства, уровень его территориальной концентрации и отраслевая структура, сложившиеся системы расселения в значительной мере определяют экологическую ситуацию в каждом отдельном регионе.

Таким образом, природоохранная роль размещения производительных сил заключается главным образом в том, что с его помощью возможно осуществлять регулирование концентрации или дисперсии производства и населения в пределах отдельной территории с целью сохранения ОС. При этом территориальное рассосредоточение объектов-загрязнителей позволяет более полно использовать ассимиляционный потенциал территории. Решение задач охраны ОС путем регулирования размещения производства и населения представляется оправданным прежде всего в тех случаях, когда отсутствуют достаточные технические и экономические возможности для предупреждения, снижения или ликвидации тех или иных негативных экологических последствий хозяйственной деятельности. Поэтому данный путь, способствующий лишь частичному решению экологических проблем, следует рассматривать как одно из возможных, а в ряде

случаев и необходимых дополнений к другим видам природоохранной деятельности, нацеленным прежде всего на абсолютное сокращение вредного антропогенного влияния на ОС.

В целом прогноз возможных изменений в состоянии ОС в регионе должен базироваться на учете перспектив хозяйственного развития в его пределах, сложившейся и предполагаемой производственной структуры хозяйства, характеристики источников воздействия на ОС. В случае, если производство на исследуемой территории концентрируется в отдельных крупных ареалах, то следует учитывать, что это влечет и увеличение нагрузки на ОС в соответствующих ареалах и возможное осложнение в них экологической ситуации. При прогнозе основное внимание должно уделяться не столько оценке влияния отдельных объектов на ОС, сколько оценке совокупного влияния территориально-производственных сочетаний на различные элементы природной среды с учетом фонового загрязнения, а также других, уже имеющих место, нарушений природной среды.

По результатам оценки возможных экологических последствий создания и функционирования различных объектов выполняется комплексный прогноз влияния намечаемого воздействия на ОС в регионе. Такой прогноз непосредственно связан с выбором системы природоохранных мероприятий, которые должны обеспечить приближение формируемых показателей возможного воздействия на ОС (прежде всего, загрязнения) к нормативным. Определенная возможность предотвращения негативного воздействия антропогенной деятельности на ОС заключена в рациональном размещении и территориальной организации производства.

Размещение производительных сил и территориальная организация производства не только в значительной мере зависят от природного фактора, но и сами могут выступать как один из инструментов решения природоохранных проблем. С одной стороны, требования рационального природопользования выступают в качестве одного из важнейших факторов, под влиянием которого осуществляется размещение производительных сил и формирование территориальной организации производства. С другой стороны, посредством проведения той или иной политики в области развития и размещения производительных сил возможно в определенных пределах формирование желаемого состояния ОС на различных территориях.

Характер размещения производства, уровень его территориальной концентрации и отраслевая структура, сложившиеся системы расселения в значительной мере определяют экологическую ситуацию в каждом отдельном районе. К возможностям размещения в решении природоохранных проблем можно отнести следующие.

1) *Территориальная деконцентрация производства с целью снижения влияния масштабов хозяйственной деятельности на ОС в различных частях территории.* Это, в свою очередь, может быть достигнуто посредством либо рассосредоточения объектов различных отраслей производства по территории, либо сокращения единичных производственных мощностей отдельных предприятий в том или ином месте. Таким образом, мы обеспечиваем снижение нагрузки на ОС, наилучшим образом используем способность природной среды принимать определенную массу вредных веществ (т.е. ее ассимиляционную способность).

2) *Территориальная концентрация определенных сочетаний производств в одном месте.* Такая мера может создавать определенные благоприятные предпосылки для решения задач ООС, среди которых можно, в частности, выделить следующие:

а) создание общих очистных сооружений для ряда производств с однородными сточными водами (результатом может быть, как правило, повышение качества очистки, сокращение удельных затрат на очистку, экономия территории для размещения);

б) использование эффекта антагонизма взаимодействия вредных веществ, содержащихся в выбросах и сбросах различных производств, расположенных в одном пункте (что сопровождается упрощением и удешевлением требуемых методов обезвреживания и очистки сточных вод и газовых выбросов). Эффект антагонизма проявляется в таком совместном действии вредных веществ, которое взаимоисключает или сокращает негативное влияние каждого из них на ОС. Эффектом антагонизма обладают, например, щелочные и кислые сточные воды, смесь свинца и кальция и др.;

в) утилизация отходов одних производств на других (приводящая к снижению загрязнения ОС в результате сокращения выхода загрязняющих веществ; сокращению потребностей в тех или иных природных ресурсах, замещаемых отходами; экономии затрат на производство продукции взамен использования традиционных технологий; сокращению масштабов нарушения ландшафта в результате сокращения открытой добычи природных ресурсов и т.д.);

г) последовательное (или повторное) использование сточных вод (что ведет к снижению затрат на очистку и сокращению потребностей в свежей воде);

д) использование промышленных и бытовых сточных вод для целей орошения (сопровождается снижением объемов водопотребления и водоотведения);

е) создание пересекающихся или общих санитарно-защитных зон (имеющее результатом сокращение потребностей в промышленных территориях).

3) *Вынос определенных экологически опасных производств за пределы отдельной территории (или их закрытие).* Имеется в виду, прежде всего, вынос вредных объектов или их отдельных цехов с территорий крупных городов, которые часто бывают перенасыщены вредными производствами, и т.д.

4) *Выбор пункта размещения предприятий с учетом местных особенностей природных условий, влияющих на процессы разбавления, разложения и рассеивания загрязнений.* Речь идет о максимально возможном учете ассимиляционного потенциала территории размещения производственных объектов, а также сложившейся экологической ситуации. В частности, следует учитывать следующие факторы: розу ветров; особенности рельефа (размещение предприятий, имеющих выбросы в атмосферу, на хорошо продуваемой территории, запрет на размещение объектов в котловинах, где выбросы будут накапливаться и т.д.); условия для сброса сточных вод и их разбавления; наличие других предприятий; уровень фонового загрязнения и др.

5) *Запрет на совместное размещение в одном месте определенных сочетаний производств.* Речь идет о недопущении совместного размещения экологически несовместимых производств, отходы которых обладают эффектом синергизма, т.е. взаимоусиливают влияние факторов, загрязняющих ОС (о чем речь уже шла выше).

В целом современные темпы экономического развития обострили проблему ограниченности природных ресурсов и адаптационного механизма природной среды, в связи с чем возникла необходимость учета экологических требований к экономике. Следует подчеркнуть, что само экономическое развитие внутренне противоречиво: с одной стороны, оно порождает ряд острых экологических проблем, а с другой – в самом экономическом развитии заложена основа для устранения этих противоречий. Раскрыть их природу – значит понять связь двух систем: общественного производства и ОС. При

этом необходимо помнить, что в региональной социо-эколого-экономической системе не может быть отдано предпочтение одному из компонентов в ущерб другим. Требуется обеспечить их сбалансированное сосуществование, которое позволяло бы иметь высокие темпы экономического роста, повышение благосостояния населения при сохранении и непрерывном улучшении ОС.

Резюме

Проанализированные в историческом аспекте представления о роли природной среды в жизни человеческого общества свидетельствуют о том, что они претерпевали существенные изменения, в зависимости от которых на разных этапах развития общественного производства формировались и разные парадигмы в сфере взаимодействия общества и природы. Обозначившийся во второй половине XX века мировой экологический кризис привел к осознанию необходимости смены техногенной модели социально-экономического развития (т.е. природоемкого и природоразрушающего), перехода от потребительского отношения со стороны общества к природе к природосберегающему, соизмерению неограниченных потребностей общества в природных условиях и ресурсах с ассимиляционным потенциалом природной среды. В основу новой модели легла концепция УР, рассматриваемая как системное единство живой природы, экономики и человека. На основе краткого обзора основных этапов становления концепция УР обобщены методологические основы сущности УР и обоснована роль экологического фактора в экономическом развитии. Показана необходимость стратегической оценки воздействия на ОС, учитывающей синергетический эффект хозяйственной деятельности, а также реализации принципа непревышения ассимиляционных возможностей ОС при ведении хозяйственной деятельности. Современные экологические вызовы и угрозы ставят перед обществом новые задачи и требуют выбора новых приоритетов, основанных на принципах «зеленой» экономики, в соответствии с которыми экономический рост и повышение благосостояния людей должны происходить при одновременном снижении негативного воздействия на ОС. Другими словами, экономический рост и охрана ОС являются взаимодополняющими стратегиями.

Предложенные методические основы изучения антропогенного воздействия на ОС и выявление возможных проявлений последствий таких воздействий позволили акцентировать внимание на «цепных реакциях», происходящих в природной среде, благодаря которым изменения в ее состоянии распространяются как в рамках отдельных экосистем, так и биосферы в целом, а также предложить классификацию видов проявления последствий воздействия хозяйства и населения на ОС и наметить основные цели и направления анализа последствий воздействия антропогенной деятельности на ОС.

На основе обоснования значимости учета территориальных аспектов использования природных ресурсов и охраны ОС предложены методологические и методические основы формирования эколого-экономических взаимодействий в структуре регионального хозяйственного комплекса. Дано представление о регионе как территориальной социально-эколого-экономической системе, для которой характерно наличие тесной взаимосвязи экономических, социальных и природных элементов отдельной территории. Проанализированы проблемы увязки экологических проблем с характером размещения производства, особенностями и масштабами хозяйственной деятельности на от-

дельной территории. Показано, что на уровне региона эколого-экономические взаимодействия не только приобретают особую актуальность, но и для их регулирования имеются наилучшие возможности при разработке и реализации программ социально-экономического развития и обосновании инвестиционной политики.

На основе анализа возможных направлений прогнозирования экологических последствий хозяйственной деятельности в регионе предложены три возможных способа учета влияния экологических факторов на формирование элементов территориально-производственных систем и пути их реализации, предусматривающие, во-первых, проведение комплекса природоохранных мероприятий (включая совершенствование и внедрение инновационных технологических процессов); во-вторых, введение запретов на совместное размещение и функционирование в том или ином месте различных сочетаний производств, неблагоприятных с точки зрения санитарных условий (с учетом эффекта синергизма, особенностей территории, требований сохранения здоровья людей); в-третьих, использование возможностей размещения производства и населения для решения экологических проблем.

Обеспечение устойчивого регионального развития как одного из путей устранения современных экологических угроз требует экологизации хозяйственной деятельности по различным направлениям, предусматривающим неуклонное и последовательное внедрение систем технологических, управленческих, правовых и других решений, позволяющих повышать эффективность использования природных ресурсов наряду с улучшением (или хотя бы сохранением) качества ОС. Успех экологизации экономики во многом зависит и от экологизации экономических инструментов управления и совершенствования их институциональной поддержки.

Изложенный в главе 1 подход может также служить методологической основой для формирования экологической составляющей в концепции «зеленой» экономики в разрезе достижения устойчивого развития посредством внедрения идей «умного» региона (или города) [423].

ГЛАВА 2
ФОРМИРОВАНИЕ МЕХАНИЗМА ГОСУДАРСТВЕННОГО ЭКОЛОГИЧЕСКОГО УПРАВЛЕНИЯ

2.1. ОСНОВНЫЕ УСЛОВИЯ ФОРМИРОВАНИЯ ЭКОЛОГИЧЕСКОЙ ПОЛИТИКИ

Экологическая политика (ЭП) представляет собой систему мероприятий, проводимых государственными органами с целью обеспечения экологической безопасности социально-экономического развития страны. Она включает в себя планирование и осуществление мероприятий, направленных на достижение целей, связанных с сохранением и улучшением состояния ОС (включая природные ресурсы) и здоровья людей. Таким образом, ЭП представляет собой целенаправленную системную деятельность государства в области использования природных ресурсов и охраны ОС, в которой ключевая роль принадлежит организационному, управленческому аспекту.

ЭП как одно из направлений государственной деятельности начала формироваться в развитых странах с конца 60-х – начала 70-х годов в связи с осознанием опасности наметившегося глобального экологического кризиса. Разразившийся в начале 70-х годов XX века мировой энергетический кризис и совпавшие с ним сырьевой и экологический кризисы остро поставили проблему поиска качественно новой модели социально-экономического развития, учитывающей не только ограниченность природно-ресурсных факторов и адаптационных возможностей природной среды, но и обеспечивающей ее сохранение. В основу такой модели легла концепция устойчивого развития как стратегический ориентир развития на всех уровнях территориального охвата – от глобального до локального.

Ставшая очевидной необходимость отказа от потребительского отношения к природной среде привела к повсеместному росту внимания к экологическим проблемам и обусловила усиление значимости всестороннего учета экологических ограничений экономического развития. Это, в свою очередь, сопровождалось активизацией деятельности государства в экологической сфере. В структурах государственного управления во многих странах были созданы специальные органы по охране ОС (министерства, агентства, бюро и т.д.), тем самым было положено начало формированию государственной ЭП. Сформировались и ключевые направления природоохранной деятельности, которые стали определять содержание ЭП в различных странах. К числу таких направлений можно отнести следующие:

а) регулирование и контроль антропогенных воздействий разного рода (для этого используется широкий набор разнообразных методов экономического, правового и административного характера, направленных прежде всего на формирование нормативно-правового поля, адекватного складывающейся экономической и экологической ситуации, и, в конечном счете, на минимизацию негативного воздействия на ОС);

б) проведение политики протекционизма по отношению к ресурсосберегающим и экологически безопасным технологиям (обычно осуществляется через систему различных льгот и стимулов);

в) поддержка фундаментальных и прикладных исследований в области экологии (как правило, реализуется посредством государственного финансирования и использования других источников);

г) организация системы информирования населения о состоянии ОС (путем формирования системы экологического мониторинга);

д) экологическое воспитание и образование населения как основа экологического благополучия общества (организация непрерывного экологического образования; экологизация как естественного, так и гуманитарного образования путем введения элементов эко-

логии во все учебные предметы; поддержка распространения экологической информации средствами массовой информации; поддержка издания экологической литературы и т.д.).

В рамках каждого из названных направлений, в свою очередь, предложены и апробированы различные конкретизирующие их подходы, методы и инструменты управления.

Выработка ЭП базируется, как правило, на учете двух групп обязательных условий: принятых обществом принципов ЭП и приоритетных экологических проблем (рис. 2.1). Знание и следование экологическим принципам позволяет выстроить каркас эколого-экономических взаимосвязей на конкретной территории. Данные принципы лежат и в основе государственной ЭП, формирующей те правовые, организационные и экономические требования, которым должен подчиняться каждый регион. Наложение этих требований на конкретную территорию со специфическими экономическими и природными условиями позволяет наметить важнейшие стратегические направления природоохранной деятельности.

Рис. 2.1. Условия формирования региональной экологической политики

Источник: составлено автором.

Формирование ЭП в общем виде может быть представлено в виде следующей последовательности действий (рис. 2.2). На основе принятых принципов ЭП и выбранных приоритетных экологических проблем в регионе формулируются основные положения стратегии природоохранной деятельности, которая включает, прежде всего, постановку экологических целей, их конкретизацию в виде определенных задач и выбор приоритетных направлений природоохранной деятельности. Для практической реализации экологических целей и задач разрабатывается система конкретных мероприятий и действий, которые могут принимать форму региональных экологических программ с установлением для каждого мероприятия ответственных исполнителей, сроков реализации и необходимых финансовых и материальных ресурсов, включая источники финансирования. Для оценки эффективности проведения природоохранной деятельности используется система критериев и показателей оценки экологической ситуации в регионе. Рассмотрим перечисленные действия подробнее.

Рис. 2.2. Схема формирования экологической политики в регионе

Источник: составлено автором.

Формирование природоохранной стратегии [156] определяется во многом спецификой территории, характером отраслевой структуры производства и используемыми на экологически опасных объектах подходами к организации и осуществлению природоохранной деятельности. Соответственно выделяются пространственный, производственный, организационно-технологический и управленческий аспекты выбора варианта природоохранной стратегии как долгосрочной основы ЭП (рис. 2.3).

Рис. 2.3. Факторы, влияющие на формирование экологической ситуации в регионе

Источник: составлено автором.

Пространственный аспект подразумевает отражение специфики региона с учетом особенностей его природно-климатических и экономических условий (см. рис. 2.3). Природно-климатические условия определяют, прежде всего, адаптационный механизм природных комплексов региона, их способность к самовосстановлению и поддержанию экологического равновесия. Территориальная дифференциация экологических проблем обусловливает их специфику в каждом отдельном регионе и требует своих путей решения. Данная специфика определяется прежде всего особенностями местных природно-климатических условий. В соответствии с этим решение сходных проблем охраны ОС может существенно различаться в зависимости от природных, экономических и других условий каждой конкретной территории. В результате этого одни и те же виды хозяйственной деятельности в различных регионах могут иметь и различные экологические последствия.

Особенности экологического потенциала территории во многом обусловливают и формирование определенной экологической ситуации, а также характер складывающихся в его пределах экологических проблем. При этом при прогнозировании экономического развития региона требуется знать предельно допустимую суммарную антропогенную нагрузку региона исходя из емкости ассимиляционного потенциала региональной экосистемы. Среди природных факторов, принимаемых во внимание при учете экологических последствий развития и размещения различных производственных объектов, первостепенное значение имеют климатические особенности территории, наличие и качество необходимых природных ресурсов, температурный режим, характер розы ветров, рельеф местности и другие условия (см. рис. 2.1).

Специфика экономических условий формирования экологической ситуации в пределах любого региона носит, как правило, комплексный характер и зависит, прежде всего, от производственной структуры хозяйства региона, характера размещения производственных объектов и населенных пунктов в его пределах, масштабов производства на отдельных предприятиях, уровня территориальной концентрации производства, а также от других социально-экономических факторов. При этом в регионе под влиянием антропогенной деятельности оказываются все компоненты его природной среды, которые подвергаются воздействию не только каждого конкретного вида загрязнения в отдельности, но и их совокупному влиянию, которое может оказаться намного опаснее и разрушительнее, чем исходные (см. рис. 2.3).

Важным аспектом регулирования экологической обстановки является определение допустимого уровня концентрации конкретного производства в определенном регионе. В каждой отрасли концентрация имеет свой экономический предел, за которым она перестает быть эффективной. Однако существуют пределы концентрации и по экологическим параметрам. Следует отметить, что влияние экологических факторов проявляется в этих процессах неоднозначно. Так, рост концентрации производства приводит, как правило, к росту концентрации загрязнения в данном регионе. При этом допустимый уровень концентрации производства следует рассчитывать с учетом существующего фонового уровня загрязнения ОС. Если фактическое загрязнение меньше установленных экологических стандартов, то увеличение концентрации производства возможно, если же оно равно или превышает уровень экологических нормативов, то дальнейшая концентрация недопустима. Соблюдение данного экологического ограничения обеспечивает предупреждение чрезмерного разрастания производства.

Характер экологических проблем региона во многом производен от его отраслевой специализации. ***Производственный (или отраслевой) аспект*** выбора варианта природоохранной стратегии связан с необходимостью учета отраслевой специфики региона, особенностей воздействия различных отраслей на ОС. Непосредственная зависимость отраслевой структуры производства и характера процессов использования природных ресурсов на предприятиях и состояния ОС в пределах регионов их размещения определяет необходимость изучения специфики экологических последствий функционирования предприятий различных отраслей экономики [94].

Отраслевой состав производства в том или ином месте в значительной мере обусловливает уровень и характер загрязнения ОС, масштабы нарушения природных комплексов, состояние природных ресурсов территории размещения соответствующих производств. Это, в свою очередь, диктует необходимость выбора природоохранной стратегии развития различных отраслей, направлений и масштабов осуществления природоохранных мероприятий на промышленных предприятиях. При этом каждое предприятие рассматривается с позиции относительного экологического обособления, когда комбинация необходимых для каждого отдельного предприятия свойств природной среды представляется достаточной для обоснования его размещения.

При оценке воздействия на ОС предприятий той или иной отрасли появляется возможность более точно определить масштабы и характер их влияния, вызываемые изменения в состоянии ОС и природных ресурсов, социальные и экономические последствия. С точки зрения экологических последствий функционирования объектов различных отраслей экономики целесообразно выявить основные производственные характеристики данных объектов, обратив особое внимание на их производственный профиль, мощность

производства, его технологию, виды и размер выпускаемой продукции, динамику развития, периоды и режим функционирования, размещение по отношению к природным, социальным и хозяйственным объектам. Учет всех рассмотренных выше экологических параметров, координирующих направление и масштабы развития производств, необходим для определения экологически оптимальной для данного региона производственной структуры. В конечном итоге процесс развития и размещения производства может стать важным инструментом существенного улучшения экологической обстановки на территории.

Организационно-технологический и управленческий аспекты выбора природоохранной стратегии связан с учетом используемых подходов к организации природоохранной деятельности на отдельных предприятиях и территориях как субъектах управления. Применительно к предприятиям это может быть традиционный путь, связанный с достройкой основных производственных процессов объектами, доводящими образующиеся выбросы, сбросы и твердые отходы до кондиций, соответствующих установленным для того или иного предприятия – источника загрязнения – экологическим требованиям (например, ПДВ, ПДС). Более кардинальным с экологических позиций путем является внедрение экологически безопасных технологий. Наконец, ощутимый экологический эффект может быть достигнут при совершенствовании организации управления природоохранной деятельностью на предприятии, что связано с внедрением систем экологического менеджмента.

В целом рассмотренные пространственные, производственные и организационно-технологические и управленческие факторы определяют реально складывающуюся в том или ином регионе экологическую ситуацию. Поскольку данные факторы в каждом регионе специфичны, то и процессы формирования экологической ситуации также специфичны. Учет подобной специфики необходим при выработке первоочередных направлений ЭП как в масштабах страны в целом, так и на региональном и локальном уровнях.

2.2. ОБЩИЕ ЧЕРТЫ МЕХАНИЗМА ЭКОЛОГИЧЕСКОЙ ПОЛИТИКИ ЗА РУБЕЖОМ

Изучение зарубежного опыта формирования эффективной системы управления в экологической сфере, выявление специфических особенностей и причин, определяющих выбор конкретных инструментов управления, накопленный опыт (в том числе организационный) и практика проведения природоохранной деятельности в других странах представляются особенно полезными для нашей страны, которая приступила к созданию экологической политики только в начале 90-х годов XX века. Развитые страны имеют, как правило, значительные продвижения в области ЭП, что во многом обусловлено высоким уровнем экономического развития и стабильностью, позволяющим аккумулировать средства на решение экологических проблем. Отличительной чертой сложившихся систем управления охраны ОС является широкое использование экономических регуляторов для стимулирования рационального природопользования при сохранении и укреплении государственного и общественного контроля и нормирования в экологической сфере. Основное назначение экономических методов состоит прежде всего в обеспечении стимулирования природоохранной деятельности путем внедрения природосберегающих и экологически безопасных технологий, а также поиска путей минимизации затрат, которые понесет общество ради достижения желаемого состояния ОС и ее отдельных компонентов.

Характерной особенностью мировой практики ЭП является осознание необходимости использования стратегических подходов при осуществлении природоохранной деятельности, которое определилось в конце 60-х годов прошлого века в связи с угрозой экологического кризиса. Начиная с этого периода, сложились три ключевых подхода к решению экологических проблем, в рамках каждого из которых сформировались свои инструменты управления.

Первый подход (с 70-х годов XX века) основан на выборе в качестве стратегического направления природоохранной деятельности мер по созданию и совершенствованию методов и средств ООС в конце производственного цикла – так называемые технологии «конца трубы» (end-of-pipe). В этом случае осуществляется достройка существующих основных производственных технологий различными системами обезвреживания отходов (включая очистные сооружения для обработки загрязненных сточных вод, установки для пылегазоулавливания и т.д.). Однако возможности этого направления оказались ограничены и достаточно быстро были исчерпаны (главным образом из-за наличия экспоненциальной зависимости между ростом природоохранных затрат и степенью очистки загрязненных выбросов и стоков). Существование такой зависимости приводит к тому, что при высоких мощностях производственных объектов увеличение степени очистки выше определенного уровня (и соответственно рост требуемых природоохранных затрат) делает производство экономически нерентабельным[1]. Это явилось одной из ключевых причин отказа в развитых странах от больших мощностей для вредных производств. В рамках первого подхода основными инструментами управления в экологической сфере стали преимущественно административные методы, включая законодательно-нормативные, контрольные, информационные, меры по экологическому экспертированию и аудированию и др.

Второй подход (с конца 70-х – начала 80-х годов XX века) характеризуется упором на техническое перевооружение производства на основе внедрения ресурсосберегающих и малоотходных технологий. Данный путь является высокоэффективным способом защиты ОС, однако связан с потребностью в значительных инвестициях на разработку и внедрение новых технологий. В рамках второго подхода среди рычагов экологического регулирования получили преимущественное развитие различные экономические методы, стимулирующие переход на инновационное развитие. В практику ЭП был введен принцип наилучших доступных технологий.

Третий подход (с 90-х годов XX века) потребовал поиска малозатратных, но эффективных способов охраны ОС, что привело к развитию экологического менеджмента – инициативной деятельности хозяйствующих субъектов, направленной на решение задач минимизации воздействия на ОС в результате последовательного улучшения в достижении их собственных экологических целей и задач, разработанных на основе самостоятельно принятой экологической политики. Экологический менеджмент представляет собой современный механизм управления природоохранной деятельностью, признанный на международном уровне и широко используемый подавляющим большинством промышленных предприятий во многих странах. В его основе лежит системный подход и использование комплекса управленческих решений и процедур.

[1] В частности, при переходе очистки сточных вод от 90 к 99%, ее стоимость увеличивается в 10 раз, а при переходе к 99,9 % – в 100 раз (*Источник*: Итоги науки и техники. Серия Охрана природы и воспроизводство природных ресурсов. – М.: ВИНИТИ, 1981. – Т. 9).

К настоящему времени мировая практика в сфере управления ресурсопользованием и охраной ОС располагает достаточно отработанным механизмом государственного регулирования, включающим как методы административного воздействия и контроля, так и довольно широкий арсенал экономических рычагов и инструментов [6; 20; 39; 82; 103; 111; 121; 160; 180; 181; 234; 249; 250; 358; 359; 377; 378; 379; 380].

Административные методы, как правило, включают следующие элементы (рис. 2.4):

1) Различные ***меры правового и организационного характера***, прежде всего разработку экологического законодательства и контроль за его соблюдением, а также осуществляемые органами экологического контроля всех уровней мероприятия по обеспечению постоянного наблюдения за состоянием и изменением особо важных для человека компонентов и показателей качества среды, выявление источников и факторов происходящих изменений (экологический мониторинг). Как правило, в первую очередь принимается общий закон об охране ОС, провозглашающий основные принципы ЭП, и на его основе разрабатывается специальное законодательство, включающее законы об экологической экспертизе и аудите, охране земель, вод, атмосферного воздуха, лесов, животного и растительного мира и т.д.

Рис. 2.4. Административные методы экологического регулирования

Источник: составлено автором.

2) Формирование ***института экологической экспертизы*** и оценку воздействия на окружающую среду (ОВОС). ОВОС и экологические экспертизы хозяйственных и иных проектов, связанных с воздействием на ОС, предназначены для того, чтобы еще на стадии проектирования обеспечить адекватные аргументы для принятия решения относительно возможности или невозможности их осуществления (принцип профилактики). Реализацию любого хозяйственного проекта должна предварять деятель-

ность по прогнозированию его возможного воздействия на ОС и получению оценок экологических возможностей осуществления соответствующего проекта. На решение этих важных проблем и нацелены экологические экспертизы, процедура которых является обязательной во всех странах с развитой ЭП и считается одной из главных задач государственных природоохранных структур.

3) Организация и проведение ***экологического аудита*** действующих объектов с целью проведения независимых вневедомственных проверок хозяйственной деятельности действующих объектов, оказывающих влияние на ОС, и выработке рекомендаций по снижению их негативного воздействия на ОС и здоровье населения. Экологический аудит является важной функцией контроля экологической безопасности функционирования предприятий и обязательной процедурой для прохождения экологической сертификации хозяйствующего субъекта. Его проведение позволяет, в частности, выявлять экологические проблемы и намечать пути их решения у действующих производств, обосновывать стратегии в области охраны ОС, усиливать контроль за производственной практикой и оценкой соответствия стратегии деятельности компаний нормам экологического права, снижать финансовые риски и т.д. Как и экологические экспертизы, экологический аудит широко применяется в промышленно развитых странах, имеет законодательную и нормативную (в виде системы стандартов) базы и выполняет не только экологическую функцию (позволяя решать задачи по снижению экологических рисков и реализации прав граждан на благоприятную ОС, а также по обеспечению экологической безопасности на уровне отдельных организаций, производственных комплексов и территорий), но и экономическую, обеспечивая повышение конкурентоспособности выпускаемой продукции и облегчая выход предприятий на международные рынки [45].

4) ***Экологическая паспортизация***, нацеленная на оценку и прогноз экологической ситуации на отдельных объектах и вокруг них, а также контроль за выполнением природоохранных мероприятий. Экологический паспорт содержит, как правило, общие сведения о предприятии; используемом сырье; описание технологических схем выработки основных видов продукции; схем очистки сточных вод и аэровыбросов; перечень планируемых мероприятий, направленных на снижение нагрузки на ОС, с указанием сроков, объемов затрат, удельных и общих объемов выбросов вредных веществ до и после осуществления каждого мероприятия, а также сведения о наличии в мире технологий, обеспечивающих достижение наилучших удельных показателей по охране природной среды.

5) ***Экологическая сертификация***, имеющая цель контроль безопасности продукции для ОС, жизни, здоровья людей и имущества, а также создание экологически справедливого рынка. Экологическая сертификация охватывает деятельность по подтверждению соответствия объекта сертификации природоохранным требованиям, установленным действующим законодательством страны, государственными стандартами и другими нормативными документами, в том числе международными стандартами. Сертификационная деятельность базируется, как правило, на данных экологического аудита.

6) ***Лицензирование загрязнения ОС и использования природных ресурсов***. Предусматривает оплачиваемое разрешение на выброс или сброс определенного количества вредных отходов заранее оговоренного или юридически установленного химического состава, а также выдачу разрешений на право эксплуатации тех или иных видов источников природных ресурсов. Лицензии предоставляются, как правило, природоохранными ведомствами на определенный срок; Эта административная мера широко применяется для регулирования производства, транспортировки, продажи, использования, хранения хими-

ческих веществ и материалов, строительства новых предприятий, инженерных сооружений, добычи полезных ископаемых, развития сельского хозяйства и т.д.

7) ***Квотирование загрязнения ОС и использования природных ресурсов, установление ограничений и запретов***. К использованию прямых запретов прибегают в тех случаях, когда осуществление какой-либо деятельности в том или ином месте связано с нанесением заведомо невосполнимого ущерба, например при размещении определенных объектов-загрязнителей в пределах конкретных территорий.

8) Разработка ***экологических стандартов*** – совокупности единых, соответствующих достигнутому уровню научно-технического прогресса, требований, предъявляемых государством и его органами к состоянию природных объектов, деятельности предприятий и граждан в целях обеспечения оптимального качества ОС. Включают технические, экономические и организационные нормы, определяющие параметры качественного состояния ОС, при соблюдении которых не происходит деградации экосистем, гарантируется сохранение биологического разнообразия и экологическая безопасность населения. В последние годы в развитых странах, в частности, в рамках Европейского союза и ОЭСР, широко внедряется разрешительная система, основанная на технологическом нормировании (***внедрение принципа наилучших доступных технологий*** – НДТ). Для этого в соответствующих странах были созданы необходимые предпосылки, прежде всего в результате технологической модернизации экономики, начавшейся в конце 70-х – начале 80-х годов XX века, и которая в значительной мере была подстегнута последствиями первого нефтяного, затем энергетического и совпавшего с ними экологического кризисов. Потребность в подходе, основанном на НДТ, возникла именно после массового перехода промышленности на новые ресурсосберегающие и эколого-ориентированные технологии (относящиеся к наиболее эффективным, но достаточно высокозатратным способам защиты ОС). Это обеспечило существенное улучшение экологической ситуации и в дальнейшем (в 1990-е годы) побудило искать новые малозатратные пути решения экологических проблем. Такой поиск привел к развитию экологического менеджмента и принципа НДТ (вторая половина 1990-х годов). Система экологического менеджмента начала внедряться в практику экологического регулирования производства со второй половины 1990-х годов. Переход стран Европейского союза на новую систему экологического нормирования на базе НДТ потребовал два с половиной десятилетия.

Использование НДТ в европейских странах основано на двух управленческих подходах. Во-первых, комплексном (интегрированном) подходе к предотвращению и контролю загрязнений, относящегося к отдельным компонентам ОС[1] и, во-вторых, индивидуальном (гибком), предназначенном для конкретного объекта хозяйственной деятельности в зависимости от условий местной ОС. В этом направлении важный вклад вносят добровольные инициативы промышленных компаний, направленные на сокращение объемов выделяемых отходов и повышение экологической эффективности в связи с внедрением системы экологического менеджмента, включая принятие таких международных норм, как международная система стандартов ISO 14000.

9) Разработка и реализация ***экологических программ*** на уровне государства и регионов. Экологические программы являются одним из важных средств реализации государственной экологической политики. При этом региональные программы выступают в качестве способа перераспределения компетенции между федеральными и региональны-

[1] Впервые комплексный подход на уровне ЕС был законодательно закреплен в Директиве Совета ЕС 96/61/ЕС от 24 сентября 1996 года «О комплексном предотвращении и контроле загрязнений».

ми органами власти в сфере экологического управления. Как показывает зарубежный опыт, важными гарантами успеха государственных программ выступают в частности, установление определенного порядка их финансирования, четкое определение источников и направлений расходования средств и контроля за их использованием, а также правовое обеспечение мероприятий программ, придание им соответствующего правового статуса и контроль за неукоснительным соблюдением законов. В целом реальная эффективность программ, в конечном итоге, зависит от механизма их реализации и финансирования.

Экономические методы регулирования ресурсопользования и охраны ОС охватывают совокупность мероприятий, направленных на изменение отношения участников экономической деятельности в направлении, благоприятном для состояния природно-ресурсного потенциала и ОС, путем воздействия на стоимость и преимущества различных вариантов, которые предлагаются участникам экономической деятельности. Основное назначение экономических методов состоит в обеспечении стимулирования природоохранной деятельности, включая внедрение природосберегающих и экологически безопасных технологий, а также поиск путей минимизации затрат, необходимых для достижения желаемого состояния ОС.

Экономический механизм экологического регулирования включает, как правило, следующие экономические и фискальные меры (рис. 2.5) [172; 228; 235; 236; 237; 238; 239; 250; 261; 302; 316; 326; 358; 359; 399; 402 и др.]:

Рис. 2.5. Инструменты экономического механизма природопользования в развитых странах

Источник: составлено автором.

1. ***Сборы за экологические услуги***, предназначенные обычно для возмещения затрат, связанных с оказанием разного рода экологических услуг отдельным потребителям или общественности. Подобные платежи часто встречаются в водном секторе и в управлении отходами. В частности, они могут иметь форму сбора средств, необходимых для компенсации расходов по эксплуатации коллективных или государственных сооружений и установок по очистке сточных вод. Сборы за пользование услугами взимаются также за удаление и обработку отходов и оказание других видов экоуслуг. Взимание подобных платежей способствует возмещению издержек, требуемых для сбора, переработки и удаления отходов, а также проведения других подобных мер, и обеспечивает поступление средств, необходимых для их финансирования. Данные платежи взимаются обычно местными властями для покрытия затрат за коллективные услуги в экологической сфере.

2. ***Сборы или налоги на товары***, налагаемые на продукцию, создающую загрязнение в процессе ее производства, потребления или утилизации (например: удобрения, пестициды, упаковочные материалы, батарейки и т.д.). Такие сборы устанавливаются, как правило, применительно к экологически «грязной» продукции и отходам, характеризующимся высокой степенью экологического риска, т.е. используются для таких видов продукции, при производстве, потреблении и удалении которых наносится ущерб ОС. Сборы или налоги на товары вводятся с целью относительного увеличения цен на экологически вредную продукцию. Подобными налогами может облагаться, в частности, продукция, содержащая токсичные вещества. Налоги на товары применяются и в случаях, когда возникают особенно трудные и дорогостоящие проблемы удаления (или размещения) тех или иных видов использованной продукции, например отработанных нефтепродуктов, автомобильных шин, свинцово-кислотных батарей, контейнеров одноразового использования и т.д. Очевидно, что использование налога на экологически «грязную» продукцию можно вводить при условии существования развитого рынка, когда высокие цены на экологически «грязную» продукцию или продукцию, произведенную по экологически «грязной» технологии, будут ограничивать ее потребление или производство, при этом рынок сможет предоставить потребителю другую взаимозаменяемую продукцию. В целом, налоги на товары (или косвенный налог на конечный результат производства, включая отходы), стимулируют предпринимателей сокращать токсичность выпускаемой продукции, повышать экологичность производства, а потребителей – делать выбор в пользу экологически чистых товаров. Собранные доходы часто используются для финансирования систем сбора и переработки отходов.

3. ***Платежи за пользование ресурсами***, призванные способствовать их рациональному использованию. Как правило, выделяются два вида платежей: (а) за право пользования природными ресурсами (включая недра, землю, воду, леса) и (б) за их воспроизводство и охрану. Плата за право пользования природными ресурсами ориентирована на собственника данных природных ресурсов, независимо от формы собственности. Она представляет собой форму изъятия абсолютной ренты. Платежи за воспроизводство и охрану природных ресурсов служат компенсацией затрат природных ресурсов в процессе производства.

4. ***Налоги и сборы за загрязнение ОС***, имеющие, как правило, форму прямых платежей, основанных на оценках количества и качества загрязняющих веществ, поступающих в ОС. Подобные налоги и сборы являются одним из наиболее широко распространенных видов сборов с виновников загрязнения. Они предоставляют право на выбросы загрязняющих веществ в воздух, сброс в водные объекты, загрязнение почвы, на шумы, а также на деятельность, связанную с управлением отходами производства. Дан-

ный вид сборов имеет форму налогов и рассчитывается в зависимости от объема выхода и вида загрязняющих веществ. В зарубежной практике регулирования природопользования подобные налоги используются как одно из важных направлений стимулирования природоохранной деятельности. Они нацелены на реализацию принципа «загрязнитель платит», экономический смысл которого состоит в том, что стоимость товара или услуги должна включать, помимо своей непосредственной стоимости производства, стоимость ресурсов, связанных с использованием ОС. В соответствии с этим использование воды, воздуха, почвы при сбросах, выбросах, обращении с отходами представляет собой использование ресурсов аналогично «классическим» факторам производства. Налоги за загрязнение ОС призваны возложить на загрязнителя социальную стоимость загрязнения, которое он вызывает, а также поощрить его к тому, чтобы взять на себя бремя соответствующих расходов, связанных с загрязнением. Данные налоги и сборы предусматривают взимание обязательной выплаты с загрязнителя, определяемой государственными органами и используемой более или менее непосредственным образом в целях восстановления ОС в соответствии с экологическими стандартами, которые установлены действующим законодательством в той или иной стране.

Как свидетельствует опыт развитых стран, подобные начисления могут быть эффективными на практике только в случае их тарификации. Для оказания реального воздействия эта тарификация должна стимулировать загрязнителя сократить объем сбросов, выбросов и отходов, источником которых он является, до уровня, когда единая сумма сбора соответствует предельной стоимости очистных работ, необходимых для обеспечения соблюдения норм качества ОС [250]. Только в этом случае экологические налоги будут оказывать стимулирующий эффект. Поэтому при определении шкалы налогов и сборов за загрязнение следует избегать возможных ситуаций, когда используемая шкала позволяет покрывать лишь незначительную часть реальных издержек (в результате предприятию-загрязнителю нередко выгоднее платить налоги и не предпринимать никаких действий по снижению выхода загрязнений). В этом случае система экологических налогов будет обеспечивать лишь перераспределение ресурсов, позволяющее возмещать только часть ущерба, наносимого ОС. Определение шкалы платежей за загрязнение во многом зависит от принимаемых норм охраны ОС. Применение слишком жестких норм, желательное с точки зрения сохранения ОС, подвергается значительному риску стать нереальным ввиду отсутствия финансовых, а порой и технических, средств, в то время как менее жесткие меры могут привести к сохранению и даже ухудшению неудовлетворительного с экологической точки зрения положения. В целом налоги и платежи за загрязнение представляют собой средство принуждения объектов-загрязнителей к взятию на себя всей совокупности расходов, связанных с нарушением экологических требований[1]. По мере того, как суммы нало-

[1] Необходимо отметить важные отличительные черты экологических налогов и платежей, характерных для мировой практики. Различие состоит в том, как используются формируемые за их счет доходы – только на экологические нужды или они могут использоваться общими национальными и местными бюджетами. Обычно термин "плата" применяется к большей части доходов, идущих на природоохранные цели, например, если отчисления поступают в экологические фонды, водные фонды или на государственные предприятия, предоставляющие муниципальные услуги, такие, как очистка сточных вод и утилизация твердых отходов. Если же доходы не определены на экологические расходы, используется термин "налог". Этот простой подход в большой степени совпадает с определениями ОЭСР терминов "плата/сборы" и "налоги". Дальнейшие различия могут проявиться в отношении целей и конструкции экологических платежей и налогов, в зависимости от задач природоохранной политики и функции инструмента [261].

гов и сборов устанавливаются на уровне, достаточном для стимулирования потенциальных загрязнителей к принятию необходимых предупредительных природоохранных мер, они могут в значительной степени заменять различные финансовые санкции и наказания, с которыми имеется вероятность дублирования.

5. ***Природоохранные субсидии, экологические инвестиции, дотации природоохранных мер, займы под пониженный процент*** охватывают все формы прямой финансовой помощи загрязнителям или пользователям природных ресурсов, например, в виде грантов, мягких займов, налоговых льгот, ускоренной амортизации и т.п. Обычно предоставляются объектам-загрязнителям при условии сокращения ими воздействия на ОС.

6. ***Залоговая (или залогово-возвратная) система***, суть которой заключается в необходимости внесения залога при приобретении товаров, являющихся потенциальными загрязнителями ОС. Залог возвращается при возврате товаров или их остатков. Система залога выполняет функцию платежей, стимулирующих повторное использование и вторичную переработку (например, для люминесцентных ламп, шин, аккумуляторов и т. п.). При этом пользователи платят повышенную плату, которая возмещается им после того, как продукт возвращен в систему сбора, утилизации и повторного использования. Данные виды платежей впервые были установлены в производстве прохладительных напитков, создавая стимулы к добровольному возврату бутылок, банок и т.п. Затем их использование было расширено, в частности, на сбор, переработку и повторное использование металлических и различного рода пластиковых контейнеров, корпусов автомобилей, шин, использованных электрических батареек и т.д. Механизм «залог-возврат» при всей его простоте позволяет снизить поступление отходов в ОС, сэкономить немалые средства и ресурсы за счет утилизации. В целом система залога обеспечивает гарантии выполнения экологических требований загрязнителями. Они должны внести депозит в форме залога. Залог возвращается, когда обязательства выполнены.

7. ***Плата за экологические нарушения*** имеет смысл штрафа и применяется к загрязнителям, не выполняющим требования природоохранного законодательства. Она может определяться по-разному, например, на базе ущерба или прибыли, полученной из-за несоблюдения экологических требований. В любом случае уровень данной платы должен быть сопоставим с реальной оценкой наносимого объектом-загрязнителем экологического ущерба.

8. ***Экологическое страхование*** как один из возможных путей предотвращения или смягчения последствий аварий и катастроф, наносящих ущерб ОС. Оно способствует повышению ответственности предприятий-источников повышенного экологического риска за причинение вреда в связи с чрезвычайными ситуациями (аварией, техническим сбоем или стихийным бедствием), приводящими к загрязнению ОС. Экологическое страхование, являясь одним из путей аккумуляции средств для решения экологических проблем, позволяет решать ряд экономических задач, среди которых можно назвать, во-первых, компенсацию убытков, образующихся у застрахованного предприятия и третьих лиц в результате загрязнения ОС (тем самым снизятся издержки предприятия, вызванные необходимостью удовлетворить претензии третьих лиц в связи с ущербом, нанесенным ОС; выплата же возмещений самим предприятием может привести к серьезным финансовым затруднениям, осложняющим работу предприятия и экономики в целом); во-вторых, экономическое стимулирование предот-

вращения аварий за счет увеличения противоаварийных затрат со стороны страховой компании при уменьшении затрат самого страхователя (при этом потерпевшей стороне (например, ОС в лице соответствующей государственной структуры) гарантируется получение причитающихся ей по закону сумм возмещения независимо от финансового состояния причинителя вреда); в-третьих, повышение эффективности использования денежных средств, концентрируемых в страховых фондах и т.д. Кроме того, страхование может частично выполнять функции контроля за выполнением требований по предупреждению загрязнения.

9. Формирование ***экологических фондов,*** средства которых идут преимущественно на природоохранные цели. Подобные фонды создаются, как правило, за счет экологических платежей и налогов и имеют перераспределительный характер. Средства данных фондов используются в основном на природоохранные мероприятия конкретных объектов-загрязнителей или на улучшение экологической обстановки в стране в целом. Тем самым экологические фонды выступают в качестве механизма координации природоохранной деятельности в соответствии с общими целями экологической политики на различных уровнях управления – от национального до местного.

10. ***Экологизация налоговой системы*** посредством введения налоговых механизмов, позволяющих сокращать загрязнение ОС и стимулировать внедрение ресурсосберегающих и малоотходных технологий (например повышенные акцизы на низкокачественный бензин и др.). Во многих развитых странах происходит «позеленение» налоговой системы, т.е. переориентация ее на охрану ОС и более эффективное использование ресурсов. Наибольшее распространение получили «углеродный» и «серный» налоги, а также налоги на перерабатываемую тару, заставляющие загрязнителей выделять средства на переработку отходов и создавать системы рециклирования [379].

11. ***Государственные инвестиции в охрану ОС, государственные закупки*** товаров природоохранного назначения, создание различных типов ***особо охраняемых природных территорий***, организация и проведение ***фундаментальных и прикладных научных исследований*** в области природопользования и охраны ОС и т.д.

12. ***Различные льготы***, в т.ч. льготные кредиты, льготы на новое строительство, льготы при использовании экологически безопасных технологий и другие. Например, в европейских странах практикуется мера по снижению налоговых ставок или представлению льготных государственных субсидий для предприятий, которые идут по пути переоборудования отопительных систем для сокращения пылегазовых выбросов.

13. ***Административные платежи***, включающие плату за выдачу лицензий, формирование систем компенсации или экологических квот, а также предельно допустимых уровней загрязнения, которые после их установления могут переуступаться при условии соблюдения ряда установленных правил (переуступаемые лицензии).

14. ***Прямая торговля допусками на загрязнение ОС, формирование рынка прав на загрязнение, использование «принципа пузыря» (или единой крыши), создание экологических банков, бирж отходов*** и т.д. Эта система основана на следующем принципе: любое увеличение количества выбросов или объема использования природных ресурсов в одном месте должно быть сбалансировано эквивалентным или иногда большим сокращением количества выбросов в другом. Например, если для определенного района зафиксирован официальный предел выбросов, то загрязняющее

предприятие может расширить свою деятельность только без увеличения общего объема загрязнения в районе. Для этого компании придется купить «права» или разрешения на загрязнение у других предприятий, расположенных в том же районе. В свою очередь, это требует сокращения выбросов в объеме, равному дополнительному увеличению загрязнения в результате новой деятельности. Торговля разрешениями на выбросы представляет собой компенсационный механизм в системе экополитики, при котором формируется рынок прав на выбросы. Рынок правительственных сертификатов (разрешений) предоставляет предприятиям право на определенное количество выбросов. Общее количество прав на выбросы определяется оптимальным уровнем загрязнения. Разрешения свободно обращаются на рынке, предприятия могут их покупать и перепродавать. Спрос на разрешения определяется ценой, предлагаемой предприятиями-продавцами. В настоящее время этот механизм используется в США, Австралии, Канаде, Швеции, ряде стран Западной Европы.

Как правило, в различных странах совокупность мероприятий, составляющих ЭП, включает и административные и экономические меры. Однако в зависимости от преобладания мероприятий того или иного характера определяется тип ЭП – преимущественно административный, финансово-экономический или смешанный. Так, считается, что преимущественно административный тип ЭП характерен для Японии, прежде всего, благодаря очень сильному экологическому законодательству, охватывающему, по существу, все стороны возможного воздействия на ОС, детальной отработке технологии проведения процедур экологических экспертиз и экологического аудита и т.д. Финансово-экономический тип ЭП свойственен большинству стран Западной Европы (Великобритании, Франции, ФРГ, Швеции и другим), где основной упор делается на использовании экономических методов. И, наконец, смешанный тип экополитики присущ США и Канаде, в которых традиционно сильны и административные, и экономические методы экологического регулирования.

В последние годы формирование экономического механизма природопользования в развитых странах характеризуется смещением акцентов с административных на экономические, и, особенно, стимулирующие, методы экологического регулирования и усилением роли чисто рыночных регуляторов типа рынка прав на загрязнение и сопутствующую ему инфраструктуру. Хотя ЭП в развитых странах строится в принципе на унифицированном подходе к организации природоохранного механизма, вместе с тем в разных странах имеют место и свои особенности.

Охарактеризованные методы регулирования в сфере экологизации экономики в последние годы тесно переплетаются с мерами по переходу к «зеленой» экономике, нацеленной на экономическое развитие и сохранение природного капитала, разработку и реализацию адресных программ стимулирования инвестиций в «зеленые» инновации, энергосберегающие и экологически безопасные технологии, рациональное использование природных ресурсов, а также на осуществление комплекса других мер, ориентированных на учет требований устойчивого развития и обеспечивающих рост качества жизни в пределах экологических возможностей природной среды (табл. 2.1).

Внедрение «зеленых» технологий (представляющих, по существу, конкретизацию различных направлений экологизации производства по приоритетным секторам экономики) способствует сохранению и улучшению ОС и здоровья людей, экономии ресурсов, повышению эффективности производства и конкурентоспособности выпускаемой продукции.

Таблица 2.1

Приоритетные направления «зеленой» экономики

Приоритетные сектора	Содержание деятельности и основной результат
Энергетика	Технологии по возобновляемым источникам энергии (ВИЭ), включая солнечную и ветровую энергию, биотопливо (в т.ч. второго поколения – целлюлозное и биодизельное топливо на основе водорослей) и т.д. Создание устройств хранения энергии. Повышение энергоэффективности за счет сокращения энергоемкости производства и перехода на ВИЭ. Снижение выбросов газов, в том числе парниковых. Уменьшение вредного воздействия на окружающую среду и переход к широкому использованию альтернативных способов получения энергии. Смягчение последствий изменения климата
Утилизация отходов	Технологии по управлению отходами. Снижение негативного воздействия на окружающую среду за счет уменьшения количества отходов. Повышение защищенности населения и объектов экономики от негативного антропогенного воздействия в результате реализации комплекса мероприятий по утилизации отходов
Сфера борьбы с загрязнением ОС	Био-, нано-, информационные и коммуникационные технологии. Технологии по борьбе с водным и воздушным загрязнением. Биотехнологии в области восстановления окружающей среды (включая ее очистку от тяжелых металлов и химикатов). Рост объемов производства экологически чистых технологий и продукции под влиянием стимулирующих мер государственной политики и увеличения спроса со стороны потребителей. Сокращение объема потребляемых ресурсов. Снижение негативного воздействия на окружающую среду
Производство экологически чистых продуктов питания	Органическое земледелие – новые технологии в сельском хозяйстве, повышение продуктивности сельскохозяйственных угодий, наращивание производства без ухудшения плодородия почв и природной среды в целом. Восстановление земель. Совершенствование методов хранения сельскохозяйственной продукции.
«Зеленый» транспорт	Рост объемов производства экологически чистых видов транспорта, использование альтернативных видов топлива, инвестиции в общественный транспорт, ориентированный на альтернативные источники топлива. Рост производства электрических и гибридных автомобилей. Развитие технологий по использованию природного газа в качестве топлива для транспорта, включая легкорельсовый (трамвай, монорельс). Использование более легких материалов в транспортных средствах. Сокращение выбросов в атмосферу.
«Зеленое» строительство	Жилищное строительство и эксплуатация зданий. Землеустройство и планировка территорий. Энергоэффективное домостроение. Повышение энергоэффективности в зданиях и осветительных приборах. Повторное использование строительных материалов и утилизация мусора. Применение новых изолирующих материалов и альтернативных источников энергии. Улучшение теплоизоляции зданий
Чистая вода	Рациональное использование водных ресурсов. Модернизация водной инфраструктуры (включая дамбы и водохранилища) и систем водоснабжения и канализации. Расширение доступа к качественной воде. Снижение непроизводительных потерь водных ресурсов. Снижение утечек воды в муниципальных системах водообеспечения
Лесное и рыбное хозяйство	Повышение продуктивности лесных и рыбных ресурсов. Сохранение биоразнообразия лесных и водных систем

Источник: Таблица составлена с использованием источников [133; 300; 313; 314; 345]

В целом анализ зарубежного опыта формирования государственной ЭП свидетельствует о все большем осознании растущей потребности интегрировать экологические цели в механизм хозяйствования, об активизации природоохранной деятельности в развитых странах, что основано на введении системы объективной оценки экологических последствий производства и потребления, широкого применения экономических мер. Взаимосвязь экономических и экологических проблем диктует необходимость использования как преимуществ рыночного механизма, так и мер государственного регулирования для обеспечения экологически сбалансированного развития экономики. При этом среди методов государственной ЭП все большие предпочтения отдаются не столько мерам ограничительного характера и наказанию виновных, сколько стимулированию усилий тех природопользователей, чье экономическое поведение способствует улучшению состояния ОС. Другими словами, происходит сдвиг от использования административных рычагов управления к более широкому применению экономических (в том числе финансовых) методов регулирования в экологической сфере, что, на наш взгляд, возможно только при отработанных административных методах управления.

2.3. СИСТЕМА ГОСУДАРСТВЕННОГО ЭКОЛОГИЧЕСКОГО РЕГУЛИРОВАНИЯ В РОССИИ

2.3.1. Становление государственной экологической политики в России (начало 1990-х гг. – 2000 г.)

Произошедшие в последние несколько десятилетий изменения в российской экономике отразились и на состоянии экологической сферы, приведя к обострению и углублению экологических проблем, даже несмотря на значительное сокращение промышленного производства в связи с экономическим спадом 90-х годов. Кроме того, высокая природоемкость и ресурсно-сырьевая ориентация экономики России предопределяют особые требования к учету экологического фактора в проведении хозяйственной деятельности в условиях формирования рыночных отношений. Все это обусловливает особую актуальность проблем управления эколого-экономическими взаимодействиями и требует повышенного внимания к поиску путей их эффективного решения со стороны государства.

В РФ взаимосвязь между государственной ЭП, проводимой федеральным центром, и ЭП на уровне регионов – субъектов РФ – характеризуется крайне сильной зависимостью. С одной стороны, государственная ЭП задает национальные приоритеты в экологической сфере, которые должны находить отражение при формировании ЭП в регионах. С другой стороны, региональный уровень управления в области охраны ОС по существу зеркально повторяет федеральный с учетом наложения механизма государственной ЭП на региональную специфику. Поэтому механизм реализации природоохранных мероприятий на уровне регионов включает меры, предпринимаемые как на уровне РФ, так и ее субъектов во взаимодействии с органами местного самоуправления. Однако отсутствие, как правило, сильных органов управления в области охраны ОС на региональном уровне и значительные ограничения в их деятельности приводят к тому, что экологическая политика, проводимая регионами РФ, с точки зрения используемого инструментария мало чем отличается от федеральной. В результате методы экологического регулирова-

ния, вырабатываемые на федеральном уровне, используются с незначительными модификациями и на уровне регионов. Поэтому основные направления формирования механизма региональной ЭП зависят как от мер, предпринимаемых на уровне РФ, так и от полномочий субъектов Федерации. Соответственно, речь пойдет преимущественно об основных направлениях формирования механизма реализации ЭП на федеральном уровне. Очевидно, что достижение благоприятной экологической ситуации в регионах как необходимого условия достойного качества жизни и здоровья населения, возможно лишь при условии обеспечения согласованности действий региональных органов власти, бизнеса и общественности в сфере охраны ОС.

Ключевая роль в ЭП принадлежит организационному, управленческому аспекту [334; 355; 356]. Организационные аспекты природоохранной деятельности предусматривают формирование трех основных сфер:

1) политико-правового признания (осмысление важности проблемы, выделение в ней правовых аспектов и официального документального провозглашения правовых норм);

2) законодательную (разработка системы законов, охватывающих соответствующую отрасль права);

3) административно-управленческую (создание системы специальных органов государственного управления, занимающихся соответствующей деятельностью).

В России становление государственной ЭП относится, по существу, только к началу 90-х годов XX века, когда многие развитые страны уже имели значительный опыт и продвижения в сфере разработки и реализации инструментов государственного регулирования ресурсопользования и охраны ОС. Наличие подобного опыта и практика проведения природоохранной деятельности в других странах, с одной стороны, представляются особенно полезными для нашей страны с позиций формирования эффективной системы управления экологической сферой и, с другой стороны, позволяют выявить специфические требования, определяющие выбор конкретных инструментов управления в России.

Политико-правовое признание важности экологических проблем в РФ закреплено в Конституции Российской Федерации и системе экологических законов, среди которых ключевое место занимает федеральный закон «Об охране окружающей среды» (от 10 января 2002 г. № 7-ФЗ и его последующие редакции) [468; 469; 470]. Кроме того, официально основополагающим документом, определяющим государственную ЭП страны, ее цель, направления, задачи и принципы на долгосрочный период является Экологическая доктрина Российской Федерации [479; 487], одобренная Правительством РФ 31 августа 2002 г.[1]

Формирование механизма управления в сфере охраны ОС в России не являлось гладким и во многом затруднялось и затрудняется в настоящее время проводимыми с 1996 г. реорганизациями федеральных природоохранных органов. В 1992 г. для разработки и осуществления ЭП в России было принято решение о разделении функций контроля и надзора за природными ресурсами и их использованием, в соответствии с чем было создано Министерство охраны ОС и природных ресурсов, основными функциями которого стали государственный экологический контроль, государственная эко-

[1] Заметим, что Экологическая доктрина только одобрена Правительством, а не принята им и не утверждена Президентом России.

логическая экспертиза и надзор за особо охраняемыми территориями. В 1996 г. Министерство охраны ОС и природных ресурсов было преобразовано в Государственный комитет по охране ОС (Госкомэкология), т.е. его статус был понижен, хотя полномочия остались министерскими. Это противоречило российскому законодательству, по которому комитеты не могут осуществлять государственную политику, в их ведении лишь координация взаимодействия между ведомствами и контроль за ними. Одновременно на базе упраздненных Роскомнедр и Роскомвода было образовано Министерство природных ресурсов РФ (МПР). В результате проведенной реорганизации Россия оказалась единственной страной в Европе, не имеющей министерства охраны ОС.

К сожалению, реорганизация органов управления в области охраны окружающей среды на этом не закончилась. В 2000 г. Госкомэкология была упразднена, а ее функции переданы МПР РФ [475]. При этом природоохранные органы подверглись не просто реорганизации, а упразднению. Функции ликвидированной Госкомэкологии, а также Федеральной службы лесного хозяйства переданы МПР РФ, одной из основных функций которого являлось обеспечение развития таких отраслей, как горнодобывающая и нефтегазовая и, соответственно, выдача лицензий на добычу нефти, газа и других полезных ископаемых. Это решение отражало укоренившуюся в органах власти точку зрения о неважности ОС, убежденность в том, что сначала нужно решить экономические проблемы, а потом браться за решение экологических проблем, поскольку экология существенна только для богатых стран.

В результате Россия оказалась без специализированных природоохранных органов в системе федеральной исполнительной власти, что не может не отражаться на формировании государственной ЭП, которая пока остается малоэффективной. По существу, в стране не проводится последовательная ЭП, что особенно опасно в период экономического подъема и предполагаемых изменений в структуре реального сектора экономики, которые неизбежно ведут и к росту антропогенной нагрузки на ОС. И хотя в середине 2008 г. на уровне высших органов власти страны была осознана необходимость усиления внимания к экологическим проблемам, что выразилось, в частности, в преобразовании Министерства природных ресурсов РФ (МПР) в Министерство природных ресурсов и экологии РФ (Минприроды России) [481] с наделением последнего функциями государственного управления в области охраны ОС, тем не менее представляется преждевременным ожидать быстрых и существенных сдвигов в экологической сфере к лучшему. Основанием для подобных сомнений является прежде всего то, что данное ведомство в первую очередь само выступает как природопользователь (а с передачей ему функций еще и Федеральной службы лесного хозяйства его природопользовательские функции только расширились), основной задачей которого является выдача лицензий на добычу различных природных ресурсов. Над природопользователем необходим экологический контроль, осуществлять который должен другой государственный орган. Хозяйствующий субъект не может контролировать сам себя. К тому же природоохранная деятельность пока не стала основной для данного ведомства и вряд ли станет. Поэтому другие более привычные для него интересы, функции и заботы в той или иной степени оттесняют ООС на второй план. Кроме того, в современных условиях России поворот на путь экологизации экономики наталкивается на колоссальное сопротивление со стороны сырьевого бизнеса и смежных с ним производств первичного передела, что требует от государства разработки адекватных мер, необходимых для модернизации экономики.

В то же время ЭП не может формироваться и проводиться без наличия сильных организационных структур. Об этом свидетельствует и современная российская практика, из непродолжительного опыта которой вытекает, что поступательное развитие методов ЭП, наблюдавшееся в 90-е годы, после упразднения Госкомэкологии привело к заметному отступлению от завоеванных позиций в сфере экологического регулирования и, по оценкам специалистов, в целом к провалу государственной ЭП. Прежде чем привести аргументы, подтверждающие данное утверждение, рассмотрим, что было создано и накоплено в данной сфере к началу 2000-х годов.

В Российской Федерации к началу XXI века были заложены, на наш взгляд, необходимые основы для разработки и реализации результативной ЭП, среди которых в качестве наиболее типичных можно назвать следующие направления (при всех их достоинствах и недостатках):

1) созданная и действующая сеть наблюдений за состоянием ОС; предпринимаемые усилия (хотя и не давшие по ряду причин ожидаемых результатов) по формированию единой системы мониторинга ОС, нацеленной на обеспечение постоянного, непрерывного и действенного контроля за состоянием ОС;

2) сложившаяся (как по вертикали, так и по горизонтали) система органов управления ООС и регулирования использования природных ресурсов, охватывающая всю территорию страны;

3) внедрение в практику принятия решений института экологической экспертизы хозяйственных проектов как средства предупредительного контроля за осуществлением всевозможных проектов и выявления возможных негативных последствий их реализации, включая обязательную экологическую экспертизу любых программ и проектов, экологическую оценку экономических решений перед их воплощением в государственных документах; ежегодно Госкомэкологии проводил государственную экспертизу около 72 тысяч проектов (причем каждый третий проект получал отрицательное заключение экспертов) и вел наблюдение за деятельностью 250 тысяч предприятий [163; 191; 295; 343];

4) формирование законодательной базы природоохранной деятельности, включая создание системы санкций за нарушение установленных экологических стандартов и т.д.;

5) разработка норм и стандартов в области природопользования и установление контроля за их соблюдением;

6) накопленный опыт разработки и реализации экологических программ разного территориального охвата, прежде всего федерального и регионального уровней;

7) расширение лицензирования природопользования, в том числе обязательное получение разрешений на строительство новых и реконструкцию действующих предприятий и других источников негативного воздействия на ОС и т.д.;

8) формирование экономического механизма регулирования отношений между хозяйственной деятельностью и ОС, реализован принцип «загрязнитель платит», введена платность использования природных ресурсов и загрязнения ОС; появление регулирующих и стимулирующих элементов данного механизма;

9) постоянное расширение созданной системы особо охраняемых природных территорий;

10) регулярное издание (начиная с 1992 г.) государственных докладов о состоянии и об охране окружающей природной среды в РФ и т.д.

Оставляя в стороне вопрос об оценке уровня развития и эффективности перечисленных методов и рычагов, отметим, что в сложившемся механизме управления в области охраны ОС в России бросается в глаза преобладание методов административного управления и слабая представленность инструментов экономического механизма экологического регулирования при почти полном отсутствии инструментов налоговой, кредитной и ценовой политики, экономически стимулирующих ресурсо- и энергосбережение, внедрение малоотходных технологий, осуществление природоохранной деятельности. С одной стороны, крен в сторону административных и организационных мер представляется вполне закономерным и уместным на этапе становления государственной ЭП. Однако, с другой стороны, по мере укрепления и развития методов экологического регулирования административные методы (выполняющие функции кнута, поскольку они носят, как правило, принудительный характер и являются обязательными для всех природопользователей в рамках принятого в стране экологического регламента) должны все в большей степени балансироваться экономическими и стимулирующими рычагами, которым в значительной мере отводится функция пряника.

В то же время механизм экологического регулирования в РФ остается пока достаточно примитивным, в нем отсутствуют многие элементы управления (прежде всего экономического, в том числе стимулирующего, характера), ставшие обычными в практике проведения ЭП в других странах. При этом ряд элементов управления в России декларируются, но имеют чисто символический характер, не оказывая практически никакого влияния на состояние дел в природоохранной сфере (например, экологический аудит, экологическое страхование, экологическая сертификация и др.).

2.3.2. Причины и основные направления деэкологизации государственного управления в России (после 2000 г.)

С начала 90-х годов и до 2000 г. формирование государственной ЭП в России шло, на наш взгляд, в целом поступательно: набор инструментов управления постепенно расширялся и совершенствовался, отдельные направления укреплялись (например, экологическая экспертиза), развивалось экологическое законодательство, шло (хотя и медленно) становление системы финансирования природоохранной деятельности за счет таких источников, как платежи за пользование природными ресурсами и загрязнение ОС; сложилась система экологических фондов (федерального и территориальных) и фондов воспроизводства отдельных природных ресурсов [50; 216; 265]. В этот период все отчисления от налогов и сборов экологического характера, как и природоресурсные платежи, имели целевой характер и являлись источниками финансирования исключительно природоохранных мероприятий.

Период с начала 2000-х гг. характеризовался обратной тенденцией, обусловленной тем, что в результате череды реорганизаций природоохранных органов и, наконец, упразднения Госкомэкологии России в 2000 г. началось наступление на природоохранную сферу по различным направлениям и откат от многих достигнутых позиций, который отчетливо демонстрирует ослабление государственной ЭП, распространенность экологического нигилизма среди лиц, принимающих решения. Это нашло выражение в деэкологизации государственного управления и сокращении расходов на охрану ОС на всех уровнях управления [45; 110; 164; 335; 373; 408]. С введением в действие нового Бюджетного кодекса РФ система управления экологической сферой, сложившаяся к 2000 г., была окончательно разрушена. В результате, несмотря на по-

стоянные попытки реформирования отношений в сфере природопользования и охраны ОС, не удалось не только сформировать целостную, прозрачную, действенную ЭП (включая систему финансирования экологической сферы), но и восстановить достигнутые в 1990-е годы позиции.

Отметим следующие, на наш взгляд, принципиально важные аспекты ослабления внимания к проблемам государственного управления в экологической сфере [37; 75; 93; 127; 163; 164; 188; 191; 203; 205; 229; 295; 343; 374; 375; 386; 408; 482; 485; 493; 496].

1. Упразднение Госкомэкологии России[1] положило начало постепенному ***ослаблению и даже разрушению созданных в предыдущие годы природоохранных органов и структур.*** Поскольку Госкомэкология располагала достаточно сильной системой территориальных органов в области охраны ОС, представленных во всех субъектах РФ, то после ее упразднения, по существу, была свернута и вся эта система, т.е. весь комплекс структур исполнительной власти разного уровня, от федерального до местного, наделенных определенными функциями, обладающих механизмами и инструментами управления и имеющих правовую и нормативную базу. Соответственно, с 2000 г. фактический объем государственной деятельности в экологической сфере постоянно сокращается, кадровый потенциал экологических служб подорван, существенно сокращен состав экологических инспекторов (со 100 тысяч человек до 3 тысяч человек) и в целом ослаблен государственный экологический контроль, растет число экологических правонарушений и их латентность, ослаблена деятельность в сфере обеспечения экологической безопасности, сделан шаг назад в реализации принципа «загрязнитель платит», нарастает наносимый ОС ущерб, экологическая ситуация в стране и регионах ухудшается[2]. К этому следует добавить ликвидацию организационных структур по оценке экологических последствий принимаемых решений на федеральном уровне в составе Минэкономразвития РФ, а также комитета по экологии в составе Государственной Думы ФС РФ. Если в 90-е годы XX века в России разрабатывались и реализовывались национальные планы действий по охране ОС (на два – три года), то сейчас таких планов нет.

2. Закрепилась устойчивая ***тенденция постоянного сокращения бюджетных расходов на охрану окружающей среды*** (абсолютного и относительного) на фоне и без того их неоправданно низкого уровня[3]. Доля затрат на охрану ОС в расходах бюджетной системы в России достигает 0,1–0,2%. В 2000–2001 гг. ликвидирован Федеральный экологический фонд и, хотя формально экологические фонды субъектов Федерации и районные экологические фонды не упраздняли, их деятельность в большинстве случаев пришла в упадок. Тем самым природоохранная деятельность лишилась, хотя и относительно небольших, но достаточно надежно собираемых целевых средств на федеральном, региональном и местном уровнях.

---

[1] Указом президента России упразднены Госкомэкологии РФ и Рослесхоз. – URL: – http://ecoclub.nsu.ru/news/5_00/23_5_00_5.htm.

[2] Экологический переворот. Во что обошлась ликвидация Госкомэкологии? Подсчет убытков по прошествии 2 лет. – URL: https://iq.hse.ru/news/177800639.html; Кому понадобилось упразднение Госкомэкологии? – URL::https://www.svoboda.org/a/24199050.html; Указом президента России упразднены Госкомэкологии РФ и Рослесхоз. – URL: http://ecoclub.nsu.ru/news/5_00/23_5_00_5.htm.

[3] Более подробно проблемам формирования финансового механизма охраны окружающей среды в РФ посвящен п.2.4 данной главы.

3. До сих пор не принят закон ***о платежах за негативное воздействие на ОС,*** хотя его необходимость предусмотрена Федеральным законом от 10.01.2002 № 7-ФЗ «Об охране окружающей среды» [468; 469; 470; 482]. До 2000 г. плата за негативное воздействие на ОС контролировалась территориальными органами Госкомэкологии. Поступления распределялись между федеральным бюджетом, федеральными, региональными и местными экологическими фондами. С 2000 г. ответственность за сбор поступлений была передана федеральным налоговым органам, федеральные и местные экологические фонды были упразднены, а доход поделен между федеральным и региональным бюджетами. В настоящее время плату за негативное воздействие на ОС необходимо уплачивать в Росприроднадзор.

Одним из серьезных недостатков сложившейся системы платежей за негативное воздействие на ОС считаются очень низкие базовые ставки, что не стимулирует предприятия к осуществлению природоохранной деятельности. К другим недостаткам данных платежей относят отказ от целевого использования средств, поступавших в бюджет в качестве платы за загрязнение ОС, а также несвоевременный и не адекватный учет фактора инфляции. В результате вклад данного вида платежей в дело ООС остается мизерным. Кроме того, плата взимается только с ограниченного числа видов негативного воздействия на ОС, хотя существуют и предусмотрены законом [468] другие его виды (например шумовое, электромагнитное, радиационное воздействие). За них плата фактически не взимается.

Не соответствует реальной экономической оценке и сложившаяся в России система ***платежей за пользование природными ресурсами*** [242; 309; 310]. Уровень данных платежей искусственно занижен, причем существенно (по крайней мере, на порядок), что свидетельствует о неэффективном выполнении государством функции собственника природных ресурсов. В результате колоссальная часть доходов от использования природных ресурсов проходит мимо бюджета.

4. Происходит разрушение ***системы экологического контроля,*** начавшееся с ликвидации в 2000 г. районного уровня экологического контроля под видом передачи соответствующих функций из центра субъектам Федерации. Фактически более или менее эффективный контроль сохранился не более чем в одном из четырех субъектов Федерации, в остальных работа практически прекратилась (хотя это обстоятельство маскируется формальными отчетами). Ликвидация системы экологического надзора, завершившаяся в ходе очередной административной реформы, привела к тому, что надзорные органы (с 2004 г.) оказались переподчинены тем ведомствам, которые они должны контролировать. После внесения изменений в отдельные законодательные акты РФ в 2006–2007 гг. фактически ликвидирован муниципальный экологический контроль. Однако именно муниципалитеты – первичное звено ответственности за условия проживания населения и лишение их механизма получения информации о состоянии ОС означает и лишение возможностей принятия соответствующих мер по улучшению качества жизни населения.

Оставляет желать лучшего и техническая база экологического контроля, практическое отсутствие автоматического оборудования, дистанционных методов сбора информации и т.д. Ослабление экологического контроля создало стимулы для консервации устаревших технологий в ущерб модернизации производства и, соответственно, привело к быстрому и повсеместному росту экологических правонарушений и ухудшению состояния ОС. Кроме того, ослабление экологического контроля сопровожда-

ется установлением практики, когда экологические критерии стали использоваться в качестве инструмента для выборочного контроля тех или иных компаний и даже перераспределения активов.

Важно отметить, что создание в результате административной реформы в 2004 г. двух специально уполномоченных органов в области экологического контроля – Ростехнадзора и Росприроднадзора – способствовало не улучшению, а ухудшению экологической ситуации в стране. Росприроднадзор отвечает за экологическую безопасность лесов, заповедников, речных ресурсов; ведет государственный учет объектов, оказывающих негативное воздействие на ОС и вредное воздействие на атмосферный воздух. Ростехнадзор, в свою очередь, отвечает за промышленные и инфраструктурные объекты, атомную и радиационную безопасность; следит за соблюдением техрегламентов. Результатом параллелизма и несогласованности в деятельности этих органов стала дезорганизация наиважнейшей функции государства по обеспечению экологической безопасности страны, дискредитация экологической политики и системы государственного управления, и, как следствие, произошел тотальный рост экологических правонарушений и ухудшение состояния ОС. Так, в результате реорганизации 2004 г. резко снижены показатели эффективности экологического контроля в сравнении с показателями 2003 г.: проверено объектов в 19 раз меньше, выявлено экологических правонарушений в 45 раз меньше [295; 343]. В 2008 г. Росприроднадзор подчинили Минприроды, т.е. необходимость разделения хозяйственных и контрольных функций была в очередной раз проигнорирована. Кроме того, возможности природоохранных органов по проведению проверок весьма ограничены, например, для коммерческих организаций они составляют один раз в три года. В результате многие экологические аварии и экологические правонарушения остаются без внимания.

5. В плачевном состоянии находится ***система экологического мониторинга***, которая из года в год все больше и больше сворачивается [485]. Сегодня мы не имеем ни мониторинга источников загрязнения окружающей среды (в 90-е годы он осуществлялся территориальными органами Госкомэкологии России), ни мониторинга экосистем. В настоящее время в России нет Единой государственной системы экологического мониторинга (ЕГСЭМ), хотя решение Правительства РФ о ее создании было принято еще в 1993 г. Нет ведомства, которое было бы готово получить необходимые полномочия по руководству созданием такой системы и осуществлять эту работу на практике. Попытки создания ЕГСЭМ в 90-е годы сошли на нет из-за разногласий между ведомствами, располагающими отдельными компонентами такой системы и не стремившихся к их системной консолидации. В результате эти ведомственные элементы потенциальной ЕГСЭМ остаются совершенно разобщенными. Определенный вклад в торможение работ по формированию ЕГСЭМ внесли ведомства (прежде всего ресурсные), справедливо опасавшиеся, что наличие такой системы приведет к усилению экологического контроля за соблюдением природоохранного регламента.

6. Принятие новых редакций Лесного [467] и Водного [465] кодексов привело ***к ухудшению ситуации с использованием и охраной лесных и водных ресурсов***. Так, до 2007 г. охрана лесов от пожаров осуществлялась централизованно в рамках государственной лесной службы и в порядке ведения лесного хозяйства. В 2007 г. Лесной кодекс РФ упразднил централизованную службу охраны лесов от пожаров. Ответственность за охрану лесов была передана в субъекты РФ и осуществлялась в рамках лесохозяйственной деятельности. Однако субъекты РФ оказались не готовы к осуще-

ствлению полноценной охраны лесов от пожаров, так как не имели для этих целей ни соответствующих средств, ни кадров, ни иных материально-технических возможностей, особенно для тушения пожаров на территориях за пределами эксплуатационных лесов [185]. В стране сложилась ситуация, когда масштабы восстановления лесов меньше масштабов их уничтожения рубками и пожарами [190]. Более того, все леса должны быть отданы в аренду, и лесохозяйственные и противопожарные функции должны лечь на арендаторов. Поэтому из 83 000 человек Гослесоохраны было оставлено 680 человек лесных инспекторов в составе Росприроднадзора – примерно по восемь человек на субъект Федерации [142].

Насущным вопросом является наведение порядка в управлении лесами и обеспечение производства качественных лесных ресурсов для экономики. Действующее российское законодательство недостаточно четко разграничивает обязанности органов государственной власти, местного самоуправления, собственников и арендаторов (земельных и лесных участков, строений), а также граждан по обеспечению пожарной безопасности. Поэтому не всегда ясно, кто именно отвечает за пожарную безопасность лесов. Фактически, в лесах и на других территориях за обеспечение пожарной безопасности отвечают разные люди и организации, и их действия регулируются разными законами и правилами. Отсутствие четкого разделения компетенции и ответственности субъектов лесных отношений в области мониторинга и тушения лесных пожаров предопределяет постоянное перекладывание на уровень субъекта РФ содержания лесопожарных формирований, средств пожаротушения, налога на землю, имущество, недвижимость и т.д. [131]. Кроме того, пожары, возникающие на землях, не входящих в лесной фонд (земли запаса), никем не тушатся, противопожарные мероприятия на них не проводятся.

К аналогичной ситуации привело и принятие новой версии Водного кодекса (2006 г.), который снял многие существовавшие до этого ограничения (например, запрет на строительство коттеджей непосредственно у реки или озера и размещение в прибрежной полосе стоянок автотранспорта, запрет на передачу прудов и других водоемов в частную собственность и др.). Функции управления водными объектами и их водными ресурсами вместо единого федерального органа исполнительной власти были переданы четырем структурам: Росводресурсам (с частью функций по управлению поверхностными источниками), Роснедрам (управление подземными водами), Ростехнадзору (управление сбросами сточных вод и загрязнений в водные объекты) и Росприроднадзору (надзор за исполнением водного законодательства). Одновременно ответственность за состояние источников водоснабжения была переложена и на органы исполнительной власти субъектов Федерации в результате передачи им полномочий по управлению использованием и охраной водными объектами без упорядоченной координации их действий, в том числе из-за отсутствия обосновывающих нормативных документов о допустимых объемах забора воды на каком-либо участке реки или из конкретного водоема, сброса в них определенного количества сточных вод и загрязнений [266].

Результатами допущенных пробелов в водном законодательстве стали: растущее загрязнение рек и других водоемов, многократное сокращение водоохранных зон, рост объемов водозабора и сбросов сточных вод и вредных веществ, застройка водоохранных зон, прогрессирующее истощение ресурсов питьевых водоносных горизонтов и т.п.

7. Наблюдается сворачивание деятельности по развитию ***системы особо охраняемых территорий***. Если в 1990-е годы в стране было открыто или расширено около 50 особо охраняемых природных территорий (ООПТ) федерального значения, то с 2000 по 2006 год – только две. Другими словами, развитие системы ООПТ в России практически прекратилось, остаются не отрегулированными вопросы управления системой ООПТ, а также использования природных ресурсов в их пределах [182]. После упразднения Госкомэкологии функции управления ООПТ были переданы Росприроднадзору, тем самым в контролирующем ведомстве оказались объединенными функции управления и контроля, чего быть не должно. В настоящее время данные функции переданы Министерству природных ресурсов и экологии, что, возможно, приведет к улучшению состояния системы ООПТ. Что касается использования природных ресурсов ООПТ, то этот вопрос наталкивается на определенные противоречия в связи с тем, что регулируется помимо закона «Об особо охраняемых природных территориях», также Лесным, Водным, Земельным кодексами РФ, а также рядом других федеральных законов. Необходимо также восстановить в законодательстве требование о безоговорочном изъятии ООПТ из хозяйственной деятельности, ввести запрет на захват берегов и ограничение свободного доступа граждан к водоемам.

Одной из причин современного неудовлетворительного состояния ООПТ в России считается их недостаточное финансирование. В то же время мировой опыт свидетельствует, что успех функционирования ООПТ во многом определяется их собственной высокой доходностью прежде всего благодаря организации на таких территориях экологического туризма.

8. Происходит сворачивание ***прикладных исследований в области ООС***. В системе Госкомэкологии России существовало 16 научных организаций, которые с упразднением данной системы были либо закрыты, либо переквалифицировались с экологической на другую проблематику, либо ведут работу на крайне низком уровне. Ведомственная (отраслевая) экологическая наука в России практически разрушена. В то же время организация научных экологических исследований является важной основой разработки экологической политики государства. В России отсутствует государственный протекционизм (или хотя бы его отдельные элементы) по отношению к фундаментальным и прикладным исследованиям экологического характера.

9. Остается неэффективным разработанное в стране ***экологическое законодательство*** [38; 39; 50; 52; 191; 404]. Его основными недостатками являются: отсутствие комплексного подхода к регулированию экологических отношений; нередко декларативный характер; наличие противоречий, пробелов и разночтений; слабая экономическая база и др. Развитие и совершенствование экологического законодательства идет исключительно медленно. Одной из основных причин такого положения является отсутствие федерального органа исполнительной власти, активно заинтересованного в этом развитии. При этом надо иметь в виду, что увеличение числа законов не приводит к улучшению дел в области охраны ОС. Это происходит, главным образом, по причине слабой проработки механизма реализации различных экологических законов, включая вопросы соблюдения, использования, применения, наказания за нарушение. Особого внимания требуют способы повышения эффективности экологического законодательства, пока же адекватная практика его применения остается проблематичной. Существующее экологическое законодательство не предусматривает наличия инструментов, побуждающих «предприятия-природопользователи» к экологически ответст-

венному поведению. В целом, представляется, что в современных условиях России в сфере правового регулирования охраны ОС первостепенной задачей должно быть не столько наращивание числа экологических законов, сколько акцентирование внимания и сил на том, чтобы приучить предприятия-загрязнители к неукоснительному соблюдению экологического законодательства, а также прочих требований принятого в стране экологического регламента. Речь идет о создании такого механизма применения законов, который бы обеспечивал надлежащий экологический правопорядок и неотвратимость наказания за экологические правонарушения.

10. Сложившаяся ***система экологических нормативов*** превратилась во многом в формальность, которую предприятия легко обходят, поскольку действующая практика позволяет им согласовывать для себя любые показатели выбросов и сбросов (так называемые временно согласованные выбросы и сбросы, что заключает в себе большой коррупционный риск). При этом не учитывается суммарное антропогенное воздействие всех предприятий на той или иной территории. Следствием этого является постоянный рост уровня загрязнения ОС в регионах и сворачивание природоохранной деятельности. Сложившаяся в стране нормативная база отличается чрезмерной сложностью и практическое выполнение нормативных требований вызывает немало трудностей. Кроме того, многие вопросы, касающиеся выполнения нормативных требований, решаются по усмотрению местных властей.

Существующая на сегодня в России система нормирования, ориентированная на соблюдение показателей ПДК вредных веществ в атмосфере, воде и почве, строится с учетом не превышения санитарно-гигиенических требований к здоровью людей, игнорируя все другие элементы биосферы, хотя известно, что адаптационный механизм человека зачастую обладает большим запасом прочности, чем других представителей природных систем. Кроме того, система нормативов, строящаяся на базе ПДК, как правило, слишком жестка, характеризуется необоснованно завышенными требованиями к качеству образующихся выходов в ОС, а также не учитывает технических возможностей ее достижения. Понимание этого факта приводит, с одной стороны, к различного рода послаблениям и со стороны природоохранных органов и, с другой – порождает экологический нигилизм хозяйствующих субъектов.

В то же время без адекватной системы экологических стандартов и, главное, действенного механизма контроля за их соблюдением, невозможно установление допустимых объемов антропогенной нагрузки на ОС в пределах каждой отдельной территории, определение экологически приемлемой территориальной концентрации производства, оценка экологических рисков и экономического ущерба от нарушения природной среды и, в конечном счете, необходимое стимулирование проведения природоохранных мероприятий из-за недостижимости ряда установленных экологических нормативов. Обеспечению рационализации природопользования и охраны ОС мог бы способствовать переход к разрешительной системе, основанной на технологическом нормировании.

Инициативу безотлагательного начала организации работ по разработке системы экологически обоснованных критериев, показателей, оценок экологической совместимости способов, техники, технологий природопользования должно взять на себя государство в интересах развития страны [29].

11. В России совершенно недооценивается ***экономическое значение природоохранной деятельности и экологической безопасности*** [283; 474; 476; 493]. В мире

этому уделяется все большее внимание и во всех международных структурах развивается процесс экологической стандартизации. Все большее распространение получает система международных стандартов в области экологического менеджмента ISO14000, вводятся новые правила в международной торговле. К настоящему времени экологические стандарты распространяются практически на все товары, которые продаются на мировом рынке. При этом, если подобные экологические стандарты не выполняются, то доступ товара на мировой рынок, во всяком случае, легальный доступ, – закрыт. В ближайшей перспективе мировое сообщество предполагает ввести экологические стандарты не только на товары, но и на технологии их изготовления. Т.е. если товар сам по себе и удовлетворяет международным требованиям, но изготовлен по экологически грязной технологии, с нарушением нормативов воздействия на ОС, то он не будет допускаться на мировой рынок. Очевидно, что для России это будет серьезный удар по конкурентоспособности ее продукции. В то же время те компании, которые несут адекватные экологические издержки, оказываются в неравных условиях с производителями, ориентированными на внутренний рынок, и теряют свои конкурентные преимущества внутри страны.

12. Особо следует отметить проблему разработки ***экономического механизма стимулирования рационального природопользования и ООС, стимулирования и поддержки экологически ответственного бизнеса***. Как уже отмечалось, сложившийся в России механизм экологического регулирования не обладает стимулирующим эффектом. Это проявляется, в частности, в несовершенстве оценки налогооблагаемой базы использования природных ресурсов, в том числе низких процентных ставках платежей за использование природных ресурсов и их воспроизводство; низких базовых ставках платежей за негативное воздействие на ОС; недооценке стоимости природных ресурсов; практическом отсутствии платежей за повторное и побочное использование природных ресурсов и др.

Без разработки и внедрения соответствующих элементов в систему рычагов и методов управления невозможно добиться сдвига в сторону активного перехода на ресурсосберегающие и экологически безопасные технологии. Необходима прямая экономическая заинтересованность бизнеса в решении экологических проблем и задача государства – этот интерес создать, оказать поддержку ресурсо- и энергосберегающим технологиям и производствам, в том числе посредством введения рыночных регуляторов в сфере ООС, которые стимулировали бы предприятия реально снижать антропогенную нагрузку на ОС, внедрять современные ресурсосберегающие и экологически чистые технологии. Бизнес должен понять, что природоохранная деятельность – это не только дополнительная нагрузка на бюджет компаний, но и одно из условий улучшения качества продукции, роста ее конкурентоспособности на мировых рынках.

В условиях России совершенно не используются такие гибкие механизмы финансирования природоохранной деятельности, как рынок прав на загрязнение, страхование экологических рисков и др. Очевидно, что переход на экологоориентированные технологии – процесс исключительно сложный, требующий не только колоссальных средств и времени, но и политической воли руководства страны. Он невозможен без соответствующей серьезной подготовки по реализации комплекса мер, включая законодательное и нормативное обеспечение, разработки по новым техническим и технологическим решениям, создание эффективного экономического механизма экологического регулирования и т.д.

13. Существенные изменения к худшему претерпела в последние годы ***государственная экологическая экспертиза*** (ГЭЭ), особенно после принятия нового Градостроительного кодекса РФ от 29.12.2004 г. № 190-ФЗ и федерального закона «О внесении изменений в Градостроительный кодекс Российской Федерации и отдельные законодательные акты Российской Федерации» от 18.12.2006 г. № 232-ФЗ [466; 471; 483; 486; 490; 494; 495]. В результате введения указанных нормативных актов на законодательном уровне была практически отменена обязательность ГЭЭ проектов нового строительства. Сейчас это в основном исключено из законодательства, оставлен лишь весьма ограниченный список объектов. Ликвидация этого исключительно важного и довольно успешно работавшего института, с одной стороны, привела к тому, что государственная ЭП лишилась действенного инструмента профилактики возможного негативного воздействия на ОС, который в условиях России являлся, по существу, единственным предупредительным рычагом воздействия государства на экологическую деятельность хозяйствующих субъектов. С другой стороны, сворачивание института ГЭЭ лишило экологически ответственный бизнес фактически единственного легитимного инструмента демонстрации обществу своей экологической ответственности и в целом – экологической состоятельности. По нашему мнению, экологическую экспертизу должны проходить в обязательном порядке все намечаемые производственные объекты, оказывающие негативное воздействие на ОС.

14. С 2000 г. практически остановились начатые в конце 1990-х годов работы по созданию в России так называемой ***«интеллектуальной инфраструктуры» природоохранной деятельности*** – систем лицензирования всех видов деятельности, опасно влияющих на экологическую ситуацию; экологической сертификации; экологического аудита. Данные направления деятельности представляют собой важные средства дополнительного экологического контроля и регулирования фактического антропогенного воздействия на ОС в соответствии с возможностями допустимого использования природных ресурсов и ассимиляционного потенциала природной среды.

15. Остается острой и плохо решаемой ***проблема обращения с образующимися отходами производства и потребления***. Несмотря на то что в условиях истощения природных ресурсов утилизация отходов и использование вторичного сырья приобретают особую актуальность, возможности этого направления практически не используются. Действующая система управления отходами не только не стимулирует процессы ликвидации и переработки отходов, а скорее способствует их накоплению на территории предприятий и в местах, не предназначенных для хранения отходов. Многие нормативные и методические подходы в сфере обращения с отходами устарели и не соответствуют не только современному научно-техническому уровню, но и находятся в серьезном противоречии с международными нормами и правилами. Неудовлетворительно обстоят дела с организацией сортировки бытового мусора, строительством современных мусороперерабатывающих заводов, привлечением в сферу обращения с отходами малого и среднего бизнеса, который служит основой успешного решения проблемы твердых коммунальных отходов во многих странах.

16. ***Несоответствие норм ответственности за экологические правонарушения масштабам причиняемого ущерба*** (установленных Кодексом об административных правонарушениях), являясь в большинстве случаев слишком мягкими [190; 191]. Отсутствуют экономические гарантии охраны окружающей природной среды и возмещения причиняемого природе и человеку вреда.

17. Растущее отставание от развитых стран по ***развитию и внедрению «зеленых» технологий***, особенно в сфере использования возобновляемых источников энергии, ***и энергосбережению***.

18. Сложившаяся практика решения природоохранных споров ***без учета общественных интересов*** и др.

Видно, что почти все перечисленные причины деэкологизации государственного управления прямо или косвенно связаны с ликвидацией системы органов исполнительной власти, основной функцией которой являлась охрана ОС. При этом в перечне слабых сторон государственной ЭП оказался целый ряд тех ее направлений, которые еще относительно недавно относились к ее сильным аспектам, это, прежде всего, организационные структуры, экологическая экспертиза, экологический контроль, экологические фонды, платежи за загрязнение ОС.

Таким образом, система управления экологической сферой в России находится, на наш взгляд, в кризисе, не соблюдается принцип приоритета экологических прав населения на благоприятную ОС, а сложившаяся в России в настоящее время ситуация в области управления природопользованием и охраной ОС может быть оценена как неудовлетворительная, что находит выражение в проводимой в стране государственной ЭП и ухудшении состояния ОС. Кардинальное изменение данной ситуации требует прежде всего системного реформирования государственной структуры управления в сфере охраны ОС и обеспечения экологической безопасности, от чего во многом зависит и качество разработки и реализации ЭП. Решение этой насущной проблемы невозможно, на наш взгляд, без воссоздания разрушенной системы органов управления охраной ОС, охватывающей всю территорию страны.

Сложившаяся ситуация в сфере управления ОС в России в целом на руку отечественному бизнесу, экологическая состоятельность которого остается весьма низкой. Преобладавшее до сих пор мнение в правительственных кругах о том, что ослабление экологических требований будет способствовать экономическому развитию страны и усилению конкурентоспособности отечественных товаров на мировых рынках в корне неверно и в целом способствовало формированию имиджа российского бизнеса как экологически безответственного. Это, в свою очередь, приводит к введению экологически обусловленных нетарифных барьеров для российских товаров на рынках развитых стран. Россия стала восприниматься в мире как страна, проводящая политику «экологического демпинга» [229; 405], что в дальнейшем будет все больше усложнять проблему выхода отечественных товаров (особенно товаров с высокой долей добавленной стоимости) на внешние рынки, для которых характерна высокая степень экологической сознательности потребителей. Изменение сложившихся тенденций требует серьезной модернизации государственной ЭП и в целом экологизации экономики по различным направлениям.

Назревшие изменения в сфере управления природоохранной деятельностью в России в первую очередь, на наш взгляд, должны предусматривать:

1) изменение государственной структуры управления охраной ОС (восстановление системы специально уполномоченных государственных органов в области охраны ОС);

2) формирование системы экологического мониторинга и контроля (включая обеспечение эффективного функционирования сохранившихся действующих систем мониторинга состояния ОС и поэтапное создание государственной системы инструментального контроля за соблюдением нормативов выбросов и сбросов загрязняющих веществ и других антропогенных воздействий);

3) организационное отделение государственного контроля за природопользованием от организации ресурсопользования;

4) восстановление в полном объеме государственной экологической экспертизы перед принятием любого хозяйственного решения, способного оказать отрицательное воздействие на состояние ОС и здоровье населения;

5) использование процедуры оценки воздействия намечаемой хозяйственной и иной деятельности на ОС со стороны инициатора такой деятельности;

6) повышение ответственности лиц, принимающих решения, а также хозяйствующих субъектов за экологические правонарушения;

7) налаживание полноценного финансирования природоохранных мероприятий;

8) реализация возможностей решения экологических проблем на уровне субъектов Федерации и местного самоуправления, которые часто устраняются от участия в решении экологических проблем своих территорий;

9) привлечение общественности к решению экологических проблем и др.

К числу одного из принципиально важных условий решения многих экологических проблем относится формирование системы финансирования природоохранных мероприятий.

2.4. ФИНАНСОВЫЕ АСПЕКТЫ ОБЕСПЕЧЕНИЯ ЭКОЛОГО-ОРИЕНТИРОВАННОГО РАЗВИТИЯ

2.4.1. Цели и задачи финансового механизма охраны окружающей среды

Важным элементом механизма реализации государственной ЭП, имеющей целью обеспечение экологически ориентированного роста российской экономики [297], является система финансирования. От того, насколько она надежна и эффективна, во многом зависит состояние ОС в стране в целом и ее регионах. Вопросы финансового обеспечения экологической сферы становятся в современных условиях все более актуальными.

Финансовый механизм охраны ОС нацелен на улучшение экологической обстановки в стране с минимальными затратами материальных, финансовых и трудовых ресурсов путем обеспечения максимально благоприятных экономических условий для осуществления природоохранной деятельности производственных объектов. В силу этого данный механизм в любой стране отражает проводимую государственную ЭП, а ее результативность во многом определяется и результативностью финансового механизма для решения экологических проблем.

Формирование эффективного финансового механизма экологического регулирования требует решения, по крайней мере, следующих задач [71; 82; 110; 115; 126; 158; 265; 268; 282; 308]:

- обеспечения надежности и достаточности финансовых средств на экологические нужды в рыночных условиях, включая собственные средства предприятий, бюджетные средства всех уровней управления, внебюджетные и прочие источники;
- учета долгосрочных интересов в финансировании природоохранных мероприятий, разработки экологических стратегий и государственных программ использования природных ресурсов и охраны ОС;
- внедрения систем экологического налогообложения и обязательного экологического страхования; предоставление налоговых, кредитных и других льгот при внедрении малоотходных и ресурсосберегающих технологий;

● установления базовых нормативов платы, порядка определения и размеров платежей за использование природных ресурсов и негативное воздействие на ОС, необходимых и достаточных для компенсации затрат на природоохранные мероприятия;

● нормативного обеспечения финансирования природоохранной деятельности посредством установления лимитов использования природных ресурсов и выхода загрязняющих веществ в ОС;

● создания системы заинтересованности предприятий в рациональном использовании природных ресурсов и охране ОС, внедрении ресурсо-, энергосберегающих и экологически безопасных технологий;

● стимулирования рационального использования природных ресурсов и применения ресурсосберегающих и экологически приемлемых технологий с целью снижения воздействия на ОС до экологически безопасного уровня;

● правового обеспечения финансирования природоохранной деятельности и выработки механизма его неукоснительного соблюдения;

● установления порядка возмещения экологического ущерба, наносимого хозяйственной и прочей деятельностью ОС и здоровью людей.

2.4.2. Особенности финансового механизма охраны окружающей среды в России

Осуществление финансирования природоохранных мероприятий в РФ предусматривает возможность использования средств различных источников, среди которых можно назвать бюджетные средства (федерального, регионального и местного бюджетов); средства предприятий, учреждений и организаций; экологические фонды; фонды экологического страхования; кредиты банков; добровольные взносы населения, иностранных юридических лиц и граждан, и др. Остановимся на выявлении роли названных источников в финансовом обеспечении экологической сферы.

В составе сложившейся в России системы финансирования природоохранной деятельности условно можно выделить следующие подсистемы, которые охватывают:

1) прогнозирование и разработку экологических программ;

2) финансирование мероприятий по охране ОС из бюджетов разного уровня управления и средств предприятий;

3) экологическое ценообразование и налогообложение;

4) платность природных ресурсов и загрязнения ОС;

5) экологическое страхование.

При всей важности названных подсистем степень разработки и практического использования их различна, некоторые из них пока не получили должного развития. Так, чисто символическое значение имеет, в частности, экологическое страхование, не оказывая практически никакого влияния на состояние дел в природоохранной сфере.

Затраты на ООС в федеральном бюджете. Деэкологизация государственного управления отразилась и на участии федерального бюджета в финансировании расходов на охрану ОС [103; 110; 265]. Так, если с начала 90-х годов в РФ бюджетные затраты на охрану ОС составляли от 0,4 до 0,9% расходной части федерального бюджета, то в дальнейшем наблюдается тенденция сокращения соответствующих затрат. Например, в 1995 г. на эти цели было выделено 0,6% расходной части бюджета, в 1996 г. она составила 0,5%, в 1997 г. – 0,4 %, в 1998 г. – 0,5 %, в 1999 г. – 0,87 % расходной части федерального бюджета [52; 174; 407; 414]. Последнее десятилетие государст-

венные расходы на охрану ОС составляли мизерную величину, находясь в пределах от 0,14 до 0,2 % в общем объеме расходов федерального бюджета [169; 189; 374].

В федеральном бюджете на 2011 г. затраты на охрану ОС были предусмотрены в объеме 14,5 млрд руб. [168; 189; 395]. Это соответствует 0,14% от совокупных расходов бюджета или 0,03 % от общего объема ВВП (для сравнения: в развитых европейских странах уровень природоохранных затрат оценивается в пределах 4–6%, в Японии более % от ВВП) [119; 169; 170]. На 2013 г. бюджетные ассигнования на охрану ОС в РФ были запланированы в объеме 16,7 млрд руб. или 0,12% расходной части федерального бюджета, что соответствует 0,03% ВВП [480]. В 2014 и 2015 гг. динамика расходов на охрану ОС (в % к ВВП) не изменилась [307]. В 2016–2018 гг. и в последующие годы сохраняется аналогичная ситуация [202].

Кроме того, как показали итоги проверки Счетной палаты РФ состояния финансирования охраны ОС в РФ [372], финансовые средства, выделяемые на проведение природоохранных мероприятий, расходуются с нарушениями действующего законодательства. Еще одной серьезной проблемой в области финансирования природоохранной деятельности является используемая методика расчета потребностей в финансовых средствах со стороны экологической сферы. В основе данной методики лежит база предыдущих лет, а не реальные потребности, что не обеспечивает эффективность бюджетного процесса в решении важнейших экологических проблем. Базовые параметры финансирования не учитывают фактические расходы ведомств природоохранного комплекса, в результате чего средства федерального бюджета, выделенные на выполнение природоохранных мероприятий, не дают должного эффекта.

В планах Правительства РФ намечается поддерживать долю расходов федерального бюджета на цели охраны ОС на уровне 0,3%, что проблем, конечно, не решает. По мнению специалистов-экологов, только для стабилизации экологической ситуации требуется не менее 2, %, а для улучшения необходимы средства в размере 4% [121; 249; 374; 416].

Изыскание требуемых для финансирования экологической сферы средств представляется вполне возможным, в частности, при условии восстановления целевого характера использования поступающих в бюджеты различных уровней природоохранных и природоресурсных платежей. Кроме того, считается [216; 217; 218; 265], что в настоящее время для целей финансирования экологической сферы далеко недостаточно используются межбюджетные трансферты как средства, предоставляемые одним уровнем бюджетной системы РФ другому для субсидирования природоохранных мероприятий. Основная проблема в данном случае состоит в отсутствии нормативного правового акта, определяющего те виды деятельности (перечень софинансируемых расходных обязательств), которые подлежат субсидированию с учетом долгосрочной перспективы [217; 265].

● ***Платежи за негативное воздействие на окружающую среду.*** Среди элементов механизма финансирования природоохранной деятельности в России наибольшие продвижения связаны с формированием ресурсных и экологических платежей (рис. 2.6). Данные платежи к настоящему времени составляют основу механизма финансирования природоохранной сферы. Среди них ведущее место по массовости принадлежит плате за негативное воздействие на ОС, которая взимается за выбросы загрязняющих веществ в атмосферный воздух стационарными источниками, за сбросы загрязняющих веществ в водные объекты и за хранение, захоронение отходов производства и потребления (размещение отходов).

Рис. 2.6. Ресурсные и экологические платежи в Российской Федерации

Источник: составлено автором.

Отметим ряд слабых сторон, характерных для сложившейся практики взимания платежей за негативное воздействие на ОС[1] [52; 71; 82; 103; 218; 265; 308; 482]. Прежде всего, до сих пор остается *не отрегулированным в правовом отношении вопрос о данных платежах*. Соответствующий закон не принят до сих пор, хотя его необходимость вытекает из закона «Об охране окружающей среды (с изменениями на 29 декабря 2015 года)» [469]. Существующая система экологических платежей, не имеющая необходимой законодательной базы, по существу, себя исчерпала и в настоящее время играет чисто символическую роль – прежде всего из-за исключительно *низких базо-*

[1]. В соответствии со ст. 51, 57 и 62 Бюджетного кодекса РФ от 31.07.1998 № 145-ФЗ, начиная с 1.01.2016 г. доход бюджетов бюджетной системы от платы за негативное воздействие на ОС формируется по следующим нормативам: 5% – в доход федерального бюджета Российской Федерации; 95% – в доход бюджетов городов федерального значения РФ; 40% – в доход бюджетов субъектов РФ; 55% – в доход бюджетов муниципальных районов и городских округов РФ.

вых ставок (составляющих примерно 10% от ставок, принятых в Казахстане, Белоруссии, Молдавии, Грузии, и всего лишь около 2% от ставок, действующих в большинстве стран Европейского союза), что никак не стимулирует предприятия к осуществлению природоохранной деятельности.

Следует отметить и такой, на наш взгляд, исключительно важный момент, как *отказ от целевого использования средств*, поступавших в бюджетную систему в качестве платы за загрязнение ОС. Если до принятия нового закона «Об охране окружающей среды» (2002 г.) данная плата предназначалась исключительно для целей восстановления нарушенной ОС, что было закреплено в предыдущем Законе РФ «Об охране окружающей природной среды» от 19 декабря 1991 г., то после отмены последнего и принятия нового закона положение относительно запрета использования платежей за загрязнение ОС на любые цели, кроме природоохранных, исчезло. Позже подобный прием был использован и при принятии новых версий Лесного, Водного и других кодексов РФ и федеральных законов.

В результате сфера охраны ОС в России, всегда финансируемая на недопустимо низком уровне, потеряла и те крохи, которые имела. По оценкам Минэкономразвития РФ, в настоящее время плата в пределах нормативов за выбросы (сбросы) загрязняющих веществ и размещение отходов составляет всего 0,04–0,05% [146; 318] от себестоимости промышленной продукции, что фактически неощутимо как фактор стимулирования или наказания за экологически опасную деятельность.

Помимо названных недостатков системы платежей за негативное воздействие на ОС, практика их использования показала также, что *набор веществ, на которые были установлены платежи, далеко не полный*. Кроме того, существуют большие изъяны с точки зрения учета *фактора инфляции*: значение поправочного коэффициента на нормативную плату не сопоставимо с фактическими темпами роста инфляции, корректировка платежей происходит, как правило, с опозданием. В результате система платежей за негативное воздействие на ОС, призванная использоваться в качестве одного из источников финансирования экологической сферы, а также в определенной мере стимулировать предприятия к осуществлению природоохранных мероприятий, в действительности не выполняет ни фискальных, ни регулирующих, ни, тем более, стимулирующих функций.

На наш взгляд, величина экологических платежей должна быть такой, чтобы не только создавать действенные стимулы к эффективной природоохранной деятельности (и тем самым к внедрению ресурсо- и энергосберегающих технологий), но и быть совместимой (с точки зрения технической и технологической достижимости эколого-экономического паритета) с ведением экономической деятельности во всех отраслях экономики. Кроме того, данные платежи должны безусловно обеспечивать получение достаточных средств для целевого финансирования природоохранной сферы.

Сложившиеся в России подходы к организации сбора экологических платежей, используемые методы их расчета, начисления и взимания предоставляют немало *возможностей предприятиям-загрязнителям для уклонения (от частичного до полного) от ответственности вносить платежи за загрязнение* либо вносить намного меньше положенного. Среди таких возможностей можно назвать следующие: (1) отсутствие в стране налаженной системы экологического мониторинга и контроля (информация о характере и масштабах загрязнения каждого из объектов-загрязнителей предоставляется самими предприятиями и, как правило, не проверяется

природоохранными органами); (2) используемые методы расчета фактических объемов выхода загрязнений довольно громоздки и многоэтапны, требуют значительных средств и времени; (3) объекты-загрязнители, ссылаясь на нехватку финансовых средств, могут добиться, чтобы местные органы власти снизили величину платежа; (4) непредоставление требуемой отчетности.

Не соответствует реальной экономической оценке и сложившаяся в России система платежей за пользование природными ресурсами. Уровень данных платежей искусственно занижен, причем существенно (по крайней мере, на порядок), что свидетельствует о неэффективном выполнении государством функции собственника природных ресурсов, когда колоссальная часть доходов от использования природных ресурсов проходит мимо бюджета. Следует еще раз отметить и ликвидацию фондов воспроизводства отдельных природных ресурсов, что негативно отразилось на воспроизводстве минерально-сырьевой базы и масштабах проведения геологоразведочных работ.

Экологические фонды и экологические программы. До начала 2000-х годов важное значение в финансировании природоохранной сферы имела система экологических фондов, включавшая Федеральный экологический фонд и территориальные экологические фонды, охватывающие экологические фонды субъектов РФ и органов местного самоуправления. В 2000–2001 гг. Федеральный экологический фонд был ликвидирован и, хотя формально территориальные экологические фонды не упраздняли, их деятельность в большинстве случаев пришла в упадок. Тем самым природоохранная деятельность лишилась, хотя и относительно небольших, но достаточно надежно собираемых целевых средств. Окончательный удар по данному источнику финансирования нанес развал системы платежей за загрязнение ОС, за счет которых формировались экологические фонды. В то же время через экофонды осуществлялось финансирование оснащения приборами инспекций аналитического контроля, работ по мониторингу ОС, экологических исследований, образовательных экологических программ, поддержки особо охраняемых природных территорий, издания экологической литературы и других видов природоохранной деятельности. После разрушения системы экологических фондов эти работы прекратились в значительном большинстве субъектов Федерации.

Ликвидация экологических фондов сначала в бюджетном, а затем и в экологическом законодательстве означала и ликвидацию системы гарантированного целевого финансирования охраны ОС и ресурсопользования, созданной в 1990-е годы [110]. Ситуация еще более усугубилась после отмены налоговых платежей, взимавшихся для финансирования воспроизводства минерально-сырьевой базы; воспроизводства, охраны и защиты лесов; упразднения целевого расходования средств, получаемых в виде водного налога, а также отмены правовых норм, обеспечивающих расходование платы за пользование земельными участками на мероприятия по повышению качества земель [216].

В целом существовавшая система государственных целевых экологических фондов, практика их формирования и расходования, по мнению многих специалистов [51; 52; 82; 120; 126; 208; 216; 265; 268; 308], себя оправдала и, на наш взгляд, необходимо ее восстановление. Насущность такого решения особенно важна в условиях растущего дефицита финансирования экологических нужд. Средства специализированных экологических фондов могли бы стать, в частности, одним из источников финансирования

федеральных целевых программ (ФЦП) в экологической сфере. Сегодня же происходит снижение финансирования и закрытие таких программ. Упразднение ФЦП, финансируемых в основном из федерального и региональных бюджетов (например, таких как «Возрождение Волги», «Экология и природные ресурсы России», «Отходы», «Государственная поддержка государственных природных заповедников и национальных парков», «Охрана озера Байкал», «Безопасность и развитие атомной энергетики», «Энергоэффективная экономика» и др.), привело к снижению целевого бюджетного финансирования соответствующих направлений природоохранной деятельности, которым надлежит быть под постоянным контролем и заботой государства. Несмотря на то что действующие в России ФЦП по большей части неэффективны, а целый ряд существует только на бумаге, «под нож» попали прежде всего экологические программы. В настоящее время реализуется всего несколько государственных экологических программ [153; 397].

Федеральные целевые программы (ФЦП), в том числе экологические, являются важным элементом структуры сложившейся в России системы стратегического планирования и управления и могут выступать важным инструментом финансового обеспечения охраны ОС. С их помощью возможно обеспечить, в частности, комплексность развития территории с позиций формирования базовых отраслей экономики во взаимосвязи с социальной сферой и ОС; координацию создания и функционирования всех объектов на территории с учетом экологических требований; внедрение инновационной модели развития и др. Разрабатываемые и реализуемые сегодня в РФ ФЦП имеют ряд недоработок и методологических просчетов, которые не позволяют оптимально использовать финансовый, ресурсный и организационный потенциалы регионов, возможности всего спектра существующих инвестиционных механизмов.

Как показывает зарубежный опыт, важными гарантами успеха государственных программ выступают, в частности, установление определенного порядка их финансирования, четкое определение источников и направлений расходования средств и контроль за их использованием, а также правовое обеспечение мероприятий программ, придание им соответствующего правового статуса и контроль за неукоснительным соблюдением законов.

2.5. АКТУАЛЬНЫЕ НАПРАВЛЕНИЯ УЛУЧШЕНИЯ ГОСУДАРСТВЕННОЙ ЭКОЛОГИЧЕСКОЙ ПОЛИТИКИ

2.5.1. Возможные пути совершенствования механизма экологического управления

Экологическая политика выражает интересы всего населения страны и является основой и необходимым катализатором дальнейшего общественного развития. Важнейшим направлением современной государственной ЭП должно стать институциональное преобразование с целью формирования нового, более совершенного, правового и экономического механизмов регулирования взаимодействия органов управления различных уровней и природопользователей с учетом обязательного включения экологических требований в процедуру оценки социально-экономической эффективности принимаемых управленческих решений. Наконец, при разработке ЭП необходимо принимать во внимание, что одним из условий ее успешного осуществления является

рост реальных доходов населения, сопровождающийся, как правило, увеличением спроса на качественные экологические блага и услуги, тем самым не только стимулируя природоохранную деятельность, но и повышая значимость эколого-инновационной составляющей экономического развития, что, в конечном счете, вынудит бизнес пересмотреть технологии производства и управления в сторону усиления их экологической безопасности.

Анализ сложившейся в России системы государственного экологического регулирования и причин деэкологизации государственного управления в сфере охраны ОС позволяет высказать ряд рекомендаций относительно первоочередных направлений совершенствования государственной ЭП. К таким направлениям, представляется, необходимо отнести в первую очередь следующие меры [63; 117; 118; 177; 210; 213; 301; 334; 335; 401; 408; 418; 425; 428]:

1. Меры по совершенствованию финансового механизма природоохранной деятельности. В сложившихся условиях функционирования финансовой системы в России, когда одной из наиболее острых проблем финансирования является проблема отсутствия так называемых «длинных» денег, природоохранная сфера остается за пределами первоочередных интересов. Одним из путей решения данной проблемы может быть использование таких новых механизмов финансирования, как коллективные инвесторы (паевые инвестиционные фонды), а также синдицирование и облигационные займы [120], преимуществами которых являются их дешевизна по сравнению с коммерческими кредитами и большая привлекательность для инвесторов за счет использования новых технологий, эффекта участия, открытости, оперирования международными системами отчетности, улучшения качества продукции и услуг и обеспечения экологической безопасности функционирования производства.

В свете сказанного, представляется необходимым, прежде всего, широкое внедрение и развитие следующих элементов экономического (в том числе финансового) механизма реализации природоохранных мероприятий:

- установление налоговых льгот для экологически ответственных предприятий, переводящих производство на наилучшие доступные технологии (в частности, это может быть освобождение подобных предприятий от НДС на срок технико-технологического перевооружения основных производственных фондов, обеспечивающих ресурсосбережение и экологическую безопасность функционирования производства и др.);
- установление повышенных налогов для экологически опасных продуктов и видов деятельности;
- стимулирование инвестиций в природоохранную деятельность, ускоренная амортизация основных фондов природоохранного назначения; установление льготных налоговых режимов за инвестирование в природоохранные мероприятия;
- льготное кредитование (на создание и внедрение новых ресурсосберегающих и экологически безопасных технологий и оборудования);
- установление надбавок к ценам за экологичную продукцию и т.д.;
- введение разного рода платежей, выполняющих стимулирующие, компенсационные, карательные функции, а также нормативные, сверхнормативные и др.;
- установление такого числа параметров при взимании платежей за НВОС, которые могут быть практически контролируемы (при повышении их базовых ставок);

● постепенное увеличение ставок платежей за загрязнение ОС до уровня, при котором они могут оказывать значимое воздействие на хозяйственные решения объектов регулирования; при этом ставки должны быть значительными (на уровне наносимого ущерба), но посильными для предприятий-загрязнителей с учетом их финансового положения, что требует территориальной дифференциации платы и ужесточения во времени нормативов платы с привязкой к используемым технологиям;

● установление варьирования территориальных ставок платежей за НВОС при условии исключения возможности появления привлекательных регионов для размещения неэкологичных производств по причине наличия в них самых низких ставок платежей (и/или наименее жестких предельных уровней выбросов);

● восстановление целевого принципа использования средств бюджетов разного уровня на финансирование природоохранных мероприятий (ПОМ) и внесение соответствующих изменений в природоохранное законодательство, что позволило бы увеличить объем финансовых средств для проведения экологически значимой деятельности на всех уровнях бюджета и др.;

● создание государственного экологического фонда (для целевого использования платы за негативное воздействие на ОС), уточнение его правового статуса и повышение качества управления финансовыми ресурсами в экологической сфере;

● увеличение объема средств, выделяемых из федерального бюджета на охрану ОС и экологический контроль.

Наряду с этим требуется повысить роль бюджетов всех уровней в финансировании экологических программ, ПОМ и природоохранных государственных органов; установить перечень конкретных видов расходных обязательств для различных уровней управления; четко разграничить источники финансирования ПОМ между собственными средствами предприятий, внебюджетными и бюджетными источниками, а также обеспечить надежность и достаточность этих средств в рыночных условиях; воссоздать систему экологических фондов в форме бюджетных целевых фондов; внедрить системы экологического налогообложения стимулирующего характера и обязательного экологического страхования.

Очевидно, что реализация многих из этих мер потребует принятия новых законов и внесения изменений в Бюджетный и Налоговый кодексы РФ. Это особенно актуально, учитывая, что современное экологическое законодательство в России далеко от совершенства [51; 52; 216; 218; 265; 308; 326], а правоприменительная практика, к сожалению, остается пока на достаточно низком уровне. Без разработки и внедрения соответствующих элементов в систему рычагов и методов управления невозможно добиться сдвига в сторону активного перехода на ресурсосберегающие и экологически безопасные технологии, формирование прямой экономической заинтересованности со стороны бизнес-сообщества в решении экологических проблем, осознание того, что природоохранная деятельность – это не только дополнительные затраты, но и одно из условий улучшения качества производимой продукции, роста ее конкурентоспособности на мировых рынках.

Важная роль в стимулировании природоохранной деятельности должна принадлежать ***экологизации налоговой системы*** [47; 158]. Как показывает зарубежный опыт, экологические налоги служат достаточно эффективным регулятором негативного воздействия на ОС, реализуя принцип «загрязнитель платит». Они стимулируют (особенно в долгосрочной перспективе) внедрение энерго- и ресурсосберегающих техноло-

гий, сокращение объемов образования разного рода загрязнения ОС. В настоящее время в соответствии с российским законодательством действуют налоги в сфере энергетики и транспорта, которые относят к числу налогов, выполняющих, хотя преимущественно, фискальную функцию, но заключающих в себе в том числе и экологическую составляющую. Это – топливные акцизы (на автомобильный бензин и дизельное топливо), транспортный налог и акцизы на легковые автомобили и мотоциклы с мощностью двигателя свыше 150 л.с.

Современное российское экологическое законодательство хотя и предусматривает определенные меры государственной поддержки бизнеса в экологической сфере с позиций стимулирования инвестиционной деятельности [469] (например при внедрении наилучших доступных технологий, использовании альтернативных источников энергии, утилизации вторичных ресурсов, переработке отходов и т.д.), однако такие меры формулируются, как правило, в виде общих положений о налоговых и иных льготах, которые не имеют практического подтверждения в действующем налоговом, бюджетном, таможенном и ином законодательстве и поэтому не являются мотивацией для соответствующей инвестиционной деятельности [265; 308].

В то же время встречается и обратная картина, когда те или иные меры экономического стимулирования природоохранной деятельности предусматриваются, например, в налоговом законодательстве, но отсутствуют в экологическом. Так, Налоговый кодекс РФ включает возможность предоставления инвестиционного налогового кредита, который может быть предоставлен по налогу на прибыль (доход) организации, а также по региональным местным налогам на срок от одного года до пяти лет. При этом организация, получившая инвестиционный налоговый кредит, вправе уменьшать свои платежи по соответствующему налогу в течение договорного срока. В экологическом законодательстве подобные меры не прописаны [265]. К этому следует добавить, что региональные и местные органы власти могут в рамках своих полномочий осуществлять собственное налоговое регулирование, направленное на стимулирование природоохранной деятельности предприятий.

В условиях России совершенно не используются такие гибкие механизмы финансирования природоохранной деятельности, как рынок прав на загрязнение, страхование экологических рисков [1; 51; 163] и многие другие.

Очевидно, что переход на эколого-ориентированные технологии – процесс исключительно сложный, требующий не только колоссальных средств и времени, но и политической воли руководства страны. Он невозможен без соответствующей серьезной подготовки по реализации комплекса мер, включая законодательное и нормативное обеспечение, разработки по новым техническим и технологическим решениям, создание эффективного экономического механизма экологического регулирования и т.д.

В целом сложившееся в России финансирование природоохранной сферы (в том числе, бюджетное), осуществляемое по остаточному принципу, не обеспечивая в достаточной мере экономический механизм соблюдения права граждан на благоприятную ОС. Вместе с тем экологические цели только тогда действительно могут стать приоритетными и результативными, когда на их достижение будут выделяться и приоритетные средства. Основное назначение финансового механизма экологического регулирования состоит в обеспечении благоприятных экономических условий, при которых производственным объектам стало бы экономически выгодно заниматься

воспроизводством качества природной среды. Без этого невозможно обеспечить экологически ориентированный рост экономики, курс на формирование которой [297] взят Правительством РФ.

2. Меры по развитию действующего в России природоохранного законодательства, регулирующего общественные отношения в сфере взаимодействия общества и природы. В настоящее время в РФ насчитывается более 70 «экологических» федеральных законов и 4000 подзаконных актов. Содержание законодательства РФ применяется ко всем предприятиям, которых насчитывается более 6 млн. При этом количество административных процедур по согласованию и выдаче разрешений природопользователям не зависит от оказываемого ими вредного воздействия на ОС. Действующее законодательство не в полной мере обязывает природопользователей снижать негативное воздействие на ОС, а формы экономического стимулирования рационального природопользования в РФ в настоящее время практически отсутствуют [404].

Несмотря на значительное количество принятых законов, в той или иной мере регламентирующих охрану ОС и природопользование, в последнее десятилетие законодательная база ослабла и стала менее прозрачной. Это объясняется, во-первых, рамочным характером основополагающего Федерального закона «Об охране окружающей среды», содержащего отсылочные нормы (которые обеспечены частично, либо полностью не обеспечены); во-вторых, внесением поправок, ослабивших нормы природоохранного законодательства при принятии Градостроительного, Водного и Лесного Кодексов; в-третьих, недоучетом экологического фактора при принятии базовых законов (Административного, Административно-процессуального, Бюджетного, Земельного, Гражданского, Гражданско-Процессуального и Налогового Кодексов), что затруднило реализацию многих экологических норм.

Все это послужило предпосылкой тому, что действующее экологическое законодательство не только не отвечает современному уровню развития российской экономики, но нередко и тормозит это развитие (это видно, в частности, на примере действующей системы нормирования воздействий на ОС). Законодательство создает предпосылки для ухудшения качества ОС и расхищения природных ресурсов, создает условия для развития коррупции, не обеспечивает защиту общественных и государственных экологических интересов; характеризуется наличием внутренних противоречий, пробелов и разночтений и отсутствием комплексного подхода в правовом регулировании экологических отношений [38; 39; 404].

Действующее в РФ природоохранительное законодательство не обеспечивает эффективного решения экологических проблем, и зачастую способствует их генерированию и накоплению. Это обусловлено не только слабостью существующих законов, их несвязанностью, противоречивостью, но и отсутствием подзаконных актов, о необходимости которых постоянно говорят, но которые не принимаются годами, из-за чего принятые законы не работают. В первую очередь речь должна идти о законодательном закреплении методов экономического регулирования, которые предусматривали бы меры по стимулированию бизнеса на внедрение природоохранных и ресурсосберегающих технологий.

Важнейшими направлениями совершенствования природоохранного законодательства, на наш взгляд, должны стать:

а) преодоление декларативного характера природоохранного законодательства, более полная разработка подзаконных актов, обеспечение стабильности правовой базы;

б) выработка механизма неукоснительного исполнения законов;

в) усиление комплексности и последовательности применения природоохранных норм и методов к урегулированию эколого-экономических отношений;

г) внедрение действенных экономических, административных и других стимулов к исполнению законодательных установок об ОС. В настоящее время экономические регуляторы в экологическом законодательстве практически отсутствуют, либо носят декларативный характер. Действующие экономические механизмы имеют сугубо фискальный характер и не стимулируют природопользователей к модернизации производства. Вместо законодательного закрепления экономических стимулов, в себестоимость продукции закладывается мизерная плата за загрязнение. Необходимы новые законы, которые бы предусматривали меры по стимулированию бизнеса на внедрение природоохранных технологий;

д) создание эффективной системы юридической и финансовой ответственности за нанесение ущерба ОС. Актуальным является внесение в экологическое законодательство экономических гарантий охраны ОС и возмещения причиняемого экологическими правонарушениями вреда природе и человеку. Сохраняется несоответствие норм ответственности за экологические правонарушения (установленные Кодексом об административных правонарушениях) масштабам причиняемого экологического ущерба, являясь в большинстве случаев слишком мягкими;

е) расширение возможностей принятия решений со стороны органов местного самоуправления в области охраны ОС;

ж) правовое урегулирование таких важных инструментов экологической политики, как экологическая экспертиза, экологический контроль, экологическое страхование; экологический аудит; экологическая сертификация; выдача комплексных разрешений допустимых воздействий на окружающую среду на основе показателей наилучших доступных технологий;

з) преодоление изолированности экологического законодательства от других блоков законодательства, прежде всего его подкрепление соответствующими положениями Административного, Административно-процессуального, Бюджетного, Земельного, Гражданского, Гражданско-Процессуального, Налогового, Уголовного, Водного, Градостроительного и Лесного Кодексов. В настоящее же время экологическое законодательство ориентировано на решение узконаправленных задач охраны ОС, природопользования и экологической безопасности.

и) законодательное закрепление порядка установления зон экологического бедствия; доступа населения к экологической информации; оценки жизненного цикла продукции с учетом воздействий на ОС и определение ответственности производителя за весь жизненный цикл продукции;

к) создание стимулов для внедрения систем экологического менеджмента и экологического аудита на предприятиях.

В целом разработанное в стране экологическое законодательство остается неэффективным [38; 39; 50; 51; 52; 191; 216; 218; 265; 308; 326; 404]. Одной из основных причин такого положения является отсутствие федерального органа исполнительной власти, активно заинтересованного в этом развитии. При этом надо иметь в виду, что

увеличение числа законов не приводит к улучшению дел в области охраны ОС из-за слабой проработки механизма реализации различных экологических законов, включая вопросы соблюдения, использования, применения, наказания за нарушение. Существующее экологическое законодательство не предусматривает наличия инструментов, побуждающих «предприятия-природопользователи» к экологически ответственному поведению.

3. Меры по реанимации подходов к государственному экологическому экспертированию различных проектных решений. Прежде всего имеется в виду возврат к их обязательности, которая, как уже указывалось выше, фактически была отменена после введения нового Градостроительного кодекса РФ. Государственная экологическая экспертиза (ГЭЭ) является неотъемлемым элементом механизма управления в сфере охраны ОС во всех странах, проводящих ответственную государственную ЭП. По существу, это – наиболее эффективный инструмент профилактики негативного воздействия на ОС, имеющий правовой статус. ГЭЭ базируется на принципе предупреждения возможных негативных последствий хозяйственной деятельности тех или иных видов на стадии их проектирования и планирования, что всегда сопровождается гораздо меньшими рисками нанесения ущерба, чем в случае, когда причиненный ущерб необходимо выявлять и нейтрализовывать, при этом стопроцентная нейтрализация или компенсация, как правило, невозможна.

В последние годы по поводу ГЭЭ в России ведутся многочисленные дискуссии [25; 211; 214; 263], предметом обсуждения которых являются вопросы, касающиеся, прежде всего того, кто должен организовывать и проводить ГЭЭ – федеральный центр (в лице Ростехнадзора и Росприроднадзора) либо субъекты РФ, которым в течение нескольких лет на условиях выделения субвенций из федерального бюджета передаются многие федеральные полномочия в сфере экологии и природопользования. Другой вопрос связан с необходимостью унификации действующего законодательства в целях сокращения большого количества ведомственных экспертиз и установления единой государственной экспертизы, предметом которой должен быть комплексный анализ представленной проектной документации на ее соответствие требованиям различных отраслей законодательства, в том числе в области охраны ОС.

Как видно, обсуждение касается в основном организационных аспектов проблемы, которые, безусловно, важны, но которые в той или иной степени присутствовали в сложившемся к 2000 г. подходе к проведению ГЭЭ. Не менее важны и многие содержательные вопросы экспертизы, не получившие в российских условиях распространения. Это, в частности, проблемы, касающиеся, привлечения общественности к активному обсуждению проектов, разработки технологии учета общественного мнения, некоторые аспекты финансирования экспертиз и др. Не уделяется должного внимания законодательному закреплению публичных консультаций со всеми заинтересованными сторонами, включая общественность, местных жителей и т.п., на всех этапах проектного цикла. Финансирование экспертиз осуществляется, главным образом, заказчиком, а не государством на возвратных условиях. Очевидно, что если экспертизу финансирует заказчик, то нетрудно догадаться, какими будут ее результаты и наивно надеяться на ее качество и независимый характер.

После упразднения Госкомэкологии РФ институт ГЭЭ последовательно сворачивался вплоть до принятия нового законодательства в области проведения экспертиз (в том числе экологических) [466; 483; 486]. Необходимость данного законодательства

мотивировалась его направленностью на устранение излишних административных барьеров при строительстве. В соответствии с ним все виды целевых экспертиз (в том числе и экологической) при строительстве, реконструкции, капитальном ремонте объектов должны проводиться в рамках единой государственной экспертизы проектной документации. Как уже указывалось, введение названных нормативных актов привело к фактической отмене на законодательном уровне обязательности ГЭЭ проектов нового строительства. Тем самым был ликвидирован единственный существовавший у нас независимый государственный инструмент предупреждения возможного вредного воздействия хозяйствующих субъектов на ОС на стадии проектов. Хотя формально экологическую экспертизу не отменяли, однако фактически ее статус низведен к минимуму, близкому к нулю. При этом порядок проведения ГЭЭ, который должен быть определен Правительством РФ, пока не разработан.

Во всех странах с развитой ЭП экологическая экспертиза – это самостоятельная и независимая процедура с соответствующим правовым статусом, являющаяся обязательным элементом государственной ЭП. Отечественный (до принятия Градостроительного кодекса) и зарубежный опыт показывают, что ГЭЭ является одним из наиболее эффективных инструментов, которые позволяют обеспечить выполнение природоохранных требований уже на стадии подготовки и принятия управленческих решений. Упрощенная же процедура ГЭЭ в соответствии с положениями Градостроительного кодекса порождает пренебрежение требований ООС со стороны субъектов предпринимательской деятельности.

Основное назначение экологической экспертизы того или иного хозяйственного проекта состоит в комплексной оценке его возможного воздействия на ОС с целью выявления и поиска путей предотвращения негативных последствий осуществления различных проектов для ОС. Одной из основных задач ГЭЭ должна быть выработка рекомендаций по составу природоохранных и других мероприятий для рассматриваемых объектов на исследуемой территории, обеспечивающих соблюдение требований рационального природопользования и охраны ОС.

Исходя из уже накопленного опыта экологического экспертирования, можно попытаться сформулировать некоторые их общие принципы.

1. *Обязательность* проведения экологических экспертиз хозяйственных проектов. При этом экспертиза должна завершаться итоговой оценкой проекта с выработкой решения о возможности его реализации или необходимости той или иной доработки.

2. *Комплексность*, обеспечивающая всесторонний анализ и оценку всевозможных последствий реализуемого проекта (и с точки зрения ОС с учетом взаимосвязей всех ее элементов и интересов всех сторон, затрагиваемых соответствующим проектом).

3. *Альтернативность* предлагаемых хозяйственных решений, что позволяет осуществлять выбор из множества возможных вариантов реализации рассматриваемого проекта такого варианта, который в наибольшей степени соответствует принятым критериям, обеспечивающим как экологическую допустимость, так и экономическую приемлемость принимаемого решения.

4. *Вневедомственный характер*, отражая прежде всего интересы населения того района, в котором намечается реализация оцениваемого проекта. В значительной мере независимость экспертиз определяется источниками финансирования соответствую-

щих работ. При этом к выводам экспертиз должно предъявляться требование *научной обоснованности*.

5. *Общедоступность* результатов экспертиз для обсуждения на всех этапах ее прохождения при условии широкого участия общественности.

6. *Реализуемость* предлагаемых по итогам экспертизы мероприятий. Такой механизм, в свою очередь, должен базироваться на соответствующем законодательстве.

К сожалению, внесенные в последние годы изменения в законодательство об экологических экспертизах[1] ситуацию, на наш взгляд, не улучшили [471]. Действительно, основные изменения, в частности, касаются, во-первых, сокращения сроков проведения ГЭЭ с 3-х до 2-х месяцев (что, на наш взгляд, может отразиться на качестве экспертиз). Во-вторых, ГЭЭ будут проводиться только для предприятий I категории (не ясно, что будет с объектами II и III категорий). В-третьих, базой для ГЭЭ станет ОВОС (была проектная документация), что аргументируется возможностью проводить ГЭЭ на ранней стадии планирования хозяйственной деятельности до окончания выбора места размещения объекта. Однако такой шаг исключит возможность учета интересов населения того района, в котором намечается реализация оцениваемого объекта, а также в целом нарушит принцип обязательного учета общественного мнения. Очевидно, что реализация предложенных изменений сделает ГЭЭ еще более уязвимыми и приведет к еще большему снижению их значимости.

4. Меры по разработке адекватной системы экологических нормативов, включая внедрение в систему экологического нормирования принципа наилучших доступных технологий (НДТ). Основные претензии к действующей системе экологического нормирования в РФ можно свести, в частности, к следующим моментам:

1. ПДК загрязняющих веществ, принятые в России[2], слишком строги (при этом они, как правило, более жестки, чем в других странах) и поэтому трудно достижимы. Они также не учитывают технические возможности предприятий по выполнению соответствующих экологических требований и исходят главным образом из реализации природоохранных технологий в конце производственного цикла (технологии «конца трубы»).

2. В показателях ПДК загрязняющих веществ заложены требования не ухудшения здоровья людей и не учитываются адаптационные свойства других элементов природной среды, хотя устойчивость человеческого организма к загрязнению, как правило, выше, чем у других природных систем.

3. Слишком большое число регулируемых веществ, что затрудняет работу по контролю за загрязнением. Например, утверждены около 2,5 тысяч ПДК для воздуха рабочей зоны и более 1 тысячи – для воды[3].

---

[1] «О внесении изменений в Федеральный закон „Об охране окружающей среды“ и отдельные законодательные акты Российской Федерации» – Федеральный закон от 21.07.2014 № 219-ФЗ.

[2] ПДК отражают безопасный уровень загрязнения для здоровья людей и, следовательно, служат ориентирами, к которым следует стремиться. Свои системы ПДК имеют и многие развитые страны (государства ЕС, США, Канада, Япония и др.).

[3] Химические факторы производственной среды. Предельно допустимые концентрации (ПДК) вредных веществ в воздухе рабочей зоны. Гигиенические нормативы ГН 2.2.5.1313-03; Об утверждении нормативов качества воды водных объектов рыбохозяйственного значения, в том числе нормативов предельно допустимых концентраций вредных веществ в водах водных объектов рыбохозяйственного значения: Приказ Федерального агентства по рыболовству 18 января 2010 г. № 20.

4) Система экологических нормативов не дифференцирована по территории с учетом особенностей каждого конкретного региона; имеет место игнорирование совокупного воздействия всех предприятий на ОС и их экологической совместимости на той или иной территории.

5) Принятая процедура отчетности предприятий о характере и объемах выбросов, сбросов и образованию отходов предусматривает, что подобная информация предоставляется самими предприятиями, что дает им возможность выполнять данную функцию недобросовестно, искажая объемы образования загрязняющих веществ (в сторону занижения), содержащиеся в отчетности.

Избежать многих из перечисленных проблем могло бы не только их скорейшее адекватное решение (в том числе с использованием положительного опыта, накопленного в других странах), но и постепенный переход к разрешительной системе, основанной на технологическом нормировании – внедрении принципа наилучших доступных технологий (НДТ). НДТ определяется как «технология производства продукции (товаров), выполнения работ, оказания услуг, определяемая на основе современных достижений науки и техники и наилучшего сочетания критериев достижения целей охраны окружающей среды при условии наличия технической возможности её применения»[1]. Попытаемся ответить на вопрос, насколько отечественное производство готово к замене (а корректнее было бы сказать – к дополнению) сложившейся системы нормирования новой, основанной на НДТ.

Принцип НДТ относится к числу инновационных инструментов в области управления охраной ОС, в рамках которого действует процедура выдачи комплексных экологических разрешений (КЭР), дающая возможность государственным надзорным органам и хозяйствующим субъектам планировать мероприятия по уменьшению загрязнения на основе устанавливаемых нормативов и принятых стандартов [45]. Посредством перехода на принципы НДТ в России преследуются следующие важные и давно назревшие цели: обеспечить повышение конкурентоспособности продукции отечественной промышленности и инвестиционной привлекательности бизнеса при одновременном снижении уровня негативного воздействия на ОС.

Внедрение принципа НДТ, нацеленного на сочетание экономической (прежде всего промышленной) и ЭП, в условиях России наталкивается, на наш взгляд, на целый ряд проблем.

1. Принцип НДТ предполагает создание и наличие задела по производству отечественного технологически передового оборудования. При этом принцип НДТ основывается на предпосылке о том, что передовые технологии получили широкое распространение в стране, либо подготовлены условия для их массового внедрения (при этом имеются и технологии, и инвестиции для их реализации). Речь идет о внедрении инновационных технологий, которые способны обеспечивать не только экономический рост, но и улучшение экологической ситуации. Хотя спрос на инновационные технологии растет и в России, что проявляется, в частности, в осознании необходимости активизации технологической деятельности, однако подобный спрос сдерживается действием целого ряда факторов, которые общеизвестны [71].

[1] О внесении изменений в Федеральный закон “Об охране окружающей среды” и отдельные законодательные акты РФ от 21.07.2014 г. № 219-ФЗ.

2. Важно отметить, что закон № 219-ФЗ от 21.07.2014 не содержит критериев, которые позволяли бы четко относить используемые на предприятии технологии к той или иной категории опасности объектов, а также обосновывать их выбор и использование. В законе высказаны лишь пожелания о необходимости учета уровней воздействия объектов на ОС, а также уровней токсичности, канцерогенности и мутагенности загрязняющих веществ, содержащихся в выбросах и сбросах, а также классов опасности отходов производства и потребления[1].

3. Введение одного комплексного экологического разрешения (КЭР) для каждого объекта как альтернативы действующим в настоящее время трем разрешениям на выбросы, сбросы и образование отходов; при этом для подачи заявки на получение КЭР предприятие должно иметь сертификат соответствия НДТ (или сертификат наличия эффективно функционирующей системы экологического менеджмента). Для выдачи КЭР нужны собственные справочники по НДТ и квалифицированные специалисты. В РФ собственные справочники по НДТ пока не разработаны (но такая работа началась и активно ведется). Пока их отсутствие компенсируется посредством перевода справочников ЕС[2], хотя адаптация к требованиям ЕС для российских предприятий представляется, мягко говоря, сложной проблемой. Основные трудности «прямого внедрения» европейских справочников заключаются в существенно разном уровне технологий в экономике и отсутствии квалифицированных кадров на местах для перехода к НДТ. Согласно закону № 219-ФЗ предполагается разработка собственных справочников НДТ с учетом имеющихся в России технологий, оборудования, сырья и других ресурсов, а также с учетом климатических, экономических и социальных особенностей. Но пока же подготовка справочников НДТ осуществлялась в основном посредством аутентичного перевода справочников, разработанных в ЕС. Это означает ориентацию на наилучшие европейские технологии, но насколько реально они подходят для РФ в качестве технологических ориентиров? Насколько Россия способна обеспечить себя НДТ собственного производства, без чего весь замысел с НДТ обречен на провал? Без положительных ответов на эти вопросы надеяться на быстрый успех от внедрения НДТ не приходится.

4.Реализация принципа НДТ в практику экологического регулирования предполагает наличие на предприятиях работающей системы экологического менеджмента (ЭМ). В развитых странах ЭМ активно внедряется с середины 1990-х годов и зарекомендовал себя как эффективный инструмент контроля и сокращения негативного воздействия производственных объектов на ОС. В то же время в условиях России пока не созданы условия, благоприятствующие его внедрению и развитию, несмотря на то что первый стандарт из серии ISO 14000 был принят в качестве национального еще в 1998 г. Правила подачи заявки на КЭР предусматривают необходимость подтверждения соответствия технологических показателей предприятия требованиям, содержащимся в Справочниках НДТ. Это, в свою очередь, предполагает наличие на предприятии сертифицированной системы ЭМ. Если такой системы нет, то ее придется создать (на что

[1] Постановление Правительства РФ от 28 сентября 2015 г. № 1029 «Об утверждении критериев отнесения объектов, оказывающих негативное воздействие на окружающую среду, к объектам I, II, III и IV категорий».

[2] Справочник по управлению в области охраны окружающей среды: проблемы, законы, инструменты, институты. Серия «Экологическое управление». ПРООН и РБЕС / Под ред. А. Штайнера, Г. Мартонаковой и С. Гузиовой. – Братислава: Региональное бюро ПРООН для стран Европы и СНГ, 2003. – 381 с.

потребуется время и немалые затраты). В настоящее время в России пока отсутствуют условия, мотивирующие и стимулирующие внедрение систем ЭМ (в соответствии с международной системой стандартов ISO 14000).

5. Одним из новшеств внедрения НДТ является требование установления на предприятиях автоматизированных средств контроля и измерения выбросов и сбросов. Это, безусловно, исключительно важная и насущная проблема, однако следует иметь в виду, что в РФ такие средства до сих пор являлись необязательными и, соответственно, отсутствовали за ненадобностью. До сих пор не имеется прецедентов их налаживания и успешного функционирования. Это означает, что всю работу придется начинать с нуля. Естественно возникает вопрос – за счет каких средств выстраивать систему автоматического контроля – средств предприятий или государства? Естественно ответить – за счет государства, поскольку контроль – это его функция. Однако, сомнительно, что у соответствующих уполномоченных государственных органов имеется долгосрочная программа осуществления подобных мероприятий и предусмотрены соответствующие средства и сроки на ее выполнение. До сих пор же все попытки создать что-либо подобное терпели фиаско. Требовать создания систем оперативного автоматизированного мониторинга только от предприятий, по крайней мере, странно. Кроме того, остается неясным еще один важный вопрос, касающийся налаживания предприятиями систем мониторинга. Это вопрос о возможности обеспечения таких систем дистанционными методами сбора информации, необходимыми измерительными и другими приборами отечественного производства, которое пока не налажено в требуемых объемах.

6. Требование о применении НДТ предусматривается только для объектов, оказывающих значительное негативное воздействие на ОС (объекты I категории). Для остальных предприятий экономические стимулы для внедрения наилучших доступных технологий не очевидны. Более того, пока не предложены четкие критерии отнесения предприятий к той или иной категории, и неясно, на основе чего будет осуществляться контроль воздействия на ОС производственных объектов II и III категории.

Существуют и другие проблемы, решение которых необходимо для создания условий по реализации принципа НДТ в РФ. Переходный период для производственных объектов-загрязнителей ОС, отводимый на реализацию программ по повышению экологической эффективности, определен сроком от 7 до 14 лет начиная с 01.01.2019 г. Поэтапный переход на новую систему государственного экологического регулирования запланирован в следующие сроки: (а) 2015 – 2018: принятие подзаконных актов, разработка и публикация справочников НДТ, постановка предприятий на государственный учет; (б) 2019–2022: выдача КЭР на основе программ повышения экологической эффективности для новых предприятий, 300 действующих крупнейших предприятий-загрязнителей и прочих обратившихся предприятий; (в) 2025: распространение требований на все крупные предприятия, реализация программ повышения экологической эффективности, применение мер экономического стимулирования.

Таким образом, предпринимаемые попытки по переносу принципа НДТ на российскую почву во многом можно оценить как поспешные и автоматические (то есть по аналогии с подходом стран ЕС), не учитывающие особенности российских реалий и не предусматривающие создание условий, необходимых для эффективного действия данного принципа. Переходный период для внедрения принципа НДТ должен быть, по нашему мнению, продлен для реальной подготовки условий его реализации. Пред-

ставляется, что в условиях России экологическое нормирование должно сочетать и созданную систему нормативов, и постепенный переход на принципы НДТ. При этом к внедрению принципа НДТ (с 01.01.2019) российская экономика в целом и сложившаяся система государственного регулирования охраны ОС, в частности, пока, на наш взгляд, не готовы. На этом пути требуются колоссальные усилия прежде всего со стороны государственных органов и масштабная работа хозяйствующих субъектов (в лице промышленного предпринимательского сообщества) по формированию необходимой технологической, законодательной, организационной и информационно-аналитической базы для того, чтобы принцип НДТ эффективно заработал в России.

В целом внедрение новых инструментов управления путем заимствования сложившихся подходов из зарубежной практики экологической политики (в случае с НДТ имеет место ориентация на опыт ЕС) и переноса их на российскую действительность требует четкой организации и осуществления определенной последовательности действий, их продуманности с точки зрения возможности включения в сложившуюся систему управления новых для российской государственной экологической политики методов регулирования, учета специфики эколого-экономических условий страны и ее регионов, а также необходимости дополнения существующего механизма управления новыми подходами и инструментами, без которых принцип НДТ не сможет эффективно и полноценно заработать и обеспечить желаемые результаты. Очевидно, что путь реализации принципа НДТ будет непростым и болезненным.

Оценивая возможности и перспективы внедрения принципа НДТ в российскую практику экологической политики, представляется необходимым отметить в качестве первостепенных мер прежде всего деятельность по упреждающим существенным государственным усилиям в области стимулирования, мотивации и поддержки развития и внедрения эколого-ориентированных инновационных технологий и видов деятельности. Только в этом случае можно надеяться, что реализация идеологии НДТ может дать толчок для технологического рывка российской экономики и обеспечить решение не только проблем охраны окружающей среды, но и развития и модернизации отечественной промышленности на фоне роста энергоэффективности, импортозамещения и конкурентоспособности.

5. Меры по совершенствованию организационных аспектов управления природоохранной деятельностью. Очередное реформирование организационных структур в экологической сфере, как уже указывалось, было проведено в середине 2008 г., когда в соответствии с указом Президента России от 12.05.2008 г. и Постановлением Правительства РФ от 29 мая 2008 г. № 404 Министерство природных ресурсов было реорганизовано в Министерство природных ресурсов и экологии РФ (Минприроды России) с передачей ему функций по выработке и реализации государственной политики и нормативно-правовому регулированию в сфере охраны ОС (в т.ч. вопросы, касающиеся особо охраняемых природных территорий и государственных экологических экспертиз). В структуру Минприроды России, помимо Росприроднадзора (Федеральной службы по надзору в сфере природопользования), Роснедр и Росводресурсов, вошел также Росгидромет (Федеральная служба по гидрометеорологии и мониторингу ОС). При этом Росприроднадзор концентрирует функции по экологическому контролю (включая леса, заповедники, речные ресурсы; а также государственный учет объектов, оказывающих негативное воздействие на ОС), Росгидромет осуществляет экологический мониторинг. За Ростехнадзором закреплены проверяющие и надзорные

функции в области промышленной безопасности (в т.ч. атомной и радиационной), соблюдения техрегламентов, а также функции, связанные прежде всего с выдачей лицензий и разрешений предприятиям, проведением экологической экспертизы. В ведении Минприроды находятся разработка экологической политики, правовых и нормативных документов и координация всей деятельности в сфере экологии. В качестве первоочередных приоритетов в деятельности министерства определены формирование подходов к нормированию качества ОС, создание системы экологического стимулирования природоохранной деятельности и активизации внедрения и развития экологически ориентированных производств. Выделенные направления, безусловно, важны и актуальны, однако представляется, что их реализация невозможна усилиями одного министерства, необходима системная модернизация всех направлений социально-экономической политики государства, включая структурную, инвестиционную, бюджетную, налоговую, инновационную, финансовую и социальную политики.

Произошедшие в последние годы изменения в сфере управления ОС (и прежде всего постоянные реорганизации вплоть до упразднения) привели, помимо сокращения государственной поддержки данной сферы, также к снижению ее статуса, потере квалифицированных кадров из-за сокращения штатной численности сотрудников, к низкому уровню бюджетного финансирования, что поставило государственную систему охраны ОС в критическое положение. Представляется, что наилучшим выходом из сложившейся ситуации было бы воссоздание в структуре исполнительной власти самостоятельного (а не в рамках Министерства природных ресурсов) природоохранного органа. Это позволило бы усилить потенциал для формирования ЭП с координацией в масштабах всей страны посредством повышения статуса и расширения обязанностей федеральных экологических органов.

Кроме того, требуется продолжить разработку эффективных систем взаимодействия между федеральными органами исполнительной власти и органами власти субъектов Федерации в области охраны ОС. В рамках реформирования государственного сектора, инициированного в 2000 году, особый акцент делался на необходимость децентрализации государственного управления в целом. Однако передача основной части ответственности с федерального уровня региональным органам власти без укрепления базы для координации экологической политики на федеральном уровне противоречило задаче повышения статуса и расширения обязанностей федеральных органов, а также означало сокращение общей численности штатных сотрудников, в частности персонала структур, занимающихся инспектированием и экологическим контролем. Реформы не обеспечили уточнения нормативной базы; отношения между центром и регионами не стали менее сложными, сохранив большие возможности для принятия решений по усмотрению административных органов. Ситуация с участием общественности и доступом к информации улучшается медленно. Хотя обоснованием для реорганизации местного уровня служило то, что слишком много работы по выполнению нормативных требований приходилось вести из центра, процесс реформирования отличался беспорядочностью и непродуманностью, и на многих направлениях привел к снижению эффективности управления. Практически, можно утверждать, что этот процесс на самом деле не включал никакой фактической децентрализации или распределения таких функциональных обязанностей, как мониторинг и инспектирование [386].

Ключевое значение в организации управления природоохранной деятельностью имеет четкое разграничение сфер ответственности и адекватное распределение ресурсов между различными уровнями власти, исключение совпадающих обязанностей особенно в сфере экологического контроля, мониторинга, разработки и реализации экологических программ. В этой связи требуется установление четких правил и функций для разных структур экологической инспекции, упорядочение административных и судебно-правовых механизмов, используемых для обеспечения соблюдения законодательных и нормативных требований.

6. Меры по ужесточению сложившейся системы экологической ответственности. Существующие в настоящее время санкции за нанесение ущерба ОС либо не работают, либо настолько малы, что предприятия их попросту игнорируют. Такая ситуация не стимулирует природоохранную деятельность, внедрение эколого-ориентированных, ресурсо- и энергосберегающих технологий. Очевидно, что подобные санкции должны быть увязаны с системой нормативов за нарушение ОС, учитывающих не только экологические требования, но и экономические возможности их достижения.

Юридическая ответственность бизнеса в области охраны ОС играет весьма существенную роль в функционировании и развитии производства, поскольку является необходимой гарантией благоприятных условий жизни и здоровья людей, успешного выполнения эколого-правовых правил и требований юридическими лицами и гражданами при осуществлении ими хозяйственной и иной деятельности, а также в процессе использования и охраны природных ресурсов [241]. Меры юридической ответственности служат важным фактором реализации права граждан на благоприятную ОС, других экологических прав и свобод граждан, а также обеспечивают экологическую безопасность на территории страны и ее регионов.

Среди мер юридической ответственности в рассматриваемой области наряду с мерами административной и гражданско-правовой ответственности граждан и юридических лиц особое значение имеют меры уголовной ответственности за экологические правонарушения. Так, ежегодный ущерб, причиняемый экономике страны только криминальными лесозаготовками, исчисляется миллиардами рублей [381]. Однако, как показывает анализ практики, применение мер уголовного наказания к лицам, виновным в преступлениях в сфере использования и охраны отдельных природных ресурсов, а также охраны ОС в целом, является недостаточно эффективным [241]. Правовые нормы, устанавливающие уголовную ответственность за причинение вреда ОС, ее объектам и комплексам, а также действия, угрожающие экологической безопасности населения, применяются крайне редко. Так, количество уголовных дел, имеющих косвенное отношение к охране ОС от химических загрязнений, не превышает 1%, на остальные экологические преступления приходится менее 3% [22]. Криминогенная ситуация в экологической сфере меняется крайне медленно, а по отдельным видам экологических преступлений происходит ее ухудшение[1]. В настоящее время экологические преступления составляют 1,6% от всех зарегистрированных преступлений на территории РФ и ее субъектов[2].

[1] URL: http:// www. mvd. ru/ stats/ 1000023/ 100004447; URL: http:// www. mvd. ru/ stats/ 10000479/ 10000481/ 7573.

[2] URL: http:// www. greenpeace. org/ russia/ ru/ news/ 4365207/ 4366550.

Необходимо отметить, что экологической преступности присуща высокая степень латентности, достигающая, по оценке многих специалистов, 95–99%. С учетом этого, удельный вес посягательств подобного рода в России составляет не доли процента, как показывает статистика, а около 11–23% от всего числа преступлений. По экологическим преступлениям, совершаемым организованными профессиональными группами, латентность составляет почти 100% [179]. Эти обстоятельства позволяют говорить уже не об отдельных фактах нарушений, а об экологической преступности как явлении, приводящем к самым тяжким последствиям. Такая ситуация с соблюдением экологического законодательства юридическими лицами и гражданами не обеспечивает реализацию конституционных и иных экологических прав и законных интересов граждан РФ, не отвечает современным задачам социо-эколого-экономического развития страны и ее регионов и негативно влияет на состояние ОС.

В условиях России наибольшую экологическую сознательность проявляют, как правило, компании, которые либо имеют выход на мировые рынки (для них важное значение имеет интернационализация их деятельности и интеграция в мировую экономику); либо работают в экологически «грязных» отраслях; либо имеют объекты, размещенные в экологически неблагополучных регионах; либо адекватно оценивающие роль экологического фактора в обеспечении экологической безопасности функционирования и повышении конкурентоспособности [333].

В целом же экологическая ответственность российского бизнеса остается пока довольно низкой, о чем свидетельствует, в частности, слабое использование компаниями в своей производственной деятельности таких апробированных мировым опытом инструментов ресурсопользования и охраны ОС, как экологический менеджмент, экоаудит, экосертификация, экострахование и др. Для повышения экологической ответственности бизнеса требуется не только разработка соответствующей нормативно-правовой базы; федеральных методик (например, для экологического страхования) и правил их применения; инициирования пилотных проектов по самоконтролю и стимулированию внедрения систем экологического менеджмента на предприятиях, но и активизация деятельности государства в экологической сфере, а также гражданского общества и гражданских экологических инициатив.

С учетом динамики экологической преступности в России установление уголовной ответственности юридических лиц может быть весьма полезным для достижения целей экологического права. Альтернативой закреплению уголовной ответственности может быть лишь ужесточение административной ответственности, хотя бы за самые экологически опасные правонарушения. Эффективность установления уголовной ответственности предприятия за совершение экологических преступлений связана, в частности, с тем, что ее применение негативно отражается на деловой репутации предприятия. Таковы состояние законодательства об уголовной ответственности за экологические преступления в Российской Федерации и необходимые меры по повышению его эффективности в современных условиях [241].

7. Меры по регулированию сбора и переработки отходов. В неудовлетворительном состоянии в России в настоящее время находится экономика отходов. Для кардинального изменения сложившегося положения в сфере обращения с отходами производства и потребления необходимо реформировать государственную политику в этой области, существенно усилив государственное регулирование сбора и переработки отходов, и прежде всего отходов конечного потребления, поскольку работа с таки-

ми отходами по большей части нерентабельна и не дает предпринимателям приемлемой для них прибыли. В частности, первоочередного решения в данной сфере требуют следующие проблемы.

Во-первых, необходимо разработать на федеральном уровне нормативно-правовую базу в сфере обращения с отходами, которая установила бы ответственность производителей за организацию сбора и переработки определенных видов выпускаемой ими продукции после ее использования потребителем, а также использованной в производстве упаковки; законодательно закрепила бы приоритет переработки отходов перед другими, не столь экологичными и затратными способами обращения с отходами, а также содержала бы указания, как надо обращаться с отходами, кто за это отвечает и как вся эта система финансируется. Решать проблему необходимо в масштабах всей страны, а не только на муниципальном уровне. Наряду с этим требуется и разработка законодательной базы для поощрения предприятий, занимающихся сбором, утилизацией и вторичной переработкой компонентов твердых коммунальных отходов.

Во-вторых, насущной является организация раздельного сбора и сортировки твердых коммунальных отходов. Для более полного использования вторичных ресурсов требуется создание мусоросортировочных комплексов.

В-третьих, следует использовать комплексный подход к созданию системы управления утилизацией отходов. Благодаря целостному подходу, при котором в единой концепции рассматриваются все источники образования отходов, все их типы и характеристики, можно добиться синергетического эффекта и обеспечить наиболее эффективное с точки зрения ООС и здоровья человека расходование финансовых средств.

В-четвертых, необходимо организовать рециклинг (переработку отходов). В российских городах преимущественной технологией утилизации городских отходов является обычное сжигание, причем не с целью получения тепло- и электроэнергии, как это обычно делается в Европе и США, а сжигание с целью примитивного уничтожения. Рециклинг нацелен на формирование системы сбора и переработки компонентов твердых коммунальных отходов в продукты, имеющие потребительную стоимость. Тенденция такова, что весь мир уходит от сжигания и захоронения, все более внедряя повторную переработку.

В 2017 г. внесены изменения в законодательство РФ в области обращения с отходами[1]. Пока рано оценивать возможные последствия данных изменений, однако они дают основание надеяться на существенное упорядочение отношений в сфере отходов[2].

8. Меры по распространению системы экологического менеджмента организаций [53**].** Одним из актуальных направлений совершенствования управления воздействиями на ОС в процессе производственной деятельности является стимулирование внедрения на промышленных предприятиях систем экологического менеджмента (СЭМ) в соответствии с серией международных стандартов ISO 14000. Именно с этим

[1] Федеральный закон от 31.12.2017 N 503-ФЗ "О внесении изменений в Федеральный закон "Об отходах производства и потребления" и отдельные законодательные акты Российской Федерации". – URL: http://www.consultant.ru/law/review/107103570.html.

[2] Внесены существенные изменения законодательства в области обращения с отходами. – URL: https://news.solidwaste.ru/2018/01/izmeneniya-zakonodatelstva/; Новое в российском законодательстве. http://www.consultant.ru/law/review/107103570.html.

связан значительный потенциал для снижения воздействия на ОС с использованием прежде всего организационных и малозатратных природоохранных и других мероприятий. В основе ЭМ лежит системный подход и использование комплекса управленческих решений и процедур, ориентированных в конечном счете на стимулирование внедрения наилучших доступных технологий[1]. Международные стандарты ISO 14000 подразумевают, что внедрение СЭМ осуществляется в определенном организационном контексте, когда предполагается, что есть определенная миссия организации, формируется иерархия целей и задач, осуществляется систематическое планирование, разрабатываются и фиксируются процедуры.

В развитых странах ЭМ активно внедряется с середины 90-х годов XX века и зарекомендовал себя как инструмент эффективного контроля и сокращения воздействия промышленных предприятий на ОС. В то же время в условиях России пока не созданы условия, благоприятствующие его внедрению и развитию. К числу причин, определяющих подобную ситуацию можно отнести, в частности, следующие [7; 30; 161; 186; 327]:

1) слабо развитая система управления на предприятиях в целом и экологической сферой, в частности; недостаточное использование современных подходов к планированию и анализу результативности деятельности, в силу чего далеко не все российские компании на данный момент готовы к внедрению системы ЭМ;

2) узкое понимание экологического менеджмента. В большинстве случаев российские предприятия уделяют мало внимания своей экологической деятельности, считая ее невыгодной из-за излишних затрат. Руководители российских предприятий не всегда понимают всю важность наличия эффективно функционирующей СЭМ для повышения конкурентоспособности на мировых рынках. Предприятия, работающие на внутренний рынок, не видят необходимости иметь работающую СЭМ, поскольку ее внедрение является добровольной;

3) непризнание за рубежом сертификатов ISO 14000, выдаваемых органами по сертификации в России. Во многих странах после официальной публикации международного стандарта ISO 14001 широко развернулись работы по сертификации СЭМ и были созданы соответствующие национальные органы по сертификации, или расширена область аккредитации ранее существовавших органов. Нередко авторитет российских организаций, предлагающих услуги сертификации СЭМ, довольно низкий из-за отсутствия у них необходимого опыта и навыков, несоблюдения международных требований к сертификации. В то же время актуальность создания системы аккредитации органов по сертификации СЭМ, которая смогла бы претендовать на признание ее зарубежными партнерами, постоянно возрастает;

4) недопонимание характера стандартов в области ЭМ. Определенные трудности связаны с пониманием самой природы стандартов ISO14000, которые являются добровольными, и их соотношения с методами государственного регулирования. В российских условиях – добровольный – означает, как правило, необязательный. Поэтому

[1] Экологический менеджмент – процесс и результат инициативной деятельности экономических субъектов, направленной на последовательное улучшение в достижении их собственных экологических целей и задач, разработанных на основе самостоятельно принятой экологической политики. Главный смысл требований стандартов серии ISO 14000 состоит в установлении постоянно возрастающих целей в виде улучшения экологических показателей (например удельного расхода сырья, энергии, потребления на единицу продукции, на одного работающего, и тому подобное).

требуется создание условий, стимулирующих внедрение СЭМ, и разъяснение выгод от их создания и функционирования;

5) существующая нормативно-правовая база является малоэффективной для создания результативного экономического механизма экологического регулирования, в том числе ЭМ.

Для решения названных проблемы представляется необходимым прежде всего:

● совершенствование структуры корпоративного управления на предприятиях для дальнейшего перехода к СЭМ путем выработки стратегии развития организации, формулирования целей и задач, мотивации персонала, постоянного повышения квалификации работников на основе обучения, переподготовки, развития инициативы, творчества и т. п.;

● создание единой надежной системы аккредитации органов по сертификации СЭМ (здесь возможно участие государства), которая смогла бы претендовать на признание ее зарубежными партнерами и избегать расхождений между количеством и качеством сертифицированных предприятий;

● стимулирование внедрения СЭМ с целью получения выгод от их создания и функционирования, позволяющих в первую очередь повысить конкурентоспособность за счет рационализации использования ресурсов (сырьевых, энергетических, водных и земельных) и снижения затрат; обеспечить снижение негативного воздействия на ОС и экологических рисков; улучшить экологические показатели; укрепить отношения с местными и региональными властями, органами государственного экологического контроля и общественностью; обеспечить юридическую безопасность; улучшить образ предприятия в глазах иностранных и российских партнеров и инвесторов; укрепить позиции организации на отечественных и зарубежных рынках и т. д.;

● повышение профессионального уровня образования, методических и прикладных работ в области СЭМ и экологического аудита для создания условий по осуществления природоохранной деятельности и формированию позитивного экологического имиджа российских предприятий и их продукции на международных товарных, фондовых и инвестиционных рынках.

К числу предложенных мер по возможному улучшению государственного управления в сфере охраны ОС следует также добавить меры по усилению взаимодействия органов государственного управления разного уровня; созданию эффективной системы экологического контроля и финансовому обеспечению его эффективного функционирования; укреплению систем мониторинга; усилению роли экологических программ в прогнозировании социально-экономического развития и экологическом управлении; улучшению доступа общественности к экологической информации и обеспечению участия общественности в процессах приятия решений в экологической сфере; активизации просветительской работы с населением по экологическим вопросам, и др.

В целом, неудовлетворительное решение экологических проблем, приобретшее за последние годы характер устойчивой тенденции, ведет к их постоянному накоплению, а с учетом добавления новых проблем обусловливает экологическую перегрузку в пределах ряда территорий страны, особенно с высокой концентрацией производства и населения. Это требует разработки и реализации адекватных мер по решению экологических проблем, среди которых в современных условиях экономического развития на первое место выдвигаются инновационные аспекты развития экономики.

2.5.2. Экологизация производства с учетом инновационных принципов развития

Современные мировые тенденции в сфере решения экологических проблем свидетельствуют о росте значимости среди подходов, обеспечивающих снижение негативного воздействия на ОС, таких, которые предусматривают внедрение различных технологических мер в рамках формирования инновационной экономики. В соответствии с этим развитыми странами [300; 304; 439] взят курс на реализацию стратегии экологически ориентированного роста, одним из основных направлений которого является широкое внедрение «зеленых» технологий. Переориентация экономики на «зеленое» развитие сопровождается осуществлением комплекса мер государственной политики от стимулирования непосредственно эколого-инновационной активности бизнеса до формирования экологического сознания и экологической этики. Растет спрос на экологические инновационные технологии и в России, что проявляется, в частности, в осознании необходимости формирования экономики на инновационной основе и активизации технологической деятельности.

Формирование инновационной экономики в России требует не только постоянного технологического совершенствования, налаживания производства высокотехнологичной продукции с высокой долей добавленной стоимости, но и изменения взаимодействия государства и бизнеса по широкому спектру отношений, в том числе в экологической сфере. Последнее связано прежде всего с тем, что, во-первых, меняется ситуация с обеспечением природными ресурсами в силу их количественного и качественного истощения, что ставит проблему их рационального и комплексного использования. Во-вторых, в условиях отсутствия существенных положительных тенденций улучшения состояния ОС в экологической сфере за последние несколько десятилетий накопился сложный клубок проблем, решение которых требует, в частности, оценки экономического ущерба, нанесенного негативным антропогенным воздействием на ОС, разработки и внедрения механизмов его компенсации, что в развитых странах уже давно является обычной практикой. Игнорирование показателей экологического ущерба при принятии решений приводит к выбору неэффективных вариантов территориальной организации производства и в целом направлений социально-экономического развития. В-третьих, необходимо эффективное решение возникающих новых острых экологических проблем при условии их постоянной диагностики и своевременного предупреждения. Все это делает актуальным внедрение инноваций в управление охраной ОС, включая смену ценностных критериев, формирование адекватной институциональной среды.

Особенно остро данные проблемы стоят в Сибири, где базовые отрасли экономики, представленные в основном производствами минерально-сырьевого комплекса и нижними этажами энерго-производственных циклов, с одной стороны, относятся, как правило, к числу экологически опасных производств и, с другой стороны, концентрируются в ограниченном числе населенных пунктов, создавая повышенную нагрузку на ОС.

Инновационные аспекты развития экономики непосредственно связаны с решением экологических проблем и возможностью формирования экологически устойчивого развития отдельных регионов и страны в целом. Большое значение данная взаимосвязь приобретает в условиях экономического кризиса, поиск путей выхода из которого должен ориентироваться в том числе и на создание предпосылок для

устойчивого развития[1]. Это определяет и основные пути развития производства и, в первую очередь, промышленности, которые предусматривают расширение доли малоотходных и высокопроизводительных технологий, создание благ с минимальным привлечением ресурсов и минимальным ущербом для экологической системы.

Вклад инновационных принципов развития в решение экологических проблем проявляется прежде всего в том, что модернизация технологической базы производства создает необходимые технические и прочие условия для его экологизации по различным направлениям, среди которых можно назвать прежде всего следующие [19, 22, 25, 53, 56; 118; 129; 401, и др.]:

1) технологические инновации, сопровождающиеся повышением эффективности производства, расширением ассортимента и улучшением качества производимых товаров и услуг или используемых при этом технологий, сменой моделей и поколений техники, технологических укладов и технологических способов производства, имеющих одним из результатов увязку экономического развития с требованиями охраны ОС;

2) ресурсосбережение, связанное с внедрением ресурсосберегающих технологий, позволяющих не только сокращать объем добычи различных видов природных ресурсов, но и обеспечивающих их более полное и комплексное использование, одним из следствий чего является сокращение нагрузки на ОС со стороны добывающих и обрабатывающих производств;

3) создание инструментария эколого-инновационной деятельности, стимулирование развития рынков экологических услуг, экологически чистой продукции, технологий и т.п.;

4) инновационные управленческие, юридические и другие решения, позволяющие повысить эффективность использования естественных ресурсов и условий наряду с улучшением или хотя бы сохранением качества природной среды;

5) формирование в долгосрочной перспективе рынка прав на загрязнение ОС на основе извлечения уроков из положительного опыта других стран, внедривших данный механизм в практику экологического регулирования, а также международного опыта в этой сфере (в частности, экономического механизма Киотского протокола) с последующим переносом данного опыта на национальный уровень.

6) экологические инновации, включая:

- экологическую реструктуризацию и модернизацию производства путем изменения отраслевой структуры за счет снижения спроса на продукцию экологически грязных производств или путем модернизации предприятий-потребителей подобной продукции;
- разработку и использование природоохранных технологий (в частности, более широкое использование технологий утилизации отходов разного рода, рециклирования ресурсов после их обработки, рекультивации нарушенных земель и др.);
- создание экодевелопмента, включая специализированное машиностроение, формирование рынка экологичной продукции и экологических услуг;
- внедрение в практику экологического регулирования принципа наилучших доступных технологий, соответствующего современным и экономическим и экологи-

[1] В современных условиях социально-экономического развития России и ее регионов основные вызовы в экологической сфере в свете инновационного развития обусловлены целым рядом обстоятельств, о которых более подробно речь пойдет в главе 3.

ческим стандартам и нормативам, и который должен выступать стимулом для активизации инновационной деятельности (прежде всего в отраслях энергетического и других природоемких и экологически опасных секторов экономики), поскольку отражает требования достижений научно-технического прогресса[1;]

● внедрение систем экологического менеджмента на промышленных предприятиях, наличие и функционирование которых сопровождается улучшением экологических показателей, снижением экологических рисков и затрат природоохранного назначения, повышением конкурентных преимуществ и т.д.;

● экологический маркетинг, способствующий быстрому развитию технологий и процессов, снижающих воздействие на ОС, а также ускоренному формированию рынка экологических благ, который требует соответствующего развития маркетинговых средств управления;

● экологическую сертификацию, подтверждающую соответствие характеристик произведенного продукта международным стандартам в области охраны ОС и экологического менеджмента (ISO 14000);

● создание в России так называемой «интеллектуальной инфраструктуры» природоохранной деятельности – систем лицензирования всех экологически опасных видов деятельности и экологического аудита. Данные направления деятельности представляют собой важные средства дополнительного экологического контроля и регулирования фактического антропогенного воздействия на ОС в соответствии с возможностями допустимого использования природных ресурсов и ассимиляционного потенциала природной среды;

● экологический консалтинг и др.

Реализация названных направлений инновационного развития позволит не только существенно улучшить экологическую ситуацию, но и повысить конкурентоспособность отечественных предприятий на мировых рынках за счет улучшения экологических параметров их продукции. Однако практическое претворение в жизнь данных направлений сталкивается с большими трудностями, связанными прежде всего с необходимостью создания такого механизма, который в первую очередь позволял бы стимулировать предпринимателей осуществлять переход на новые ресурсосберегающие и экологически ориентированные технологии, внедрение которых приносило бы и экономическую, и экологическую выгоду. В российских условиях такой инновационный механизм пока не сформировался, поэтому начинать надо практически с нуля, умело сочетая как стимулы, так и санкции по отношению к экологически безответственным бизнесменам. Это суперсложная задача, требующая кардинального изменения сложившихся тенденций в экономике и изменения менталитета правящей элиты, поскольку связана с необходимостью выработки на государственном уровне инновационной эколого-ориентированной стратегии социально-экономического развития.

---

[1] В России требования внедрения подобной системы были законодательно введены в Федеральном законе «Об охране окружающей среды» № 7-ФЗ от 10.01.2002. С точки зрения экономических методов регулирования ООС важным положением Закона является отмеченная в нем необходимость предоставления налоговых и иных льгот при внедрении наилучших доступных технологий, нетрадиционных видов энергии, использовании вторичных ресурсов и переработке отходов и т.д. (статья 14). К сожалению, это конструктивное экономическое положение остается пока декларативным, так как стимулы и льготы за внедрение экологически приемлемых технологий фактически отсутствуют.

Разворот в сторону устойчивого эколого-экономического инновационного развития в современных российских условиях сдерживается действием целого ряда факторов, основные из которых общеизвестны. К их числу, в частности, относятся:

● сохранение преимущественно сырьевого характера экономики с преобладанием отраслей топливно-энергетического, металлургического и лесопромышленного секторов, а также природноресурсного характера экспорта, причем в условиях истощения многих видов природных ресурсов как фактора экономического роста;

● высокий уровень природоемкости производства (в том числе энергоемкости), который имеет тенденцию к постоянному увеличению (в настоящее время в России затраты природных ресурсов на единицу ВВП в 2–4 раза выше аналогичных показателей развитых стран);

● отсутствие заметных структурных сдвигов, приводящих к снижению удельного веса ресурсоэксплуатирующих и экологически грязных отраслей;

● отсутствие экономических и юридических барьеров для функционирования грязных технологий, что связано в первую очередь со слабым экономическим механизмом регулирования в сфере охраны ОС;

● значительный физический и моральный износ оборудования, оцениваемый по разным отраслям промышленности в пределах 60–80 и более процентов, вследствие чего постоянно увеличиваются возможные экологические риски при его эксплуатации;

● неблагоприятная экологическая ситуация во многих регионах страны, что негативно сказывается на здоровье людей и продолжительности их жизни;

● отставание отечественной экономики от экономики развитых стран по развитию и внедрению возобновляемых источников энергии и энергосбережению;

● накопившиеся за десятилетия экологические проблемы, которые нередко усугубляются проблемами, возникшими в последние годы (в том числе в результате ослабления государственного управления и поспешной приватизации собственности) и требующими разработки механизма их ликвидации и компенсации причиненного ущерба, что должно быть одной из задач государства.

Переломить перечисленные тенденции возможно только при условии перехода к инновационной экономике и технологической модернизации производства. Такой переход будет сопровождаться и масштабным решением экологических проблем.

В целом задачи модернизации, стоящие перед российской экономикой, требуют смены ценностных критериев по широкому спектру отношений, включая и отношения с ОС. При этом сводить модернизацию только к технологическим аспектам представляется малоперспективным без формирования надлежащей институциональной среды, одним из элементов которой является выстраивание отношений с ОС. Новая парадигма в сфере охраны ОС, основанная на концепции устойчивого развития, исходит из осознания необходимости отказа от потребительского отношения к природной среде и выстраивания отношений партнерства с ней. Эколого-экономические последствия такого партнерства, вытекающие из непротиворечивости сосуществования природного, технического и человеческого потенциалов, очевидны. Речь идет не только о переходе на ресурсосберегающие и эколого-ориентированные технологии со всеми вытекающими отсюда последствиями для экономики, экологии и человека, но и о формировании экологической этики, уважительного отношения к природной среде, укреплении принципов экологической эффективности и экологической справедливости. Другими

словами, необходима смена критериев, формирование адекватной институциональной среды, без чего модернизация экономики обречена. Институциональные преобразования должны быть направлены на формирование нового, более совершенного правового и экономического механизмов регулирования взаимодействия государственных органов различных уровней и природопользователей, с учетом обязательного включения экологических требований в процедуру оценки социально-экономической эффективности принимаемых управленческих решений.

Резюме

Основные условия формирования государственной ЭП предусматривают прежде всего выработанные обществом принципы ЭП и учет специфики экологических проблем в регионе, что в свою очередь, позволяет установить их приоритетность на том или ином уровне территориального управления. Основой ЭП выступает разработка стратегии природоохранной деятельности, выбор варианта которой в каждом регионе определяется его пространственными, производственными и организационно-технологическими особенностями.

Анализ зарубежного опыта формирования государственной ЭП свидетельствует о все большем осознании растущей потребности интегрировать экологические цели в механизм хозяйствования, об активизации природоохранной деятельности в развитых странах, что основано на введении в рыночный механизм системы объективной оценки экологических последствий производства и потребления, широкого использования платежей и налогов и других экономических мер. Взаимосвязь экономических и экологических проблем диктует необходимость использования как преимуществ рыночного механизма, так и мер государственного регулирования для обеспечения экологически сбалансированного развития экономики. При этом среди методов государственной ЭП все большие предпочтения отдаются не столько мерам ограничительного характера, сколько стимулированию усилий по улучшению состояния ОС. Среди таких методов выделяются правительственные субсидии, ссуды и льготные займы, залоговые вложения; ускоренная амортизация; экологические и эколого-ориентированные налоги (в т.ч. транспортные и энергетические); платежи и штрафы за сбросы и выбросы загрязняющих веществ; платежи за размещение твердых отходов; административные платежи (за выдачу лицензий, формирование систем компенсации или экологических квот и др.); сборы экологического характера (на экологически «грязную» продукцию и опасные отходы); платежи за использование природных ресурсов; разного рода налоговые льготы, стимулирующие снижение негативного воздействия на ОС, в том числе посредством внедрения экологических инноваций и инвестирования в экологически безопасные и ресурсосберегающие технологии; дополнительный налог с прибыли предприятий, выпускающих экологически вредную продукцию или применяющих экологически опасные технологии; экологическое страхование; прямая торговля допусками на загрязнение среды; государственные инвестиции на природоохранные мероприятия и государственные закупки товаров природоохранного назначения; дотации от государства и другие инструменты.

В России к началу XXI века были заложены необходимые основы для разработки и реализации результативной ЭП, которые, к сожалению, не удалось сохранить в по-

следующие годы в результате, главным образом, реорганизации природоохранных органов в структуре исполнительной власти. Формирование государственной ЭП в России в 90-е годы вплоть до начала 2000-х годов можно охарактеризовать как период поиска и наработок новых подходов в управлении охраной ОС. И хотя этот поиск сопровождался не только определенными продвижениями в деле государственного экологического регулирования, но и высвечивал его слабые стороны, в целом необходимо признать, что он благотворно влиял на общую экологическую ситуацию в стране, создавая предпосылки для выхода на траекторию оздоровления состояния ОС. Именно в этот период сложилась система (как по вертикали, так и по горизонтали) органов управления охраной ОС и регулирования использования природных ресурсов и началось становление таких рычагов государственного управления в области охраны ОС, как природоохранное законодательство; внедрение и постепенное укрепление института экологической экспертизы; введение принципа платности в сферу охраны ОС и начало формирования экономического механизма природопользования посредством введения системы платежей за использование природных ресурсов и за загрязнение ОС; разработка целевых экологических программ федерального и регионального уровней; контроль за соблюдением норм и стандартов в области природопользования; развитие системы особо охраняемых природных территорий; регулярное издание государственных докладов о состоянии ОС в РФ и т.д.

С 1996 г. положение начало меняться в худшую сторону, прежде всего в связи с «давлением» на государственные природоохранные органы (сначала, в 1996 г., был понижен статус Минприроды до Госкомэкологии, затем, в 2000 г., последняя упразднена) и последовавшим затем постепенным ослаблением государственных организационных экологических структур, что закономерно привело и к постепенному сворачиванию целого ряда направлений государственной природоохранной политики и в целом положило начало деэкологизации экономики.

Причины слабости современной государственной ЭП в России вытекают главным образом из отсутствия специализированного ведомства по охране ОС; ослабления природоохранного законодательства; снижения роли института экологической экспертизы, государственного экологического контроля и мониторинга; постоянного сокращения объемов финансирования природоохранных мероприятий; запутанности государственного управления в экологической сфере; сырьевой направленности экономики; затягивания с переходом на инновационный путь эколого-экономического развития страны и внедрением «зеленых» технологий и др. Дана оценка состояния системы управления в области охраны ОС и показано, почему после реорганизации 2000 года во многих отношениях произошло снижение эффективности ее работы.

На основе анализа сложившейся в России системы государственного экологического регулирования и причин деэкологизации государственного управления в сфере охраны ОС высказаны предложения по возможным направлениям совершенствования механизма государственной экологической политики. К таким направлениям отнесены в первую очередь меры по совершенствованию финансового механизма природоохранной деятельности; развитию действующего в Российской Федерации природоохранного законодательства; восстановлению института экологической экспертизы; разработке адекватной системы экологического нормирования и переходу на принцип НДТ; учету организационных аспектов управления природоохранной деятельностью;

ужесточению сложившейся системы экологической ответственности; регулированию сбора и переработки отходов; распространению системы экологического менеджмента организаций; разработке и внедрению инновационных инструментов в экологической сфере, включая стимулирование использования экологически чистых технологий, переориентации финансирования на «зеленые» инвестиции и др. Неудовлетворительное решение экологических проблем, приобретшее за последние годы характер устойчивой тенденции, ведет к их постоянному накоплению, а с учетом добавления новых проблем обусловливает экологическую перегрузку в пределах территорий ряда регионов страны, особенно с высокой концентрацией производства и населения. Результатом такой ситуации является усложнение решения проблем повышения качества жизни людей и снижения заболеваемости и смертности, связанных с экологическими факторами.

В современных условиях социально-экономического развития для решения сложных экологических проблем в РФ и ее отдельных субъектах нужна система тесно взаимосвязанных способов и мер охраны ОС. Наряду с мерами технологического, организационного, правового, экономического и информационного характера важны действенные меры юридической ответственности за совершенные экологические правонарушения.

Создание необходимой институциональной среды в природоохранной сфере будет способствовать решению целого ряда важных проблем как для совершенствования методов управления природоохранной деятельностью, так и социально-экономическим развитием регионов и страны в целом, включая такие важные и назревшие направления, как:

- модернизация производства с выходом на новый технологический и экологически безопасный уровень функционирования производственных объектов;
- стимулирование инвестиций в зеленую экономику с целью повышения энергоэффективности, снижения ресурсоемкости и обеспечения высокого качества среды обитания людей;
- усиление экономических методов регулирования, прежде всего стимулирования природоохранной деятельности;
- развитие прикладных научных и проектных разработок в сфере экологии и др.

ГЛАВА 3
ЭКОЛОГИЧЕСКАЯ СТРАТЕГИЯ КАК ФУНКЦИЯ УПРАВЛЕНИЯ ОХРАНОЙ ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ В РЕГИОНЕ

3.1. РЕГИОНАЛЬНЫЕ ПРОГРАММЫ КАК ИНСТРУМЕНТ ПРОГНОЗИРОВАНИЯ ЭКОЛОГИЧЕСКОЙ СИТУАЦИИ

Стратегическое планирование представляет собой важнейшую функцию управления на различных уровнях (включая региональный), охватывая процесс выбора целей развития территории и путей их достижения, увязанных в пространстве (по исполнителям), во времени и по источникам финансирования (рис. 3.1). Одной из основ государственного стратегического планирования и управления в РФ является программно-целевое планирование[1], включающее определение целей социально-экономического развития РФ и приоритетов социально-экономической политики, а также формирование комплексов мероприятий, обеспечивающих достижение выбранных целей и приоритетов.

Рис. 3.1. Система стратегического планирования и управления в Российской Федерации

Источник: ФЗ-172 «О стратегическом планировании в РФ» от 28.06.2014 г.

На уровне субъектов Федерации разрабатываются стратегии развития регионов на долгосрочную перспективу, в основе которых лежат целевые программы и схемы территориального планирования субъекта РФ. Таким образом, с позиций интересов и страны, и субъектов РФ региональные программы признаются в качестве основного (связующего эти интересы) инструмента стратегического планирования и управления (рис. 3.2).

[1] Наряду с прогнозированием социально-экономического развития и стратегическим контролем программно-целевое планирование формирует систему стратегического планирования и управления РФ (ФЗ-172 «О стратегическом планировании в Российской Федерации» от 28.06.2014).

Рис. 3.2. Документы стратегического планирования и управления в субъектах РФ

Источник: ФЗ -172 «О стратегическом планировании в РФ» от 28.06.2014 г.

Одним из элементов стратегических инструментов управления являются экологические стратегии и, соответственно, одной из подпрограмм в составе и федеральных, и региональных целевых программ выступают подпрограммы по охране ОС. Экологические проблемы носят, как правило, долгосрочный характер и требуют выработки стратегических подходов к их решению.

В современных российских условиях одним из слабых мест различных региональных программ хозяйственного развития является недостаточно полная с точки зрения комплексности анализа проработка проблем охраны ОС. Как правило, соответствующие разделы региональных программ характеризуются, по крайней мере, двумя недостатками.

Во-первых, экологическая проблематика в них находит отражение чаще всего либо в разрезе отдельных объектов, оказывающих негативное воздействие на состояние ОС (без учета эффектов взаимодействия загрязняющих веществ, возможной суммарной антропогенной нагрузки на ОС и т.д.), либо в разрезе ее отдельных элементов, охватывая загрязнение или только воздушного бассейна, или только водоемов, или нарушение ландшафта и т.д. При этом за пределами исследования остаются проблемы возможного взаимодействия действующих и намечаемых объектов в регионе и ОС.

Во-вторых, подобные исследования с точки зрения экономической оценки последствий антропогенной деятельности нередко ограничиваются лишь оценкой экономического ущерба от загрязнения ОС, оставляя в стороне вопросы определения эффективности осуществления природоохранных мероприятий и, в целом, возможностей получения выгод от природоохранной деятельности.

Избежать названных недостатков возможно лишь на основе использования комплексного подхода, позволяющего осуществлять всесторонний анализ эколого-экономических взаимосвязей, возникающих при прогнозировании развития территориальных хозяйственных систем, и предусматривающего разработку и реализацию природоохранной стратегии.

Логика выстраивания экологической стратегии как долгосрочного ориентира экологической политики показана на рис. 3.3.

Рис. 3.3. Логика выстраивания экологической стратегии
как долгосрочного ориентира экологической политики

Источник: составлено автором.

Как видно, разработка экологической (или природоохранной) стратегии предусматривает определение экологической миссии региона и его экологического образа будущего, выбор приоритетных экологических целей и задач, детализацию их в конкретных программах по ООС, выработку механизма их реализации, анализ и оценку результатов и последствий реализации программ. При этом экологическая миссия региона и его экологический образ будущего строятся на основе анализа внутренних и внешних факторов, влияющих на формирование экологической ситуации в регионе, установления преимуществ и недостатков в природоохранной сфере региона, выявления возможностей и угроз для обеспечения экологической безопасности развития региональной экономики и среды обитания людей.

Рассмотрим экологические подпрограммы с точки зрения их места в структуре региональных программ социально-экономического развития и выявим возникающие взаимосвязи в общей системе региона, прежде всего между экологической, экономической и социальной сферами.

Сущность региональных программ как одной из форм реализации программно-целевого метода планирования, управления и организации общественного производства, состоит в обеспечении решений научно-технических, экономических и социальных проблем развития региона с учетом специфики его природно-климатических, экологических и других условий. В соответствии с этим региональная программа охватывает совокупность мероприятий, обеспечивающих комплекс-

ное и сбалансированное (пропорциональное) решение в заданный срок народнохозяйственной проблемы на определенной территории. Региональные программы отражают, как правило, предпочтительные варианты социально-экономического развития регионов и стратегические концепции социально-экономической политики государства.

Использование программно-целевого подхода позволяет осуществлять комплексное решение проблем охраны ОС на территории того или иного региона, включая:

1) учет масштабности, сложности и многообразия проблем экологического развития региона, решение которых предполагает консолидацию усилий и источников финансирования на разработке и осуществлении комплекса взаимоувязанных по конкретным задачам, ресурсам и исполнителям программных мероприятий законодательного, технического, научно-исследовательского, опытно-конструкторского, производственного, социально-экономического, организационно-хозяйственного и прочего характера по достижению поставленных целей;

2) увязку целей и задач экологической программы с целями и задачами других долгосрочных целевых программ региона;

3) сочетание административно-контрольных инструментов управления и рыночных принципов хозяйствования, обеспечивая тем самым координацию различных сторон природоохранной деятельности самостоятельно хозяйствующих субъектов;

4) последовательную интеграцию экологических целей в процесс социально-экономического развития региона в целях обеспечения его устойчивого развития;

5) согласование постановки и достижения сбалансированных текущих и долгосрочных экологических целей;

6) установление (с учетом ограниченности финансовых и прочих ресурсов) четкой приоритетности в удовлетворении инвестиционных потребностей на цели ООС.

Региональная экологическая программа, таким образом, рассматривается как ключевой инструмент планирования, прогнозирования и практической реализации региональной ЭП, а также координации природоохранных мероприятий в регионе.

Региональные программы разрабатываются в рамках долгосрочного прогнозирования и заключают в себе, как уже подчеркивалось, те или иные стратегические интересы государства в целом. Объектами воздействия региональных программ являются те или иные регионы. Это, как правило, регионы, относящиеся к проблемным или программным. Проблемный регион – пространственная система, на территории которой реализуются некоторые региональные или общенациональные задачи и которая становится в этой связи особым объектом управления.

Обычно выделяют три основных направления регионального программирования – пространственно-производственное, социально-экономическое и ресурсно-экологическое, – в рамках которых требуется решение следующих задач:

1) формирование региональных программ создания промышленных, агропромышленных, транспортных и других комплексов;

2) программирование различных форм производственной или социальной инфраструктуры;

3) экономическое стимулирование отдельных регионов и отраслей хозяйства с целью создания благоприятных условий для размещения производства;

4) проведение комплексных мероприятий по упорядочению концентрации производства и населения, включая программы по охране ОС.

Экологическая составляющая региональных программ в конечном счете заключает в себе цели, задачи и основные направления региональной экологической политики. Цель экологической подсистемы программ социально-экономического развития региона (или экологического блока) состоит в разработке стратегии природоохранной деятельности, основанной на анализе направлений и схем вовлечения в хозяйственный оборот естественных ресурсов региона и выборе системы природоохранных мероприятий, обеспечивающих соблюдение экологических требований с учетом местных природных условий и перспектив экономического и социального развития территории [63; 74; 81; 117].

Разработка и использование экологической подсистемы региональных программ позволяет не только проанализировать взаимодействие элементов хозяйства, населения и природной среды в регионе, выявить необходимые природоохранные мероприятия, осуществить выбор вариантов и направлений развития территории при условии соблюдения установленного экологического регламента, но и определить величину требуемых затрат экологического назначения, а также численность трудовых ресурсов, потребность в локальных природных ресурсах, услугах объектов инфраструктуры, необходимых для предотвращения негативных экологических последствий хозяйственной деятельности в регионе.

Основу стратегии в области охраны ОС в регионе составляют характерные для него экологические проблемы, уже существующие или могущие возникнуть в процессе дальнейшего формирования хозяйственного комплекса территории, а также система природоохранных мероприятий, определяемых необходимостью решения или предупреждения данных экологических проблем.

В качестве основных положений, формирующих стратегию в области охраны ОС в том или ином регионе, можно, в частности, предложить следующие направления деятельности.

1. Внедрение и использование экологически ориентированных технологий с целью обеспечения технологической основы безопасного развития хозяйственной деятельности в регионе (включая создание и внедрение малоотходных производственных и эффективных природоохранных технологий).

2. Учет экологически допустимых масштабов как производственных мощностей отдельных объектов, так и концентрации производства в отдельных ареалах.

3. Выявление экологически наиболее опасных объектов и их сочетаний (проблемных ситуаций), а также частей территории региона с осложненной экологической обстановкой (проблемных ареалов).

4. Организация предупреждения возможного загрязнения ОС (воздушной и водной) сверх установленных пределов.

5. Внедрение механизма оценки состояния ОС путем расчета величины экономического ущерба от загрязнения воздушного и водного бассейнов в данном регионе.

6. Учет возможных экологических последствий функционирования и развития в регионе различных отраслей его топливно-энергетического комплекса как экологически наиболее значимого сектора экономики любого региона.

7. Выбор состава производств и масштабов их развития в пределах отдельных частей территории региона с учетом экологических требований.

8. Анализ взаимосвязей загрязнения атмосферы и здоровья людей при формировании хозяйства в пределах территорий с наибольшей концентрацией населения и экологически вредных производств.

9. Определение уровня затрат экологического назначения по региону в целом и отдельным элементам хозяйственного комплекса.

10. Проведение определенного комплекса правовых, экономических, организационных и других мер, необходимых для реализации природоохранной стратегии.

В целом выработка стратегии природоохранной деятельности в регионе определяется прежде всего его экономическими, социальными и природными условиями, что обусловливает выбор приоритетов в осуществлении природоохранных мер. При этом одним из важнейших направлений природоохранной деятельности в любом регионе является обеспечение технологической основы экологической безопасности развития и формирование эффективного правового и экономического механизма регулирования отношений между хозяйственной деятельностью и ОС. С ростом масштабов воздействия антропогенной деятельности на ОС возрастает зависимость развития производства от влияния экологических факторов. Учет экологических факторов при прогнозировании формирования территориально-производственных систем различного типа и уровня позволяет не только предотвратить возможные негативные последствия хозяйственной деятельности на ОС, но и создает необходимые предпосылки для рационализации взаимосвязей между производством и ОС, включая формирование желаемого качественного состояния ее различных компонентов.

Прогнозирование социально-экономического развития в пределах отдельных территорий требует совместного рассмотрения природной среды, производства и населения как элементов единой территориально-производственной системы. Одним из путей учета экологических последствий хозяйственной деятельности в регионе является разработка экологической подсистемы (экологического блока) в составе программ социально-экономического развития территории, которые в конечном счете заключают в себе основные направления ЭП. Результатом разработки экологической подсистемы программ социально-экономического развития территории является формирование стратегии природоохранной деятельности в регионе, которую можно рассматривать как синтез его экологических проблем и комплекса природоохранных мероприятий, ориентированных на их решение.

3.2. МЕСТО ЭКОЛОГИЧЕСКОЙ ПОДСИСТЕМЫ В СТРУКТУРЕ ПРОГРАММ СОЦИАЛЬНО-ЭКОНОМИЧЕСКОГО РАЗВИТИЯ РЕГИОНА

С экологических позиций любой регион можно рассматривать как относительно обособленную территориальную эколого-экономическую систему, характеризующуюся спецификой как природно-климатических, так и социально-экономических условий. Учет подобной специфики необходим при выработке первоочередных направлений региональной экологической политики, в основе которой должна лежать природоохранная стратегия, нацеленная на разработку и осуществление мероприятий, направленных на сохранение и улучшение состояния ОС и здоровья людей в долгосрочной перспективе.

Обострение экологических проблем повышает требования регионализации экологической политики, упорядочения и управления природопользованием в долгосрочной перспективе. В связи с этим становится актуальной необходимость выработки эффективной стратегии природоохранной деятельности в регионе.

Экологические последствия любой хозяйственной деятельности возникают и проявляются в первую очередь на конкретной территории. Актуальность региональных экологических проблем обусловлена не только насущностью поиска путей эффективного решения проблем рационализации природопользования, но и преимущественно региональным характером антропогенного воздействия на процессы воспроизводства природных ресурсов и состояние ОС.

Антропогенное воздействие на ОС в регионе носит, как правило, комплексный характер, определяемый прежде всего производственной и технологической структурой хозяйства каждого отдельного региона, характером размещения производственных объектов и населенных пунктов в пределах данной территории, уровнем концентрации производства как на отдельных предприятиях, так и в отдельных регионах, а также другими социально-экономическими факторами. Наряду с этим, в зоне негативного влияния производства и населения оказываются все компоненты ОС, подвергаемые воздействию не только каждого конкретного источника в отдельности, но и их совокупному влиянию, которое может оказаться намного опаснее и разрушительнее, чем исходные. Формирование экологической ситуации в регионе во многом зависит и от характера его природно-климатических условий, определяющих адаптационный механизм ОС, ее способность к самовосстановлению и поддержанию экологического равновесия.

Увязка экономических, социальных и экологических целей развития региона позволяет комплексно охватить основные проблемы развития территориально-производственной системы, реализовывать идеи устойчивого развития региона, в соответствии с которыми предусматривается экономическое и социальное развитие региона, сбалансированное с возможностями ОС и включающее в качестве обязательного условия обеспечение экологической безопасности развития и размещения производительных сил соответствующей территории, а также создание предпосылок для формирования компенсационных механизмов, предназначенных для смягчения проблем исчерпания невоспроизводимых природных ресурсов и ухудшения качества ОС.

Регион можно условно представить как синтез трех основных территориальных подсистем (блоков или сфер) – экономической, социальной и экологической (рис. 3.4). Каждая из них имеет свои цели, задачи, набор мероприятий, состав которых во многом зависит от ресурсно-экологического потенциала территории, сложившейся и перспективной производственной и пространственной структуры хозяйства региона, а также характера взаимосвязей между соответствующими подсистемами. Остановимся подробнее на анализе места экологической подсистемы среди других подсистем региона.

Место экологической подсистемы в структуре составных элементов региона определяется необходимостью осуществления увязки перспектив его экономического и социального развития с соблюдением определенной системы экологических требований. В соответствии с этим между экологическим блоком и другими важнейшими региональными блоками устанавливаются тесные прямые и обратные связи (см. рис. 3.4).

Рис. 3.4. Взаимосвязи экономической, социальной и экологической подсистем региона

Примечание: блоки, выделенные пунктирной линией, охватывают элементы экологической подсистемы региона. Блоки, расположенные ниже пунктирной линии, характеризуют основные условия реализация природоохранной стратегии.

Источник: составлено автором.

Взаимосвязи экологического и экономического блоков предусматривают обеспечение обмена следующей информацией. Из экономического блока поступает информация о возможной производственной и пространственной структуре хозяйства региона, на основе использования которой в экологическом блоке проверяется соответствие предполагаемого экономического развития региона принятым экологическим требованиям. При этом анализируется экологическая совместимость различных производств, определяется возможность сверхнормативного выхода загрязнений, оцениваются потенциальные нарушения состояния земель, лесов и т.д.

Результатами данного анализа являются рекомендации относительно состава, размещения, масштабов производства, требуемых затрат и т.д., что позволяет уточнить возможную производственную и пространственную структуру хозяйства с учетом экологических требований.

Из социального блока поступает информация о существующей и прогнозной численности населения, сложившихся и перспективных системах расселения и уровне развития социально-бытовой инфраструктуры. При этом в социальном блоке устанавливаются требования к качеству ОС с точки зрения здоровья людей, организации рекреационных зон и туризма, формирования среды обитания и т.д. Обратная связь от экологического блока к социальному предусматривает установление соответствия между складывающейся экологической ситуацией и принятыми санитарно-медицинскими требованиями и на основе этого – формулировку предложений относительно выбора возможных режимов природопользования с целью обеспечения благоприятных условий жизни людей.

На рис. 3.4, помимо связей с экономическим (прежде всего индустриальным) и социальным блоками, показаны также логика разработки экологического блока, его основные задачи и некоторые важнейшие условия реализации. Содержание экологического блока в значительной мере зависит от предполагаемых направлений и масштабов экономического развития в пределах исследуемого региона, формирования территориальной организации хозяйства, выбора систем расселения и т.д. То есть существует тесная взаимосвязь между выработкой стратегии природоохранной деятельности и режимом экономической и социальной активности в регионе.

В экологическом блоке выделяются три основных этапа исследований (рис. 3.5):

1) анализ современного состояния окружающей природной среды в регионе;

2) прогноз возможных изменений в состоянии ОС и риска возникновения экологического неблагополучия;

3) оценка последствий воздействия антропогенной деятельности на ОС и выработка предложений по составу природоохранных мероприятий.

Направления и результаты возможного анализа сложившейся экологической ситуации в регионе показаны на рис. 3.5 и рис. 3.6. Назначение подобного анализа состоит, во-первых, в оценке возможностей природной среды региона «принимать» антропогенные воздействия и, во-вторых, – в выделении частей территории по степени уже достигнутой хозяйственной нагрузки.

Рис. 3.5. Схема формирования экологического блока
в системе региональной экологической политики

Источник: составлено автором.

Для оценки состояния ОС в регионе требуется, прежде всего, тщательно проанализировать различные факторы, влияющие на формирование экологической ситуации. Одним из важных результатов анализа исходного состояния ОС в регионе является выделение проблемных ситуаций (экологически наиболее опасных объектов и их сочетаний) и проблемных ареалов (частей территории с осложненной экологической обстановкой). Это особенно актуально для экологически неблагополучных регионов, поскольку позволяет выявить «узкие места» с экологических позиций и направить силы и средства в первую очередь на их расшивку.

В составе экологического блока можно выделить следующие элементы:

1) природоохранные объекты (очистные сооружения, атмосферозащитное оборудование, мусороперерабатывающие заводы и т. д.), для которых в процессе решения задач оптимизации эколого-экономических взаимосвязей осуществляется выбор вариантов технологий очистки, мощности, типов, мест размещения с учетом их связей с другими элементами хозяйственного комплекса региона, а также с учетом показателей экологичности рассматриваемых производственных технологий;

2) потоки отходов, отражающие выход загрязнений в ОС; при этом формирование уровня загрязнения атмосферы и водоемов должно осуществляться с учетом всевозможных источников выбросов и сбросов по различным видам вредных веществ и их комбинациям при условии обезвреживания выделяемых загрязнений в пределах допустимых норм;

3) варианты технологий основного производства и экологические инновационные технологии;

4) меры по организации утилизации отходов разных видов с определением объемов их образования, направлений использования и распределения утилизируемой продукции;

5) меры по проведению рекультивационных работ в местах открытых горных разработок и вовлечение восстановленных земель в хозяйственный оборот для различных целей;

6) мероприятия по обеспечению условий сброса сточных вод в открытые водоемы с учетом возможностей разбавления стоков, накопления и естественного перемещения загрязнений;

7) затраты экологического назначения и экономический ущерб от загрязнения ОС.

Рис. 3.6. Направления анализа состояния окружающей среды в регионе

Источник: составлено автором.

В целом экологический блок выступает в качестве специального инструмента анализа взаимосвязей хозяйственной деятельности и ОС в регионе. Его конкретный состав определяется спецификой каждого конкретного региона – его природными, экономическими и социальными условиями, особенностями территориальной организации производства и перспективами развития, а также выдвигаемыми экологическими целями и характером решаемых задач.

Задачи организации рационального природопользования при формировании территориально-производственных систем непосредственно связаны с той ролью, которую природная среда играет в структуре данной системы. Как правило, подобные системы рассматриваются как единый хозяйственный организм, в составе которого на одной территории размещаются объекты различных видов производственной деятельности, элементы инфраструктуры, трудовые и природные ресурсы. При этом, нередко, производства на территории могут быть связаны не только технологически, но и обязательно потреблением или использованием общих трудовых и локальных природных ресурсов и объектов инфраструктуры. Поэтому эффективное решение проблем охраны ОС в пределах отдельных территорий невозможно в отрыве от нахождения наилучшего варианта производственной структуры отдельных их частей, размещения всех элементов хозяйства, использования ресурсов, организации системы расселения, то есть в целом в отрыве от решения задачи формирования пространственной структуры хозяйства соответствующей территории.

Прогноз возможных изменений в состоянии ОС и риска возникновения экологического неблагополучия предусматривает разработку природоохранной стратегии и установление необходимой системы природоохранных мероприятий.

3.3. СТРАТЕГИРОВАНИЕ ЭКОЛОГО-ЭКОНОМИЧЕСКОГО РАЗВИТИЯ РЕГИОНА (НА ПРИМЕРЕ НОВОСИБИРСКОЙ ОБЛАСТИ)

3.3.1. Предпосылки разработки экологической стратегии

Устойчивое социально-экономическое развитие, высокое качество жизни и здоровья населения возможны только при условии обеспечения экологической безопасности территории и сохранения природных систем. Основой для этого являются проведение единой экологической политики на территории региона, координация деятельности предприятий, учреждений и организаций в области охраны ОС с учетом долгосрочных задач экономического развития. Одним из важнейших инструментов управления экологической сферой региона и прогнозирования ее состояния является стратегическое планирование. Процесс стратегического планирования обеспечивает базу для управления регионом как в целом, так и его отдельными сферами, включая, в частности, экологическую.

Разработка региональной природоохранной стратегии, как отмечалось выше, предусматривает определение экологической миссии региона и его экологического образа будущего, выбор приоритетных целей и задач, детализацию их в конкретных проектах и программах, выработку механизма их реализации, анализ и оценку результатов и последствий реализации проектов и программ. Рассмотрим на примере Новосибирской области (НСО) основные методологические и методические аспекты разработки стратегии охраны ОС.

Экологическая политика (ЭП), проводимая в НСО, нацелена на поддержание целостности природных систем и обеспечение благоприятной среды обитания людей. В то же

время при выработке направлений региональной ЭП и их практическом осуществлении необходимо учитывать, что не только остается немало накопленных в прошлом и нерешенных к настоящему времени экологических проблем, но и то, что перспективы социально-экономического развития территории области связаны с возможным дальнейшим ростом нагрузки на ОС. Это, в свою очередь, обусловливает актуальность разработки и реализации в среднесрочной и долгосрочной перспективе адекватной системы природоохранных мероприятий, которые могли бы составить основу стратегии природоохранной деятельности региона и, соответственно, определить основные направления совершенствования системы экологического регулирования в рассматриваемом регионе, обеспечивающих минимизацию негативного воздействия антропогенной деятельности на ОС и в целом экологическую безопасность развития экономики НСО.

Одним из важных инструментов государственного регулирования в сфере охраны ОС в рассматриваемом регионе является разработка и реализация ряда взаимосвязанных документов, составляющих основу системы прогнозирования формирования экологической ситуации в Новосибирской области. К числу подобных документов относятся следующие:

1) раздел «Обеспечение экологической безопасности и охраны окружающей среды» как составная часть Стратегии социально-экономического развития Новосибирской области на период до 2025 года [364];

2) Долгосрочная целевая программа «Охрана окружающей среды Новосибирской области» в составе Программы социально-экономического развития Новосибирской области до 2015 г. [223; 330];

3) подраздел «Решение экологических проблем» в Стратегии социально-экономического развития Сибири до 2020 года (Раздел IV. Приоритетные межотраслевые направления развития Сибири) [366; 478];

4) подраздел «Экологические инновационные технологии» в Программе реиндустриализации экономики Новосибирской области [329].

Опыт участия в работе над названными документами [79; 83; 91; 92; 100; 101; 102] (выполняемых под руководством Департамента природных ресурсов и охраны окружающей среды НСО) позволяет высказать ряд предложений по методологическим и методическим основам разработки, содержанию и механизме реализации природоохранной стратегии в НСО.

Актуальность стратегических разработок природоохранного характера в рассматриваемом регионе объясняется напряженностью экологической обстановки, сложившейся в различных частях территории области с интенсивной промышленной и иной хозяйственной деятельностью. Так, по данным Росстата, Новосибирск в 2010 г. вошел в число двадцати самых грязных городов России, заняв 13-е место среди городов страны по объему промышленных выбросов в атмосферу [346]. В 2013 г. Новосибирск был 22-м, но без учета загрязнения от автомобильного транспорта [351]. По данным Минприроды России в Итоговом экологическом рейтинге городов России за 2014 год Новосибирск занимает 24-е место [409]. Среди городов-миллионников Новосибирск в 2020 г. занимал 11-е место (из 15-ти)[1].

Важно отметить, что **с**тратегические прогнозные разработки в области охраны ОС являются одним из элементов общей системы документов по стратегическому

[1] Дышать не хочется: Новосибирск попал в список самых грязных городов мира. – URL: https://news.ngs.ru/ more/57605861/; Новосибирск находится в середине экологического рейтинга России. – URL: https://infopro54.ru/ news/novosibirsk-naxoditsya-v-seredine-ekologicheskogo-rejtinga-rossii/.

планированию социально-экономического развития в регионе [353; 354] и характеризуются тесной взаимосвязью с экономической и социальной сферой региона, поскольку ориентированы на комплексное решение экономических, социальных и экологических проблем. В соответствии с этим формирование Долгосрочной целевой программы «Охрана окружающей среды Новосибирской области» (далее – Программа) предполагает в качестве первого этапа разработку проекта концепции данной Программы, который строится с учетом взаимосвязи Программы со Стратегией социально-экономического развития Новосибирской области на период до 2025 года [330; 354; 364]. Концепция долгосрочной целевой программы «Охрана окружающей среды Новосибирской области» предназначена для дальнейшего формирования самой долгосрочной программы, а также определения основных контуров, внутренней структуры раздела, посвященного ООС, его места в Программе социально-экономического развития НСО и общей системе стратегического планирования области.

Разработка и реализация Программы должна начинаться с анализа исходного состояния ОС в регионе и заканчиваться выработкой системы определенных мероприятий по желаемому регулированию природоохранной деятельности и формированию здоровой ОС в пределах рассматриваемой территории при условии качественного управления всем процессом разработки и реализации Программы, необходимой координации действий в рамках соответствующих мероприятий и оценки получаемых результатов (рис. 3.7).

Рис. 3.7. Структура и схема процесса разработки и реализации Программы «Охрана окружающей среды Новосибирской области»

Источник: составлено автором.

Основными разделами Программы являются: (а) анализ исходного состояния экологической ситуации в регионе; (б) Концепция Долгосрочной целевой программы «Охрана окружающей среды Новосибирской области»; (в) Программа «Охрана окружающей среды Новосибирской области».

Экологическая политика в регионе во многом зависит от того, насколько адекватно при ее осуществлении учитываются факторы, влияющие на формирование экологической ситуации. Анализ подобных факторов во взаимосвязи с возможностями органов управления охраной ОС позволяет выявить наиболее существенные на конкретный период времени экологические проблемы и предложить пути их решения. При этом важно четко представлять, поддаются ли критические факторы контролю со стороны природоохранных структур, являются ли они внутренними или внешними, попадают в сферу регулирования природоохранных органов области или это внешние условия, на которые они влиять не в состоянии.

3.3.2. Анализ исходного состояния окружающей среды и основные проблемы

В любом регионе экологическая ситуация, приоритетные экологические проблемы и выбор путей их решения определяются, по крайней мере, тремя группами агрегированных факторов:

1) специфическими условиями региона;

2) отраслевыми особенностями производств, которые представлены на территории;

3) подходами к решению экологических проблем в рамках отдельных хозяйствующих субъектов.

Результаты наложения данных факторов на территорию НСО свидетельствуют о том, что с позиций условий формирования экологической ситуации, области относительно повезло лишь с отраслевой структурой производства (имеется в виду прежде всего отсутствие типичных экологически грязных производств). По остальным факторам ситуация достаточно острая, что с учетом перспектив социально-экономического развития исследуемого региона обусловливает актуальность разработки и реализации необходимых природоохранных мероприятий, составляющих основу программы в области охраны ОС НСО и определяющих основные направления совершенствования системы экологического регулирования в регионе. Прогнозируемое в НСО экономическое развитие предполагает рост топливной промышленности, цветной и черной металлургии, химических производств, индустрии строительных материалов (цемент) и грузооборота транспорта. Это может привести к увеличению нагрузки на все компоненты ОС, что потребует проведения адекватных природоохранных мероприятий.

Особенности экологической обстановки в НСО и возникающие экологические проблемы в основном обусловлены местными природными условиями и характером воздействия на них промышленности, транспорта, коммунального и сельского хозяйства, который, в свою очередь, зависит от специфики размещения предприятий, их мощностей, применяемых технологий, уровня территориальной концентрации производства и населения, сложившегося уровня нарушения ОС в регионе и т.д. (рис. 3.8).

Специфика территории Новосибирской области

Природно-климатические условия, определяющие адаптационный механизм ОС региона

- *Хорошие условия для рассеивания загрязнений в атмосфере из-за равнинного ландшафта и благоприятной розы ветров*
- Частые штили, приземные инверсии и антициклональные погоды, обусловливающие рост загрязнения ОС
- Повышенный уровень естественного загрязнения радионуклидами в г. Новосибирске
- Наличие природных очагов инфекции (клещевой энцефалит)

Производственная структура экономики региона

- *Преобладание производственных объектов (предприятий машиностроения, инфраструктурного комплекса), не оказывающих существенного воздействия на ОС*
- Технологическая отсталость производства, обусловливающая его низкую экологичность
- Теплоэнергетика на угле
- Отсутствие индустрии экологического назначения, незначительный задел по производству экологического оборудования и оказанию экологических услуг
- Быстрый рост автомобильного парка
- Отсутствие эффективно работающих МПЗ

Характер размещения производства и населения, уровень их территор. концентрации

- *Реконструкция очистных сооружений в системе канализации обл. центра*
- Высокая концентрация производства и населения в областном центре и, соответственно, загрязнения ОС и ограничения для расширения производства
- Недостаточная оснащенность и низкая эффективность функционирования действующего природоохранного оборудования
- Отсутствие оборудованных по санитарным нормам свалок ТБО в районах области

Наличие ресурсов, экологическая совместимость производств в регионе и др.

- *Наличие свободных территорий для размещения производства*
- *Запасы водных ресурсов для обеспечения нужд производства и населения*
- Дефицит чистой питьевой воды в области
- Недостаточная изученность радиационной обстановки в Новосибирске и области
- Несовершенная система экологического мониторинга
- Отсутствие инфраструктуры для проведения НИОКР в сфере практической ООС

Сложившийся уровень нарушения окружающей природной среды в регионе

- Неудовлетворительное качество воды в водных объектах
- Рост загрязнения атмосферы от автотранспорта
- Рост объемов образования отходов производства и потребления, особенно ТБО в областном центре
- Несовершенство систем сбора, учета образования и накопления ТБО
- Наличие значительных площадей нарушенных земель, загрязнение почв, идущие процессы опустынивания и деградации растительного покрова
- Нарушение экосистем озер области; подтопление территорий
- Неудовлетворительное состояние гидротехнических сооружений
- Подтопление территорий
- Сокращение численности отдельных видов растений и животных

Рис. 3.8. Особенности Новосибирской области
с позиций формирования экологической ситуации (курсивом отмечены благоприятные факторы)

Источник: составлено автором.

Современная экологическая ситуация в НСО весьма неоднородна как в компонентном, так и в территориальном разрезе. По отношению к компонентам природной среды выделяются прежде всего загрязнение атмосферного воздуха, загрязнение водных объектов и нарушение земель, связанное с размещением твердых отходов производства и потребления (табл. 3.1).

Таблица 3.1

Характеристика основных видов воздействия на окружающую среду в Новосибирской области

Годы	Выбросы от стационарных источников, тыс. т	Основные загрязняющие вещества, выбрасываемые от стационарных источников, тыс. т						Выбросы от автотранспорта, тыс. т	Суммарный выброс, тыс. т	Вклад автотранспорта в суммарный выброс, %
		Твердые вещества	Диоксид серы	Оксид углерода	Оксиды азота	ЛОС*	Прочие			
2009	233,5	50,7	42,3	75,9	34,2	7,8	22,6	320,7	554,2	57,9
2010	228,4	53,4	46,5	64,9	37,7	7,7	18,2	319,9	548,3	58,0
2011	234,0	48,5	40,9	66,1	41,6	6,7	30,1	287,5	521,5	55,1
2012	224,5	50,3	50,1	51,0	44,7	5,5	23,0	286,2	510,7	56,0
2013	195,7	46,1	40,3	46,8	37,8	6,6	17,9	310,2	505,9	61,3
2014	207,8	43,1	46,5	46,2	40,7	10,5	20,9	276,5	484,3	57,1
2015	184,7	29,5	35,7	20,9	33,0	10,7	54,3	275,2	459,9	59,8
2016	201,0	41,3	40,3	49,6	41,2	11,3	17,3	277,8	479,3	58,0
2017	195,1	42,2	40,1	49,8	40,8	9,6	12,6	285,8	481,4	59,4
2018	126,4	22,3	31,7	28,4	33,5	3,8	6,7	276,0	402,9	68,5

Годы	**Сброшено в водные объекты, млн м^3**						Доля загрязненных сточных вод в общем сбросе, %	Доля нормативно очищенных сточных вод в общем сбросе, %
	Всего	Загрязненных			Нормативно чистых	Нормативно очищенных на сооружениях очистки		
		всего	без очистки					
			всего	в % к объему загрязненных сточных вод				
2009	588,2	98,4	43,8	44,5	254,06	235,72	17	40,1
2010	604,2	106,8	48,3	45,2	280,18	217,19	17,7	35,9
2011	527,12	94,13	34,8	37,0	231,77	201,22	17,9	38,2
2012	544,2	112,5	40,1	35,6	248,23	183,47	20,7	33,7
2013	512,16	114,65	33,96	29,6	222,0	175,95	22,4	34,4
2014	500,6	109,35	33,93	31,0	220,28	170,97	21,8	34,2
2015	491,7	106,94	30,99	29,0	216,19	168,57	21,7	34,3
2016	518,55	73,14	23,78	32.5	н/д	н/д	14,1	н/д
2017	520,97	67,93	26,08	38,4	н/д	н/д	13,04	н/д
2018	504,71	64,76	24,14	37,3	н/д	н/д	12,83	н/д

Продолжение табл. 3.1

Образовано отходов производства и потребления, млн т							Использовано и обезврежено	
Годы	Всего	По классам опасности					Всего, млн т	в % от образовавшихся отходов
		I	II	III	IV	V		
2009	1,9	0,004	0,002	0,3	0,3	1,3	0,8	39,9
2010	2,1	0,0006	0,001	0,28	0,4	1,4	0,7	33,3
2011	2,5	0,003	0,002	0,5	0,3	1,7	1,5	64,2
2012	1,8	0,0002	0,0001	0,2	0,28	1,3	1,0	55,6
2013	1,863	н/д	н/д	н/д	н/д	н/д	0,75	40,4
2014	1,96	н/д	н/д	н/д	н/д	н/д	0,7	35,9
2015	3,89	н/д	н/д	н/д	н/д	н/д	2,4	61,7
2016	13,05	н/д	н/д	н/д	н/д	н/д	2,31	17,7
2017	190,43	н/д	н/д	н/д	н/д	н/д	144,76	76,02
2018	120,02	н/д	н/д	н/д	н/д	н/д	0,723	0,6

Примечание: ЛОС – летучие органические соединения.

Источник: Табл. 3.1 составлена с использованием данных Минприроды РФ, Новосибирскстата и Минприроды НСО, а также собственных расчетов автора.

В территориальном разрезе воздействие на ОС резко дифференцировано по городам области. По уровню загрязнения среды можно условно выделить три группы городов и районов. Первую представляет Новосибирск, где высокая концентрация промышленного производства и населения обусловливает и повышенное поступление загрязняющих веществ в ОС города, что создает угрозу здоровью людей. С большим отрывом от Новосибирска идут Куйбышев, Искитим, Бердск, Барабинск, Татарск, Линево. И, наконец, к третьей группе относятся все остальные города и районы области.

Охарактеризуем кратко экологическую ситуацию в НСО с позиций состояния атмосферного воздуха, водного бассейна и образования отходов [155; 183] (см. табл. 3.1)[1].

Несмотря на рост промышленного производства и увеличение количества автотранспорта, **качество атмосферного воздуха** в крупных населенных пунктах НСО на протяжении последних лет остается относительно стабильным, имея тенденцию к некоторому сокращению [155; 183] (рис. 3.9). В определенной степени это обусловлено проводимыми на предприятиях Новосибирска и области природоохранными мероприятиями, в частности, техническим перевооружением предприятий «Новосибирскэнерго», переводом с угля на газ ряда котельных, газификацией домов частного сектора, обновлением автомобильного парка, использованием более экологичного автомобильного топлива, повышением эффективности газоочистных установок городских ТЭЦ и снижением выпуска продукции на промышленных предприятиях города и др.

[1] Государственный доклад «О состоянии и об охране окружающей среды Российской Федерации в 2018 году». – М.: Минприроды России; НПП «Кадастр», 2019. – 844 с. (URL: http://gosdoklad-ecology.ru/2018/%20); Государственный доклад «О состоянии и об охране окружающей среды Новосибирской области в 2018 году». – URL: http://dlh.nso.ru/.

Рис. 3.9. Динамика выбросов вредных веществ в атмосферу Новосибирской области в 2009–2018 гг. (тыс. т/год)

Источник: Рассчитано по данным ежегодных Государственных докладов «О состоянии и об охране окружающей среды Российской Федерации» и «О состоянии и об охране окружающей среды Новосибирской области».

Динамика выбросов вредных веществ в атмосферу НСО от стационарных источников и автотранспорта показана на рис. 3.9. Видно, что объем выбросов от стационарных источников за последнее десятилетие был относительно стабилен, в то время как количество загрязняющих веществ, поступивших с выбросами в атмосферный воздух от автотранспорта, с 2005 по 2009 гг. росло [61] и с 2009 г. начало сокращаться. Такое сокращение объясняется, в частности, уменьшением доли грузовых автомобилей и автобусов в структуре автопарка региона. Следует заметить, что, несмотря на относительно небольшие колебания объемов выбросов в атмосферу, поступающих от стационарных источников в последние годы, их доля в валовом выбросе увеличивалась из-за снижения валового выброса.

Основными загрязняющими веществами являются: взвешенные вещества, оксид углерода, формальдегид. Наибольшую долю в структуре выбросов составляют загрязняющие вещества, связанные с процессами сжигания различных видов топлива. В то же время доля городского населения, проживающего в городах НСО с высоким и очень высоким уровнем загрязнения атмосферы, составляла в 2014 г. 70% и в 2018 г. она увеличилась до 75%.

За последние годы выбросы в атмосферный воздух загрязняющих веществ, отходящих от стационарных источников, в расчете на одного жителя сократились с 88,1 до 66,9 кг. В структуре валовых выбросов в атмосферный воздух области (рис. 3.10, см. табл. 3.1) выделяется автомобильный транспорт (около 61% валового выброса в 2008 г., 60,5% в 2009 г. и 55, % в 2012 г., 57,1% валового выброса в 2014 г., 59,8% в 2015 г. Вклад других источников загрязнения в 2015 г. составил соответственно: промышленные предприятия – 11,2% и предприятия теплоэнергетики и отопительные котельные ЖКХ – 29%. В 2018 г. валовой выброс составил 402,9 тыс. т, в том числе 68,5 % от автотранспорта).

Рис. 3.10. Структура выбросов в атмосферу Новосибирской области в 2015 г.

Источник: Рассчитано по данным ежегодных Государственных докладов «О состоянии и об охране окружающей среды Новосибирской области»

В 2015 г. в Новосибирской области количество предприятий, имеющих выбросы загрязняющих веществ, уменьшилось с 944 до 933. Вместе с тем количество источников выбросов загрязняющих веществ увеличилось с 21010 до 21059 [183].

Значительный рост количества выбросов в атмосферу загрязняющих веществ от стационарных источников на территории НСО в 2015 г. был зарегистрирован по данным Новосибирскстата в следующих районах: Болотнинский район – в 2 раза; Убинский район – на 24,2%; Кочковском районе – на 12,3%; г. Куйбышеве – на 11,8%; г. Бердске – на 10,0%. Снизился уровень выбросов загрязняющих веществ от стационарных источников в 2015 г. на следующих территориях: в Мошковском районе – на 38%; Северном районе – на 21,4%; в г. Новосибирске – на 17%; в Черепановском районе – на 13,6%; в Сузунском районе – на 13%. Среди предприятий области основными загрязнителями атмосферы (по критерию опасности предприятия) являются: Новосибирские ТЭЦ-2, 3, 4, 5, Барабинская ТЭЦ ОАО «СИБЭКО», ЗАО «Новосибирский электродный завод», ОАО «Новосибирскнефтегаз», МУП «Спецавтохозяйство»[1].

Регулярный контроль качества атмосферного воздуха на территории Новосибирской области осуществляет ГУ Новосибирский ЦГМС-РСМЦ в четырех городах (Новосибирск, Бердск, Искитим, Куйбышев) на стационарных пунктах наблюдений по 11 веществам (пыль, диоксид серы, оксид углерода, диоксид азота, оксид азота, сероводород, фенол, сажа, фтористый водород, аммиак, формальдегид). Показатели индекса загрязнения атмосферы по городам Новосибирской области представлены в табл. 3.2.

[1] Государственный доклад «О состоянии и об охране окружающей среды Новосибирской области в 2015 году». – Новосибирск, 2016 – 243 с.
– ULR: http://dproos.nso.ru/sites/dproos.nso.ru/wodby_files/files/wiki/2014/12/gosdoklad-2015_0.pdf.

Таблица 3.2

Динамика значений индекса загрязнения атмосферы по городам Новосибирской области

Индекс загрязнения атмосферы – $ИЗА_5$[1]	Годы											
	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2016	2017
Новосибирск[2]	11,53	9,7	12,12	8,88	8,56*	11,24	13	10	11	11	9**	7–9
Бердск	7,17	5,74	6,65	5,80	4,9	6,42	7	6	7	5	6	5
Искитим	8,98	8,87	7,66	8,03	7,6	9,79	10	6	7	5	6	5
Куйбышев	3,79	4,52	5,96	6,20	8,22	7,52	8	7	6	5	–	–

* $ИЗА_4$ – без учета формальдегида.
** данные на июнь 2016 г.

Источник: Составлено по данным ежегодных Государственных докладов «О состоянии и об охране окружающей среды Новосибирской области».

Согласно данным Западно-Сибирского управления по гидрометеорологии и мониторингу окружающей среды за 2015–2016 гг. уровень загрязнения воздуха города Новосибирска оценивался как высокий. Наибольший вклад в $ИЗА_5$ внесли характеристики бенз(а)пирена, взвешенных веществ, формальдегида и диоксида азота[3].

На территории области, вне черты города Новосибирска, эксплуатируется более 1400 котельных, работающих на твердом топливе (уголь), большая часть которых не оснащена пылегазоочистным оборудованием, либо оборудование изношено и нуждается в замене). В результате значительное количество населения области подвергается негативному воздействию вредных веществ, в том числе канцерогенного характера. Для снижения загрязнения атмосферного воздуха до нормативных показателей целесообразно продолжить оказывать содействие органам местного самоуправления в установке нового и модернизации устаревшего пылегазоочистного оборудования. Обеспечение энергетической безопасности, а также улучшение экологической обстановки требуют осуществления программных мероприятий, направленных на увеличение эффективности использования энергии и энергоресурсов, на обеспечение обновления

[1] $ИЗА_5$ – индекс загрязнения атмосферы (комплексный индекс загрязнения атмосферы, учитывающий несколько примесей. Величина ИЗА рассчитывается по значениям среднегодовых концентраций, поэтому он характеризует уровень хронического, длительного загрязнения воздуха. Рассчитывается следующим образом: $In = \sum (Xi/ ПДКi)\ Ci$, где Xi – средняя за год концентрация i-го вещества, Ci – коэффициент, позволяющий привести степень загрязнения воздуха i-м веществом к степени загрязнения воздуха диоксидом серы, In – ИЗА, безразмерная величина. ИЗА менее 5 соответствует низкому уровню загрязнения, от 5 до 8 – повышенному, от 8 до 13 – высокому. ИЗА больше 13 означает очень высокую степень загрязненности воздуха).

[2] По данным исследований Росгидромета г. Новосибирск расположен в зоне высокого потенциала загрязнения атмосферы (ПЗА), то есть в зоне неблагоприятных для рассеивания примесей метеорологических условий, вследствие чего в отдельные периоды может происходить интенсивное накопление вредных веществ в атмосфере и формирование высокого уровня загрязнения.

[3] Обзор состояния окружающей среды в городе Новосибирске за 2015–2016 год. (Ванеева Е.А., Лапшина Н. В., Мирзалиева А.Э., Муртазин С. М., Сидорова М. Ю., Синявская Л.И., Шарикалов А.Г.). – г. Новосибирск: Издательство Гарамонд, 2017. – 100 с.
– URL: http://degkh.ru/ecology/overview_of_the_environment_in_novosibirsk/2015-16_obzor.pdf.

производственного фонда предприятий энергетики, на широкое использование «зелёных» технологий теплоэнергетики.

Загрязненность воздуха в Новосибирске медики считают основной причиной возникновения рака кожи – самой «популярной» формы онкологии в городе[1].

С целью снижения негативного воздействия автотранспорта на ОС, сокращения выбросов загрязняющих веществ требуется продолжить реализацию мер по экологической безопасности автотранспортных средств; по созданию новых дорожных развязок и систем «зеленая волна»; созданию схем упорядочения транспортных потоков с учетом экологической обстановки, распределению мест концентрации автотранспорта на территории населенных пунктов.

Более остро в Новосибирской области стоят проблемы **качества питьевой воды и загрязнения водного бассейна**. Хотя обеспеченность региона водными ресурсами достаточно высокая, однако их качество оставляет желать лучшего. Современное состояние большинства водных объектов и прибрежных территорий не соответствует действующим экологическим и градостроительным требованиям. Усугубляет ситуацию высокое содержание в воде железа и марганца природного происхождения. Увеличивается загрязнение и подземных вод, являющихся основным источником питьевого водоснабжения. Практически для каждого района области характерно неудовлетворительное водоснабжение и низкое качество питьевой воды. Это связано прежде всего с дефицитом водных ресурсов в ряде районов, а также с износом сооружений и сетей хозяйственно-питьевого водоснабжения. Около 1млн жителей области пьют недоброкачественную воду.

На изменение естественного режима и неблагополучное состояние большинства водных объектов области влияют[2]:

- антропогенные нагрузки – выпуски сточных вод, сбросы загрязняющих веществ, размещение объектов в водоохранных зонах и прибрежных защитных полосах и т.д.;
- естественные факторы – климатические изменения ведут к снижению водоносности многих рек территории (рр. Карасук, Баган), затяжному маловодному циклу для р. Обь, возрастанию засоленности поверхностных вод, усыханию бессточных озер (оз. Убинское, оз. Карачи, оз. Чаны и т.д.), а также гниение водных растений, недостаток кислорода;
- техногенные причины – вызывающие ухудшение стокоформирования на водосборах и режима водных объектов (регулирование стока рек, отчленение дамбами озер и водотоков, сооружения и карьерные разработки в русле).

По условиям хозяйственно-питьевого водоснабжения пресными подземными водами с минерализацией до 1 г/л обеспечены преимущественно северные районы об-

[1] Экологические проблемы Новосибирской области и способы их решения.
– URL: https://musorish.ru/ekologicheskie-problemy-novosibirskoy-oblasti/.

[2] Государственный доклад «О состоянии и об охране окружающей среды Новосибирской области в 2012 году». – Новосибирск, 2013 – 184 с. – http://dproos.nso.ru/inoe/gos_doklad/Pages/default.aspx; Государственный доклад “О состоянии и об охране окружающей среды Новосибирской области в 2015 году – Новосибирск, 2016 – 243 с.
– ULR: http://dproos.nso.ru/sites/dproos.nso.ru/wodby_files/files/wiki/2014/12/gosdoklad-2015_0.pdf; Государственный доклад «О состоянии и об охране окружающей среды Новосибирской области в 2018 году».
– URL: http://dlh.nso.ru/.

ласти, придолинная часть левобережья р. Оби, правобережье и южные части Карасукского и Краснозерского районов. На остальной территории области водоснабжение населения может быть удовлетворено, при разрешении органов государственного санитарного надзора, за счет подземных вод с минерализацией преимущественно от 1 до 1,5 г/л. В неблагоприятных условиях находятся западные районы (Татарский, Чановский), где подземные воды всех основных водоносных горизонтов имеют минерализацию от 1,5 до 3 г/л. Высокое качество питьевой воды в области характерно для Новосибирска благодаря работе «Горводоканала». В области в последние годы прослеживается тенденция постепенного сокращения объемов забора свежей воды, особенно для хозяйственно-питьевых нужд.

Загрязнение водоемов связано прежде всего с деятельностью промышленных предприятий и функционированием социально-бытового сектора. Основными источниками загрязнения водных объектов НСО являются ЖКХ городов Новосибирск, Куйбышев, Барабинск, Черепаново и Татарск, а также ряд промышленных предприятий (ТЭЦ-2, ТЭЦ-3 (г. Новосибирск); Новосибирский завод искусственного волокна (г. Искитим) и др. Основными загрязняющими веществами рек бассейна Оби являются соединения азота, нефтепродукты, фенолы и железо. При этом малые реки загрязнены значительно в большей степени, чем Обь, которая, будучи одной из самых полноводных рек страны, обладает высокой самоочищающей способностью. С точки зрения уровня загрязнения поверхностных водных источников, оцениваемого с помощью индекса загрязнения воды, качество водных ресурсов основной реки региона – Оби – оценивается на всем ее протяжении в пределах НСО как относящееся преимущественно к IV и V классам (т.е. вода загрязненная и грязная)[1]. К числу наиболее загрязненных водных объектов региона относятся Новосибирское водохранилище, оз. Убинское и поверхностные источники в районе Маслянино и Искитима. Здесь качество воды соответствует V и VI классам, т.е. она является грязной и очень грязной. Среди основных видов загрязняющих веществ выделяются нефтепродукты, СПАВ, фенолы и хлориды.

Динамика показателей забора воды и сброса сточных вод в поверхностные водные объекты НСО показана на рис. 3.11, 3.12 и в табл. 3.1. Как видно, с 2010 г. общие объемы сброса сточных вод имеют тенденцию к некоторому снижению, однако доля загрязненных стоков практически стабильна. Это означает, что уровень содержания в отводимых сточных водах загрязняющих ингредиентов остается довольно высоким и имеет тенденцию роста (табл. 3.1 и рис. 3.12). Некоторое снижение показателей сброса сточных вод в регионе связано главным образом с сокращением объемов производства в связи с кризисными явлениями.

В 2015 г. в поверхностные водоемы области сброшено 491,7 млн м^3 сточных вод, в том числе загрязненных – 106,94 млн м^3 (21,7 %). Это меньше, чем в 2014 г. соответственно на 0,1 %. Структура отводимых в водные объекты сточных вод в Новосибирской области показана на рис. 3.12. Показатель водоотведения в 2018 г. составил 504,71 млн м^3, с 2017 г. сократился на 3,1%, с 2010 г. – на 16,5%.

[1] Государственный доклад «О состоянии и об охране окружающей среды Новосибирской области в 2016 году». – Новосибирск, 2017 – 307 с.

Рис. 3.11. Динамика основных показателей водопользования
в Новосибирской области, млн. м3

Источник: О состоянии и об охране окружающей среды Новосибирской области в 2018 году. – URL: http://dlh.nso.ru/page/2245. – с. 44.

Рис. 3.12. Динамика сброса сточных вод в поверхностные водные объекты
Новосибирской области (млн. м^3)

Источник: Рассчитано по данным ежегодных Государственных докладов «О состоянии и об охране окружающей среды Новосибирской области»

Крупнейшим источником сброса загрязненных сточных вод является МУП «Горводоканал Новосибирск». На его долю из общего объема сброса загрязненных сточных вод приходится около 20%. Для улучшения качества поверхностных вод, снижения объемов сброса загрязненных сточных вод ежегодно проводятся мероприятия по строительству, реконструкции и ремонту очистных сооружений и сетей канализации.

В Новосибирской области имеются 55 действующих очистных сооружений канализации сточных вод, сбрасываемых в поверхностные водные объекты, в том числе 27 очистных сооружений канализации биологической очистки, построенных в основном в 1962–1980 гг. На территории области поступают на очистные сооружения стоки крупных промышленных городов: Новосибирска, Искитима, Куйбышева, Барабинска. Остальные очистные сооружения канализации располагаются в небольших поселках городского типа с относительно небольшим водопотреблением и водоотведением. Очистка хозяйственно-бытовых сточных вод осуществляется на 42 очистных сооружениях канализации, из них 17 эксплуатируется без биологической очистки, 15 – без обеззараживания. Практически повсеместно отсутствуют сооружения по очистке вод поверхностного стока (ливневых и талых вод), более 95% которых сбрасывается в водные объекты без очистки[1].

Наибольшей мощностью обладают очистные сооружения МУП г. Новосибирска «Горводоканал» (300,1 млн $м^3$/год), Новосибирский завод искусственного волокна, расположенный в г. Искитим (18,3 млн $м^3$/год), Новосибирская ТЭЦ-3 (15,2 млн $м^3$/год) и Новосибирская ТЭЦ-2 (14,6 млн ^{3}/год).

Нормативную очистку хозяйственно-бытовых сточных вод обеспечивают только очистные сооружения канализации МУП г. Новосибирска «Горводоканал», остальные работают неэффективно, характеризуются значительным физическим и моральным износом основных фондов, в сбрасываемых в водные объекты сточных водах отмечены превышения установленных нормативно допустимых сбросов, в основном, по БПК, нефтепродуктам, азоту аммонийному, фосфатам, в том числе у таких предприятий, как ОАО «Ордынское водоканализационное хозяйство», Линейно-производственная диспетчерская станция «Сокур», ОАО «Сибтранснефтепродукт», ФГУП «Новосибирский завод искусственного волокна».

Отсутствуют очистные сооружения в р.ц. Коченево, г. Обь, р.п. Посевная. В неудовлетворительном техническом состоянии находятся очистные сооружения в р.п. Дорогино, г. Карасук, р.ц. Мошково, р.ц. Сузун, г. Татарск, г. Тогучин, р.п. Черепаново и др. Здесь необходима установка локальных очистных сооружений. В замене нуждаются канализационные и водопроводные сети со значительным физическим износом. Сокращение на 2,7 млн $м^3$ объемов сброса недостаточно-очищенных вод произошло в основном за счет Новосибирской ТЭЦ-3 (из-за уменьшения выработки электроэнергии) и АО «НМЗ им. Кузьмина» (снижение объемов производства). Увеличение мощности очистных сооружений канализации, после которых сточные воды сбрасываются в поверхностные водные объекты, в 2009 году на 3,4 млн $м^3$ объясняется уточнением отчетных данных по Барабинской ТЭЦ, расположенной в г. Куйбышев Новосибирской области (ранее не учитывались отстойники золоотвала, осуществляющие механическую очистку сточных вод)[2].

---

[1]Государственный доклад «Состояние окружающей среды Новосибирской области в 2009 году» – Новосибирск, 2010 – 150 с. – http://www.dproos-nso.ru/files/doklad2009.pdf; Государственный доклад “О состоянии и об охране окружающей среды Новосибирской области в 2015 году – Новосибирск, 2016 – 243 с. – ULR: http://dproos.nso.ru/sites/dproos.nso.ru/wodby_files/files/wiki/2014/12/gosdoklad-2015_0.pdf.

2Государственный доклад «Состояние окружающей среды Новосибирской области в 2009 году» – Новосибирск, 2010 – 150 с. – http://www.dproos-nso.ru/files/doklad2009.pdf; Государственный доклад «О состоянии и об охране окружающей среды Новосибирской области в 2015 году». – Новосибирск, 2016. – 243 с. – ULR: http://dproos.nso.ru/sites/dproos.nso.ru/wodby_files/files/wiki/2014/12/gosdoklad-2015_0.pdf.

Забор пресной воды в 2018 г. составил 614,3 млн м^3, что на 1,8% меньше, чем в 2017 г. По сравнению с 2010 г. забор воды уменьшился на 19,5%. Общее использование пресной воды в 2018 г. составило 548,06 млн м^3, что на 2,7% меньше, чем в 2017 г. и на 18,9% меньше, чем в 2010 г.

Серьезной проблемой в области (и прежде всего в Новосибирске) является **обращение с отходами производства и потребления** (см. табл. 3.1). Ежегодно в областном центре образуется более 2 млн т отходов, в том числе около 800 тыс. т ТБО, что составляет более 440 кг на человека в год. Основные проблемы связаны с твердыми бытовыми отходами, непригодными к использованию, средствами защиты растений, ртутьсодержащими отходами (рис. 3.13).

Рис. 3.13. Структура отходов, образующихся в Новосибирской области

Источник: Об утверждении государственной программы Новосибирской области "Охрана окружающей среды" на 2015–2020 годы. – URL: http://docs.cntd.ru/document/465710268

Динамика изменения объемов образования отходов на территории Новосибирской области за 2007–2015 годы показана на рис. 3.14. Подавляющая часть образующихся отходов (почти 70%) относится к отходам V класса опасности. Наиболее крупнотоннажные из них – золошлаковые отходы ОАО «Новосибирскэнерго» и коммунальные отходы.

85% от общего объема отходов производства и потребления в регионе образуется от трех видов деятельности:

1) при производстве и распределении электроэнергии, газа и воды;
2) на объектах сельского хозяйства и
3) на предприятиях обрабатывающих производств.

Рис. 3.14. Динамика образования отходов на территории Новосибирской области

Источник: Рассчитано по данным ежегодных Государственных докладов «Состояние окружающей среды Новосибирской области».

Важной экологической проблемой в области, и прежде всего в городах и районных центрах, является обращение с твердыми бытовыми отходами (ТБО), их сбор, размещение, утилизация, переработка и обезвреживание. По оценочным данным объем образования ТБО в НСО составляет около 1 млн т/год. Отмечается постоянный рост несанкционированных свалок, представляющих угрозу для ОС и здоровья человека, недостаточна доля использования отходов вторичной переработки, большинство объектов размещения ТБО находятся на пределе своей емкости, не отвечают современным экологическим требованиям к их обустройству и эксплуатации, что приводит к самовозгоранию отходов, загрязнению поверхностных и грунтовых вод.

Накопление отходов производства и потребления сопровождается и увеличением размеров занимаемой ими территории (уже сегодня гг. Новосибирск, Бердск и другие населенные пункты области испытывают дефицит земельных ресурсов для размещения отходов). Из-за отсутствия специализированных многоцелевых полигонов размещения (захоронения) опасных промышленных отходов многие предприятия вынуждены временно накапливать отходы на промышленных площадках. Неорганизованные свалки промышленных и бытовых отходов образуются стихийно и располагаются преимущественно в поймах рек, оврагах, лесных массивах. В настоящее время на территории НСО находится 1034 свалки твердых бытовых отходов, в том числе 670 – несанкционированных. Переработке большинства видов отходов производства и потребления препятствует отсутствие отлаженной системы их сбора. Низкая степень использования отходов производства и потребления приводит к тому, что основная часть отходов размещается на объектах захоронения и длительного хранения (более 1,3 млн т).

В целом, для Новосибирска проблема утилизации отходов остается достаточно острой. Несмотря на большое количество попыток в городе не удалось наладить раздельный сбор мусора и создать мусороперерабатывающий завод. По оценкам специалистов, потребности города смогли бы удовлетворить 4–6 мусороперерабатывающих заводов. В сложившейся ситуации надежность системы санитарной очистки

территорий области на долгосрочную перспективу может быть обеспечена в основном за счет увеличения доли промышленной переработки отходов (в первую очередь переработки ТБО и крупногабаритного мусора жилого сектора и отходов, содержащих значительное количество ценного сырья) и снижения объема отходов, подлежащих вывозу и захоронению.

Помимо охарактеризованных аспектов формирования экологической ситуации в НСО к числу достаточно острых проблем следует также отнести: загрязнение почв, опустынивание и деградация растительного покрова; сокращение видового состава флоры и фауны; безопасность функционирования гидротехнических сооружений; сохранение, воспроизводство и рациональное использование природных ресурсов; загрязнение атмосферного воздуха в зоне влияния возгорания несанкционированных свалок твердых бытовых отходов (ТБО); загрязнение почв, подземных и поверхностных вод в местах размещения свалок ТБО; подтопление территорий населенных пунктов; организация хранения отходов средств защиты растений; переработка берегов Новосибирского водохранилища; природно-очаговые инфекции (клещевой энцефалит) и др. Конкретизация важнейших экологических проблем НСО, требующих внимания и решения в среднесрочной и долгосрочной перспективе, а также возможные пути их решения показаны в табл. 3.3.

Таблица 3.3

Важнейшие экологические проблемы Новосибирской области и возможные пути их решения

Проблемы	Возможные пути решения
1. Загрязнение атмосферного воздуха стационарными источниками выбросов	● Внедрение экологически ориентированных технологий на предприятиях области, как действующих, так и проектируемых. ● Модернизация оборудования на ряде действующих предприятиях области, включая Новосибирский электродный завод, «Искитимцемент», ЗАО «Кудряшовское», Евсинская птицефабрика). ● Газификация области, в том числе домов частного сектора, продолжение работ по газификации коммунальных и ведомственных котельных. ● Закрытие экологически неблагополучных котельных, число которых только в г. Новосибирске превышает 200 объектов. ● Совершенствование контроля выбросов в атмосферный воздух, прежде всего в городах, где концентрации вредных примесей в атмосферном воздухе регулярно превышают ПДК (Новосибирск, Искитим, Бердск, Куйбышев). ● Озеленение территории городов (высадка деревьев, расширение площади городских лесов), развитие и реконструкция зеленых насаждений. ● Совершенствование системы платежей за негативное воздействие на атмосферу. ● Разработка для объектов области нормативов ПДВ вредных веществ в атмосферу. ● Выявление проблемных ареалов области с точки зрения загрязнения атмосферы.
2. Загрязнение атмосферного воздуха передвижными источниками выбросов (автомобильный транспорт)	● Ремонт дорог, строительство новых транспортных развязок и объездов в г. Новосибирске. ● Обеспечение условий для ускоренного перевода части автомобильного парка (в том числе муниципального транспорта) на газомоторное топливо. ● Организация производства и внедрение нейтрализаторов выхлопных газов автомобилей. ● Усиление государственного контроля за соблюдением допустимых норм дымности и выбросов вредных веществ автотранспортными средствами, на долю которых приходится около 70% от всего количества вредных выбросов в области. ● Оптимизация дорожного движения, упорядочение транспортных потоков в городах области, распределение мест концентрации автотранспорта на территории населенных пунктов. ● Совершенствование системы платежей за загрязнение ОС передвижными источниками.

Продолжение табл. 3.3

Проблемы	Возможные пути решения
3. Рациональное использование и охрана водных ресурсов	● Совершенствование систем подготовки питьевой воды в первую очередь в городах и районах области с неудовлетворительным качеством воды, поступающей в системы водоснабжения для хозяйственно-питьевых целей (г. Куйбышев и др.). Обеспечение качества питьевой воды в соответствии с принятыми российским законодательством нормами. ● Создание комбинированных систем водоснабжения (с использованием поверхностных и подземных вод). ● Реконструкция канализационных и водопроводных сетей. ● Строительство и модернизация очистных сооружений на действующих предприятиях области. ● Проведение мероприятий по снижению объемов сброса загрязненных сточных вод в поверхностные водные объекты. ● Введение систем оборотного водоснабжения. ● Проведение мероприятий по обеспечению разбавления сточных вод (перенос места сброса стоков и др.). ● Организация повторного (последовательного) использования очищенных сточных вод между предприятиями отдельных городов области. ● Строительство ливневой канализации в городах. ● Учет экологической совместимости различных производств с точки зрения загрязнения водоемов и организации размещения водосбросов ● Размещение новых производств с учетом требований охраны водных объектов. ● Совершенствование системы платежей за загрязнение водных объектов. ● Совершенствование системы мониторинга водного бассейна, расширение постоянно действующей сети наблюдений состояния поверхностных водных объектов. ● Выявление «узких» мест на территории области с точки зрения загрязнения поверхностных водных объектов. ● Продолжение работ по восстановлению, расчистке и охране малых рек, расположенных в черте города Новосибирска и других городов области. ● Разработка и проведение мероприятий по предотвращению усыхания озера Чаны.
4. Обращение с отходами производства и потребления	● Строительство полигонов твердых бытовых отходов в г. Новосибирске, их обустройство с использованием современных технологий. ● Организация сортировки твердых отходов. ● Ликвидация несанкционированных свалок. ● Утилизация образующихся на объектах теплоэнергетики золы и шлака путем использования в качестве сырья на предприятиях строительной индустрии. ● Организация сбора и утилизации бытовых отходов из частного сектора с полным охватом частных домов. ● Создание предприятий индустрии вторичной переработки отходов (в т.ч. бумаги).
5. Защита почв	● Мероприятия по борьбе с ветровой и водной эрозией почв. ● Компенсация потерь от изъятия сельхозугодий под строительство. ● Проведение мероприятий по повышению урожайности сельскохозяйственных культур. ● Мероприятия по предотвращению опустынивания земель ряда районов юго-западной зоны области, где чрезмерная антропогенная нагрузка привела к их деградации. ● Рекультивация нарушенных земель.
6. Улучшение радиационной обстановки	● Совершенствование и развитие системы наблюдения и контроля радиационной обстановки на территории области. ● Мониторинг уровня воздействия на жителей Новосибирска природного радона. ● Зонирование территории г. Новосибирска по радоноопасности.
7. Воспроизводство рыбных запасов	● Проведение мероприятий по сохранению и разведению промысловых видов рыб ● Мероприятия по предотвращению и компенсации ущерба рыбному хозяйству в связи с уничтожением нерестилищ, гибелью мальков и икры и т.д. ● Усиление борьбы с браконьерством на реках и озерах области.

Окончание табл. 3.3

Проблемы	Возможные пути решения
8. Защита лесов	● Обеспечение полного лесовосстановления на вырубаемых территориях, расширения площади лесопосадок, повышения гидромелиоративного, почвоохранного и рекреационного значения лесных угодий. ● Проведение работ по лесоустройству, лесомелиорации, охране и защите лесов. ● Повышение продуктивности лесных площадей. ● Совершенствование размещения лесных ресурсов, интенсификация лесозаготовок и деревопереработки на территории области. ● Организация комплексного использования древесного сырья и продуктов леса. ● Создание оборудованных рекреационных зон.
9. Экологические проблемы развития растениеводства	● Достижение и поддержание высокого плодородия почв за счет севооборота. ● Борьба со смывом минеральных удобрений в водные объекты и на почву. ● Снижение потерь воды (уменьшение фильтрации), соблюдение научно обоснованных норм полива, оснащение компьютерной техникой, качественное проведение мелиоративных работ. ● Обеспечение безопасного хранения опасных средств защиты растений (пестицидов и ядохимикатов).
10. Экологические последствия функционирования животноводства	● Строгий контроль за сбросом сточных вод животноводческими объектами. ● Создание жижесборников и отстойников, отвечающих требованиям их мощности и непроницаемости. ● Правильная и обоснованная локализация объектов и решение проблемы очистки органических стоков. ● Создание водонепроницаемых силосных ям с соответствующей мощностью. ● Создание сельскохозяйственных комплексов, не разрушающих целостность природных систем, а способствующих сохранению местного ландшафта и его улучшению
11. Снижение уровня воды в Оби и в водохранилище	● Проведение мероприятий по обеспечению безопасности функционирования гидротехнических сооружений.
12.Прогрессирующее подтопление территории г. Новосибирска	● Укрепление береговой линии Новосибирского водохранилища, обустройство водоохранных зон в бассейне р. Оби. ● Совершенствование городских сетей ливневой канализации.
13. Развитие системы мониторинга ОС	● Создание сети оперативного наблюдения и контроля за состоянием окружающей среды.
14. Создание единой системы финансирования природоохранных мероприятий	● Привлечение инвестиций в природоохранную сферу. ● Использование средств бюджетов разного уровня. ● Усиление роли областного бюджета в финансировании экологических программ и природоохранных мероприятий. ● Внедрение обязательного экологического страхования ряда потенциально опасных производств и технологий.
15. Сохранение и восстановление биологического разнообразия области	● Развитие сети особо охраняемых природных территорий. ● Укрепление материальной базы особо охраняемых природных территорий. ● Организация защиты и охраны диких животных, птиц, растений. ● Усиление борьбы с браконьерством.
16. Воспитание экологической культуры	● Привлечение общественности к участию в подготовке и реализации экологически значимых решений. ● Создание центров по экологическому образованию и просвещению населения.

Источник: Составлено автором по данным ежегодных Государственных докладов «О состоянии и об охране окружающей среды Новосибирской области»

В целом экологическое благополучие области в перспективе в значительной мере будет зависеть от масштабов и характера размещения намечаемого производства, прогнозируемой производственной и пространственной структуры хозяйства, стабильности экономического развития. Тесная взаимосвязь экономической и экологической сфер характеризует территорию области как относительно обособленную эколого-экономическую (или природно-хозяйственную) систему, для которой свойственна определенная природно-климатическая и социально-экономическая специфика. Учет этой специфики лежит в основе региональной ЭП и определяет основные факторы формирования природоохранной деятельности, а также возможности региона реагировать на внешние вызовы с позиций формирования благоприятной экологической ситуации.

3.3.3. Вызовы в области формирования благоприятной экологической ситуации и экологический образ будущего Новосибирской области

В современных условиях экономического развития обеспечение экологической безопасности в России наталкивается на серьезные вызовы и угрозы, требующие для их решения участия властей всех уровней управления. В качестве основных экологических вызовов в регионах страны (включая НСО), формирующих ту среду, в которой происходит выбор природоохранных мер, можно назвать следующие обстоятельства [113].

1. Необходимость перехода на новые стандарты жизнедеятельности и экологической безопасности, насущность внедрения ресурсосберегающих и экологически безопасных технологий, обусловленная потребностями модернизации и повышения конкурентоспособности экономики, в т.ч. ужесточением условий доступа на международные рынки товаров и услуг в соответствии с принятыми международными экологическими стандартами и повышением требований к экологическому качеству и безопасности продукции, в т.ч. к экологическим параметрам технологий. Россия значительно отстает от мирового уровня в части использования современных экологически эффективных технологий, в т.ч. из-за отсутствия экономических стимулов к их разработке и внедрению.

2. Возможность модернизации экономики в условиях экономического кризиса, которая предусматривает необходимость внедрения энергосберегающих и экологически безопасных технологий и увеличения государственного финансирования ПОМ. Это, в свою очередь, требует усиления экологических приоритетов в государственной социально-экономической политике, что, в конечном итоге, приведет к росту конкурентоспособности российских компаний на мировых рынках.

3. Слабость современной государственной ЭП в Российской Федерации, проявляющаяся, в частности, в следующих основных чертах[1]:

а) несовершенстве оценки налогооблагаемой базы использования природных ресурсов (низкие процентные ставки платежей за использование и воспроизводство природных ресурсов; практическое отсутствие платежей за повторное и побочное использование природных ресурсов) и др.;

б) низком удельном весе ресурсных налогов и экологических платежей в системе платежей, формирующих бюджеты всех уровней;

в) недостаточном финансировании ПОМ из бюджетов всех уровней, специализированных фондов, средств предприятий и т.д.;

[1] Подробный анализ системы государственного экологического управления в России дан в главе 2 (п. 2.3).

г) неудовлетворительной сложившейся практике взимания платежей за НВОС;

д) отсутствии стимулирующих эффектов в системе экологических инструментов и др.

4. Потребность в разработке и внедрении новых эффективных инструментов в сфере экологического регулирования, позволяющих стимулировать, с одной стороны, экологическую модернизацию производства, развитие и использование природоохранных технологий, формирование рынка экологичной продукции и экологических услуг; и, с другой стороны, – экологически ответственное поведение бизнеса. Такие инструменты должны быть подкреплены как законодательно, так и обеспечены соответствующими механизмами реализации.

5. Технологическое отставание промышленных предприятий (например, технологии большинства машиностроительных предприятий относятся к 4-му укладу), физическим устареванием парка технологического оборудования, что непосредственно связано с экологической опасностью и экономической неэффективностью используемых технологий и требует перехода на новые экологически безопасные инновационные технологии.

6. Необходимость совершенствования и неукоснительного соблюдения природоохранного законодательства, которое, несмотря на все позитивные намерения, остается пока почти без изменений. Выхолащивание сути экологического законодательства в результате его многочисленных реформ привело, в частности, к тому, что проведение экологических экспертиз проектов (включая экологически опасные) оказалось необязательным, что обусловливает рост экологических рисков и чревато непредсказуемыми последствиями для безопасности ОС и здоровья людей. Основным недостатком существующего природоохранного законодательства является отсутствие в нем инструментов стимулирования использования экологически безопасных технологий. В результате для объектов-загрязнителей остается выгоднее заплатить штрафы за загрязнение ОС (поскольку их уровень остается довольно низким), чем осуществлять реальные ПОМ.

7. Несовершенство методик по определению экономического ущерба, нанесенного хозяйству и здоровью людей загрязнением ОС; необходимость ликвидации накопленного экологического ущерба от прошлой хозяйственной деятельности.

8. Несовершенство статистической отчетности по использованию природных ресурсов и ООС, слабый контроль финансовой дисциплины ресурсных и экологических платежей; отсутствие современной системы мониторинга, оценки и прогнозирования состояния ОС, чрезвычайных ситуаций природного и техногенного характера и негативных изменений климата.

9. Ужесточение условий доступа на международные рынки с позиций экологической стандартизации и нормирования; усиление международной конкуренции из-за повышения требований к экологическому качеству и безопасности продукции, переход к учету экологических параметров не только выпускаемой продукции, но и технологий, используемых для ее производства.

10. Низкая экологическая ответственность бизнеса, проявляющаяся прежде всего, в слабой экономической заинтересованности природопользователей в соблюдении экологических требований и как результат – низкая инвестиционная активность в ПОМ. Игнорирование этических аспектов в сфере экологии и в целом низкая экологическая культура населения. Экологическое сознание в России находится в начальной стадии формирования, поэтому представляется исключительно важным не только формирование экологической этики, уважительного отношения к ОС, укрепление принципов экологической эффективности и экологической справедливости, но и своевременная этическая оценка со стороны руководства страны имеющим место фактам грубого нарушения ОС.

11. Необходимость формирования целенаправленной государственной экономической политики, ориентированной на экологизацию производства при условии системного подхода к решению задач структурно-технологических преобразований экономики в пользу ресурсосберегающих и экологически чистых производств, что позволило бы не только заложить и укрепить основы инновационной экономики, но и обеспечивать и экономические и экологические выгоды.

12. Необходимость использования стратегического планирования и управления при формировании государственной ЭП, поскольку экологические проблемы определяют безопасность жизнедеятельности населения и носят, как правило, долгосрочный характер, требуя выработки стратегических подходов к их решению.

На основе выполненного анализа экологической ситуации в НСО и вызовов, стоящих в экологической сфере страны и каждого ее региона, можно сформулировать экологический образ будущего рассматриваемого региона (который, однако, достаточно универсален, поскольку формируется на основе общих социальных, экономических и экологических требований), а также определить стратегические экологические приоритеты и направления природоохранной деятельности (рис. 3.15) [61; 71; 76; 98]. Основными элементами экологического образа будущего рассматриваемого региона представляются формирование здоровой ОС, экологизация производства по различным направлениям, создание эффективного экологического сектора экономики, сохранение и защита ОС.

Рис. 3.15. Экологический образ будущего Новосибирской области

Источник: составлено автором.

Анализ сложившейся экологической ситуации в НСО, включая использование аппарата SWOT-анализа [62; 77; 100] и инструментария региональной эколого-экономической диагностики [58; 64; 76; 88; 97; 104; 105; 426; 427; 428], позволил сформулировать дальнейшую последовательность действий по формированию экологической стратегии НСО, которая должна быть нацелена прежде всего на реализацию ее сильных сторон с учетом имеющихся возможностей, устранение слабых моментов и предотвращение возникающих угроз.

В соответствии с представленной логикой, рассмотрим основные шаги разработки стратегия ООС в регионе, включая формулировку стратегических целей, задач и приоритетов в области ООС в регионе; обоснование необходимости решения проблемы в рамках программно-целевого подхода; возможные варианты решения проблемы. Выполненный комплексный анализ экологической обстановки в НСО позволяет сформулировать экологические цели и задачи в области формирования благоприятной экологической ситуации, а также определить стратегические направления природоохранной деятельности.

3.3.4. Стратегические экологические цели, задачи, приоритеты и возможные варианты решения проблемы

Стратегическая цель Программы – обеспечение экологической безопасности Новосибирской области за счет стабилизации и оздоровления экологической обстановки, сохранения и восстановления целостности природных экосистем. Для достижения поставленных целей необходимо решение следующих ***задач:***

1. Обеспечение сохранения и улучшения качества ОС, снижения негативного воздействия на нее при научном и технологическом развитии экономики области.
2. Обеспечение потребностей населения и объектов экономики области в различных видах природных ресурсов на принципах их комплексного, эффективного и рационального использования.
3. Обеспечение защиты населения, объектов экономики и территории области от вредного воздействия вод.
4. Создание системы обращения с отходами производства и потребления.
5. Обеспечение радиационной безопасности области, снижение до социально приемлемого уровня риска радиационного воздействия на человека и среду его обитания.
6. Осуществление мер по охране и воспроизводству (восстановлению) возобновляемых природных ресурсов как компонентов ОС.
7. Соблюдение экологической регламентации хозяйственной деятельности, предусматривающей соответствие ее масштабов и риска воздействия экологической емкости природных систем.
8. Развитие сети особо охраняемых природных территорий, сохранение биоразнообразия.
9. Совершенствование системы управления и механизмов регулирования использования природных ресурсов и охраны ОС.
10. Повышение уровня экологического образования и просвещения, пропаганда бережного отношения к природе.

Основу природоохранной деятельности НСО составляют экологические проблемы, как сложившиеся на ее территории, так и могущие возникнуть в процессе реализа-

ции намеченных инвестиционных проектов, а также система мер, определяемых необходимостью смягчения или предупреждения возможных экологических проблем.

В соответствии с поставленными целями и задачами, а также основными положениями Стратегии социально-экономического развития Новосибирской области на период до 2025 года **общие стратегические приоритеты в сфере охраны окружающей среды** состоят в следующем.

1. Последовательное снижение негативного техногенного воздействия на ОС путем широкого использования экологически чистых технологий (как на действующих, так и на прогнозируемых к созданию производствах) с целью обеспечения технологической основы экологически безопасного развития хозяйственной деятельности в рамках осуществления перевода экономики региона и страны целом на инновационный путь развития.

2. Оснащение предприятий природоохранным оборудованием, технологическое перевооружение и постепенный вывод из эксплуатации предприятий с устаревшим оборудованием, сокращение удельного водопотребления в производстве и жилищно-коммунальном хозяйстве, развитие систем использования вторичных ресурсов, в том числе переработки отходов.

3. Обеспечение экологической регламентации хозяйственной деятельности, предусматривающей соответствие ее масштабов и риска воздействия отдельных производственных объектов (прежде всего топливно-энергетического, металлургического и химического комплексов как экологически наиболее значимых секторов экономики области) и территориальной концентрации промышленного производства в отдельных частях территории региона, прежде всего в областном центре, установленным экологическим стандартам.

4. Разработка и реализация мер по усилению территориальных организационных структур в сфере охраны окружающей среды, развитие системы экологического мониторинга, расширение экологического контроля, в том числе потенциально опасных производств и видов деятельности вне зависимости от ведомственной принадлежности и форм собственности.

5. Прогнозирование уровня затрат экологического назначения по области в целом и отдельным элементам ее хозяйственного комплекса с учетом намечаемых темпов роста производства.

6. Формирование механизма экологической ответственности субъектов хозяйственной деятельности за негативное воздействие на ОС и повышение их заинтересованности в осуществлении природоохранной деятельности в том числе путем совершенствования порядка взимания платежей за негативное воздействие на окружающую природную среду.

7. Предотвращение деградации природных комплексов при осуществлении новых инвестиционных проектов.

8. Использование природного фактора для восстановления и улучшения здоровья людей (прежде всего через развитие туризма и формирование рекреационных зон).

9. Повышение качества питьевого водоснабжения, борьба с подтоплением территорий и природно-очаговыми инфекциями (клещевым энцефалитом).

Ориентация на перечисленные приоритеты позволит обеспечить поступательное улучшение качества экологической ситуации и на этой основе реализацию принципов ус-

тойчивого развития области в среднесрочной и долгосрочной перспективе с учетом решения задач по охране ОС.

В целом, исходя из наиболее острых экологических проблем Новосибирской области можно, в частности, предложить следующие приоритетные природоохранные мероприятия в сфере борьбы с загрязнением атмосферного воздуха и поверхностных водных объектов, обеспечения требуемого качества питьевой воды и обращения с твердыми отходами. Учитывая, что в ближайшей перспективе наиболее высокими темпами в области будут развиваться прежде всего топливная, цветная и черная металлургия, характеризующиеся и повышенной нагрузкой на воздушный бассейн, потребуются масштабные природоохранные мероприятия как на соответствующих объектах, так и в регионе в целом.

Среди них в качестве ***приоритетных атмосферозащитных мероприятий*** можно выделить следующие:

● внедрение экологически ориентированных технологий на предприятиях области, как действующих, так и проектируемых;

● модернизация оборудования на действующих промышленных предприятиях области, в первую очередь на тех из них, которые дают наибольший вклад в загрязнение атмосферы (Новосибирский электродный завод, «Искитимцемент», аэропорт «Толмачево», ЗАО «Кудряшовское», Евсинская птицефабрика и Бердский завод биологических препаратов). Реконструкция «Искитимцемента» позволит снизить удельные выбросы взвешенных веществ с 6,2 до 0,82 кг на тонну цемента. При этом произойдет снижение расхода топлива, электроэнергии, воды – на 50, 20 и 74,2%, соответственно;

● проведение дополнительных атмосферозащитных мероприятий на объектах ОАО «Новосибирскэнерго» (наиболее крупные загрязнители из них – ТЭЦ-2, ТЭЦ-3, ТЭЦ-4, ТЭЦ-5 в Новосибирске, Барабинская ТЭЦ), увеличение эффективности золоуловителей до 95% и более;

● газификация области, в том числе домов частного сектора, продолжение работ по газификации коммунальных и ведомственных котельных;

● организация контроля выбросов в атмосферный воздух, прежде всего в городах с высокой концентрацией производства и населения (Новосибирск, Искитим, Бердск, Куйбышев);

● совершенствование системы мониторинга атмосферного воздуха, расширение постоянно действующей сети наблюдений состояния атмосферы;

● модернизация подвижного состава транспортных средств; переход на использование более чистых видов топлива; усиление контроля за состоянием и регулированием автомобильных двигателей;

● проработка вопросов о целесообразности переноса движения грузовых автомобилей на периферийные магистрали вне жилой застройки городов; переход на оптимальную схему автобусных маршрутов;

● продолжение работ по озеленению дорог с интенсивным движением транспорта.

● закрытие или вынос за черту города экологически опасных производств.

Учитывая существующее состояние **водных объектов** области потребуется проведение следующих ***приоритетных мероприятий в области рационализации использования водных ресурсов и охраны водных объектов*:**

● совершенствование систем подготовки питьевой воды в первую очередь в городах и районах области с неудовлетворительным качеством воды, поступающей в системы водоснабжения для хозяйственно-питьевых целей (г. Куйбышев и др.), обеспечение качества питьевой воды в соответствии с принятыми российским законодательством нормами;

● создание комбинированных систем водоснабжения (с использованием поверхностных и подземных вод).

● реконструкция канализационных и водопроводных сетей.

● строительство и модернизация очистных сооружений на действующих предприятиях области, проведение мероприятий по снижению объемов сброса загрязненных сточных вод в поверхностные водные источники;

● введение систем оборотного водоснабжения; организация повторного (последовательного) использования очищенных сточных вод между предприятиями отдельных городов области.

● совершенствование системы мониторинга водного бассейна, расширение постоянно действующей сети наблюдений состояния поверхностных водных объектов.

● разработка и осуществление мероприятий по предотвращению усыхания озер НСО.

Приоритетными мероприятиями в области обращения с отходами должны стать:

● строительство 4–6 мусороперерабатывающих заводов в г. Новосибирске;

● организация сортировки твердых отходов;

● обустройство полигонов твердых отходов с использованием современных технологий;

● ликвидация несанкционированных свалок вокруг городов области;

● утилизация образующихся на объектах теплоэнергетики золы и шлака путем использования в качестве сырья на предприятиях строительной индустрии;

● изыскание и оборудование новых территорий для размещения отходов;

● организация сбора и утилизации бытовых отходов из частного сектора с полным охватом частных домов;

● создание предприятий индустрии вторичной переработки отходов (в том числе бумаги).

Решение поставленных проблем будет способствовать формированию эффективной экологической политики, среди важных мероприятий которой можно назвать следующие:

● стимулирование развития производственного потенциала главным образом на уже трансформированных территориях; превращение участков земли, освобождаемых от промышленных предприятий и пустошей в парковые зоны; поддержка защиты, восстановления и развития пригородных, зеленых и лесопарковых зон и др.

● развитие комплексных научно-исследовательских и опытно-конструкторских работ, направленных на оздоровление среды обитания человека и обеспечения экологической безопасности;

● совершенствование нормативно-правового и экономического механизмов природопользования и ООС на уровне области;

● государственная поддержка реконструкции действующих производств, при переходе на малоотходные, безотходные и ресурсосберегающие технологии;

● последовательный переход на международные стандарты технологических процессов и производимой продукции;

● развитие экологического предпринимательства;

● формирование экологической культуры, в частности через включение вопросов экологии и устойчивого развития в учебные планы на всех уровнях образовательного процесса, для чего целесообразно создание системы повышения экологической грамотности высшего и среднего управленческого звена, а также работников правоохранительных и судебных органов.

Возможные варианты решения проблемы, оценка преимуществ и рисков, возникающих при различных вариантах решения экологических проблем. Решение экологических задач может осуществляться по нескольким вариантам, соответствующих мобилизационному (базовому) сценарию Стратегии социально-экономического развития Новосибирской области до 2025 года [364]. В рамках данного сценария рассматриваются две сценарные возможности, отражающие минимальный и максимальный варианты мобилизационного сценария [354]. Минимальный сценарий имитирует развитие региона по инерционному типу (воспроизводящему условия и ограничения 2000–2005 гг.). Максимальный сценарий характеризует наиболее полное использование основных потенциальных условий развития области. В соответствии с этим выделяются два возможных варианта решения экологических проблем.

Первый вариант в значительной мере отражает сложившиеся тенденции развития и размещения производительных сил НСО и предусматривает реализацию подхода к решению экологических проблем, включающего главным образом создание и совершенствование методов и средств защиты ОС в конце производственного цикла. В этом случае акцент делается на дополнении существующих основных производственных технологий различными системами обезвреживания отходов, а также проведение мероприятий по ликвидации уже допущенных негативных нарушений в состоянии ОС.

Однако возможности первого варианта, прежде всего с позиций экономической и экологической эффективности технологий «конца трубы», являются довольно ограниченными главным образом из-за трудностей достижения достаточно высокой степени очистки выбросов и сбросов, а также в связи с экспоненциальной зависимостью между степенью извлечения вредных веществ из загрязняющих примесей и уровнем затрат на необходимые для этого природоохранные мероприятия. В то же время невыполнение мероприятий данного варианта значительно повышает риск нанесения вреда ОС и здоровью людей. Кроме того, затраты на реабилитацию территории в случае ее нарушения (прежде всего, загрязнения) многократно превышают объем инвестиций, требуемый для предотвращения подобных нарушений.

В качестве оценок экологического риска могут использоваться, в частности, показатели, характеризующие:

1) рост загрязнения атмосферного воздуха и образование кислотных осадков (в результате выбросов огромных количеств двуокиси серы и окислов азота, образующихся при сгорании топлива; кислотные осадки снижают урожай, губят растительность, уничтожают жизнь в пресных водоемах, разрушают здания, усиливают коррозию металлов и т.д.);

2) изменение качественного и количественного состояния поверхностных и подземных водоисточников (под влиянием сверхнормативного загрязнения, нарушения гидрологического режима рек в результате различных видов антропогенного воздействия и т.д.);

3) образование опасных отходов (токсичных и радиоактивных) выше допустимых пределов;

4) ожидаемый экономический ущерб (расчетный и предотвращенный) от возможного загрязнения состояния ОС (атмосферы, водоемов, почвы, недр и т.д.);

5) объемы выбросов парниковых газов (двуокиси углерода, оксидов азота, метана, хлора и др.) и их накопление в атмосфере выше определенных концентраций (установленных экологических стандартов по соответствующим ингредиентам);

6) объемы выбросов озоноразрушающих веществ (фреонов, хлора и его соединений с кислородом, парниковых газов); известно, что уменьшение озонового слоя планеты на 1% влечет за собой увеличение ультрафиолетового облучения на 1,5% и соответствующий рост заболеваний раком кожи от 2–3 до 5–7%. Кроме того, происходит падение урожая важнейших сельскохозяйственных культур, снижение продуктивности фитопланктона, гибель многих видов рыб и морских беспозвоночных и т.д.

Процедура оценки возможного экологического риска показана на рис. 3.16.

Рис. 3.16. Процедура оценки экологического риска

Источник: составлено автором.

В случае использования второго варианта решения проблемы предусматривается в дополнение к мероприятиям первого варианта проведение модернизации и техниче-

ского перевооружения производства на основе внедрения ресурсосберегающих и малоотходных технологий. Данный вариант характеризуется более высокой экономической и экологической эффективностью по сравнению с первым, он позволит качественно изменить экологическую ситуацию на территории области путем технического перевооружения существующих производств и введения новых мощностей на базе высоких технологий, обеспечивающих экологическую безопасность функционирования предприятий. Однако в настоящее время второй вариант решения проблемы представляется преждевременным в силу того, что в современных российских условиях осуществление такой крупномасштабной, технически сложной и затратной Программы без проведения подготовительных мероприятий и выработки механизмов государственно-частного партнерства имеет высокую степень экономического риска.

В связи с этим преимущество отдается первому варианту решения проблемы, в соответствии с которым предусмотрена реализация мероприятий, направленных на последовательное снижение до минимально приемлемого уровня риска негативного воздействия хозяйственной деятельности на ОС и население области.

3.3.5. Система целевых индикаторов и ожидаемые результаты реализации природоохранных мероприятий

Основными **обобщающими индикаторами эффективности осуществления природоохранных мероприятий** на территории НСО могут быть показатели, характеризующие [64]:

1) удельный выход загрязняющих веществ в окружающую природную среду (атмосферу, водный бассейн – соответственно в тоннах и кубических метрах на человека в год);

2) удельный выход загрязняющих веществ в ОС на единицу ВРП;

3) снижение объема загрязнения, поступившего в атмосферный воздух на единицу ВРП от стационарных источников;

4) снижение объема загрязнения, поступившего в атмосферный воздух на единицу ВРП от передвижных источников;

5) среднегодовой прирост (снижение) объема сброса загрязнения в водные объекты на единицу ВРП;

6) сокращение непереработанных отходов производства и потребления.

Для решения поставленных задач желательно выйти на целевые экологические ориентиры – индикаторы эффективности управления качеством окружающей среды, представленные в табл. 3.4 (прогнозные оценки выполнены на основе мобилизационного сценария).

Снижение поступления загрязняющих веществ в ОС на единицу ВРП будет означать усиление экологичности применяемых технологий, рост эффективности работы газоочистного оборудования, снижение энергоемкости производства, улучшение качества ОС, снижение отрицательного влияния экономики на здоровье населения. Увеличение степени переработки и обезвреживания отходов повлечет снижение экологической опасности накопления отходов, послужит характеристикой эффективности системы управления отходами. Выход на намечаемые целевые экологические ориентиры будет свидетельствовать о возможности не только сохранения достигнутого качества ОС, но и его поступательного улучшения.

Таблица 3.4

Прогнозные целевые экологические индикаторы для Новосибирской области

Индикаторы	20015	2020	2025
Среднегодовой прирост объема выброса загрязнений в атмосферный воздух от стационарных источников на единицу прироста ВРП, %	7–9	5–7	3–5
Среднегодовой прирост объема выброса загрязнений в атмосферный воздух от подвижных источников на единицу прироста ВРП, %	12–14	10–12	7–9
Среднегодовой прирост объема сброса загрязнений в водные объекты на единицу прироста ВРП, %	12–14	9–11	6–8
Объем сокращения непереработанных отходов производства и потребления, тыс.т	160–200	210–250	250–300

Источник: расчеты автора. Прогнозные оценки были выполнены на основе использования мобилизационного сценария развития НСО [364], а также с учетом осуществления предполагаемых природоохранных мероприятий в регионе. Методы расчета прогнозных показателей частично отражены в ряде наших работ [53; 66; 76; 77; 97; 105; 426; 427].

Кроме того, для оценки результатов достижения целей и решения задач программы могут использоваться конкретные **частные индикаторы**, характеризующие:

1) снижение валовых выбросов загрязняющих веществ в атмосферу, в том числе от стационарных источников и от автотранспорта (тыс. т, %);

2) снижение повторяемости превышения среднесуточных концентраций по оксиду углерода в населенных пунктах (%);

3) снижение индекса загрязнения атмосферы (по пяти основным загрязнителям атмосферного воздуха: оксид углерода, диоксид азота, оксид азота, озон, формальдегид);

4) восстановление водных объектов области, в том числе расчистка русел рек (км);

5) снижение доли загрязненных сточных вод в общем объеме сброса (%);

6) снижение объемов сбросов загрязняющих веществ с отводимыми промышленными и бытовыми стоками (тыс. т);

7) восстановление водных объектов (шт.);

8) повышение степени безопасности гидротехнических сооружений, снижение доли аварийных гидротехнических сооружений до (%);

9) предотвращение ущерба от затопления и другого вредного воздействия вод (тыс. руб./год);

10) масштабы реабилитации почв (кв. км);

11) уменьшение площади подтопленных территорий (га);

12) предотвращение химического загрязнения подземных вод, являющихся источником хозяйственно-питьевого водоснабжения, путем ликвидации бесхозных скважин (шт);

13) предотвращение попадания в окружающую природную среду ртутьсодержащих отходов, опасных отходов средств защиты растений (т);

14) сокращение объемов захоронения твердых коммунальных отходов жилого фонда (%);

15) увеличение объемов переработки: твердых коммунальных отходов, крупногабаритного мусора коммунального жилого фонда, отходов производства, опасных производственных отходов 1–3 классов опасности и др.;

16) прирост площадей особо охраняемых природных территорий (ООПТ) регионального значения (тыс. га);

17) подготовка и переиздание Красной книги растений и Красной книги животных НСО;

18) лесовосстановление, лесоразведение, защита лесов от вредителей, болезней и пожаров (тыс. га);

19) долю ООПТ, состояние которых соответствует целевому назначению и режиму охраны (% от общей площади ООПТ);

20) рыбохозяйственное освоение водоемов;

21) увеличение численности промысловых запасов водных биологических ресурсов (млн шт./год);

22) увеличение добычи водных биологических ресурсов (т/год);

23) выявление зон повышенного риска облучения радоном населения на территории области;

24) увеличение доли населенных пунктов, обеспеченных питьевой водой надлежащего качества: в городских поселениях и в сельской местности (%);

25) сокращение удельного веса потерь воды, тепловой и электрической энергии в процессе производства и транспортировки до потребителей (%);

26) обеспечение радиационной безопасности населения области;

27) увеличение доли населения области, вовлеченного в практическую и эколого-просветительскую природоохранную деятельность (%).

Приведенный перечень целевых экологических индикаторов отражает стратегические экологические приоритеты и ключевые экологические проблемы, стоящие перед руководством и населением Новосибирской области. Он предназначен для использования региональными органами управления в качестве инструмента мониторинга деятельности в сфере обеспечения устойчивого развития НСО. Это даст возможность осуществлять своевременную доработку и корректировку Программы, направленную на задачи эколого-экономической диагностики, классификацию и интерпретацию индикаторов, характеристику их значимости, функции в формировании экологической политики. Содержание и свойства экологических индикаторов, а также результаты их практического приложения на материалах Новосибирской и Томской областей подробно изложены в работах [58; 64; 76; 88; 97; 104; 105; 426; 427; 428], а также в Приложении 2.

Ожидаемые результаты реализации природоохранных мероприятий. Задачами оценки эколого-экономической эффективности реализации мероприятий Программы являются получение количественных критериев принятия решений о допустимости или недопустимости реализации того или иного мероприятия; обеспечение выбора варианта намечаемой хозяйственной деятельности с наименьшими издержками; получение количественных критериев оценки эффективности намечаемых Программой природоохранных мероприятий.

Результатами выполнения ПОМ предполагается:

– совершенствование системы управления природоохранной деятельностью;

– снижение вредного воздействия на атмосферный воздух за счет сокращения объема выбросов вредных веществ (тыс. т);

– снижение доли загрязненных сточных вод (%) в общем объеме сброса, снижение объемов сбросов загрязняющих веществ (тыс. тонн/год) в водные объекты за счет строительства очистных сооружений, реконструкции и ремонта сетей канализации;

– восстановление водных объектов (шт.) и предотвращение разрушения их берегов (км); приведение водоохранных зон в состояние, соответствующее режиму охраны (км);

– снижение доли аварийных гидротехнических сооружений (%), повышение степени безопасности гидротехнических сооружений и предотвращение ущерба (тыс. руб./год) от затопления и разрушения жилого фонда;

– снижение площади подтопленных территорий (га), предотвращение техногенного подъема уровней грунтовых вод за счет развития сетей ливневой канализации, проектирования и строительства дренажной системы канализации в зонах подтопления;

– повышение уровня безопасности при размещении отходов производства и потребления (тыс. тонн/год), обеспеченность образуемых твердых бытовых отходов санкционированными местами размещения (% от массы ежегодно образуемых ТБО);

– утилизация автотранспортных средств и их отдельных компонентов (автошин, масел, аккумуляторов), опасных отходов средств защиты растений (пестицидов и агрохимикатов), ртутьсодержащих отходов I класса опасности (тыс. тонн /год);

– сокращение объемов захоронения и увеличение объемов переработки отходов путем строительства мусороперерабатывающих предприятий, ввода в эксплуатацию опытно-промышленных установок по обезвреживанию различного вида отходов, развития сети пунктов приема вторичных ресурсов, внедрение раздельного сбора отходов (%);

– лесовосстановление и лесоразведение, защита лесов (тыс. га), уменьшение опасности лесных пожаров; сокращение гибели лесов от пожаров, вредителей и болезней;

– развитие системы ООПТ, прирост их площадей (тыс. га);

– сохранение редких и исчезающих видов животных и растений, ликвидация угрозы их исчезновения; увеличение вселения в водоемы молоди ценных видов рыб (млн шт./год), увеличение добычи водных биологических ресурсов (тонн/год), рыбохозяйственное освоение водоемов (шт.);

– восстановление нарушенных земель (га), их защита и сохранение, предотвращение выбытия из сельскохозяйственного оборота земель;

– обеспечение радиационной безопасности населения области; выявление зон повышенного риска облучения радоном населения области;

– увеличение доли населенных пунктов области, обеспеченных питьевой водой надлежащего качества (%); сокращение удельного веса потерь воды, тепловой и электрической энергии в процессе производства и транспортировки до потребителей (%);

– развитие системы комплексного мониторинга ОС, позволяющего объективно оценить ее состояние, определять источники повышенного загрязнения и принимать оперативные меры по нормализации экологической обстановки и др.

Выполненные расчеты по прогнозу загрязнения атмосферы НСО по наиболее распространенным загрязняющим веществам, отходящим от стационарных источников на период 2005–2025 гг., с учетом названных мероприятий и параметров мобили-

зационного сценария [364], свидетельствуют о реальной возможности формирования тенденции постепенного улучшения состояния атмосферного воздуха в области (рис. 3.17).

Реализация поставленных целей и задач позволит решить проблемы оздоровления ОС в пределах НСО, снизить антропогенную нагрузку, поддерживать приемлемый уровень загрязнения атмосферного воздуха стационарными и передвижными источниками выбросов, организовать рациональное использование и охрану водных ресурсов, совершенствовать систему обращения отходами производства и потребления, а также выявить направления совершенствования механизмов управления в сфере охраны ОС.

Рис. 3.17. Прогноз загрязнения атмосферного воздуха основными загрязняющими веществами на период до 2025 г. (мобилизационный сценарий)

Источник: расчеты автора.

Ориентация на производство высокотехнологичной и наукоемкой продукции, реализация проекта по газификации промышленного и коммунально-бытового секторов области и другие проекты, предусматриваемые в Новосибирской области в долгосрочной перспективе, будут способствовать наряду с проведением ПОМ и повышению экологичности экономики области. Выход на намеченные целевые экологические ориентиры будет свидетельствовать о возможности не только сохранения достигнутого уровня качества окружающей среды (прежде всего за счет качества атмосферного воздуха), но и его поступательного улучшения.

3.4. ФОРМИРОВАНИЕ УСЛОВИЙ РЕАЛИЗАЦИИ ПРИРОДООХРАННОЙ СТРАТЕГИИ В РЕГИОНЕ

Как свидетельствует зарубежный опыт регионального стратегирования и программирования, возможности и преимущества региональных программ в структуре стратегий развития вытекают из их основных особенностей, связанных с тем, что региональные программы, во-первых, выступают средством увязки общенациональных и региональных целей развития, являясь формой согласования интересов страны и регионов; во-вторых, характеризуются перспективностью и индикативностью; в-третьих, исходят от государства – им разрабатываются и им реализуются (хотя привлекается и частный капитал); в-четвертых, первостепенное значение в последние годы приобретает экологический аспект в единстве ресурсопользования и охраны среды обитания людей.

В основе подхода к разработке и реализации региональных программ за рубежом (в том числе экологических) лежат три основных положения:

1) организация эффективного сотрудничества между государственными структурами и местными властями;

2) согласование интересов различных участников на территории региона;

3) обеспечение контроля со стороны государственных органов за деятельностью местных властей в осуществлении региональных программ.

Гарантами успеха региональных программ, как показывает зарубежный опыт, служат следующие условия:

● установление определенного порядка финансирования программ, четкое определение источников и направлений расходования средств, а также последовательное осуществление мер по экономическому стимулированию ПОМ;

● организация управления, создание специального органа управления, наделенного необходимыми правами и обязанностями по регулированию и координации мероприятий программы;

● правовое обеспечение мероприятий программ, придание им соответствующего правового статуса и контроль за неукоснительным соблюдением законов.

В конечном итоге, как бы хороша ни была программа, ее реальная эффективность зависит, в конечном счете, от двух условий: механизма реализации и финансирования. Результативная деятельность органов управления в любой стране или регионе при реализации региональных программ начинается и эффективно осуществляется только в условиях разработки соответствующего законодательства, его неукоснительного соблюдения и создания специального органа управления. Наконец, инвестиционные и организационные проблемы проектов и программ не могут быть разрешены вне поддержки региональных властей (в том числе и финансовой), вне использования законодательных и налоговых инструментов органов региональной власти.

Механизм реализации программ, с одной стороны, формирует внешнюю среду, правила игры для всех участников на национальном экологическом поле, в т.ч. для субъектов Федерации. С другой стороны, существующий на сегодня в России механизм экологического регулирования является достаточно слабым, в нем отсутствуют многие элементы управления (прежде всего, экономического, в т.ч. стимулирующего характера), которые стали обычными в практике проведения экологической политики в других странах. При этом ряд элементов экологического управления в России, как уже указы-

валось, декларируются, но имеют чисто символический характер (экологические аудит, страхование, сертификация и др.).

В целом необходимыми условиями реализации природоохранной стратегии в условиях России являются, на наш взгляд, следующие (рис. 3.18):

1) формирование экономического инструментария стимулирования мер по охране ОС;

2) правовое обеспечение экологической политики;

3) финансирование природоохранной деятельности;

4) учет инновационных аспектов обеспечения экологической безопасности развития региональной экономики;

5) организация управления, координация и контроль.

Рис. 3.18. Возможная структура механизма реализации экологической стратегии

Источник: составлено автором.

Механизм реализации природоохранных мероприятий стратегии и региональной программы требует проведения определенного комплекса правовых, экономических, организационных, информационных и других мер, являющихся составной частью общегосударственной ЭП. Он должен включать меры, предпринимаемые как на уровне РФ, так и субъектов Федерации во взаимодействии с органами местного самоуправления. Основные направления охраны ОС в регионах осуществляются в соответствии с общими принципами государственной политики в данной области. Достижение благоприятной экологической ситуации как необходимого условия достойного качества жизни и здоровья людей возможно лишь при условии обеспечения согласованности действий региональных органов власти, бизнеса и общественности в сфере охраны ОС.

Основные направления формирования механизма реализации региональных программ как на федеральном, так и региональном уровнях должны, на наш взгляд, предусматривать следующие меры.

1. Усиление природоохранных органов, расширение возможностей и полномочий региональных властей и органов местного самоуправления в области охраны ОС и рационального использования природных ресурсов. Оптимизация системы управления качеством ОС, направленная прежде всего на минимизацию загрязнения воздушного и водного бассейнов.

2. Развитие экономического механизма стимулирования рационального природопользования и охраны ОС, стимулирование и поддержка экологически ответственного бизнеса. Восстановление экономических регуляторов в экологической сфере, прежде всего урегулирование и совершенствование системы экологических платежей, введение рентных платежей за пользование природными ресурсами.

3. Увеличение затрат на охрану ОС из всех возможных источников финансирования (прежде всего за счет собственных средств предприятий и организаций).

4. Урегулирование и совершенствование системы экологических платежей.

5. Совершенствование нормативно-правовой базы, формирование нормативно-правового поля, адекватного складывающейся экономической и экологической ситуации.

6. Меры по восстановлению обязательности государственной экологической экспертизы проектов нового строительства как фактически единственного легитимного инструмента для предприятий демонстрации обществу своей экологической состоятельности.

7. Предотвращение разрушения системы экологического контроля и экологического мониторинга, формирование системы информирования населения о состоянии ОС.

8. Развитие системы особо охраняемых природных территорий.

9. Экологическое воспитание и образование населения, повышение уровня экологического сознания и экологической культуры как основы экологического благополучия страны.

Перечисленные меры подробно рассмотрены в главе 2 (пп. 2.4–2.5) с точки зрения их современного состояния, имеющихся проблем и возможных направлений совершенствования. Поэтому здесь нет необходимости к ним обращаться еще раз.

Реализация стратегий природоохранной деятельности основана на принципе единого управления и координации деятельности всех участвующих в ее осущест-

влении, что позволяет обеспечивать анализ выполнения мероприятий, а также принимать оперативные меры по их корректировке. В НСО координацию и текущее управление программой охраны окружающей среды осуществляет Минприроды НСО, который взаимодействует с заинтересованными органами исполнительной власти и другими структурами, осуществляет мониторинг и оценку эффективности реализации программы, а также рассматривает доклады о ходе ее реализации, дает рекомендации и предложения исполнителям программы. Минприроды НСО совместно с другими заказчиками программы в установленном порядке разрабатывает и направляет в департамент стратегического управления и планирования Новосибирской области бюджетную заявку на финансирование программы на очередной финансовый год за счет средств областного бюджета, а также обоснование объемов финансирования программы.

Выполнение программных мероприятий осуществляется исполнителями, которые выявляются путем проведения открытых конкурсов и определяются в государственных контрактах на закупку товаров, выполнение работ и услуг, заключаемых в соответствии с требованиями федерального законодательства о размещении заказов на закупку товаров, работ, услуг для государственных нужд. Отчетная информация о ходе выполнения программы и об использовании выделенных средств представляется исполнителями программы в Минприроды НСО ежеквартально, откуда направляется в департамент стратегического управления и планирования НСО. Отчет об исполнении программы представляется в Новосибирский областной Совет депутатов не позднее трех месяцев после окончания срока ее реализации в разрезе мероприятий с указанием всех источников финансирования, а также с оценкой результативности и эффективности выполнения программы.

Охарактеризованные в главах 1–3 методологические подходы к учету эколого-экономических взаимосвязей, возникающих при прогнозировании развития региона, методически и практически реализованы в той или иной степени при разработке модельного и методического аппарата и его использовании при постановке и решении прикладных задач на материалах конкретных территорий. Данному направлению исследований посвящено дальнейшее изложение настоящей монографии.

Резюме

Одним из важнейших инструментов управления экологической сферой региона и прогнозирования ее состояния является стратегическое планирование. Процесс стратегического планирования обеспечивает базу для управления регионом как в целом, так и его отдельными сферами, включая экологическую. Обострение экологических проблем повышает требования регионализации экологической политики, упорядочения и управления природопользованием в долгосрочной перспективе. В связи с этим становится актуальной необходимость разработки эффективной стратегии природоохранной деятельности в регионе.

Предложены основные методологические и методические основы формирования стратегии охраны ОС в регионе, включая определение экологической миссии региона и его экологического образа будущего, постановку приоритетных целей и задач и выбор возможных путей их решения, детализацию задач в конкретных проектах и про-

граммах, выработку механизма их реализации, анализ и оценку результатов и последствий реализации программ. Обоснован выбор региональных программ в качестве одного из наиболее эффективных средств увязки экономических, социальных и экологических целей развития региона и выявлено место экологической подсистемы в структуре программ социально-экономического развития территории. Такие программы строятся на основе использования программно-целевого подхода, который позволяет комплексно охватить основные проблемы развития территориально-производственной системы, реализовывать идеи устойчивого развития региона, в соответствии с которыми предусматривается экономическое и социальное развитие региона, сбалансированное с возможностями ОС и включающее в качестве обязательного условия обеспечение экологической безопасности развития соответствующей территории.

Изложена методология прогнозирования экологической сферы в регионе в соответствии с принципами системы государственного экологического управления и разработки экологических программ. Рассмотрены элементы системы стратегического планирования в Российской Федерации, включая прогнозирование социально-экономического развития, программно-целевое планирование и стратегический контроль. Дана характеристика документов стратегического планирования в субъектах РФ. Показано, что с позиций интересов и страны, и субъектов Федерации региональные программы признаются в качестве основного (связующего эти интересы) инструмента стратегического планирования и управления.

Реализация предложенного подхода при разработке стратегии охраны ОС на примере Новосибирской области позволила получить определенные результаты и высказать следующие предложения:

1) на основе выполненного анализа исходного состояния ОС в регионе выявлены основные факторы, влияющие на формирование экологической ситуации, и возникающие экологические проблемы;

2) проанализированы особенности формирования экологической ситуации в НСО;

3) сформулированы основные вызовы в области формирования благоприятной экологической ситуации в регионах страны, включая НСО, на основе чего обозначен экологический образ будущего рассматриваемого региона;

4) сформулированы важнейшие направления формирования природоохранной стратегии НСО и проанализированы основные факторы ее формирования, включая пространственный, производственный и организационный аспекты; определены цель, задачи и стратегические приоритеты в области охраны ОС (атмосфероохранная деятельность, рационализация использования водных ресурсов и охраны водных объектов, образование и обращение с отходами);

5) проанализированы возможные варианты решения проблем, их преимущества и риски, возникающие в условиях возможной реализации различных вариантов решения экологических проблем при формировании экологического сценария стратегии социально-экономического развития региона; показаны возможности и ограничения соответствующих вариантов;

6) предложена система природоохранных мероприятий, которые составляют основу стратегии природоохранной деятельности региона и, соответственно, определяют основные направления совершенствования системы экологического регулирования в регионе, обеспечивающих минимизацию негативного воздействия ан-

тропогенной деятельности на ОС и в целом экологическую безопасность развития экономики НСО;

7) выполненные расчеты по прогнозу загрязнения атмосферы НСО по наиболее распространенным загрязняющим веществам, отходящих от стационарных источников на период 2005–2025 гг., с учетом названных мероприятий и параметров мобилизационного сценария [364], свидетельствуют о реальной возможности формирования тенденции постепенного улучшения состояния атмосферного воздуха в области;

8) представлены ожидаемые результаты реализации природоохранных мероприятий программы и высказаны желаемые результаты их осуществления;

9) предложена система критериев и показателей (общих и частных), которые можно использовать не только для оценки состояния экологической ситуации в регионе, выявления ее «болевых точек», но и для оценки результативности намечаемой деятельности при реализации экологической стратегии. Предложенный перечень целевых экологических индикаторов отражает стратегические экологические приоритеты и ключевые экологические проблемы, стоящие перед руководством и населением НСО. Он предназначен для использования региональными органами управления в качестве инструмента мониторинга деятельности в сфере обеспечения устойчивого развития НСО. Это даст возможность осуществлять своевременную доработку и корректировку программы, направленную на достижение экологических целей, в том случае, если эта деятельность будет недостаточно эффективной.

Очерчен круг проблем, связанных с реализацией региональных экологических программ. Обоснован выбор стратегических направлений природоохранной деятельности в НСО, обеспечивающих формирование реальной тенденции постепенного улучшения экологической обстановки в области. Высказаны рекомендации по совершенствованию механизма управления региональной эколого-экономической системой. Проанализированы условия реализации природоохранной стратегии в регионе, включая проблемы создания экономического инструментария стимулирования природоохранных мероприятий, сложившееся правовое обеспечение экологической политики, особенности финансирования природоохранной деятельности в РФ и инновационные аспекты экологической безопасности развития экономики.

С позиций управления природоохранной деятельностью в регионе разработка региональных экологических программ хорошо вписывается в предложенный в Институте экономики и организации промышленного производства СО РАН экономико-математический аппарат по стратегическим эколого-экономическим исследованиям [53; 54; 57; 61; 66; 67; 68; 69; 70; 426; 429], который может рассматриваться в качестве инструмента получения дополнительной информации для более обоснованного принятия стратегических управленческих решений в экологической сфере. Изложению подхода, основанного на использовании данного аппарата, будут посвящены следующие главы.

ГЛАВА 4
ПОДХОД К ПРОГНОЗИРОВАНИЮ ЭКОЛОГО-ЭКОНОМИЧЕСКИХ ВЗАИМОДЕЙСТВИЙ ДЛЯ ЦЕЛЕЙ УПРАВЛЕНИЯ ТЕРРИТОРИАЛЬНЫМИ ПРОИЗВОДСТВЕННЫМИ СИСТЕМАМИ

4.1. ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ АНАЛИЗА ЭКОЛОГО-ЭКОНОМИЧЕСКИХ ВЗАИМОДЕЙСТВИЙ

Многие подходы, предложенные для учета эколого-экономических взаимодействий, опираются на теоретические исследования в области экономики природопользования и связаны, в частности, с экономикой благосостояния и теорией внешних эффектов. Так, проблемами внешних эффектов, обусловленных загрязнением ОС, занимались М. Добб, Р. Коуз, А. Маршалл, А. Пигу, Ф. Хольцман, Й. Хершлифери и другие ученые, концентрировавшие внимание на проблемах недостаточной экологической обоснованности рыночного поведения хозяйствующих субъектов. Большое значение имела работа А. Пигу [312], в которой он обосновал необходимость государственного регулирования охраны ОС через налоговую систему и на основе интернализации внешних эффектов предложил налог на предприятие, равный величине ущерба от загрязнения (определяется в точке пересечения кривых предельной чистой частной прибыли и экстернальных издержек). Это послужило теоретической основой для введения платности за загрязнение ОС, а налог Пигу превратился в один из ключевых инструментов экологической политики.

Важный вклад в разработку подходов к учету экологических факторов внес Р. Коуз [233], разработавший концепцию (теорема Коуза), которая исходит из того, что при нулевых трансакционных издержках (затраты на поиск партнеров, проведение переговоров и осуществление контроля соблюдения договорных условий и др.) и точном определении прав собственности, соблюдение которых обеспечено, стимулируется интернализация внешних эффектов, связанных с загрязнением ОС (провалов рынка в этих условиях не происходит, и государству нет оснований для вмешательства с целью регулирования рыночного механизма). Теорема Р. Коуза лежит в основе возможности формирования рынка прав на загрязнение ОС, когда на ограниченной территории вводится лимит на общий выброс загрязняющих веществ, в рамках которого может осуществляться перераспределение выбросов (покупка) между предприятиями с учетом минимизации затрат на очистку в условиях совершенной неэластичности предложения прав на загрязнение. В этих условиях предприятие-загрязнитель, имеющее низкие природоохранные издержки, может продавать часть своих прав на загрязнение другим предприятиям с высокими издержками и которым выгоднее покупка дополнительной квоты на загрязнение, чем дополнительные инвестиции в природоохранные мероприятия с целью сокращения выхода загрязнения [106, с. 61, 96]. Теорема Р. Коуза послужила теоретической основой для формирования принципиально нового рыночного инструмента управления экологической сферой – рынка прав на загрязнение ОС.

Одним из методов, широко используемым для исследования эколого-экономических взаимосвязей, является экономико-математическое моделирование [175; 176; 177; 253; 422; 430; 431; 432; 433; 440; 444; 445; 451; 452; 453; 455; 462 и др.].

Среди экономико-математических моделей, предложенных для описания эколого-экономических систем, можно выделить три наиболее распространенных типа моделей – балансовые, оптимизационные и имитационные. Анализ некоторых моделей и подходов, используемых для исследования влияния развития экономики на состояние ОС, содержится, в частности, в нашей работе [73].

Характеризуя данные модели в целом, можно отметить, что при изучении эколого-экономических взаимосвязей модели, построенные по принципу межотраслевого баланса, дают возможность рассматривать вопросы охраны ОС лишь в связи с исследованием межотраслевых связей. Такой тип эколого-экономических моделей представляется полезным для отображения основных взаимозависимостей между экономической системой и ОС при исследовании хозяйства крупных по масштабам территориальных единиц, прежде всего национальной экономики в целом. Использование же подобных моделей при исследовании территориально-производственных образований меньшего ранга оказывается недостаточным, так как при функционировании последних все большее значение принадлежит не только межотраслевым, но и общеэкономическим связям различных производств (совместное использование трудовых и локальных природных ресурсов, объектов инфраструктуры и т. д.). В процессе осуществления таких связей проблемы охраны ОС выступают как важнейший фактор, влияющий на формирование пространственной структуры хозяйства территории. Поэтому отражение экологических требований на региональном и местном уровнях должно осуществляться с учетом многообразных (а не только межотраслевых) связей, возникающих между различными элементами природной среды и хозяйством территории в процессе его формирования. В известных подходах, основанных на использовании оптимизационных моделей, регион, как правило, не рассматривается в качестве специального объекта исследования как единая территориальная социально-экономическая система, для которой характерно наличие тесной взаимосвязи экономических, социальных и природных элементов отдельной территории. Имитационные модели характеризуются в основном отражением различных процессов, протекающих в биологических и естественных системах (это, как правило, биолого-математические модели).

При всей важности названных подходов ими затруднительно непосредственно воспользоваться для учета экологических факторов при оптимизации формирования территориальных хозяйственных систем, поскольку в них (прежде всего в балансовых) или не рассматривается пространственный аспект проблем ООС (что свойственно, в частности, подходам В. Леонтьева [253; 444; 445], Д. Форда [253], Р. Айреса, А. Низа [422]); или исследуется не все хозяйство территории и его взаимодействие с природной средой, а лишь отдельные отрасли промышленности (Mathur V., Yamada H. [446], Parvin M., Grammas G.W. [454]; Rose A. [455]; Тагаева Т.О., Казанцева Л.К. [205; 373]), или рассматривается не совокупность природных ресурсов и условий, характеризующих ту или иную территорию, и их взаимосвязи с хозяйственной деятельностью, а один из ресурсов, например вода (Горстко А. Б. [147; 148], Ушаков Е.П. [392; 393; 394]); или в проблеме ООС выделяется только борьба с загрязнением одного из элементов природной среды, например атмосферы (Гусев А.А. [159]).

Глубокий анализ подходов к оценке влияния экологических факторов на экономическое развитие и предложенного для этой цели экономико-математического аппарата дан в работах Дружинина П.В., Морошкиной М.В., Шкиперовой Г.Т. [175; 176]. Этими же авторами разработаны экономико-математические модели на основе использования различ-

ных типов функций загрязнения (производственных и других), связывающих экономические и экологические показатели развития территории, проведено исследование их свойств, характеристик основных параметров, условий агрегирования и взаимосвязи параметров уравнений разного уровня [175; 176; 177]. Исследования проводились в рамках экономики РФ и отдельных регионов в разрезе отраслей как источников загрязнения.

При всех достоинствах перечисленных подходов регион в них не рассматривается как отдельная ограниченная компактная территория (или локальная производственная система, например, муниципальные образования и их совокупности), для которой характерно наличие тесной взаимосвязи экономических, социальных и экологических элементов, позволяющих достаточно детально учитывать и природно-климатическую специфику территории и ее социально-экономические особенности с позиций их совместного влияния на формирование экологической ситуации. Именно подобный взгляд на территорию позволяет ставить и решать широкий круг проблем, включая, в частности, увязку требований охраны ОС с характером размещения производства, особенностями и масштабами хозяйственной деятельности на отдельной территории; учет пространственного аспекта анализа экологических проблем при реализации инвестиционных проектов в регионах нового хозяйственного освоения в долгосрочной перспективе; комплексный охват различных экологических проблем (а не только проблем загрязнения, которое является, безусловно, ключевой экологической проблемой и чаще всего учитывается в экономико-математических моделях с разных позиций). Наряду с этим требуют учета и многие другие проблемы, например рекультивация нарушенных земель, утилизация отходов, влияние загрязнения на состояние здоровья населения, взаимодействие водохранилищ и других искусственных сооружений с хозяйством территории и др. Все это имеет важное значение для принятия управленческих решений о перспективах развития территориальных хозяйственных систем с учетом экологических факторов.

Все перечисленные проблемы невозможно адекватно отразить в одной универсальной модели по причине их разного характера, необходимости разного уровня территориального охвата, разной значимости на разных территориях и т.д. Их учет требует разработки и использования разных моделей и методов.

Для целей комплексного эколого-экономического анализа формирования хозяйства при прогнозировании развития региона в Институте экономики и организации промышленного производства СО РАН предложен подход, в основе которого лежит разработка экономико-математического аппарата оптимизации природоохранной деятельности при прогнозировании развития хозяйства территории [53; 54; 57; 61; 66; 67; 68; 69; 70; 426; 429]. Для решения ряда отдельных проблем данный аппарат используется в сочетании с методами, базирующимися на использовании системы дифференциальных уравнений [84], и методами корреляционно-регрессионного анализа [107; 108; 109][1]. Разработанный подход предназначен в целом для комплексного эколого-экономического анализа последствий реализации хозяйственных решений в регионе, и

[1] В основу построения аппарата исследования заложен один из принципов общей теории систем – принцип множественности описания системы, в соответствии с которым из-за принципиальной сложности системы (в данном случае – территориальной социо-эколого-экономической системы) ее адекватное познание и описание требуют построения множества различных моделей, каждая из которых описывает лишь определенный аспект на соответствующем «языке». Причем эти модели связаны между собой и подчинены общей цели исследования.

его использование позволяет определить экологические возможности реализации инвестиционных проектов на той или иной территории и соответственно выявлять те направления и масштабы природоохранной деятельности, которые обеспечивают соблюдение требований охраны ОС.

Предложенный подход к анализу эколого-экономических взаимодействий при прогнозировании развития региона, используемый математический аппарат и ключевые решаемые проблемы представлены в общем виде на рис. 4.1.

Рис. 4.1. Инструментарий анализа эколого-экономических взаимодействий в регионе и основные решаемые проблемы

Источник: составлено автором.

В составе названного аппарата можно с определенной степенью условности выделить три группы моделей и методов, отражающих различные аспекты эколого-экономических взаимодействий при прогнозировании формирования территориальных систем (рис. 4.2).

Первая группа моделей охватывает модели, характеризующиеся включением экологических блоков в модели формирования территориальных производственных систем (региональных хозяйственных комплексов, промышленных узлов и их агломераций) – территориально-производственные региональные мезомодели [67; 68; 69; 73; 114]. В таких моделях экономические и экологические цели развития региона исследуются на паритетных началах, в них хозяйство, население и природная среда рассматриваются совместно как взаимосвязанные элементы единой территориально-производственной системы. В основе разработки экологического блока лежит концепция устойчивого развития региона, которая предусматривает его экономическое и социальное развитие, сбалансированное с возможностями ОС, и включает в качестве обязательного условия обеспечение экологической безопасности развития экономики региона.

Рис. 4.2. Структура модельного аппарата по прогнозированию экологических последствий хозяйственной деятельности в регионе и решаемые задачи

Источник: составлено автором.

Назначение экологического блока состоит в разработке основ стратегии природоохранной деятельности, основанной на анализе направлений и схем вовлечения в хозяйственный оборот естественных ресурсов региона и выборе системы природоохранных мероприятий, обеспечивающих соблюдение экологических требований с учетом местных природных условий и перспектив экономического и социального развития территории. С помощью экологического блока делается попытка в той или иной степени охватить достаточно широкий круг вопросов по охране ОС, возникающих при формировании пространственной структуры региона.

Основной предмет исследования в рамках первой группы моделей связан со следующими аспектами:

● прогнозированием уровня загрязнения ОС; определением экологически допустимых масштабов воздействия хозяйственного комплекса на ОС;

● определением уровня сверхнормативного загрязнения атмосферы и водоемов;

● анализом влияния факторов накопления и естественного переноса вредных веществ на формирование уровня загрязнения водоемов и атмосферного воздуха;

● определением суммарной величины экономического ущерба от загрязнения ОС;

● выбором варианта системы природоохранных мероприятий; оптимизацией использования локальных природных ресурсов (включая рациональную организацию систем водоснабжения и водоотведения, кооперирование водопотребителей, создание очистных сооружений, организация замкнутых производственных циклов (повторное и оборотное водоснабжение, повторное использование отработанного тепла) и т.д.;

● обеспечение потребностей в территории как пространственном базисе производства, инфраструктуры и населения, осуществление работ по рекультивации земель и вовлечение их в хозяйственный оборот и т.д.) и др.

Экологический блок в конечном счете заключает в себе основные направления экологической политики региона. Использование таких моделей позволяет определить экологические возможности развития производства в том или ином регионе и соответственно выявить направления и масштабы природоохранной деятельности, которые обеспечивают соблюдение требований рационализации природопользования.

Вторая группа моделей ориентирована преимущественно на выбор варианта хозяйственных решений с учетом их экологических последствий. В данных моделях основное внимание уделено более детальному отражению различных экологических аспектов хозяйственной деятельности в пределах региона [55; 56; 61; 66; 67; 68; 70; 85; 112]. При этом ряд социально-экономических условий рассматривается в определенной мере как экзогенные параметры, определяющие характер природоохранной деятельности в том или ином регионе. В данном случае происходит смещение акцентов на детальное представление различных эколого-экономических взаимосвязей в регионе, включая учет специфики природоохранных аспектов формирования объектов различных отраслевых и межотраслевых комплексов, уточнение производственной структуры региона с позиций ее экологической допустимости и др.

Основные задачи, решаемые при реализации данных моделей, предполагают: минимизацию экологических потерь от осуществления хозяйственной деятельности в связи с загрязнением водных объектов и атмосферного воздуха; учет природоохранных аспектов формирования объектов специфических хозяйственных комплексов (лесопромышленного, топливно-энергетического, металлургического и др.); уточнение производственной структуры региона с позиций обеспечения требований охраны ОС; установление объема платежей за загрязнение ОС, который может сформироваться на исследуемой территории; анализ экологической совместимости различных производств; формирование желаемой экологической ситуации в регионе и др. Более подробная характеристика модели выбора варианта хозяйственных решений с учетом их экологических последствий будет дана ниже (п. 4.2).

Третья группа моделей и методов предназначена для более подробного анализа отдельных экологических проблем, представляющих особый интерес в том или ином регионе [53; 57; 65; 78; 84; 89; 96; 107; 108; 109; 114]. Среди них основное внимание фокусируется на следующих проблемах: предупреждение загрязнения атмосферного воздуха; рекультивация нарушенных земель; определение экономически и экологически эффективных направлений и масштабов утилизации отходов разных видов; использование и охрана водных объектов; учет распространения загрязнений в атмосфере; анализ влияния загрязнения атмосферы и климатических особенностей террито-

рии на здоровье людей; выявление влияния загрязнения атмосферы на состояние лесов, привнесение в природную среду искусственных сооружений, включая анализ возможных последствий сооружения гидроузлов, разрезов, прудов-охладителей, отвалов вскрышных пород и золошлаков, ЛЭП, конвейерного транспорта и др. Изложению различных моделей и методов данной группы, их экспериментальному приложению при решении соответствующих задач посвящены главы 5 и 6.

В целом, основные решаемые проблемы и возможные объекты исследования по охране ОС в регионе с использованием названных моделей более подробно показаны на рис. 4.3. Предложенная группировка моделей носит во многом условный характер, поскольку в зависимости от целей исследования одни и те же проблемы могут находить отражение в моделях разных названных групп, однако степень их детализации и характер представления могут быть различными.

Рис. 4.3. Основные решаемые проблемы по охране ОС с использованием предложенного экономико-математического аппарата

Источник: составлено автором.

Разработанный экономико-математический аппарат предназначен в целом для комплексного эколого-экономического анализа последствий реализации хозяйственных решений в регионе. Его использование позволяет решать, в частности, такие задачи, как:

- прогнозирование уровня загрязнения воздушной и водной среды в зависимости от предполагаемых направлений и масштабов развития хозяйства на той или иной территории;
- обеспечение рационального использования и охраны водных ресурсов;
- борьба с загрязнением атмосферного воздуха с учетом анализа распространения загрязнений в атмосфере от различных источников выбросов;
- определение экологически допустимых масштабов территориальной концентрации производства;
- выбор варианта системы природоохранных мероприятий в условиях заданных экологических и экономических ограничений;
- выявление влияния на формирование производственной структуры промышленных узлов ряда специфических экологических факторов, таких, например, как накопление загрязнений в водоемах и атмосфере; естественный перенос вредных веществ по течению водотоков; характер распространения загрязнений в атмосфере от источников выбросов с учетом местных природно-климатических условий;
- анализ экологических последствий привнесения в природную среду искусственных объектов типа прудов-охладителей, отвалов, разрезов, гидроузлов с водохранилищами и т.д.;
- организация утилизации отходов разного вида;
- проведение рекультивации нарушенных горными разработками земель;
- учет взаимосвязей состояния ОС и здоровья людей при прогнозировании формирования промышленных узлов на базе крупных топливно-энергетических объектов;
- определение возможного и фактического экономического ущерба от осуществления хозяйственной деятельности в регионе и др.

В целом использование предложенного подхода позволяет определить экологические возможности реализации инвестиционных проектов в том или ином регионе и, соответственно, выявить те направления и масштабы природоохранной деятельности (и связанные с ней затраты), которые обеспечивают соблюдение экологических требований.

Основные возможности и преимущества разработанного инструментария, на наш взгляд, состоят в следующем.

1. *Комплексность охвата всех элементов территории и проблем охраны ОС*, которая обеспечивается благодаря рассмотрению региона в качестве специального объекта исследования как единой территориальной социально-экономической системы, для которой характерно наличие тесной взаимосвязи экономических, социальных и природных элементов отдельной территории. При этом требования охраны ОС учитываются совместно с рассмотрением вопросов пространственной организации хозяйства региона, условиями воспроизводства водных и земельных ресурсов.

2. *Учет пространственного аспекта исследования проблем* охраны *ОС*, позволяющего осуществлять учет как особенностей конкретной территории (включая ассимиляционный потенциал), так и специфику ее экономической и социальной сфер, а также более точно устанавливать связь между источниками загрязнения и зонами их влияния. Загрязнение ОС всегда происходит в конкретных пунктах размещения и функционирования определённых предприятий и населения. При этом каждый конкретный пункт характеризуется своей структурой и масштабами концентрации произ-

водства и населения и, следовательно, своей структурой и масштабами загрязнения или, в более общем случае, своими видами и масштабами негативного воздействия на ОС. Кроме того, пункты, в которых происходит загрязнение ОС, могут существенно дифференцироваться по природно-климатическим условиям, влияющим на процессы разложения загрязнений в ОС, а также в целом по устойчивости природной среды к антропогенным воздействиям. Это означает, что в разных частях территории требуется отражение специфики местных условий.

3. *Учет фактора динамики* при исследовании уровня негативного воздействия на ОС, позволяющий, в частности, анализировать:

● возможность накопления загрязнения в течение отдельных периодов времени, а также динамику развития производственной и хозяйственно-бытовой деятельности в каждом промузле или ареале. Учет накопления загрязнения представляется особенно важным при исследовании прежде всего территорий, природная среда которых обладает низкими самоочищающими способностями, а также территорий с высоким уровнем загрязнения ОС;

● требования неухудшения качественного состояния водной и воздушной среды в каждом ареале во времени с учетом, соответственно, возможного разложения вредных веществ в воде и рассеивания в воздухе, а также переноса загрязнения по течению рек и по воздуху;

● очередность проведения рекультивации с учетом видов использования восстановленных земель и приоритетности проведения во времени соответствующих видов;

● формирование величины потерь от неиспользования в хозяйстве нарушенных земель в зависимости от длительности периода неиспользования тех или иных участков и др.

4. *Возможность детального отражения не только межотраслевых, но и общеэкономических связей различных производств*, которым при формировании локальных хозяйственных систем принадлежит большое значение (в частности, совместное использование трудовых и локальных природных ресурсов, объектов энергетической, транспортной, социальной и экологической инфраструктуры и т.д.), *но и природоохранных мероприятий*. В процессе осуществления таких связей вопросы охраны ОС выступают как важнейший фактор, влияющий на формирование пространственной структуры хозяйства территории. Поэтому отражение экологических требований на региональном и местном уровнях должно осуществляться с учетом многообразных (а не только отраслевых) связей, возникающих между различными элементами ОС и хозяйством территории в процессе его формирования.

5. *В качестве источников загрязнения выступают непосредственно конкретные производственные и другие объекты – виновники негативного воздействия на ОС* (например конкретные предприятия, элементы производственной и социально-бытовой инфраструктуры и др.), а не отдельная отрасль (как в межотраслевых моделях), где допускается, как правило, один вид загрязнения, а для каждого вида загрязнения – один вид деятельности по его очистке, что существенно упрощает описание эколого-экономических взаимосвязей и не дает возможности проанализировать экологические проблемы в связи с характером размещения, структурой производства и масштабами развития всего хозяйства той или иной территории.

6. Среди задаваемых в моделях факторов, влияющих на выбор экологически приемлемых хозяйственных решений, особое внимание уделяется показателям *эконо-*

мического ущерба от загрязнения ОС и разного рода *потерям*, связанным с возможными негативными последствиями антропогенной деятельности (например, с созданием водохранилищ при строительстве ГЭС; неиспользованием в течение длительного периода времени значительных площадей земельных угодий, нарушенных открытыми горными разработками и др.).

Практическое приложение разработанного подхода было осуществлено на материалах ряда регионов Сибири в пределах Красноярского края (регионы Нижнего Приангарья и Среднего Енисея, а также ряда промышленных узлов – Шарыповского, Лесосибирского, Кодинского, Богучанского и др.). Важно отметить, что большая часть моделей охарактеризованного экономико-математического аппарата была разработана применительно к специфическим проблемам и условиям Нижнеангарского региона и прошла практическую или экспериментальную реализацию на материалах его отдельных ареалов и региона в целом.

К числу основных трудностей при практической реализации предложенных моделей относятся прежде всего потребность в довольно большом массиве разнообразных исходных данных и трудоемкость при проведении расчетов.

В качестве примера демонстрации возможностей предложенного модельного аппарата представляется целесообразным рассмотреть одну из составляющих его моделей – модель выбора варианта хозяйственных решений с учетом их экологических последствий [53; 66; 70] – и привести некоторые результаты ее практического приложения на примере Нижнего Приангарья.

4.2. МОДЕЛЬ ВЫБОРА ВАРИАНТА ХОЗЯЙСТВЕННЫХ РЕШЕНИЙ В РЕГИОНЕ С УЧЁТОМ ИХ ЭКОЛОГИЧЕСКИХ ПОСЛЕДСТВИЙ

Модель выбора варианта хозяйственных решений с учетом их экологических последствий предназначена для выявления влияния включаемых в рассмотрение факторов на выбор экологически приемлемых хозяйственных решений с учетом возможных негативных последствий от сооружения производственных объектов различных отраслей экономики региона (на примере Нижнего Приангарья).

Экономико-математическая модель, предлагаемая для решения соответствующей задачи, включает следующие группы условий и ограничений:

1) выбор одного варианта технологий из множества возможных, рассматриваемых для каждого из предполагаемых к созданию промышленных предприятий;

2) выполнение задания на выпуск продукции предприятиями региона;

3) выбор необходимого числа предприятий, обеспечивающих заданный объем производства той или иной промышленной продукции;

4) создание ГЭС по одному из трех возможных вариантов НПУ водохранилища;

5) определение возможного уровня загрязнения воды на выделенных участках р.Ангары с учетом факторов накопления и естественного переноса загрязняющих веществ, а также с учетом создания водохранилища определенного НПУ;

6) формирование уровня загрязнения атмосферы в каждой из исследуемых частей региона с учетом условий рассеивания вредных веществ в атмосферном воздухе;

7) образование объемов сверхнормативного выхода загрязняющих веществ со сточными водами и пылегазовыми выбросами рассматриваемых производственных объектов;

8) ограничения на выход в атмосферу комбинаций ряда вредных веществ;

9) определение суммарной величины экономического ущерба, наносимого загрязнением водоемов и атмосферы в выделенных промузлах;

10) формирование величины платы за сверхнормативный выход загрязняющих веществ в окружающую среду региона;

11) ограничения на лимит инвестиций, направляемых на осуществление природоохранных мероприятий (ПОМ) в выделенных частях региона;

12) формирование совокупных потерь, связанных с созданием водохранилищ в результате гидроэнергетического строительства, в соответствии с выбираемым вариантом отметки нормального подпорного уровня.

Ниже приводится экономико-математическая запись условий модели. Требуется найти неотрицательные значения переменных x_{jk}^{r} $(j \in J_1)$, P_{qk}^{t}, Y_{gk}^{t}, ΔP_{qk}^{t}, ΔY_{gk}^{t}, U_{k}^{t}, V_{k}^{t}, ϕ_{k}^{t}, S_{fk}^{t}, $z_{jk}^{n} \cdot (j \in J_2)$, удовлетворяющих следующим группам условий и ограничений.

1. Выбор одного варианта технологий производства из множества возможных:

$$\sum_{k}\sum_{r} x_{jk}^{r} \le 1, \qquad (\forall j \in J_1) \tag{1}$$

$$x_{jk}^{r} = \begin{cases} 1, \text{ если выбирается вариант } r \\ 0 - \text{в противном случае} \end{cases}$$

Здесь x_{jk}^{r} – интенсивность функционирования варианта *r* объекта *j* в промузле *k*; $j \in J_1$, где J_1 – множество промышленных предприятий.

2. Создание ГЭС по одному из вариантов нормального подпорного уровня (НПУ) водохранилища:

$$\sum_{n} z_{jk}^{n} = 1, \qquad (\forall j \in J_2, k) \tag{2}$$

$$z_{jk}^{n} = \begin{cases} 1, \text{ если выбирается вариант } n \\ 0 - \text{в противном случае} \end{cases},$$

Здесь z_{jk}^{n} – интенсивность функционирования варианта НПУ *n* водохранилища ГЭС *j*, размещаемой в ареале *k*; $j \in J_2$, где J_2 – множество гидроэлектростанций.

3. Выполнение задания на выпуск продукции экологически значимыми предприятиями в зависимости от их мощности:

$$\sum_{j\in J_1}\sum_{k}\sum_{r} a_{ij}^{rt} x_{jk}^{r} = B_i^t \qquad (\forall i,t), \tag{3}$$

где a_{ij}^{rt} – объем производства продукции вида i на предприятии j по варианту r в период времени t (здесь варианты r отражают различную производственную мощность на потенциально экологически опасных предприятиях);

B_i^t – задание на выпуск продукции i на конец периода t.

4. Формирование уровня загрязнения водоемов с учетом накопления загрязняющих веществ и переноса загрязнений между соседними промузлами:

$$P_{qk}^t + \Delta P_{qk}^t = \Phi_{qk}^{t(t-1)} + \Phi_{qk'k}^t - \Phi_{qkk''}^t + \sum_j E_{qj}^t x_{jk} + \sum_j E_{qj} x_{jk}^t + E_q z_k^t \quad \forall q,k,k'',t, \tag{4}$$

где P_{qk}^t – объем сброса со сточными водами в пределах допустимых норм вещества q в водную среду ареала (или промузла) k в период времени t;

ΔP_{qk}^t – объем сброса со сточными водами сверх допустимых норм вещества q в водную среду ареала k в период t;

$\Phi_{qk}^{t(t-1)}$ – величина накопления к моменту t загрязнения вида q, поступившего в водную среду ареала k в период времени t-1;

$$\Phi_{qk}^{t(t-1)} = (1-\beta_{qk})^{\tau_t} \Delta P_{qk}^t . \tag{5}$$

Здесь β_{qk} – коэффициент естественного разложения загрязнения вида q в водной среде ареала k в течение года; τ_t – продолжительность периода t;

$\Phi_{qk'k}^t (\Phi_{qkk''}^t)$ – объем поступления (выноса) загрязнения вида q в ареал k (из ареала k) из ареала k' (в ареал k'') в результате естественного переноса веществ.

Объемы переноса загрязнений между соседними промузлами определяются в соответствии с моделью Фелпса-Стритера:

$$\Phi_{qk'k}^t = \alpha_{qk'k}(P_{qk'}^t + \Delta P_{qk'}^t) \qquad \Phi_{qkk''}^t = \alpha_{qkk''}(P_{qk}^t + \Delta P_{qk}^t), \tag{6}$$

где $\alpha_{qk'k}$ $(\alpha_{qkk''})$ – степень разложения вещества q в результате транзита на участке реки от ареала k' до k (от k до k''). При этом: $\alpha_{qk'k} = 10^{-k_q \rho_{k'k}}$. Здесь k_q – константа скорости окисления вещества q ($k_q > 0$ – для неконсервативных органических веществ); $\rho_{k'k}$ – время окисления вещества на участке от k' до k (или время движения воды в реке от створа k' до створа k); $\rho_{k'k} = R_{k'k}/V$, где $R_{k'k}$ – расстояние между k' и k; V – средняя скорость течения реки.

Далее в условии (4) имеем:

x_{jk} – интенсивность варианта функционирования объекта j в ареале k;

x_{jk}^{t} – мощность объекта *j* в ареале *k* на конец периода *t*;

E_q – объем выхода загрязнения вида *q* с бытовыми сточными водами;

z_k^t – численность населения ареала *k* на конец периода *t*;

E_{qj}^{t} (E_{qj}) – объем загрязнения вида *q*, сбрасываемого в водоемы со сточными водами, образующихся на объектах *j* с фиксированной (нефиксированной) интенсивностью на конец периода *t*.

Объемы выхода вредных веществ с промышленными и бытовыми сточными водами определяются как: $E_{qj}^{t} = e_{qj} v_j^t$; $E_{qj} = e_{qj} v_j$; $E_q = e_q v$,

где e_{qj} (e_q) – конечная концентрация вещества *q* в сточных водах объекта *j* (в бытовых стоках). При этом: $e_{qj} = c_{qj}^{нач} - c_{qj}$; $e_q = c_q^{нач} - c_q$. Здесь $c_{qj}^{нач}$ ($c_q^{нач}$) – начальная концентрация вещества *q* в сточных водах объекта *j* (в бытовых стоках);

c_{qj} (c_q) – концентрация, на величину которой снижается содержание вещества *q* в стоках объекта *j* (бытовых стоках) в результате обезвреживания на очистных сооружениях;

v_j^t – объем сточных вод объекта *j* на конец периода *t*; v_j – удельный объем сточных вод объекта *j* с искомой интенсивностью; *v* – удельный объем бытовых сточных вод (на 1 тыс. чел.).

Подставляя выражения (5) и (6) в условия (4), получаем:

$$(1-\alpha_{qkk''})(P_{qk}^{t} + \Delta P_{qk}^{t}) - \sum_{k'} \alpha_{qk'k}(P_{qk}^{t} + \Delta P_{qk}^{t}) - (1-\beta_{qk})\Delta P_{qk}^{t-1} -$$

$$- \sum_{j} E_{qj}^{t} x_{jk} - \sum_{j} E_{qj} x_{qk}^{t} - E_q z_k^t = 0 \qquad (\forall q, k, k', t) \qquad (4а)$$

Таким образом, согласно условию (4а) формирование уровня загрязнения водной среды по тому или иному ингредиенту в каждом промузле осуществляется для каждого расчетного периода времени с учетом следующих факторов:

- объемов сброса вредных веществ с промышленными и бытовыми сточными водами;
- степени обезвреживания загрязнений на очистных сооружениях в зависимости от используемых методов очистки;
- величины накопления загрязнения во времени с учетом фонового загрязнения;
- объемов естественного переноса вредных веществ между соседними промузлами.

В результате такого представления объемов образования вредных веществ в сточных водах динамика загрязнения в каждом периоде отражается через объем загрязнения, поступившего в водную среду в предыдущем периоде с учетом его возможного накопления в течение данного периода, а также в соответствии с динамикой развития производственной и хозяйственно-бытовой деятельности в каждом ареале.

5. Формирование уровня загрязнения атмосферного воздуха с учетом рассеивания загрязняющих веществ в атмосфере:

$$Y_{gk}^{t} - (1-\gamma_{gk})^{\tau_t} Y_{gk}^{t-1} - \sum_{j\in J}\sum_{r} A_{gj}^{rt} x_{jk}^{r} = 0 \qquad (\forall g,k,t) \qquad (7)$$

где Y_{gk}^{t} – уровень загрязнения атмосферы ареала *k* веществом g в период времени *t*;

γ_{gk} – коэффициент, характеризующий рассеивание вещества *g* в атмосфере ареала *k*;

A_{qj}^{rt} – выброс вредного вещества *g* в атмосферу при функционировании объекта *j* по варианту технологии*r* в период времени *t*.

6. Ограничения на сброс загрязнений в поверхностные водные объекты:

$$P_{qk}^{t} \le \frac{G_q^l}{K^l}(R_k^t - \sum_j d_j^t x_{jk} - \sum_j d_j x_{jk}^t - dz_k^t) \qquad (\forall q,l,k,t) \qquad (8)$$

$$R_k^t = R_k - W_k - \sum_{k'} W_{k'}^t \qquad (9)$$

$$d_j^t = (\kappa_j - 1)v_j^t + w_j^t;\ d_j = (\kappa_j - 1)v_j + w_j;\ d = (\kappa_j - 1)v + w\ , \qquad (10)$$

где G_q^l – ПДК вещества *q*, относящегося к лимитирующему признаку вредности (ЛПВ) *l*; K^l – число вредных веществ, относящихся к одному ЛПВ *l*; R_k^t – расход воды в источнике на участке *k* в период *t*; R_k – среднемноголетний расход воды в источнике на участке *k*; W_k – объем водопотребления существующими объектами хозяйства в ареале *k*; $W_{k'}^t$ – объем забора воды на конец периода t потребителями на участках *k'*, расположенными выше по течению реки;

d_j^t, d_j, d – объем изъятия стока для целей безвозвратного водопотребления и разбавления сточных вод объектов *j* и для хозяйственно-питьевого водоснабжения и разбавления бытовых сточных вод: $d_j^t = (\kappa_j - 1)v_j^t + w_j^t$; $d_j = (\kappa_j - 1)v_j + w_j$; $d = (\kappa_j - 1)v + w$

Здесь κ_j (κ) – кратность разбавления отводимых стоков объекта *j* (бытовых стоков); w_j^t – объем водопотребления объекта *j* в период *t*; w_j – удельный объем водопотребления объекта *j* с искомой интенсивностью; w – удельный объем потребления воды населением (на 1 тыс. человек).

Условие (8) с учетом условий (9) и (10) может быть переписано в следующем (более удобном для включения в модель задачи) виде:

$$\frac{\kappa^l}{G_q^l} P_{qk}^t + \sum_j d_j^t x_{jk} + \sum_j d_j x_{jk}^t + dz_k^t \le R_k^t \quad (\forall q,l,k,t) \qquad (8а)$$

Таким образом, ограничения на сброс загрязнений в водную среду – условия (8) или (8а) – строятся с учетом: показателей ПДК вредных веществ в воде водоемов и ЛПВ, присущих тому или иному веществу; эффекта суммации действия различных веществ, относящихся к одному ЛПВ; расхода воды в источнике; объемов безвозвратного водопотребления; требуемой степени разбавления отводимых в поверхностные водоемы очищенных сточных вод.

Ограничения на сброс загрязнений в водную среду – условия (8) или (8а) – строятся с учетом: показателей ПДК вредных веществ в воде водоемов и лимитирующих показателей вредности, присущих тому или иному веществу; эффекта суммации действия различных веществ, относящихся к одному ЛПВ; расхода воды в источнике; объемов безвозвратного водопотребления; требуемой степени разбавления отводимых в поверхностные водоемы очищенных сточных вод.

7. Ограничения на сброс загрязнений в атмосферный воздух:

$$Y_{gk}^{t} + Y_{gkk'}^{t} - Y_{gk'k}^{t} \le G_g , \qquad (\forall g,k,t) \qquad (11)$$

где Y_{gk}^{t} – уровень загрязнения атмосферы ареала k веществом g в период времени t; $Y_{gkk'}^{t}$ – объем поступления в атмосферу вещества gв ареале k от источников загрязнения, расположенных в ареале k'; $Y_{gk'k}^{t}$ – объем поступления в ареал k' по воздуху вещества g, выделяемого в ареале k; G_g – ПДК вещества g в атмосферном воздухе.

8. Ограничения на выход в атмосферу комбинаций вредных веществ:

$$\sum_{g\in Q}\sum_{j\in J_1}\sum_{r}\frac{c_{gj}^{rt}x_{jk}^{r}}{G_g} \le 1 \qquad (\forall k,t), \qquad (12)$$

Где c_{gj}^{rt} – конечная концентрация вещества g, содержащегося в выбросах предприятия j при функционировании его по варианту r в период t;

G_g – ПДК вещества g в атмосферном воздухе; $g \le Q$, Q – множество комбинаций вредных веществ, обладающих эффектом суммации.

Для расчетов по модели запись условия (12) удобно представить с учетом приведения его к одному из вредных веществ в составе комбинации, например, к g = 1.

$$\sum_{j\in J_1}\sum_{r}(c_{1j}^{rt} + \sum_{g=2}^{n}\frac{G_1}{G_g}c_{gj}^{rt})x_{jk}^{r} \le G_1 \qquad (\forall k,t) \qquad (12а)$$

9. Формирование сверхнормативных объемов выхода загрязнений:

а) в водную среду:

$$P_{qk}^{t} - \Delta P_{qk}^{t} \le (G_q^l / k^l)R_k^t \qquad (\forall q,l,k,t) \qquad (13)$$

б) в атмосферный воздух:

$$Y_{gk}^{t} - \Delta Y_{gk}^{t} \le H_{gk}^{t} \qquad (\forall g,k,t), \tag{14}$$

где $\Delta P_{qk}^{t}(\Delta Y_{gk}^{t})$ – объем сверхнормативного выхода загрязнения вида q (g) в водную (воздушную) среду ареала k в период t; G_{q}^{l} – ПДК вещества q, относящегося к ЛПВ l; k^{l} – число вредных веществ, относящихся к одному ЛПВ l; R_{k}^{t} – расход воды в источнике на участке k на конец периода t (с учетом водопотребления действующих производств и населения); H_{gk}^{t} – норматив выброса вещества g в атмосферу ареала k на конец периода t.

В целом, деление объема загрязнения на две части (общее и сверхнормативное) позволяет:

1) определить предельные возможности задаваемых условиями задачи систем очистки (то есть определить, какой объем загрязнения могут обезвредить рассматриваемые очистные сооружения при условии соблюдения экологических стандартов);

2) определить величину экономического ущерба от загрязнения водоемов и минимизировать эту величину в процессе решения задачи в зависимости от складывающейся производственной и пространственной структуры комплекса;

3) осуществить учет фактора накопления загрязнения, поступающего в водную среду сверх допустимых норм;

4) предусмотреть возможность получения решения задачи в случае невозможности выхода на заданные экологические нормативы.

Если в результате решения выделяемое загрязнение не укладывается в заданные ограничения, то это может служить тревожным сигналом о том, что хозяйственная деятельность в том или ином ареале выходит за экологически допустимые пределы и, чтобы этого избежать, необходимо предпринять определенные дополнительные меры – например:

- ввести в условия задачи новые (экологически более чистые) технологии основных производств на рассматриваемых в задаче производственных объектах;
- дополнить или заменить задаваемые системы очистки сточных вод и другие технологии «конца трубы»;
- предложить другие варианты размещения производств с целью рассосредоточения их по территории комплекса для лучшего использования адаптационных механизмов водной среды;
- отказаться от создания тех или иных объектов в ареалах с наиболее напряженной экологической ситуацией или пойти по пути сворачивания производства на отдельных предприятиях до экологически допустимых масштабов и т.д.

10. Условия неухудшения экологической ситуации в каждом из промышленных узлов с течением времени:

а) водной среды:

$$\Delta P_{qk}^{t} < \Delta P_{qk}^{t-1} \qquad (\forall q,k,t), \tag{15}$$

где ΔP_{qk}^{t} – объем сброса со сточными водами сверх допустимых норм вещества q в водную среду ареала k в период t;

б) атмосферного воздуха:

$$\Delta Y_{gk}^{t} < \Delta Y_{gk}^{t-1} \qquad (\forall q,k,t), \tag{16}$$

где ΔY_{gk}^{t} – объем сверхнормативного выхода загрязнения вида g в воздушную среду ареала k в период t.

Условия (15) означают, что объем загрязнения, выделяемый в водную среду того или иного промузла в данный период времени сверх допустимых пределов, не должен превышать соответствующего загрязнения, поступившего в водную среду на конец предыдущего периода, т.е. качественное состояние водной среды в каждом ареале с течением времени не должно ухудшаться. Задавая условия (15) и (16), мы получаем возможность манипулировать в определенных пределах с загрязнением, выделяемым сверх допустимых норм, ограничивая его выход с периода t=1 или с более поздних периодов, когда по мере формирования хозяйства региона и наращивания его производственной мощи увеличивается и выход вредных веществ со сточными водами и пылегазовыми выбросами.

11. Формирование величины экономического ущерба от загрязнения:

а) водоемов:

$$U_{k}^{t} - \sum_{q} U_{qk} \Delta P_{qk}^{t} = 0 \qquad (\forall k,t) \tag{17}$$

б) атмосферы:

$$V_{k}^{t} - \sum_{g} \overline{U}_{gk} \Delta Y_{gk}^{t} = 0 \qquad (\forall k,t), \tag{18}$$

где U_{k}^{t} (V_{k}^{t}) – величина суммарного экономического ущерба от загрязнения водной (воздушной) среды в ареале k на конец периода времени t;

U_{qk} $(\overline{U}_{gk})$ – показатели удельных экономических ущербов от загрязнения водоемов веществом q (атмосферы – веществом g) в ареале k[1];

12. Формирование величины платы за сверхнормативный выход загрязнений:

$$\phi_{k}^{t} - \sum_{q} \pi_{q} \Delta P_{qk}^{t} - \sum_{g} \overline{\pi}_{g} \Delta Y_{gk}^{t} = 0 \qquad (\forall k,t), \tag{19}$$

где ϕ_{k}^{t} – суммарная величина платы за загрязнение водной и воздушной среды ареала k в период времени t; π_{q} $(\overline{\pi}_{g})$ – удельная плата за сверхнормативный выход загрязнения вида q в водную (воздушную) среду.

[1]Методика расчета показателей ущербов от загрязнения водоемов и атмосферы приведена в [134; 135; 273], а также в нашей работе [81].

13. Потери, связанные с гидроэнергостроительством:

$$S_{fk} - \sum_{j \in J_2} \sum_{r} s_{fj}^{rt} x_{jk}^{r} = 0 \qquad (\forall f \in F_1 \bigcup F_2 \bigcup F_3 \bigcup F_4; k, t), \tag{20}$$

где S_{fk} – общий объем потерь вида f в связи с гидроэнергостроительством в ареале k за весь рассматриваемый период времени; $f \in F_1 \bigcup F_2 \bigcup F_3 \bigcup F_4$, где F_1 – множество категорий земли, пригодных для использования в сельском хозяйстве и попадающих в зону затопления; F_2 – множество видов продукции рыбного хозяйства; F_3 – множество видов лесного сырья; F_4 – множество видов жилищных условий населения, переселяемого в связи с затоплением; s_{fj}^{rt} – прирост потерь вида f в результате строительства ГЭС J $(J \in J_2)$ по варианту НПУ r за период времени t.

14. Ограничения на лимит инвестиций, направляемых на ПОМ:

$$\sum_{j \in J_1 \bigcup J_2} \sum_{r} \sum_{k} k_j^{rt} x_{jk}^{r} - \sum \phi_k^t \le k^t \qquad (\forall t), \tag{21}$$

где k_j^{rt} – инвестиции, направляемые на проведение ПОМ на объекте $j(j \in J_1 \bigcup J_2)$ при варианте r на конец периода t; k^t – лимит капвложений, направляемых на проведение ПОМ в период t.

15. Выбор необходимого числа объектов, обеспечивающих заданный объем выпуска той или иной продукции:

а) одного из всевозможных пар объектов:

$$\sum_{k} \sum_{r} (x_{j_1 k}^{r} + x_{j_n k}^{r}) = 1 \qquad (V j_n \in J_1^i \quad при\, n = \overline{2, N_i}) \tag{22}$$

б) допустимой комбинации объектов:

$$\sum_{k} \sum_{r} \left[(N_i - 1) x_{j_1 k}^{r} + \sum_{n=2}^{N_i} x_{j_n k}^{r} \right] = N_i - 1, \qquad (\forall i) \tag{23}$$

где J_1^i – множество предприятий, производящих продукцию вида i; $j_n \in J_1^i, J_1^i \subset J_1, n = \overline{1, N_i}$; n – индекс числа объектов, производящих продукцию вида i; N_i – общее число объектов по производству продукции вида i;

Принимается: $a_{ij_1}^{rt} x_{j_1 k}^{r} = \sum_{n=2}^{N_i} a_{ij_n}^{rt} x_{j_n k}^{r}$ $(\forall i, J_n \in J_1^{-i}, k, r, t)$, т.е. производственная мощность объекта j_1 равна суммарной мощности всех остальных объектов по производству продукции вида i. Это значит, что выполнить задание на выпуск соответствующей продукции можно, выбрав либо один объект j_1, либо $(N_i - 1)$ объектов j_n $(при\ n = \overline{2, N_i})$.

16. Функционал:

$$\sum_k \Big\{ \sum_t U_k^t + \sum_t V_k^t + \sum_t \phi_k^t + \sum_{f \in F_1 \cup F_2 \cup F_3 \cup F_4} y_{fk} S_{fk} - \sum_t \sum_{j \in J_2} \sum_r P_j^r Э_j^{rt} x_{jk}^r \Big\} \to \min \qquad (24)$$

Здесь: y_{fk} – стоимостная оценка продукции (потерь) вида f в промузле k; $f \in F_1 \cup F_2 \cup F_3 \cup F_4$; P_j^r – прибыль, получаемая на единицу выработки электроэнергии на ГЭС j при варианте НПУ r; $Э_j^{rt}$ – выработка электроэнергии на ГЭС j при варианте НПУ r в период времени t.

Целевая функция задачи представляет собой, во-первых, минимум величины экономического ущерба, наносимого хозяйству загрязнением ОС; суммарной величины платы за сверхнормативный выход загрязнения в водную и воздушную среду; потерь, связанных с гидроэнергостроительством, во-вторых, максимум прибыли получаемой в результате выработки электроэнергии на ГЭС при различных вариантах НПУ.

Все перечисленные условия модели строятся, во-первых, для всех рассматриваемых в задаче видов загрязняющих веществ, содержащихся в промышленных и бытовых сточных водах и выбросах; во-вторых, для каждой из выделенных в пределах региона территориальных единиц, в качестве которых принимаются ареалы (или промышленные узлы); и, в-третьих, для каждого из расчетных отрезков времени, на которые разбивается весь исследуемый в задаче период прогнозирования.

Включение охарактеризованных условий в модель задачи позволяет решить прежде всего следующие вопросы:

1) выявить экологически допустимые с точки зрения воздействия на ОС масштабы развития хозяйственной деятельности в регионе;

2) определить возможности задаваемых условиями задачи систем обезвреживания промышленных и бытовых сточных вод и пылегазовых выбросов;

3) проанализировать влияние факторов накопления загрязнения и естественного переноса вредных веществ по течению рек на формирование общего уровня загрязнения водоемов в пределах рассматриваемой территории;

4) оценить величину экономического ущерба, который может быть нанесен экономике региона и здоровью населения загрязнением водной среды в случае сброса вредных веществ сверх установленных допустимых норм;

5) проверить, какие изменения в выборе схемы размещения исследуемых производств на территории региона может вызвать учет требований охраны водных ресурсов.

Упрощенная блок-схема охарактеризованной модели представлена в табл. 4.1. В ней перечислены основные условия модели и рассматриваемые объекты исследования, представлен характер ограничений и коэффициентов целевой функции, показаны ненулевые элементы матрицы связей. Для краткости, блок-схема модели отражает условия, соответствующие одному ареалу и одному периоду времени.

Таблица 4.1

Упрощенный вариант блок-схемы модели выбора варианта хозяйственных решений в регионе с учетом их экологических последствий

Условия		Объекты						Загрязнение				Нормирующие показатели по загрязнению		Экономический ущерб по загрязнению		Плата за загрязнение	Потери для				Знак условия	Ограничения
		Предприятия 1		Предприятия 2		ГЭС J		Водоемов		Атмосферы												
		Варианты		Варианты		Варианты																
		1	2	1	2	1	2	Общее	Сверхнормативное	Общее	Сверхнормативное	Водоемов	Атмосферы	Водоемов	Атмосферы		Сельского хозяйства	Рыбного хозяйства	Лесного хозяйства	Населения		
Выбор одного варианта технологии																					≤	
																					=	
Задание на выпуск продукции																					=	
Ограничения на лимит капвложений																					≤	
Формирование уровня загрязнения	Водоемов																				=	
	Атмосферы																				=	0
Сверхнормативный выход загрязнений в	Водную среду																				≤	0
	Атмосферу																					
Формирование экономического ущерба от загрязнения	Водоемов																				=	0
	Атмосферы																					
Формирование платы за сверхнормативный выход загрязнений																					=	0
Формирование связанных с гидроэнергостроительством потерь для	Сельского хозяйства																				=	0
	Рыбного хозяйства																					
	Лесного хозяйства																					
	Населения																					
Функционал																					→	min

Примечание: заштрихованы блоки, содержащие ненулевые элементы

Источник: составлено автором.

В табл. 4.2 приведен фрагмент матрицы рассмотренной модели с учетом блока условий по охране водного и воздушного бассейнов для двух периодов времени с отражением условий накопления загрязняющих веществ в атмосферном воздухе и поверхностных водоисточниках, а также условий переноса загрязнений по реке между соседними ареалами с учетом их разложения и условий рассеивания веществ в атмосфере. В табл. 4.3 даны обозначения модели и их интерпретация.

В целом реализация прикладных работ с использованием модели выбора варианта хозяйственных решений с учетом их экологических последствий позволила включить в исследование перспектив развития региона и решить следующие задачи:

● минимизировать экологические потери от осуществления хозяйственной деятельности (потери в связи с загрязнением ОС, нарушением ландшафта, привнесением в среду искусственных сооружений и т.д.);

● проанализировать природоохранные аспекты формирования объектов различных отраслевых и межотраслевых комплексов (лесопромышленного, топливно-энергетического, металлургического и др.);

● уточнить производственную структуру региона с позиций ее экологической допустимости;

● определить объем платежей за загрязнение ОС, который может сформироваться на исследуемой территории;

● установить экологическую совместимость различных экологически вредных производств на территории одного промышленного узла и др.

Таблица 4.2

Фрагмент матрицы модели (условия по охране воды и воздуха)

Условия	t	q	z_k^t		x_{jk}^t		x_{jk}		p_{qk}^t				Δp_{qk}^t				Y_{qk}^t				U_k^t		Ограничения
									q=1		q=2		q=1		q=2		g=1		g=2				
			t=1	2	t=1	2	j=1	2	t=1	2	t=1	2	t=1	2	t=1	2	t=1	2	t=1	2	t=1	2	
Загрязнение водного бассейна	1	1	-E1		-E1j		$-E_{11}^1$	$-E_{12}^1$	$(1+\alpha_1)$				$(1+\alpha_1)$										$-(1-\beta_1)^{\tau_1}\Phi_{1k}^0$
		2	-E2		-E2j		$-E_{21}^1$	$-E_{22}^1$			$(1+\alpha_2$				$(1+\alpha_2)$								$-(1-\beta_2)^{\tau_1}\Phi_{2k}^0$
Ограничения на выход загрязнений	1	1	d		dj		d_1^1	d_2^1	k^λ/G_1^λ														$\le R_k^1$
		2	d		dj		d_1^1	d_2^1			k^λ/G_2^λ												$\le R_k^1$
Не ухудшение экологической обстановки	1	1											1										$\le \Phi_{1k}^0$
		2													1								$\le \Phi_{2k}^0$
Загрязнение водного бассейна	2	1		-E1		-E1j	$-E_{11}^2$	$-E_{12}^2$		$(1+\alpha_1)$			$-(1-\beta_1)^{\tau_2}$	$(1+\alpha_1)$									=0
		2		-E2		-E2j	$-E_{21}^2$	$-E_{22}^2$				$(1+\alpha_2)$			$-(1-\beta_1)^{\tau_2}$	$(1+\alpha_2)$							=0
Ограничения на выход загрязнений	2	1		d		dj	d_1^2	d_2^2		k^λ/G_1^λ													$\le R_k^2$
		2		d		dj	d_1^2	d_2^2				k^λ/G_2^λ											$\le R_k^2$
Не ухудшение экол. обстановки	2	1											1	-1									≥0
		2													1	-1							≥0
Загрязнение воздушного бассейна	1	1	$-\rho_{1k}$		$-\rho_{1jk}$		$-\Phi_{11k}^1$	$-\Phi_{12k}^1$									1						$=\gamma_{1k}^{\tau_1}\Upsilon_{1k}^0$
		2	$-\rho_{2k}$		ρ_{2jk}		$-\Phi_{21k}^1$	$-\Phi_{22k}^1$											1				$=\gamma_{2k}^{\tau_1}\Upsilon_{2k}^0$
Экономический ущерб	1																$-\overline{U}_{1k}$		$\overline{U}_{2k}$		1		=0
Загрязнение воздушного бассейна	2	1		$-\rho_{1k}$		$-\rho_{1jk}$	$-\Phi_{11k}^2$	$-\Phi_{12k}^2$									$\gamma_{1k}^{\tau_2}$	1					=0
		2		$-\rho_{2k}$		$-\rho_{2jk}$	$-\Phi_{21k}^2$	$-\Phi_{22k}^2$											$-\gamma_{2k}^{\tau_2}$	1			=0
Экономический ущерб	2																	$-\overline{U}_{1k}$		$-\overline{U}_{2k}$		1	=0
Функционал	δ^t		C_k^1	C_k^2	C_{jk}^1	C_{jk}^2	C_{1k}	C_{2k}					u_{1k}	u_{1k}	u_{2k}	u_{2k}					1	1	→min

Примечание: Обозначения модели содержатся в табл. 4.3.

Источник: составлено автором.

Осуществление серии расчетов по моделированию ситуации выбора возможных вариантов размещения и функционирования промышленных объектов на территории региона с учетом минимизации предполагаемой антропогенной нагрузки на его ОС дает возможность проанализировать полученные результаты с позиций прогнозирования формирования возможной экологической ситуации в том или ином регионе и выявления возможного негативного воздействия на ОС. По результатам оценки возможных экологических последствий создания и функционирования различных объектов выполняется комплексный прогноз влияния намечаемого воздействия на ОС в регионе. Такой прогноз непосредственно связан с выбором системы приоритетных природоохранных мероприятий, которые должны обеспечить приближение формируемых показателей возможного воздействия на ОС (прежде всего, загрязнения) к нормативным, и составить основу природоохранной стратегии региона.

Таблица 4.3

Обозначения фрагмента матрицы модели (табл. 4.2) и их интерпретация

Обозначения	Содержание обозначений
P_{qk}^{t}	Объем сброса со сточными водами в пределах допустимых норм вещества *q* в водную среду ареала (или промузла) *k* в период времени *t*
ΔP_{qk}^{t}	Объем сброса со сточными водами сверх допустимых норм вещества *q* в водную среду ареала *k* в период *t*
$\Phi_{qk}^{t(t-1)}$	Величина накопления к моменту *t* загрязнения вида *q*, поступившего в водную среду ареала *k* в период времени *t*-1
β_{qk}	Коэффициент естественного разложения загрязнения вида *q* в водной среде ареала *k* в течение года; τ_t – продолжительность периода *t*
$\Phi_{qk'k}^{t}(\Phi_{qkk''}^{t})$	Объем поступления (выноса) загрязнения вида *q* в ареал *k* (из ареала *k*) из ареала k' (в ареал k'') в результате естественного переноса веществ
$\alpha_{qk'k}$ $(\alpha_{qkk''})$	Степень разложения вещества *q* в результате транзита на участке реки от ареала k' до *k* (от *k* до k'')
x_{jk} (x_{jk}^{t})	Интенсивность варианта функционирования объекта *j* в ареале *k* (мощность объекта *j* в ареале *k* на конец периода *t*)
E_q	Объем выхода загрязнения вида *q* с бытовыми сточными водами
z_k^t	Численность населения в ареале *k* на конец периода *t*
E_{qj}^{t} (E_{qj})	Объем загрязнения вида *q*, сбрасываемого в водоемы с промышленными (бытовыми) сточными водами, образующихся на объектах *j* на конец периода *t*
G_g (G_q^l)	ПДК вещества *g* в атмосфере, *q* – в воде, относящегося к лимитирующему признаку вредности *l*
K^l	число вредных веществ, относящихся к одному ЛПВ *l*
R_k^t	расход воды в источнике на участке *k* в период *t*
d_j^t, d_j, d	объем изъятия стока для целей безвозвратного водопотребления и разбавления сточных вод объектов *j* и для хозяйственно-питьевого водоснабжения и разбавления бытовых сточных вод
Y_{gk}^t	уровень загрязнения атмосферы ареала *k* веществом g в период времени *t*;
γ_{gk}	коэффициент, характеризующий рассеивание вещества *g* в атмосфере ареала *k*
U_k^t	величина суммарного ущерба от загрязнения водной среды в ареале *k* на конец периода *t*
δ^t	коэффициент дисконтирования
u_{qk}	показатели удельных экономических ущербов от загрязнения водоемов веществом *q* в ареале *k*.

Источник: составлено автором.

4.3. НИЖНЕЕ ПРИАНГАРЬЕ КАК РЕГИОН ПРИЛОЖЕНИЯ ПРЕДЛОЖЕННОГО ПОДХОДА

4.3.1. Стратегические аспекты развития территории

Практическое приложение предложенного модельного аппарата было осуществлено, в частности, на примере Нижнего Приангарья в Красноярском крае. Данный регион является одним из регионов нового хозяйственного освоения в современных условиях России. Он характеризуется высокой привлекательностью для новых крупномасштабных инвестиций, что обусловливает необходимость стратегических разработок в области его освоения и дальнейшего развития, включая экологическую сферу.

На материалах Нижнего Приангарья решен целый ряд задач, в которых исследовалось влияние различных экологических факторов на формирование производственной и пространственной структуры хозяйства региона (табл. 4.4).

Основной интерес имели следующие направления исследований:

1) анализ современной экологической ситуации в Нижнем Приангарье;

2) прогноз возможных изменений в состоянии ОС и риска возникновения экологического неблагополучия;

3) оценка последствий воздействия антропогенной деятельности на ОС и выработка предложений по составу природоохранных мероприятий.

Назначение анализа сложившейся к настоящему времени экологической ситуации в Нижнем Приангарье состоит, во-первых, в оценке возможностей природной среды региона «принимать» антропогенные воздействия и, во-вторых, – в выделении частей территории по степени уже достигнутой хозяйственной нагрузки.

Формирование экологической ситуации в Нижнем Приангарье[1] в перспективе определяется, по крайней мере, следующими факторами:

- специфическими (и в целом неблагоприятными) природно-климатическими условиями данного региона и уязвимостью природных комплексов по отношению к антропогенному воздействию;
- выбором вариантов технологических решений на потенциальных объектах региона;
- качественным состоянием воды в верхнем и среднем течении реки Ангары;
- воздействием на состояние природной среды водохранилищ;
- выбором производственной структуры отдельных ареалов.

Прогноз возможных изменений в состоянии ОС в Нижнем Приангарье базируется на учете перспектив хозяйственного освоения территории, предполагаемой производственной структуры хозяйства, характеристики источников воздействия на ОС. Учитывается также, что производство предполагается сосредотачивать в отдельных крупных ареалах (или промузлах), что повлечет и увеличение нагрузки на ОС в соответствующих ареалах и возможное осложнение в них экологической ситуации. По результатам оценки возможных экологических последствий создания и функционирования различных объектов выполняется комплексный прогноз влияния намечаемого освоения Нижнего Приангарья на ОС, предусматривающий выбор системы природоохранных мероприятий, которые должны обеспечить приближение формируемых показателей возможного воздействия на ОС к нормативным.

---

[1]Нижнее Приангарье обычно понимается как регион, расположенный в бассейне нижнего течения Ангары и среднего участка Енисея и охватывающий территорию пяти районов в пределах Красноярского края (Богучанский, Кежемский, Мотыгинский, Енисейский, Северо-Енисейский). Общая площадь ≈ 260 тыс. км^2, численность населения – около 230 тыс. человек.

Таблица 4.4

Характеристика задач, реализованных на материалах Нижнего Приангарья и его отдельных ареалов

Задачи	Решаемые проблемы	Используемый аппарат
1. Предупреждение загрязнения водоемов	1) Определение экологически допустимых масштабов воздействия прогнозируемого хозяйства на состояние поверхностных вод. 2) Выявление объемов сверхнормативного сброса загрязнений в поверхностные водоемы. 3) Анализ влияния фактора накопления загрязнений в водной среде на формирование общего уровня загрязнения водоемов. 4) Анализ влияния фактора естественного переноса вредных веществ по рекам на формирование общего уровня загрязнения водоемов. 5) Оценка величины экономического ущерба, наносимого загрязнением поверхностных вод	Модель оптимизации пространственной структуры экономики региона (МОПС ЭР) с блоками по воде
2. Предупреждение загрязнения воздушного бассейна	1) Анализ влияния хозяйственной деятельности в регионе на состояние атмосферного воздуха 2) Определение уровня сверхнормативного загрязнения атмосферного воздуха. 3) Оценка величины экономического ущерба от загрязнения атмосферы	МОПС ЭР с блоком по воздуху
3. Борьба с загрязнением водоемов и атмосферы	1) Прогнозирование уровня загрязнения воздушной и водной среды. 2) Определение экологически допустимых масштабов концентрации производства в регионе. 3) Определение суммарной величины экологического ущерба от загрязнения ОС и др.	МОПС ЭР с блоками по воде и воздуху
4. Анализ взаимосвязей загрязнения ОС и здоровья людей	Установление количественных зависимостей между заболеваемостью людей и состоянием ОС (включая загрязнение атмосферного воздуха и климатические особенности территории) в районе размещения крупных ТЭС	Методы регрессионного и факторного анализа. УПРЗА Эколог
5. Распространение загрязнений в атмосфере	Построение карт рассеивания вредных веществ в атмосферном воздухе для отдельных объектов. Уточнение размеров санитарно-защитных зон для отдельных экологически опасных объектов	УПРЗА Эколог
6. Минимизация ЭУ от осуществления хозяйственной деятельности	1) Определение потерь, связанных с загрязнением ОС и созданием водохранилищ. 2) Формирование суммарной величины платежей за загрязнение. 3) Уточнение структуры ЭР и вариантов мощностей для основных объектов	Модель выбора варианта хозяйственных решений с учетом их экологических последствий
7. Исследование взаимосвязей загрязнения атмосферы и состояния лесов	Прогноз влияния выбросов на состояние лесов и определение ущерба, наносимого лесному хозяйству загрязнением воздуха. Определение площадей возможного нарушения лесов (с учетом их породного состава) в зависимости от мощностей, профиля, технологий и размещения объектов-загрязнителей	УПРЗА Эколог. Модель выбора варианта хозяйственных решений с учетом их экологических последствий

Примечание: УПРЗА Эколог – Унифицированная программа расчета загрязнения атмосферы «Эколог» (реализует положения работы «Методика расчета концентраций в атмосферном воздухе вредных веществ, содержащихся в выбросах предприятий (ОНД-86)» [274].

Источник: составлено автором

Основной круг решаемых эколого-экономических проблем в пределах Нижнеангарского региона охватывает: предупреждение загрязнения водоемов и атмосферы; анализ взаимосвязей загрязнения ОС и здоровья людей; учет распространения загрязнений в атмосфере; исследование взаимосвязей загрязнения атмосферы и состояния лесов; минимизацию экономического ущерба от осуществления хозяйственной деятельности, включая и анализ возможных последствий сооружения крупных гидроузлов, и др. [54; 61; 72; 287; 406].

Прежде чем перейти к изложению некоторых результатов реализации предложенных моделей, рассмотрим характеристику социально-экономических и природно-климатических условий Нижнего Приангарья, влияющих на формирование экологической ситуации.

В Нижнем Приангарье в настоящее время в разной степени реализации находятся два крупных инвестиционных проекта – «Комплексное развитие Нижнего Приангарья»[1] (ИП КРНП) [197; 303] и «Ангаро-Енисейский кластер» [10; 130]. В результате реализации первого этапа инвестиционного проекта ИП КРНП создана опорная база для дальнейшего интенсивного и крупномасштабного хозяйственного развития.

Основной причиной инвестиционной привлекательности региона является наличие на его территории разнообразных и нередко уникальных по качеству и масштабам топливно-энергетических и сырьевых ресурсов, включая руды черных, цветных и благородных металлов, углеводородное сырье, разнообразное нерудное сырье, лесные, водные и гидроэнергетические ресурсы. Немаловажную роль играет и имеющийся задел в виде запущенной в эксплуатацию Богучанской ГЭС, в 2016 г. вступил в строй алюминиевый завод в Богучанах, а также имеет место определенное инфраструктурное освоение территории. Все эти преимущества Нижнего Приангарья послужили основанием для разработки (начиная еще с советского периода) проектов комплексного освоения территории региона [275; 287; 288; 296] вплоть до реализующегося в настоящее время ИП КРНП. При этом последний проект представляет собой, на наш взгляд, по существу, лишь фрагмент ФЦП освоения Нижнего Приангарья [296].

ИП КРНП является самым крупным проектом в России, реализуемым в постсоветский период. В основе механизма его реализации лежит принцип государственно-частного партнерства. Финансовая поддержка государства осуществляется из Инвестиционного фонда РФ на условиях софинансирования и направлена на создание крупных объектов транспортной и энергетической инфраструктуры, что должно способствовать укреплению промышленного потенциала региона. При этом 55,2% [240] средств, требуемых на реализацию проекта, предоставляет Внешэкономбанк.

Первый этап реализации ИП КРНП (2006–2012 гг.) в территориальном плане ограничен в основном Богучанским промышленным узлом (Богучанская ГЭС, алюминиевый завод и ЛПК). Не подлежит сомнению, что большим достоинством начального этапа освоения региона является создание ряда крупных инфраструктурных объектов в дополнение к имеющимся. В частности, есть два железнодорожных выхода в регион (Ачинск–Лесосибирск и Решоты–Карабула), строится железная дорога Карабула–

[1] Проект разработан московской независимой консалтинговой компанией Институт региональной политики (http://www.regionalistica.ru/).

Ярки, построен автомобильный мост через Ангару, автомобильные трассы, в том числе автодорога Канск–Абан–Карабула–Богучаны–Кодинск. Можно также назвать имеющиеся проекты соединения Усть-Илимска с Лесосибирском как части Северо-Сибирской железнодорожной магистрали. Кроме того, в регионе активно формируется энергетическая инфраструктура (ЛЭП 220 кВ БоГЭС – Карабула, ЛЭП 220 кВ БоГЭС – Раздолинск и др.). С пуском Богучанской ГЭС в 2012 г. 1-й этап ИП КРНП вступил в завершающую стадию реализации (рис. 4.4) [59].

В более отдаленной перспективе (второй этап: 2013–2020 гг. – см. рис. 4.5) предполагается строительство новых предприятий в Кодинском промузле (Тагарский ГОК, цементный завод) и в Богучанском (газоперерабатывающий и газохимический заводы). Новые производства намечаются также в Мотыгинском районе (Горевский ГОК, ГЭС). Второй этап развития Нижнего Приангарья связан главным образом с освоением нефтегазовых месторождений Восточно-Сибирского нефтегазового комплекса (в пределах южной Эвенкии) и поэтому, кроме нескольких промышленных предприятий и объектов транспортной и энергетической инфраструктуры, в пространственном аспекте выходит за пределы собственно самого Нижнего Приангарья (см. рис. 4.5) [197].

Отметим, что современное состояние региона характеризуется низкими темпами экономического развития, инвестиционным кризисом, моноориентацией (в основном на объекты лесопромышленного комплекса), высокой долей теневой экономики, стабильным оттоком населения и безработицей.

Второй этап инвестиционного проекта в последнее время трансформировался в комплексный проект «Ангаро-Енисейский кластер» [10; 130]. Кроме названия, новый проект, на наш взгляд, мало чем отличается от предыдущего.

Рассматривая Нижнее Приангарье через призму реализующегося в настоящее время ИП КРНП, следует отметить, что данный регион, во-первых, получает развитие преимущественно по сырьевому сценарию и, во-вторых, территориальная концентрация производства в его пределах неравномерна: развитие ограничивается лишь двумя промышленными узлами – Богучанским и в более отдаленной перспективе – Кодинским. Это означает, что вопрос о сплошном освоении его территории не ставится, производство предполагается сосредотачивать в отдельных крупных промузлах, что повлечет и рост уровня территориальной концентрации экологически опасных производств в пределах данных узлов, а, следовательно, и увеличение нагрузки на ОС в соответствующих узлах и возможное в связи с этим осложнение в них экологической ситуации.

Характеризуя инвестиционный проект в целом, следует отметить, что в нем, в частности, отсутствуют такие важные признаки, как комплексность развития территории с позиций формирования и функционирования базовых отраслей его экономики во взаимосвязи с социальной сферой и ОС; координация создания и функционирования всех объектов на территории; стремление к построению инновационной модели развития с учетом постоянной адаптации к требованиям НТП; формирование инфраструктуры местного значения; учет требований ООС и воспроизводства природных ресурсов; решение сложного клубка социальных проблем, нацеленное в конечном счете на повышение уровня жизни людей; возможность использовать имеющиеся природные ресурсы в интересах не только крупных компаний, но и проживающего в регионе населения (и в целом в контексте целей устойчивого развития – в интересах настоящего и будущего поколений) и др.

Рис. 4.4. Проект развития Нижнего Приангарья (I этап реализации)

Источник: http://www.myshared.ru/slide/643902/

Рис. 4.5. Проект развития Нижнего Приангарья (II этап реализации)

Источник: http://www.myshared.ru/slide/643902/

● К этому следует добавить, что по существующему российскому законодательству об инвестиционной деятельности к инвестиционным проектам (в отличие от федеральных целевых программ) не предъявляются требования обязательного проведения государственной экологической экспертизы и наличия оценки воздействия на окружающую среду (ОВОС). Это означает, что инвестиционные проекты фактически выводятся из-под действия природоохранного законодательства и освобождены от экологического контроля.

● Нижнеангарский регион в настоящее время развивается преимущественно по сырьевому сценарию, что, учитывая его специфику, на наш взгляд, вполне оправданно. Очевидно, что сырьевой характер первоначального освоения данной территории – это неизбежность, а производства минерально-сырьевого комплекса будут базовыми отраслями его экономики. Представляется более важным другой вопрос: как пойдет развитие данной территории в более отдаленной перспективе – останется ли оно преимущественно сырьевым (ограничиваясь лишь нижними этажами энерго-производственных циклов) или акценты будут делаться не только на комплексном развитии территории по принципу «ГЭС – алюминиевый завод» или «лес – ЦБК», но и на диверсификацию экономики региона в целом, создавая предпосылки для долгосрочного устойчивого (по крайней мере, стабильного) развития. При этом речь должна идти уже не столько о добыче полезных ископаемых, сколько о развитии перерабатывающих производств, наращивании верхних этажей энерго-производственных циклов, производстве продукции с высокой добавленной стоимостью и конкурентоспособной на российском и мировом рынках. Размещение таких производств может быть в ряде случаев не в Нижнем Приангарье, а в более южных районах Красноярского края.

● Возможности и преимущества трансформации ИП КРНП в федеральную целевую региональную программу. Исходя из долгосрочных интересов региона, возможно ставить вопрос о трансформации инвестиционного проекта в более приемлемую форму организации производства на территории, позволяющую увязывать в единую систему все реализуемые и намечаемые здесь мероприятия во взаимодействии с требованиями формирования инновационной модели развития, а также с учетом обеспечения экологической безопасности и достижения желаемых социальных целей. Такой формой могла бы стать система государственного стратегического планирования и управления. Представляется, что ИП КРНП, трансформированный в региональную программу, мог бы хорошо вписаться в методологию и структуру сложившейся в России системы государственного стратегического планирования и управления. Это не противоречит и существующему порядку финансирования региональных проектов из Инвестиционного фонда РФ.

С позиций интересов и страны, и субъектов Федерации (в данном случае Красноярского края) региональные программы признаются в качестве основного (связующего эти интересы) инструмента стратегического планирования, и идея трансформации ИП КРНП в государственную региональную программу имеет под собой основания.

На наш взгляд, возможны, по крайней мере, два пути трансформации инвестиционного проекта в программу:

1) корректировка инвестиционного проекта в рамках Стратегии социально-экономического развития Красноярского края на период до 2020 г.;

2) инициирование разработки отдельной целевой программы со статусом федеральной.

В любом случае, представляется, что программа по Нижнему Приангарью должна состоять из двух основных взаимосвязанных блоков, включающих, во-первых, инвестиционные проекты (то, что мы имеем сейчас) и, во-вторых, формулировку целей и приоритетов социально-экономического развития региона на долгосрочную перспективу, в том числе в экологической и социальной сферах.

Программы позволяют ставить проблемы более широко, чем инвестиционный проект, охватывая координацию создания и функционирования всех объектов на территории, поиск подходов к построению инновационной модели развития; мероприятия структурной политики с учетом постоянной адаптации к требованиям НТП; формирование инфраструктуры (причем не только федерального значения); требований охраны ОС и воспроизводства природных ресурсов; решение социальных проблем, нацеленное в конечном счете на повышение уровня жизни людей, проживающих на конкретной территории, и др.

● Все эти моменты в инвестиционном проекте, как правило, отсутствуют. При этом надо иметь в виду, что разрабатываемые и реализуемые сегодня в РФ программы социально-экономического развития регионов имеют ряд недоработок и методологических просчетов, которые не позволяют оптимально использовать финансовый, ресурсный и организационный потенциалы региона, возможности всего спектра существующих инвестиционных механизмов, технологий и инструментов; не могут реально способствовать привлечению в регион дополнительных инвестиционных ресурсов и не могут использовать внебюджетные источники финансирования региональных программ; не учитывают, как правило, социальные и экологические последствия реализации.

● Все сказанное особенно актуально и для Нижнего Приангарья. Как в предыдущих разработках, так и в настоящих инвестиционных проектах совершенно недостаточно внимания уделяется экологическим проблемам, в том числе связанным с созданием водохранилищ и компенсацией наносимого ущерба, включая отсутствие научно обоснованных прогнозов долговременного воздействия водохранилищ на качество воды, состояние экосистем р. Ангары и самих водохранилищ, а также оценки накопления токсичных веществ в воде и на дне водохранилищ. Данные проекты продолжают сложившуюся практику гидроэнергостроительства, когда основное внимание уделяется гидроузлу, а все остальное рассматривается как второстепенное и несущественное. Остается за рамками проекта и проблема соединения в одном месте экологически несовместимых крупномасштабных производств (речь идет, прежде всего, о предполагаемом размещении в Богучанском узле алюминиевого и целлюлозно-бумажного заводов). В то же время освоение Нижнего Приангарья требует продуманного подхода, обеспечивающего его развитие с позиций увязки экономических, социальных и экологических приоритетов на основе формирования высокотехнологичного производства, создания энергоэффективных и экологически чистых предприятий. От этого будет во многом зависеть развитие данной территории в более отдаленной перспективе – останется ли оно преимущественно сырьевым или акценты будут делаться на комплексное развитие территории и на диверсификацию хозяйства в целом, создавая предпосылки для долгосрочного устойчивого развития.

С рассмотренных позиций Нижнее Приангарье могло бы стать модельным регионом по отработке подхода к освоению и развитию, основанного на инновационных принципах при выработке стратегии в области охраны ОС и разработки механизмов управления реализацией крупных межотраслевых проектов развития. Основа стратегии формируется путем синтеза, с одной стороны, выделенных экологических проблем, уже существующих или могущих возникнуть в процессе формирования намечаемого хозяйственного комплекса региона, и, с другой стороны, природоохранных мероприятий, определяемых необходимостью решения или предупреждения данных проблем. Это позволяет осуществить структуризацию экологических проблем и природоохранных мероприятий в Нижнем Приангарье (табл. 4.5), на базе которой возможно формирование стратегии охраны ОС в Нижнем Приангарье.

Таблица 4.5

Структуризация экологических проблем и природоохранных мероприятий в Нижнем Приангарье

Экологические проблемы и природоохранные мероприятия	Выходящие за рамки региона	Общие для региона	Специфические для отдельных производств	Специфические для отдельных ареалов
Экологические проблемы				
– загрязнение окружающей природной среды	//////////////////////////////	//////////////////////////	//	//
– экологические аспекты формирования ТЭК	//////////////////////////////	//////////////////////////		//
– создание водохранилищ		//////////////////	//////////////////////////////	//////////////////////////////
– экологическая совместимость производств				//
– нарушение состояния лесов	////////////////////		//////////////////////////////	//////////////////////////////
– нарушение ландшафта			//////////////////////////////	//////////////////////////////
– прочие		////////////////	//////////////////////////////	//////////////////////////////
Природоохранные мероприятия				
– технологические	/////////1///////	/////// 2////		
– водоохранные	/////////3///////	/////// 4////	///////////5//////////	//////////// 6//////////
– атмосферозащитные		///////7////	///////////8//////////	//////////// 9//////////
– лесоохранные			///////////10//////////	///////////11////////
– почво- и ландшафто-защитные			///////////12//////////	///////////13////////
– прочие		//////////////////	//////////////////////////////	//////////////////////////////

Примечание: Примеры природоохранных мероприятий:

1. Разработка и внедрение новых технологий и других технических решений для намечаемых производств;
2. Разработка и внедрение технологических и других технических решений с учетом местных особенностей Нижнего Приангарья;
3. Система водоохранных мероприятий, охватывающая весь бассейн р. Ангары;
4. Водоохранные мероприятия, относящиеся к бассейну р. Ангары в нижнем течении в пределах Нижнего Приангарья;
5. Водоохранные мероприятия на объектах, имеющих особо загрязненные сточные воды (например ЦБК и др.);
6. Мероприятия по рациональному использованию и охране водных ресурсов в отдельных ареалах региона;
7. Мероприятия по предотвращению транзитных переносов загрязнений по воздуху между ареалами Нижнего Приангарья;
8. Установка атмосферозащитного оборудования на объектах с вредными выбросами в атмосферный воздух;
9. Атмосферозащитные мероприятия в ареалах с высоким потенциалом загрязнения атмосферы (например в Кодинском);
10. Лесоохранные мероприятия, осуществляемые отдельными лесопользователями;
11. Мероприятия по восстановлению лесов и отдельных ареалов;
12. Мероприятия по рекультивации земель для ГОКов;
13. Восстановление земель, нарушенных открытыми горными разработками (напримерв Мотыгинском ареале и т.д.).

Источник: составлено автором.

Специфика формирования экологической ситуации в Нижнем Приангарье с точки зрения природно-климатических условий. Среди факторов, обусловливающих необходимость выхода в регион с технологически совершенными производствами, важное место принадлежит специфике местных природно-климатических условий региона, вносящих заметный вклад в формирование экологической ситуации. Нижнее Приангарье характеризуется низким ассимиляционным потенциалом, что обусловлено, во-первых, неблагоприятным (высоким) потенциалом загрязнения атмосферы (наихудшие условия имеют Лесосибирский и Кодинский ареалы) и, во-вторых, низкими самоочищающими способностями поверхностных вод и, соответственно, неблагоприятными условиями для окисления органических веществ, а также довольно высоким уже достигнутым уровнем загрязнения воды органикой (в частности, по фенолам, нефтепродуктам и другим органическим веществам). Это усугубляется созданием водохранилищ и нарушением естественного гидрологического режима р. Ангары.

Особого внимания заслуживает ассимиляционный потенциал водной среды Нижнего Приангарья, который уже на начальной стадии крупномасштабного хозяйственного освоения природных ресурсов региона близок к исчерпанию. Это обусловливает необходимость в процессе проектирования и эксплуатации основных объектов (ЦБК, алюминиевый завод, объекты горнодобывающей промышленности и Красноярского нефтегазового комплекса) не только обеспечить соблюдение региональных экологических нормативов допустимой антропогенной нагрузки, но и разработать и реализовать комплекс мер по снижению негативного воздействия на водную экосистему Ангары действующих производств и населения [46; 361]. Самоочищающие способности реки Ангары уже к настоящему времени в значительной мере исчерпаны и по ряду загрязняющих веществ (например взвешенным веществам, фенолам, нефтепродуктам и др.), качество воды не удовлетворяет установленным нормативам, что, в свою очередь, предъявляет особые требования к основным и природоохранным технологиям намечаемых в регионе производств. К этому следует добавить уже сложившийся довольно высокий уровень фонового загрязнения водной среды в Богучанском и Кодинском ареалах, на которые ляжет основная антропогенная нагрузка в результате реализации инвестиционного проекта.

Вопросы загрязнения воды в нижнем течении реки Ангара нельзя рассматривать без учета комплексного анализа всего речного бассейна р. Ангара. Это связано с тем, что уже в настоящее время качественное состояние воды в районе Нижнего Приангарья, где существующая антропогенная нагрузка пока весьма незначительна, в большой мере определяется воздействием загрязнения, формирующегося в верхнем и среднем ее течении. Поэтому решение проблемы улучшения и сохранения требуемого качества воды в низовьях Ангары в значительной степени зависит не только от существующих и будущих масштабов хозяйственной деятельности в пределах самого Нижнего Приангарья и проведения соответствующей системы природоохранных и прочих мероприятий, но и от экологической ситуации на верхнем и среднем участках р. Ангара. Учитывая это, представляется необходимым первоочередное осуществление водоохранных мер именно в верхней и средней части Ангары, принимающей значительный объем загрязненных промышленных и бытовых сточных вод от производственных объектов и населенных пунктов в пределах Иркутской области (прежде всего городов Иркутска, Ангарска, Усолья-Сибирского, Братска, Усть-Илимска). Для регулирования проблем контроля и транзита загрязнений на всем протяжении р. Ангара было бы полезно иметь специальный орган управления.

Если рассматривать бассейн реки Ангара в целом, то, по существующим оценкам, почти весь объем сточных вод, поступающих в Ангару и ее притоки, сбрасывается на территории Иркутской области (более 98%), в то время как доля Красноярского края в общем объеме загрязнения незначительна (менее 2%) [371, с. 31]. При этом определяющее влияние на загрязнение реки Ангара в пределах Нижнего Приангарья оказывают сточные воды промышленных предприятий Братска и Усть-Илимска. Так, ниже сбросов Усть-Илимского ЛПК концентрация фенолов в Ангаре достигает 25 ПДК, нефтепродуктов – 10 ПДК, величина $БПК_{полн}$ составляет около 5 мг O_2/л. В отраслевом разрезе основная часть загрязненных сточных вод, поступающих в Ангаро-Енисейский бассейн от промышленных предприятий, приходится на долю объектов целлюлозно-бумажной и гидролизной промышленности (31,1%), а также нефтехимической и химической промышленности (27,6%) [371, с. 31].

Важной проблемой является прогнозирование качественного состояния водных ресурсов реки Ангара в условиях ее дальнейшего гидроэнергетического освоения. Опыт эксплуатации существующих водохранилищ Ангарского каскада и анализ качества воды в них позволяют предположить, что намечаемые новые водохранилища на нижней Ангаре будут по аналогии с существующими водохранилищами выполнять функцию отстойников-накопителей загрязнений. При этом в случае продолжения сброса загрязненных сточных вод в среднем и верхнем течении р. Ангара возможно резкое ухудшение качества воды в нижнеангарских водохранилищах и на выходах из них. Кроме того, необходимо учитывать, что водохранилища в нижнем течении Ангары будут замыкающими в каскаде, для которого общей тенденцией является последовательное ухудшение качества воды в водохранилищах сверху вниз. Таким образом, прогнозирование хозяйственной деятельности в пределах Нижнего Приангарья должно осуществляться в первую очередь с учетом уже довольно высокого фонового загрязнения водной среды.

В перспективе состояние водной среды в Нижнем Приангарье определяется, по крайней мере, следующими основными факторами:

1) особенностями местных природно-климатических условий данного региона (неблагоприятными адаптационными возможностями природной среды) и низкой устойчивостью природных комплексов по отношению к антропогенному воздействию;

2) выбором вариантов возможных технологических решений на потенциальных производственных объектах рассматриваемого региона;

3) низким качественным состоянием воды в верхнем и среднем течении реки Ангара и необходимостью проведения соответствующей системы водоохранных мероприятий на действующих промышленных предприятиях Иркутской области в бассейне реки Ангара;

4) воздействием на состояние водных объектов региона водохранилища Богучанской ГЭС, а также возможных будущих водохранилищ, предполагаемых к созданию в связи со строительством новых ГЭС в нижнем течении реки Ангара;

5) выбором возможной схемы размещения будущих производств в регионе и в целом характером производственной структуры отдельных ареалов и масштабами концентрации в них производства.

Что касается адаптационного механизма атмосферного воздуха в Нижнем Приангарье, то в пределах его территории в наиболее неблагоприятном положении находится Кодинский ареал. Это связано с тем, что в целом на территории региона

имеет место устойчивая тенденция к ухудшению почти всех природно-климатических параметров при движении с запада на восток. При этом для Кодинского ареала характерен более суровый температурный режим территории, что выражается в более низкой среднегодовой температуре воздуха, в более продолжительном периоде времени с температурой ниже 0°С, в меньшей средней продолжительности безморозного периода (до 65–75 дней), в большей промерзаемости грунгрунта (до 70–100 см) и т.д. [99; 371]. На территории данного ареала в наибольшей степени распространена островная многолетняя мерзлота, что усиливает уязвимость природной среды к антропогенному воздействию. Здесь наихудшие для Нижнего Приангарья условия рассеивания атмосферных выбросов. Кодинск по существующей классификации районов с точки зрения потенциала загрязнения атмосферы (ПЗА) имеет самый высокий в Нижнем Приангарье ПЗА (более 3,3 единиц, что соответствует V классу опасности).

Кроме того, над территорией Нижнего Приангарья преобладают западные и юго-западные ветры (вероятность которых составляет в среднем в год соответственно 20 и 28%), что обусловливает возможность атмосферного переноса в Кодинский ареал загрязнений из других районов Нижнего Приангарья. К этому следует добавить, что годовой объем осадков, выпадающих в рассматриваемом ареале, меньше, чем в других районах Нижнего Приангарья; здесь чаще имеют место туманы и штили. Так, среднегодовая повторяемость штилей в Кежме составляет 32% (в январе и июне соответственно 45 и 32%). Для сравнения: аналогичные показатели в Богучанах – 29% (для января и июня – 46 и 24%), в Мотыгино – 29% (для января и июня – 44 и 26%), в Енисейске – 14% (для января и июня – 18 и 17%).

В целом, низкие регенерационные возможности природной среды Нижнего Приангарья предъявляют жесткие требования к технологиям производства. Речь идет как о технологических (технологии основных производств), так и об экологических инновациях (мероприятия природоохранного назначения и др.). Только при этих условиях можно ставить вопрос о создании здесь хозяйственного комплекса вообще и в намечаемом составе производств и их мощностей, в частности. При этом необходим не только приоритет передовых малоотходных технологий основного производства для рассматриваемых объектов, но и проведение системы самых разных природоохранных мероприятий, обеспечивающих комплексный охват всех сторон антропогенного воздействия на среду, включая использование возможностей размещения и территориальной организации производительных сил, утилизацию отходов, выбор различных вариантов технологий обезвреживания загрязняющих веществ и их комбинаций и т.д.

Таким образом, в основе концепции развития Нижнего Приангарья должно лежать использование природных ресурсов региона, обеспечивающее его устойчивое развитие, что предусматривает сбалансирование экономического и социального развития с возможностями ОС и ресурсного потенциала и включает в качестве обязательного условия обеспечение экологической безопасности. При этом рациональное использование значительного ресурсного потенциала региона может стать не только основой экономического роста, но и предпосылкой длительного устойчивого развития.

Остановимся на анализе некоторых результатов решения задач, в которых объектом исследования выступали, во-первых, два первоочередных промышленных узла – Богучанский и Кодинский и, во-вторых, Нижнеангарский регион в целом.

4.3.2. Анализ перспектив развития региона с позиций экологического императива

С использованием предложенного модельного аппарата по прогнозированию экологических последствий намечаемой хозяйственной деятельности в регионе была проведена серия экспериментальных расчетов на материалах Нижнего Приангарья. Исследования были направлены в целом на определение возможной схемы размещения предполагаемых к созданию на изучаемой территории новых промышленных предприятий, формирование производственной структуры промышленных узлов, масштабов и темпов развития основных элементов производственной и социальной инфраструктуры, вариантов использования локальных природных ресурсов, масштабов возможного загрязнения водного и воздушного бассейнов, величины экономического ущерба от загрязнения водоемов и атмосферы при условии выполнения заданной производственной программы (реализации инвестиционных проектов на территории) и обеспечения требуемых условий жизни населения.

Остановимся на краткой характеристике двух типов реализованных задач:

А) Поиск уточненной производственной структуры Богучанского и Кодинского промышленных узлов с учетом минимизации экономического ущерба, наносимого окружающей среде загрязнением и гидроэнергостроительством.

Б) Формирование производственной структуры Нижнеангарского региона с учетом возможного воздействия на водную среду.

Используемые для расчетов данные взяты в основном из технико-экономических обоснований прогнозируемых объектов, инвестиционных проектов, паспортов предприятий, Схемы комплексного использования и охраны водных объектов по бассейну реки Ангара [13], различных справочников по охране ОС, а также на сайтах компаний, предприятия которых предполагаются к размещению или создаются в исследуемом регионе[1]. Информация по выбросам и сбросам загрязняющих веществ (кроме названных источников) была также частично взята из разработанных в рамках ЕС справочников по наилучшим доступным технологиям (НДТ) [338][2], а также справочников НДТ, утвержденных Росстандартом в РФ[3].

А) Поиск уточненной производственной структуры Богучанского и Кодинского промузлов.

Богучанский и Кодинский промузлы Нижнего Приангарья, согласно рассмотренным выше инвестиционным проектам, относятся к территориям первоочередного освое-

[1] РУСАЛ. – URL: www.rusal.ru/; Русгидро. URL: http://www.rushydro.ru/; Ангара Пейпа. – URL: http://www.wood.ru/ru/lonewsid-56044.html, http://www.wood.ru/ru/lonewsid-48911.html и др.

[2] В рамках Европейского Союза разработаны отраслевые справочники по наилучшим доступным технологиям (BATReferenceDocuments (BREFs). Разработка справочников осуществляется Европейским бюро по комплексному контролю и предотвращению загрязнений при Институте перспективных технологических исследований (г. Севилья, Испания). Все справочники находятся в открытом доступе на сайте Бюро по адресу: http://eippcb.jrc.es/reference/; Reference Document on Best Available Techniques in the Pulp and Paper Industry. URL: http://forum.europa.eu.int/Public/irc/env/ippc_brefs/library. В настоящее время разработано 26 отраслевых («вертикальных») и 7 «горизонтальных» (раскрывающих общие для ряда отраслей вопросы) справочных документов, из которых Европейской Комиссией утверждены 18.

[3] В России к 2018 г. опубликован 51 справочник НДТ, с которыми можно ознакомиться на официальном сайте Росстандарта в открытом доступе, в разделе «Справочники НДТ». – URL: https://news.rambler.ru/other/38863713/?utm_content=rnews&utm_medium=read_more&utm_source=copylink; https://www.gost.ru/portal/gost/home/activity/NDT/sprav_NDT_2017. Ознакомиться с текстами справочников можно также на сайте Бюро НДТ (Росстандарт). – URL: http://burondt.ru/informacziya/dokumentyi.

ния. С использованием модели выбора варианта хозяйственных решений с учетом их экологических последствий (см. главу 4, п. 4.2) на материалах данных промышленных узлов были выполнены расчеты[1] по определению уточненного варианта их производственной структуры, удовлетворяющего требованию минимизации экономического ущерба, возникающего как результат экологических последствий осуществления хозяйственной деятельности (ущерб от химического загрязнения водоемов и атмосферы и ущерб от гидроэнергостроительства, который включает в себя потери продукции сельского, рыбного, лесного хозяйств, а также потери от переселения населения).

Задаваемый условиями задачи возможный состав производств представлен в Приложении 1 (табл. 1), причем только целлюлозно-бумажные комбинаты (ЦБК) и алюминиевые заводы (АЛЗ) имеют различные варианты возможных технологий, мощностей, сроков строительства и размещения на выделенной территории Нижнего Приангарья, тогда как для остальных объектов эти параметры зафиксированы. Для основных объектов-загрязнителей предусматриваются несколько вариантов производственных мощностей и природоохранных технологий; например, для алюминиевого завода задается два варианта производственных мощностей, каждый из которых предусматривает три варианта природоохранных технологий. Во временном аспекте освоения территории предполагается строительство, в первую очередь, объектов энергетики и лесопромышленного комплекса, во вторую – алюминиевых заводов и, в третью, – Тагарского железорудного ГОКа. По сравнению с составом производств, предлагаемым различными проектными и прогнозными разработками, в данной задаче производственная структура скорректирована с учетом экологической совместимости отдельных промышленных объектов.

Для защиты ОС от негативного влияния промышленных предприятий необходимо проведение природоохранных мероприятий, которые требуют значительных капитальных вложений. Возможное распределение инвестиций по вариантам природоохранных технологий представлено в *Приложении 1* (табл. 2).

Уровень загрязнения водной среды в нижнем течении реки Ангары по условиям задачи прогнозируется с учетом фонового загрязнения на рассматриваемом участке р. Ангары; возможной производственной структуры Кодинского и Богучанского промузлов; возможной нагрузки, которую в будущем могут дать новые объекты на водную среду; накопления загрязняющих веществ как следствия создания водохранилища; переноса загрязнений из расположенного выше по течению реки Усть-Илимского промузла. Последние два фактора имеют важное значение при прогнозировании качества воды в нижнем течении р. Ангары. Хотя в настоящий момент нагрузка на водную среду в Кодинском и Богучанском ареалах незначительна, она формируется в основном за счет сброса неочищенных сточных вод в небольших объемах, судоходства и лесосплава и в большей мере приходится на верхнее и среднее течение реки. Однако при создании водохранилища происходит застаивание речных вод и накопление загрязнения в результате переноса вредных веществ из выше расположенных участков совместно с загрязнением, образующимся непосредственно в Кодинском промышленном узле.

Формирование загрязнения атмосферного воздуха в выделенных промышленных узлах основывается на учете фонового загрязнения; уровня очистки выбросов в зависимости от используемых на объекте-загрязнителе технологий; природно-

[1]Для проведения расчетов был использован пакет ЛП-Система, который позволяет решать оптимизационные задачи линейного программирования с помощью модифицированного симплекс-метода.

климатических условий рассеивания загрязнений в воздушной атмосфере; возможной эмиссии загрязнений будущими промышленными объектами, рассматриваемыми в данной задаче.

Прогнозирование возможного уровня загрязнения осуществляется для пяти основных вредных веществ по водной среде (взвешенные вещества, хлориды, фенолы, нефтепродукты и БПКп) и семи – для атмосферы (пыль, сернистый ангидрид, окислы азота, окись углерода, бенз(а)пирен, фтористый водород, плохо растворимые фториды). Задаваемые объемы сбросов и выбросов представлены в Приложении 1 (табл. 3 и 4).

Включение в задачу условий по определению сверхнормативных объемов выхода загрязнений позволяет определить как общий экономический ущерб, наносимый загрязнением, так и общую величину платы за сверхнормативный выброс вредных веществ. Такая плата является своего рода штрафом за превышение принятых стандартов, причем размер платы должен быть достаточным для компенсации наносимого объектами-загрязнителями вреда и стимулирования природоохранной деятельности предприятий, например, построения новых более эффективных очистных сооружений. Показатели удельных экономических ущербов от загрязнения, а также размеры плат за сверхнормативный выход загрязнений представлены в табл. 5 Приложения 1. Эти показатели входят в задачу в качестве элементов целевой функции, поэтому в процессе решения выбирается такой вариант, который, в частности, удовлетворяет условию минимизации экономического ущерба от загрязнения и выплаты предприятиями минимальной суммы штрафов за сверхлимитное загрязнение ОС.

По условиям задачи часть платы за сверхнормативный выход загрязнений направляется на создание и функционирование местных экологических фондов, которые в дальнейшем могут быть использованы как один из источников инвестиций для осуществления природоохранных мероприятий. Кроме того, в формировании условий задачи и целевой функции учитываются возможные потери в связи с созданием водохранилища (табл. 6, Приложение 1). Остальные требования задачи были сформированы в соответствии с записью условий модели, приведенной в главе 4 (п. 4.2).

Анализ выполненных расчетов позволил определить роль включенных в задачу факторов на выбор экологически приемлемых решений с учетом возможных негативных последствий от загрязнения ОС и сооружения в нижнем течении р. Ангары водохранилища. В результате решения была уточнена возможная производственная структура рассматриваемых промышленных узлов, в пределах которых намечается основная концентрация объектов лесопромышленного и металлургического комплексов (*Приложение 1*, рис. 1, табл. 7). Причем для объектов, имеющих варианты размещения на исследуемой территории, наиболее предпочтительными оказались Кодинский промузел – для АЛЗ и Богучанский – для ЦБК.

Важно отметить, что оптимальным с природоохранной точки зрения оказался выбор объектов малой мощности – двух алюминиевых заводов мощностью по 250 тыс. т каждый в Кодинском ареале (АЛЗ 2 и АЛЗ 3) и двух ЦБК мощностью по 290 тыс. т (ЦБК 2 и ЦБК 3) – в Богучанском. Такой выбор больше соответствует требованиям обеспечения экологических стандартов, поскольку при строительстве объектов малой мощности выбросы загрязняющих веществ в атмосферу имеют меньшую концентрацию и объем, гораздо быстрее рассеиваются и более равномерно распределяются по воздушной среде территории, что имеет особенное значение в условиях низкого ассимиляционного потенциала рассматриваемого региона.

Как видно из табл. 7 и рис. 1 (Приложение 1), в состав Кодинского промышленного узла вошли также Тагарский ГОК (ТГОК), ГДЗ, ТЭЦ 2 и ГЭС. Производственная структура Богучанского промузла, помимо ЦБК, включает также ТЭЦ 2. Кроме того, все объекты в результате расчетов выбираются по вариантам наиболее совершенных из числа задаваемых условиями задачи технологий обезвреживания отходов.

Полученный вариант производственной структуры выделенных промузлов сопровождается наименьшей (при заданных условиях задачи) нагрузкой на ОС. Тем не менее, такой вариант хозяйственной деятельности не по всем загрязняющим веществам обеспечивает формирование уровня загрязнения водной и воздушной среды в пределах допустимых норм (*Приложение 1*, табл. 8).

Полученная картина с загрязнением водной и воздушной среды в рассматриваемых промузлах выглядит следующим образом. По результатам решения задачи в Кодинском промузле сброс только взвешенных веществ и нефтепродуктов со сточными водами не превышает уровня принятых норм на протяжении всех трех периодов. Однако уже во втором исследуемом периоде времени содержание в сточных водах фенолов превышает уровень установленных норм на 13%, а в третьем периоде – почти в 2 раза. Это связано, прежде всего, с вводом в действие I очереди ГДЗ в данном промузле. Выбросы хлоридов в первом и во втором периодах не выходят за границы принятых норм, в третьем же периоде наблюдается небольшое превышение – 16,6%. Что касается загрязнения по БПКп, то наблюдается достаточно сильное превышение нормативов в первом и в третьем периодах (59% и 42% соответственно).

Возможный уровень загрязнения водной среды в Кодинском промузле складывается следующим образом: больше половины суммарного объема выхода загрязнений со сточными водами составляют взвешенные вещества (60%), также большие доли составляют хлориды и БПКп (17% и 21%), а выбросы нефтепродуктов (2%) и фенолов (0,001%) практически не влияют на общий уровень загрязнения воды в Кодинском ареале. Основная нагрузка в узле ложится на воздушную среду, что обусловлено выбором на его территории алюминиевого производства. Так, в общих выбросах загрязняющих веществ в атмосферу доля Кодинского промузла составляет 74% по выбросам окиси углерода, 81% – для бенза(а)пирена, 84% – для выбросов фтористого водорода и 80% – для плохо растворимых фторидов.

В Богучанском узле складывается более напряженная ситуация с загрязнением водной среды, поскольку здесь выбираются ЦБК, а их функционирование связано с особенно высокой нагрузкой на водные объекты. Доля данного промузла в общем объеме сброса загрязнений со сточными водами составляет 66% по взвешенным веществам, 63% – по фенолам, 92% – по хлоридам, 75% – по нефтепродуктам и 54% – по БПКп (*Приложение 1*, табл. 8). С точки зрения загрязнения атмосферы в Богучанском промузле превышение допустимых норм на конец рассматриваемого периода наблюдается только для выбросов пыли и сернистого ангидрида (примерно в 1,5 раза по каждому виду загрязнителей), выбросы остальных загрязняющих веществ соответствуют установленным нормативам *(Приложение 1*, табл. 8).

В целом, прогнозируемая экологическая ситуация в выделенных промузлах Нижнего Приангарья характеризуется удовлетворительным уровнем загрязнения водной и воздушной среды, хотя и наблюдается некоторое превышение установленных норм, что сопровождается нанесением соответствующего экономического ущерба. Согласно условиям задачи, выбранный по результатам расчетов вариант хозяйственных

решений в рассматриваемом промузле Нижнего Приангарья соответствует минимально возможному уровню наносимого экономического ущерба, связанного с загрязнением воздушного и водного бассейнов.

Определение величины экономического ущерба позволяет выявить источники и ареалы, которые вызывают наибольшие потери в связи с загрязнением ОС. Общая величина экономического ущерба, вызванного загрязнением природной среды в Богучанском и Кодинском ареалах, составила 190,2 млрд руб., причем на долю Богучанского промузла приходится 84% суммарного ущерба (159,6 млрд руб.), а на долю Кодинского промузла – 16% (30 млрд руб.)[1].

Как видно из табл. 9 (Приложение 1), ущерб от загрязнения водной среды составляет 189,9 млрд руб. (т.е. 99% суммарной величины ущерба), при этом разница в величине ущерба значительно дифференцируется между Богучанским и Кодинским ареалами, составляя соответственно 83,9% и 16,1%. Это, в первую очередь, размещением целлюлозно-бумажных комбинатов на территории Богучанского промузла. По загрязнению атмосферы соотношение Кодинского и Богучанского ареалов в величине экономического ущерба составляет соответственно 53,6% и 46,4%.

Анализ выполненных результатов расчетов позволил определить роль включенных в задачу факторов на выбор экологически приемлемых решений с учетом возможных негативных последствий для ОС. Проведенные расчеты позволяют сделать следующие краткие выводы относительно перспектив развития рассмотренных промышленных узлов на территории Нижнего Приангарья с учетом экологических требований.

1. Среди заданных условиями задачи вариантов технологий основного производства и технологий очистки на будущих объектах региона по результатам решения выбрались наиболее совершенные. Хотя их создание и требует наибольших затрат, однако они в наилучшей степени обеспечивают экологическую безопасность функционирования соответствующих объектов и сопровождаются образованием наименьшей величины ущерба от загрязнения ОС.

2. Расчеты подтвердили исходную предпосылку о необходимости отказа от создания в регионе уникальных по масштабам производственных объектов, прежде всего алюминиевого завода и ЦБК. Исходя из мировой практики [16; 17], была учтена тенденция сокращения единичных мощностей экологически вредных производств, обусловленная экспоненциальной зависимостью между степенью очистки загрязненных выбросов и стоков и уровнем требуемых затрат. Поэтому при высоких мощностях увеличение степени очистки выше определенного уровня делает производство экономически нерентабельным, что служит одной из ключевых причин отказа от больших мощностей для вредных производств. По нашим расчетам, оптимальный размер единичных мощностей ЦБК в районе Нижнего Приангарья в целях сохранения заданного качества водных объектов и атмосферного воздуха не должен превышать 290 тыс. т, а алюминиевого завода – 250 тыс. т.

3. Вопрос о сплошном освоении территории не ставится, производство предполагается сосредотачивать в отдельных крупных промузлах (Богучанском и Кодинском), что повлечет и рост уровня территориальной концентрации производства в их пределах, а, следовательно, и увеличение нагрузки на ОС, и возможное в связи с этим осложнение экологической ситуации. Поэтому с экологических позиций требуется деконцентрация

[1] Расчет показателей удельных ущербов от загрязнения ОС осуществлялся с использованием методик, изложенных в работах [134; 135; 272; 273; 489; 492].

производства по территории, что позволяет также наилучшим образом использовать регенерационные возможности природной среды в различных ее частях. К этому следует добавить довольно высокий уровень фонового загрязнения водной среды в Богучанском и Кодинском ареалах, исчерпание в значительной мере самоочищающих способностей Ангары по ряду загрязняющих веществ (фенолам, нефтепродуктам, взвешенным веществам и др.), что, в свою очередь, предъявляет особые требования к основным и природоохранным технологиям намечаемых в регионе производств.

4. Анализ возможных вариантов завершения строительства БоГЭС с учетом понижения уровня НПУ водохранилища (на 25 и 35 м по сравнению с проектным в 208 м) и последствий их реализации показал, что минимальная величина экономического ущерба от затопления территории, наносимого населению, рыбным запасам, сельскому и лесному хозяйству, соответствует варианту с отметкой НПУ водохранилища 173 м. Реализация данного варианта могла бы обеспечить сокращение возможного ущерба по сравнению с вариантом НПУ-208 м в 2,8 раза, а с вариантом НПУ-183 м – в 1,6 раза. К сожалению, данная возможность не была реализована на практике.

5. Формирование производственной структуры промышленных узлов Нижнего Приангарья следует осуществлять с учетом экологической совместимости намечаемых здесь производств (эффекты синергизма и суммации). Например, не рекомендуется соединение в одном промузле: алюминиевого и целлюлозно-бумажного заводов; ЦБК и ГДЗ с целью предупреждения возможности высокой концентрации сброса органических примесей на отдельных участках реки. Такое требование приобретает особое значение в связи с низкими самоочищающими способностями поверхностных вод в регионе и, соответственно, неблагоприятными условиями для окисления органических веществ, а также из-за довольно высокого уже достигнутого уровня загрязнения воды органикой (в частности, по фенолам, нефтепродуктам и другим органическим веществам).

6. Анализ влияния возможных водохранилищ на р. Ангаре на изменение процессов накопления загрязнения и естественного переноса вредных веществ между соседними промузлами показал, что учет фактора накопления загрязнения свидетельствует о возможном ухудшении качества воды р. Ангары в районе Кодинского и Богучанского промузлов в связи с созданием водохранилища БоГЭС. Это особенно заметно при вводе в строй крупных промышленных объектов. Таким образом, при создании водохранилищ отмеченный факт может служить еще одним аргументом в пользу отказа от формирования в Нижнем Приангарье крупных промузлов и строительства предприятий-гигантов.

Б) Формирование производственной структуры Нижнеангарского региона с учетом возможного воздействия на водную среду.

Анализ сложившейся экологической ситуации в Нижнем Приангарье и его природно-климатических особенностей показал, что наибольшую озабоченность вызывает качественное состояние воды в нижнем течении р. Ангары, которое, до недавнего времени определялось не столько нагрузками в самом регионе, сколько воздействием загрязнения, формирующимся в верхнем и среднем течении Ангары в пределах Иркутской области. Остановимся коротко на проблемах возможного влияния намечаемой хозяйственной деятельности в исследуемом регионе на состояние его водных объектов. С этой целью с использованием охарактеризованного в главе 4 (пп. 4.1 и 4.2) аппарата оптимизации природоохранной деятельности при формировании хозяйства региона была решена серия задач, охватывающая территорию пяти промышленных узлов: три – в долине Ангары и два – Енисея. Прогнозные исследования возможных изменений в состоянии ОС базируются в

данном случае на учете перспектив хозяйственного развития территории, сложившейся и предполагаемой производственной и пространственной структуры хозяйства, характеристики источников воздействия на ОС и других факторов.

Условиями задачи на территории Нижнего Приангарья предусматривалось формирование пяти промышленных узлов, включая Кодинский, Богучанский и Мотыгинский – на Ангаре, Абалаковский и Лесосибирский – на Енисее (рис. 4.6). Промышленную основу экономики региона представляли около двадцати объектов (табл. 4.6). Среди загрязнений, содержащихся в образующихся стоках, отводимых в водные источники, рассматривались взвешенные вещества, фенолы, хлориды, нефтепродукты и полное биохимическое потребление кислорода (далее – БПКп). Прогнозный период охватывал три временных этапа по пять лет каждый (с 2012 по 2027 гг.). Общая размерность задачи: 2039 уравнений и 4675 переменных.

Рис. 4.6. Ареалы исследования

Таблица 4.6

Варианты размещения объектов Нижнего Приангарья по ареалам (промышленным узлам) (по условиям задачи)

Объекты	Ареалы (промузлы)				
	Кодинский	Богучанский	Мотыгинский	Лесосибирский	Абалаковский
Целлюлозно-бумажный комбинат (ЦБК):					
ЦБК1	x		x		
ЦБК2		x			
ЦБК3				x	x
ЦБК4				x	x
Гидролизно-дрожжевой завод (ГДЗ):					
ГДЗ 1				x	
ГДЗ 2	x				
Лесоперерабатывающий комбинат: (ЛДК):					
ЛДК1				x	
ЛДК2	x				
ЛДК3		x			
ЛДК4				x	
Тагарский ГОК (железорудный)	x				
Горевский ГОК (свинцово-цинковый)			x		
Ферросплавный завод (ФРЗ)	x	x		x	x
Свинцово-цинковый завод (СЦЗ)	x	x	x		x
Глиноземный завод (ГЛЗ)		x	x		
Алюминиевый завод (АЛЗ)	x	x			
Медно-химический завод (МХЗ)	x	x			
Нефтехимический комбинат (НХК)	x	x		x	x
Завод по производству искусственного жидкого топлива (ИЖТ)		x			x

Источник: составлено автором.

В результате решения была уточнена возможная производственная структура рассматриваемых промышленных узлов Нижнего Приангарья, в пределах которых намечается основная концентрация объектов лесопромышленного и металлургического комплексов, и проведены вариантные расчеты, которые предусматривали постепенное ужесточение экологических требований в регионе – от варианта без учета условий по охране водных объектов с последовательным включением групп или отдельных условий, описывающих возможные ситуации взаимодействия хозяйства и ОС на конкретной территории (табл. 4.7).

Таблица 4.7

Варианты решений и их содержание

Варианты решений	Содержание вариантов решений
I	Без условий по охране водных объектов
II	Условия варианта I плюс блок условий по охране водных объектов
III	Условия варианта II плюс учет требований неухудшения экологической ситуации в каждом ареале с определенного периода времени
IV	Условия варианта III плюс: ● убывающая динамика показателей расхода воды в источниках, расположенных на реке Ангара ● условия возможного ухудшения исходных кондиций отводимых в поверхностные источники сточных вод
V	Условия варианта IV плюс требования неухудшения экологической ситуации
VI	Условия варианта V плюс учет возможности сокращения объемов расхода воды на четырех из пяти рассматриваемых участках реки (в районе Богучан, Мотыгино, Лесосибирска и Абалаково)

Источник: составлено автором.

Выбор возможных схем пространственной организации хозяйства на территории Нижнего Приангарья по отдельным вариантам расчетов характеризуется следующими особенностями. С точки зрения формирования возможной производственной структуры выделенных промузлов и создаваемой ими соответствующей нагрузки на водные объекты по результатам решения наиболее напряженная ситуация складывается в Лесосибирском и Мотыгинском промузлах. При этом производственная структура Лесосибирского промузла с позиций возможности сброса загрязнений со сточными водами в поверхностные водоисточники по результатам решения ограничена рассматриваемыми здесь объектами ЛПК, включающего ЦБК, гидролизно-дрожжевой завод и ряд ЛДК. Наряду с этим при задаваемых по условиям задачи вариантах размещения объектов в Лесосибирском промузле, их мощностях и системах очистки сточных вод требуется дальнейшая разгрузка данного промузла для приближения к допустимым уровням сброса в водную среду загрязняющих веществ. То же самое относится и к Мотыгинскому промузлу, в котором по результатам расчетов ситуация с загрязнением водной среды определяется прежде всего выбором здесь ЦБК. Данное предприятие является самым крупным из всех рассматриваемых в задаче ЦБК, и его вклад в общий объем загрязнения воды значительно превышает вклад других предприятий, вошедших по результатам решения в состав Мотыгинского промузла (это Горевский ГОК, глиноземный и свинцово-цинковый заводы).

В рамках предложенной постановки задачи (в дополнение к названным в табл. 4.5 вариантам решения) была выполнена также серия сценарных расчетов, имеющих целью исследование влияния на формирование пространственной структуры Нижнего Прингарья возможных изменений отдельных условий задачи и заданных уровней ряда показателей. В сжатом виде характеристика реализованных в расчетах направлений варьирования условий модели и уровня значений отдельных показателей, а также краткое описание полученных результатов вариантных расчетов сведены в табл. 4.8.

В целом реализация прикладных работ с использованием разработанного экономико-математического аппарата на материалах Нижнего Приангарья показала его применимость для постановки и решения задач по прогнозированию развития территории с учетом возможного воздействия на ОС.

Таблица 4.8

Характеристика вариантных расчетов

Условия модели	Показатели, подвергаемые варьированию	Полученный результат
1. Формирование балансов загрязнения водоемов	1. Показатели выхода конечного загрязнения в сточных водах отдельных предприятий: ЦБК, ГДЗ, НХК и ИЖТ (варьирование осуществлялось в сторону ухудшения исходных кондиций сточных вод)	Происходят изменения в схеме размещения рассматриваемых производств, связанные с увеличением содержания загрязняющих веществ в отводимых сточных водах. Эти изменения можно считать незначительными, что объясняется прежде всего ограниченным набором возможных вариантов размещения исследуемых предприятий. Увеличение сброса загрязнений со стоками сопровождается ростом общей величины экономического ущерба от загрязнения водных объектов.
	2. Показатели степени разложения неконсервативных органических веществ	Снижение степени разложения загрязняющих веществ (в частности, в Кодинском ареале), связанное со строительством водохранилища Богучанской ГЭС, вызывает, с одной стороны, сокращение объемов выноса загрязнений из данного узла и, с другой стороны, усиление процессов накопления вредных веществ в водной среде соответствующего ареала. Соотношение этих двух процессов, а также исходных объемов загрязнения в ареалах, между которыми имеет место транзит загрязняющих веществ (например из Кодинского в Богучанский), и определяет конечный уровень загрязнения в каждом из рассматриваемых ареалов. При этом в Кодинском ареале сброс загрязнения в воду несколько увеличивается. То же самое характерно и для другой пары соседних ареалов, между которыми может быть создано водохранилище (Богучанский и Мотыгинский).
	3. Расчеты с учетом (и без учета) фактора накопления загрязнения	Наблюдается некоторое увеличение общего уровня загрязнения водной среды в районе Кодинского в Богучанского ареалов связи с созданием Бугучанского водохранилища и в перспективе – водохранилища Нижнеангарской ГЭС.
	4. Расчеты с учетом (и без учета) фактора естественного переноса загрязнений	Обостряется экологическая ситуация с загрязнением водных объектов в Лесосибирском промышленном узле и, соответственно, возрастает величина экономического ущерба, причиняемого в данном узле загрязнением водного бассейна. В остальных ареалах заметного увеличения общего уровня загрязнения водной среды не происходит.
II. Условия неухудшения экологической ситуации в каждом из промузлов с течением времени	1. Расчеты без включения данных условий в модель задачи	В процессе оптимизации пространственной структуры хозяйства Нижнего Приангарья активно участвуют показатели экономического ущерба от загрязнения воды, оказывая влияние на выбор вариантов размещения рассматриваемых объектов (усиливается рассосредоточение производства по территории региона) и выбор вариантов их строительства (предпочтение имеют варианты с более поздними сроками начала строительства и функционирования отдельных предприятий).

Продолжение табл. 4.8

Условия модели	Показатели, подвергаемые варьированию	Полученный результат
	2. Включение соответствующих показателей с первого периода времени (ct=1)	В этом случае сверхнормативный сброс загрязняющих веществ не должен превышать уровня исходного фонового загрязнения, что оказывается невыполнимым требованием (в рамках условий поставленной задачи), т.к. выделяемый объем загрязнения не укладывается в заданные нормативы.
	3. Включение соответствующих показателей с периода времени, когда вступают в строй основные объекты-загрязнители	Имеет место выбор таких вариантов строительства ряда объектов (ферросплавный, свинцово-цинковый заводы, Горевский ГОК и завод ИЖТ), по которым создание и функционирование соответствующих объектов начинается по возможности раньше. Это обеспечивает к началу второй половины периода прогнозирования максимально возможный сброс загрязнения. При этом происходит почти двухкратное увеличение величины ущерба от загрязнения воды.
III. Целевая функция	Расчеты с учетом показателей экономического ущерба от загрязнения водоемов по видам их использования (хозяйственно-питьевого и рыбохозяйственного назначения, и в совокупности)	Происходят изменения в выборе вариантов сроков строительства отдельных объектов (ферросплавный, глиноземный и алюминиевый заводы, Горевский ГОК, завод ИЖТ) в сторону смещения начала их строительства ближе к концу периода прогнозирования.

Источник: составлено автором.

4.3.3. Рекомендации и выводы по результатам выполненных расчетов

По результатам проведенных расчетов сформулированы выводы и высказаны рекомендации, в соответствии с которыми обеспечение экологической безопасности при формировании Нижнего Приангарья обусловливает необходимость осуществления ряда мер.

1. Учет следующих факторов, определяющих формирование экологической ситуации в Нижнем Приангарье:

а) особенности природно-климатических условий региона, которые в силу низкого ассимиляционного потенциала и крайней чувствительности к вредным воздействиям оцениваются как неблагоприятные с точки зрения возможностей загрязнения ОС;

б) специфика сложившейся и перспективной производственной структуры хозяйства с учетом возможного вклада в нарушение ОС создаваемыми и намечаемыми объектами, относящимися к экологически вредным и имеющим, как правило, недопустимо высокие (с экологических позиций) мощности;

в) воздействие гидроузлов на реках Ангара и Енисей на качественное состояние водных ресурсов в регионе;

г) масштабы и характер территориальной концентрации производства по промышленным узлам и суммарная нагрузка на ОС, которая может иметь место в результате размещения различных промышленных предприятий и населенных пунктов;

д) используемые подходы к решению экологических проблем в рамках отдельных предприятий, включая технические и технологические методы и средства.

2. Пересмотр производственных мощностей создаваемых и будущих объектов в сторону их снижения с учетом возможного совместного воздействия на ОС (прежде всего целлюлозно-бумажного и алюминиевого заводов). Поскольку предполагаемые к размещению на исследуемой территории предприятия являются не просто крупными, но и уникальными по мощности объектами (часто не имеющими аналогов в мировой практике), то возникает риск роста масштабов негативных экологических последствий их функционирования и усложнения решения проблем обезвреживания выделяемых загрязнений [16; 17]. Выполненные расчеты показали, что в условиях Нижнеангарского региона оптимальный с экологических позиций размер единичных мощностей ЦБК не должен превышать 300–350 тыс. т (вместо 720 тыс. т), а алюминиевого завода – 200–250 тыс. т (вместо 600 тыс. т).

3. Разработка адекватной эколого-ориентированной инновационной политики и выход на новые высокотехнологичные предприятия, энергоэффективные и экологически безопасные технологии производства. Это обусловлено не только растущими требованиями к качеству ОС, но и спецификой рассматриваемых в регионе производств и низкими регенерационными возможностями его природной среды. Поэтому первостепенное значение приобретают инновационные решения как в области технологий основных производств (технологические инновации), так и мероприятий природоохранного назначения (экологические инновации).

4. Деконцентрация производства по территории Нижнего Приангарья с целью лучшего использования адаптационных механизмов природной среды. Это требует более тщательного обоснования масштабов концентрации производства в отдельных частях территории региона. Основную нагрузку на ОС в Нижнем Приангарье в перспективе следует ожидать прежде всего со стороны предприятий лесопромышленного комплекса (целлюлозно-бумажных и гидролизно-дрожжевых заводов) и металлургических производств. Расчеты, в частности, показали, что доля объектов лесопромышленного комплекса в общем объеме загрязнения сточных вод всех рассматриваемых на территории региона предприятий является преобладающей и составляет более 90% по взвешенным веществам и около 98% – по фенолам и хлоридам.

5. Предупреждение ухудшения качественного состояния воды в нижнем течении Ангары. Уже к настоящему времени уровень загрязнения реки в нижнем течении довольно высок, несмотря на то что имеющиеся здесь производства – источники загрязнения – пока не дают большой нагрузки на водную систему Ангары. Основная причина заключается в поступлении в регион загрязняющих веществ из районов верхнего и среднего течения реки из-за сбросов загрязненных сточных вод действующими предприятиями. В перспективе по мере наращивания производства на территории самого Нижнего Приангарья проблема будет обостряться и требовать осуществления мер по обезвреживанию загрязнений не только на объектах региона, но и в городах Иркутской области, расположенных в верхнем и среднем течении Ангары. При этом, несмотря на полноводность, значительные расходы воды и высокую скорость течения, возможности рек Ангары и Енисея недостаточны для доведения исходных кондиций сточных вод посредством их разбавления как дополнительной (во многом паллиативной) меры по повышению качества воды в водных объектах (при задаваемых постановками решаемых задач объемах производства, составе, технологиях основного производства и очистки стоков и выбросов, вариантах размещения намечаемых объектов и т.д.). Это можно трактовать как дополнительное требование к уровню используемых технологий и составу системы природоохранных мероприятий на всем протяжении реки Ангары.

6. Учет факторов накопления и естественного переноса загрязнения, что приводит к ухудшению качества воды (особенно в районах Лесосибирска, Кодинска и Богучан) и подтверждает необходимость отказа от объектов-гигантов и разгрузки соответствующих промышленных узлов. Анализ влияния возможных новых водохранилищ на изменение процессов накопления загрязнения и естественного переноса загрязняющих веществ в соседние ареалы показал, что учет фактора накопления загрязнения свидетельствует о возможном ухудшении качества воды в реке в районе Кодинского и Богучанского промузлов в связи с созданием водохранилища Богучанской ГЭС. Ситуация может обостриться в связи с возможным строительством Мотыгинской ГЭС (после 2020 г.)[1].

7. Расчет показателей возможного экономического ущерба от загрязнения ОС. Его величина от загрязнения водоемов составила по вариантам решения от 4,7 до 28,6 млрд руб/год (в ценах 2016 г.). Величина ущерба от загрязнения атмосферы в Богучанском и Кодинском промузлах составила 711,5 млн руб.

8. Учет экологической совместимости намечаемых производств (эффекты синергизма и аддитивности). Данная проблема относится к числу сложных и наименее изученных и, как правило, игнорируется при принятии хозяйственных решений. В то же время взаимодействие загрязнений, поступающих в ОС, может привести к нежелательным последствиям для здоровья людей, состояния природных комплексов и других реципиентов. Приведем некоторые примеры недопустимых сочетаний производств для размещения на территории одного промузла. Так, не рекомендуется соединение в одном промузле алюминиевого и целлюлозно-бумажного заводов. Функционирование алюминиевого завода связано с выделением в воздушный бассейн прежде всего фтористых соединений, а целлюлозно-бумажного комбината (далее – ЦБК) – метилсернистых соединений. Взаимодействие данных веществ сопровождается эффектом синергизма. Эффектом синергизма обладают также диоксид серы и хлор. Нежелательны для совместного размещения также ряд предприятий цветной металлургии (алюминиевый, свинцово-цинковый и ферросплавный заводы), а также их сочетания с ЦБК, тепловой электростанцией (далее – ТЭС) (на угле) или химическим производством. Подобные комбинации производств из-за присутствия в их выбросах, с одной стороны, фтористого водорода (алюминиевый завод), а с другой – сернистого ангидрида (предприятия газонефтехимии, цветной металлургии и ТЭС) приводят к образованию новых соединений, вызывающих гибель леса, особенно хвойных пород. Не рекомендуется также соединять в одном промузле ЦБК и гидролизно-дрожжевой завод (ГДЗ) – с целью предупреждения возможности высокой концентрации сброса органических примесей на отдельных участках реки. Такое требование приобретает особое значение в связи с присущими региону низкими способностями водных объектов к самоочищению, что затрудняет и замедляет окисление органических веществ, а также уже довольно высоким достигнутым уровнем загрязнения воды органикой (в частности, по фенолам, нефтепродуктам и другим органическим веществам). В складывающихся в реальности условиях на территории Нижнего Приангарья Богучанский промузел рискует повторить судьбу Братска, который с экологических позиций высветил по крайней мере недопустимость создания таких супермощностей, как у БрАЗа и

[1] Генеральная схема развития объектов электроэнергетики до 2020 года: одобрена Распоряжением Правительства Российской Федерации № 215-р от 22.02.2008); Генеральная схема размещения объектов электроэнергетики до 2035 года. Распоряжение Правительства РФ № 1209-рот 09.06.2017.

Братского ЦБК и их экологическую несовместимость, приведшей к интенсивной гибели лесов и росту заболеваемости людей.

9. Учет негативных последствий строительства ГЭС на реках Ангара и Енисей. Создание крупных гидроузлов порождает широкий диапазон всевозможных негативных последствий, захватывающих хозяйственную сферу, природную среду и условия жизни людей. К сожалению, многие из этих негативных последствий не были учтены при строительстве ГЭС на реках Ангара и Енисей, не стала исключением и Богучанская ГЭС. Так, при запуске Богучанской ГЭС даже на минимально возможной отметке водохранилища в 185 метров под воду уже ушло около 150 тыс. га земель, из которых более 130 тыс. га составили площади лесного фонда. Только лишь на 10% данной территории перед затоплением леса были вырублены[1].

В целом, формирование Нижнего Приангарья при условии строгого соблюдения действующих экологических стандартов обусловливает необходимость:

а) выхода на новые экологоориентированные технологии производства;

б) пересмотра масштабов размещаемых и будущих объектов в сторону снижения единичных мощностей отдельных предприятий-загрязнителей с учетом характера и масштабов их воздействия на ОС;

в) более тщательного обоснования числа предполагаемых к размещению в пределах региона промышленных предприятий и их возможной концентрации по промышленным узлам.

Таким образом, специфика рассматриваемого региона такова, что его освоение и формирование производственной и пространственной структуры хозяйства требуют разработки адекватной эколого-ориентированной инновационной политики. Подобная политика должна формироваться как «снизу» (на уровне отдельных объектов), так и «сверху» (на уровне федеральных властей и Правительства Красноярского края) [71; 98]. В первом случае среди экологических инноваций можно назвать, прежде всего, разработку и использование экологически безопасных технологий, включая организацию утилизации отходов; внедрение систем экологического менеджмента на промышленных предприятиях; экологическую сертификацию; формирование экологического маркетинга и т.д. Во втором случае – это учет структурных интересов и возможностей экономики региона в долгосрочной перспективе (что требует отказа от исключительно сырьевого сценария развития); создание инструментария эколого-инновационной деятельности с акцентом на стимулирование внедрения экологически приемлемых технологий; формирование экологических требований к разработке и постоянному совершенствованию технологий; развитие систем лицензирования всех видов деятельности, опасно влияющих на экологическую ситуацию; восстановление института экологической экспертизы; внедрение экологического аудита и др.

Проведенные исследования показали, что кризисных ситуаций в состоянии ОС в Нижнем Приангарье можно избежать при условии организации эффективного управления экологической сферой, учитывающего специфику социально-экономических и природно-климатических условий территории и позволяющего не только обеспечивать предотвращение негативных воздействий на ОС, но и стимулировать проведение природоохранной деятельности.

[1] Исходя из требований «Санитарных правил проектирования, строительства и эксплуатации водохранилищ» (СанПиН 3907-85), для Богучанского водохранилища требуется полная лесосводка и лесоочистка [361].

Кроме охарактеризованных расчетов, предложенный инструментарий позволяет решать и ряд других задач, в частности таких, как проведение рекультивации нарушенных земель; определение экономически и экологически эффективных направлений и масштабов утилизации отходов разных видов; использование и охрана водных и земельных ресурсов; анализ влияния загрязнения атмосферы и климатических особенностей территории на здоровье людей; выявление влияния загрязнения атмосферы на состояние лесов, привнесение в ОС искусственных сооружений, включая анализ возможных последствий сооружения крупных гидроузлов, прудов-охладителей, отвалов вскрышных пород и др. Характеристике основных инструментов анализа данных проблем и результатам их практического приложения будут посвящены следующие главы.

Резюме

Решение проблем социально-экономического развития территорий с учетом экологических аспектов в значительной степени усложняется тем, что каждый отдельно взятый регион обладает множеством особенностей и индивидуальных характеристик, без учета которых невозможно сформировать систему взаимосвязанных природоохранных мероприятий, осуществление которых необходимо для достижения желаемых целей и задач развития соответствующей территории. Одним из инструментов подготовки информационной базы для формирования и корректировки путей выбора вариантов хозяйственных решений с учетом их возможных экологических последствий могут служить территориальные оптимизационные экономико-математические модели, позволяющие не только достаточно полно учитывать специфические условия регионов, но и генерировать множество вариантов их возможного развития, получать ориентировочную информацию об эффективности того или иного варианта и выбирать наилучший с позиций преследуемых целей.

Предложенный инструментарий оптимизации природоохранной деятельности при прогнозировании развития территориальных хозяйственных систем предназначен для комплексного эколого-экономического анализа последствий реализации хозяйственных решений. Его использование позволяет решать, в частности, такие задачи, как прогнозирование уровня загрязнения ОС в зависимости от предполагаемых направлений и масштабов производства в том или ином регионе; определение экологически допустимых масштабов территориальной концентрации производства и населения; выбор варианта системы природоохранных мероприятий в условиях заданных экономических и экологических ограничений; определение суммарной величины экономического ущерба, причиняемого природной среде в результате антропогенной деятельности и др.

К числу основных возможностей и преимуществ разработанного аппарата анализа эколого-экономических взаимосвязей прежде всего относятся:

1. Комплексность охвата проблем охраны ОС и воспроизводства локальных природных ресурсов благодаря рассмотрению их во взаимосвязи с элементами единой социально-экономической территориальной системы.

2. Отражение пространственного аспекта исследования проблем охраны ОС, позволяющего осуществлять учет как особенностей конкретной территории (включая ассимиляционный потенциал), так и специфику ее экономической и социальной сфер.

3. Учет фактора динамики, позволяющий анализировать возможность накопления загрязнения во времени, требования неухудшения качественного состояния водной и воздушной среды в каждом ареале с течением времени и с учетом возможного

разложения вредных веществ в воде и рассеивания в воздухе, а также переноса загрязнения по течению рек и по воздуху и др.

4. Отражение требований охраны ОС на региональном и местном уровнях осуществляется с учетом многообразных (а не только отраслевых или производственных) связей, возникающих между различными элементами природной среды и хозяйством территории в процессе его формирования, включая совместное использование трудовых и локальных природных ресурсов, объектов энергетической, транспортной, социально-бытовой и экологической инфраструктуры и т. д.

5. Конкретность предмета исследования, что позволяет определять вклад в нарушение ОС различных источников-виновников негативного воздействия на ОС (производственных объектов, элементов производственной и социально-бытовой инфраструктуры и т.д.).

6. Анализ разного рода эколого-экономических потерь в результате возможных негативных воздействий на ОС – загрязнения водных объектов и атмосферного воздуха; создания водохранилищ, трансформации компонентов или процессов природы (утилизация отходов и рекультивация земель) и др.

7. Возможность «проигрывать» различные ситуации для выявления того, как сложится экологическая обстановка на территории при варьировании ограничений, параметров условий задачи (технологических, финансовых, экологических и т.д.) для получения более обоснованных предложений относительно принятия решений по управлению экологической обстановкой в регионе.

Накопленный опыт исследований по разработке подхода к прогнозированию влияния фактора ООС на формирование территориально-производственных систем и его практическая реализация свидетельствуют о возможности использования данного подхода для целей анализа влияния хозяйственной деятельности на состояние ОС в регионе.

Одним из объектов прикладных исследований являлся Нижнеангарский регион, опыт освоения которого в постсоветский период свидетельствует о том, что реализуемые здесь начиная с 2006 года проекты (включая Инвестиционный проект «Комплексное развитие Нижнего Приангарья») характеризуются рядом слабых моментов. В частности, они не имеют необходимого экологического обоснования; не ориентированы на комплексное развитие территории региона с позиций формирования и функционирования базовых отраслей его экономики во взаимосвязи с социальной сферой и ОС; сохраняют сырьевую направленность; демонстрируют отсутствие увязки инвестиционных проектов с инвестиционными и финансовыми региональными приоритетами и интересами, в том числе в социальной и экологической сферах; не предусматривают сбалансированного территориального развития, приводя к чрезмерной концентрации крупных производств в отдельных промышленных узлах региона и, соответственно, к ухудшению состояния ОС; повторяют многие негативные тенденции, связанные с гидроэнергостроительством на реках Ангара и Енисей (в частности, неполная и некачественная лесосводка в зоне водохранилища Богучанской ГЭС; неудовлетворительное решение проблемы переселения населения из зоны затопления, негативное влияние на водно-биологические ресурсы верхнего и нижнего бьефа БоГЭС, нарушение правил утилизации скотомогильников и др.); не создают стимулов для развития малого и среднего бизнеса и условий для повышения качества жизни местного населения.

В целом ни один из предложенных для промышленного освоения и развития Нижнего Приангарья проектов не содержит программ по охране ОС. Кроме того, Ин-

вестиционный проект «Комплексное развитие Нижнего Приангарья» в принятом виде консервирует и даже усугубляет негативные тенденции экспортно-сырьевой модели развития России. Ситуация с освоением Нижнего Приангарья наглядно демонстрирует несоответствие реализуемого проекта стратегическим задачам, обозначенным в Концепции долгосрочного социально-экономического развития РФ на период до 2020 года и Стратегии социально-экономического развития Сибири до 2020 года, прежде всего в части охраны ОС и выстраивания новой модели развития общества в интересах устойчивого развития. Наконец, проект не имеет правового обеспечения.

Очевидно, что в перспективе акценты должны делаться на диверсификацию экономики региона в целом, что позволит создать предпосылки для долгосрочного устойчивого развития. При этом речь должна идти уже не столько о добыче полезных ископаемых, сколько о развитии перерабатывающих производств, наращивании верхних этажей энерго-производственных циклов, производстве продукции с высокой добавленной стоимостью и конкурентоспособной на российском и мировом рынках. Одним из путей решения данной проблемы может быть разработка и реализация в Нижнем Приангарье специальной федеральной целевой программы как инструмента стратегического планирования, которая должна, во-первых, базироваться на Концепции долгосрочного социально-экономического развития РФ на период до 2020 г. и Стратегии социально-экономического развития Сибири до 2030 года и, во-вторых, включать раздел по охране ОС. Таким образом, региональная программа могла бы стать инструментом стратегического планирования, увязывающим интересы страны и Красноярского края.

Освоение Нижнего Приангарья требует комплексного подхода, обеспечивающего его развитие с позиций увязки экономических, социальных и экологических приоритетов на основе формирования высокотехнологичного производства, создания энергоэффективных и экологически чистых предприятий. От этого будет во многом зависеть развитие данной территории в более отдаленной перспективе – останется ли оно преимущественно сырьевым или акценты будут делаться на комплексное развитие территории и на диверсификацию хозяйства в целом, создавая предпосылки для долгосрочного устойчивого развития. С рассмотренных позиций Нижнее Приангарье могло бы стать модельным регионом по отработке подхода к освоению и развитию, основанного на инновационных принципах.

Реализация прикладных работ с использованием предложенного экономико-математического аппарата показала его применимость для постановки и решения задач по прогнозированию развития исследуемой территории с учетом возможного воздействия на ОС.

С позиций управления природоохранной деятельностью в регионе разработка региональных экологических программ хорошо вписывается в предложенный в Институте экономики и организации промышленного производства Сибирского отделения Российской академии наук экономико-математический аппарат по стратегическим эколого-экономическим исследованиям [61; 65–70; 84; 89; 96; 114], который может рассматриваться в качестве инструмента получения дополнительной информации для более обоснованного принятия стратегических управленческих решений в экологической сфере.

ГЛАВА 5
МЕТОДИЧЕСКИЙ АППАРАТ РЕШЕНИЯ ОТДЕЛЬНЫХ ЭКОЛОГИЧЕСКИХ ПРОБЛЕМ КАК ДОПОЛНИТЕЛЬНЫЙ ИСТОЧНИК ИНФОРМАЦИОННОЙ БАЗЫ УПРАВЛЕНИЯ

Формирование хозяйства территории всегда связано с тем или иным воздействием на ее ОС и возникновением возможных негативных последствий разного рода. Среди подобных последствий, помимо загрязнения (которое, безусловно, является ключевой экологической проблемой), выделяется и целый ряд других, которые могут приводить, в частности, к нарушению земель и ландшафта; ухудшению условий обитания человека; нарушению гидрологического режима территории и ее водных объектов в результате создания гидроузлов с водохранилищами; ухудшению условий хозяйственной деятельности; образованию отходов; привнесению на территорию искусственных сооружений разного рода и т.д.

При этом значимость тех или иных экологических проблем на каждой конкретной территории различна: какие-то из них относятся к приоритетным, какие-то – к малозначимым. Все это требует, в свою очередь, адекватного учета при принятии управленческих решений в сфере охраны ОС. Однако, как уже отмечалось, множество экологических проблем невозможно отразить в одной универсальной модели по причине их разного характера, необходимости разного уровня территориального охвата, разной значимости на разных территориях и т.д. Их учет требует разработки и использования разных моделей и методов.

Поэтому нами был выбран путь разработки ряда специальных методов и моделей, позволяющих более точно отражать те или иные специфические эколого-экономические взаимодействия, возникающие на отдельных территориях, и обеспечивающих получение дополнительной информации для принятия решений. В данной главе будут изложены предложенные подходы к анализу последствий создания водохранилищ при сооружении каскада ГЭС, влияния загрязнения на здоровье людей и проведения рекультивации земель.

5.1. МЕТОДИКА АНАЛИЗА ПОСЛЕДСТВИЙ СОЗДАНИЯ ВОДОХРАНИЛИЩ ПРИ СООРУЖЕНИИ КАСКАДА ГЭС

5.1.1. Исходные позиции методического подхода к анализу влияния промышленных стоков на состояние воды в водохранилищах

Одной из экологических проблем Нижнеангарского региона является проблема взаимодействия возможных водохранилищ Средне-Енисейского и Нижнеангарского каскада ГЭС с хозяйством прилегающих территорий с позиций оценки качества воды в результате достигнутого и нового хозяйственного освоения. В соответствии с этим представляет интерес выявление роли потенциальных и существующих водохранилищ Ангаро-Енисейского каскада ГЭС в формировании качества воды в водохранилищах, которое может сложиться под влиянием экономического развития региона на базе энергоемких производств [53; 70; 84; 86].

Ангаро-Енисейский каскад ГЭС – самый крупный комплекс гидроэлектростанций в России, включающий 7 действующих и 5 проектируемых ГЭС: соответственно 4 (Иркутская, Братская, Усть-Илимская и Богучанская) и 3 (Нижнебогучанская, Мотыгинская, Стрелковская) – на Ангаре и 3 (Саяно-Шушенская, Майнская, Красноярская) и 2 (Средне-Енисейская и Предивинская ГЭС) – на Енисее) [12; 19; 122; 123]. Несмотря на то что созданные в регионе водохранилища привели не только к обострению целого ряда существующих проблем, но и вызвали появление новых [21; 123; 154; 207; 230; 367; 415], решение данных проблем во многом игнорируется или, в лучшем случае, откладывается на будущее [19; 137; 230]. В то же время планы по дальнейшему гидроэнергетическому освоению Ангары и Енисея продолжают волновать умы потенциальных покорителей сибирских рек [138; 162; 362]. Поэтому проработка всевозможных последствий создания водохранилищ при сооружении новых ГЭС в составе Ангаро-Енисейского каскада представляется актуальной.

С экологической точки зрения ГЭС являются более чистыми по сравнению с электростанциями, работающими на органическом топливе. Однако и они оказывают определенное влияние на состояние ОС главным образом из-за создания водохранилищ, приводящих в большинстве случаев к затоплению значительных территорий. Сооружение водохранилищ может вызвать определенное ухудшение экологической обстановки в зоне их влияния и привести к серьезным экономическим и социальным проблемам (табл. 5.1).

Таблица 5.1

Характеристика направлений воздействия и возможных потерь в связи с созданием водохранилищ

Сферы воздействия	Возможные виды потерь от создания водохранилищ
1. Сельское хозяйство	Потери высокоплодородных пойменных сельхозугодий вследствие их затопления и подтопления и в результате этого снижение производства сельхозпродукции и рост затрат на транспортировку продовольствия из др. районов. Потери продукции вследствие снижения урожайности на землях, орошаемых загрязненной водой из водохранилища. Дополнительные затраты на восстановление загрязненных земель. Дополнительные затраты на освоение новых земель взамен затапливаемых. Снижение продуктивности пойменных лугов и пастбищ в результате иссушения пойм в нижних бьефах гидроузлов. Потери сельхозугодий из-за усиления процессов берегообрушений и размыва прибрежной территории, что приводит к увеличению площади зеркал водохранилищ и затопленных земель. Потери, связанные с ухудшением конфигурации сельхозугодий после создания водохранилища (из-за ухудшения транспортной доступности отдельных участков угодий, чересполосного размещения и т.п.). Потери, связанные с искусственными "половодьями", т.е. крайне недостаточными попусками воды в нижний бьеф гидроузлов, из-за чего заливные высокоплодородные пойменные луга и пастбища превращаются в суходольные, бесплодные.
2. Рыбное хозяйство	Потери потенциальных уловов вследствие затопления нерестилищ ценных промысловых рыб. Дополнительные затраты на восстановление рыбных запасов посредством строительства рыборазводных заводов.

Продолжение табл. 5.1

Сферы воздействия	Возможные виды потерь от создания водохранилищ
	Потери уловов в связи с изменением условий обитания рыб, перекрытия традиционных путей нереста рыбы. Потери, связанные со снижением рыбопродуктивности водоемов вследствие ухудшения качества воды и дефицита кислорода. В зависимости от сезона вода, поступающая из водохранилища, может содержать очень мало растворенного кислорода, и тогда она окажется неблагоприятной средой для рыб и других обычных водных организмов.
3. Лесное хозяйство	Потери древесины и ее потенциального прироста вследствие затопления и подтопления лесных угодий.
4. Промышленность	Удорожание добычи полезных ископаемых в связи с ухудшением условий их добычи, необходимостью строительства дамб и дренажа. Затопление месторождений полезных ископаемых, а также удобных строительных площадок. Потери в связи с переносом попадающих в зону затопления хозяйственных сооружений (автомобильных и железных дорог, ЛЭП, линий связи и т.п.).
5.Население и сфера здравоохранения	Дополнительные затраты на перенос населенных пунктов и переселение людей из зоны затопления (жилищное строительство, социально-бытовая инфраструктура, компенсация за сносимое жилье и хозяйственные постройки и т.д.). Переселение жителей в новые условия сопровождается нарушением привычного уклада жизни, нередко и отрывом крестьян от земли, ломкой веками складывающихся традиций. Экономические и социальные потери в связи с ухудшением здоровья людей под влиянием микроклимата, формирующегося в результате создания искусственных водоемов. Образование токсических туманов и "кислых" дождей, что в конечном счете оказывает негативное влияние на состояние здоровья людей.
6. Водное хозяйство	Увеличение затрат на водоподготовку и очистку сточных вод в связи с ухудшением качества воды, что обусловлено: – ростом загрязнения воды и развитием процессов ее цветения, – ухудшением условий циркуляции воды в водохранилище, – интенсификацией процессов накопления вредных веществ в водохранилище из-за замедления скорости течения воды и медленной обновляемости слабопроточной воды, – затоплением органики и фитопланктона, остающихся в ложе водохранилища, что приводит к цветению и загрязнению воды. Накопления вредных веществ из-за плохой перемешиваемости. Потери, вызванные фильтрацией при наличии тех или иных путей утечки воды. Изменение уровня грунтовых вод на территориях, прилегающих к водохранилищу. Потери воды в результате усиления испарения с акватории водохранилища.
7. Туризм и рекреация	Потери, связанные со снижением эстетической ценности ландшафтов, с затоплением археологических и культурных памятников.
8. Природные комплексы и условия	Затопление участков реликтовой флоры. Нарушение условий миграции животных. Изменение растительного и животного мира в зоне влияния водохранилищ. Ухудшение микроклимата в зоне влияния водохранилища, нарушение сложившихся прибрежных микроклиматических зон. Образование незамерзающей водной поверхности приводит к усилению процессов испарения воды с обширной площади зеркала водохранилища, повышению влажности климата, образованию туманов.

Источник: составлено автором.

Для выявления последствий создания водохранилищ при сооружении каскада ГЭС предложена методика, нацеленная на анализ последствий взаимодействия возможных водохранилищ Средне-Енисейского и Нижнеангарского каскадов ГЭС с хозяйством соответствующего региона и оценки качества воды в водохранилищах каскада в зависимости от вариантов расположения створов гидроузлов и размещения возможных объектов будущего комплекса в зоне водохранилищ[1]. Намечаемые к созданию производства в Нижнем Приангарье характеризуются большими объемами водопотребления и водоотведения, высокой токсичностью стоков, что создает существенную дополнительную нагрузку на водную среду. Основная доля в общем объеме стоков будет принадлежать трем предполагаемым ЦБК большой мощности [138] (рис. 5.1).

Рис. 5.1. Схема размещения действующих и проектируемых ГЭС, ЦБК и алюминиевых заводов в Ангаро-Средне-Енисейском регионе

Источник: [44; 162; 362] и дополнения автора.

Предложенная методика описывает процесс изменения концентраций примесей в зарегулированном водоеме (водохранилище) и в донных отложениях. Выполненные расчеты позволили определить, как меняется качество воды в водохранилищах каскада ГЭС под влиянием сброса промышленных стоков перспективных целлюлозно-бумажных комбинатов в Нижнем Приангарье.

[1]При этом мы не предлагаем и не считаем необходимым строительство новых ГЭС на Ангаре и Енисее; интерес в данном случае чисто аналитический – проверить, каковы возможные экологические последствия в случае реализации имеющихся предложений (см. [138; 362]).

Глава 5. МЕТОДИЧЕСКИЙ АППАРАТ РЕШЕНИЯ ОТДЕЛЬНЫХ ЭКОЛОГИЧЕСКИХ ПРОБЛЕМ КАК ДОПОЛНИТЕЛЬНЫЙ ИСТОЧНИК ИНФОРМАЦИОННОЙ БАЗЫ УПРАВЛЕНИЯ

Цель исследования – выявление роли гидроэнергетического строительства и возможных водохранилищ в составе будущих гидроузлов на реках Ангара и Енисей в формировании качества водной среды под влиянием хозяйственного освоения региона Ангаро-Средне-Енисейского энергопромышленного комплекса с позиций анализа взаимодействия возможных водохранилищ Средне-Енисейского и Нижнеангарского каскада ГЭС с хозяйством соответствующего региона и оценки возможного качества воды в водохранилищах каскада в зависимости от вариантов расположения створов гидроузлов и размещения возможных объектов будущего комплекса в зоне водохранилищ.

Поставленная цель исследования потребовала решения следующих задач:

- сравнить различные варианты взаимного расположения гидроузлов и хозяйственных объектов с точки зрения антропогенной нагрузки на водный бассейн;
- выявить водохранилища и их участки с наиболее напряженной экологической обстановкой и определить степень отклонения загрязненности от нормативов;
- определить степень несоответствия фактического качества воды требованиям, предъявляемым различными реципиентами (потребителями воды).

Для решения поставленных задач использовалась специальная математическая модель, которая позволяет учитывать:

1) содержание в водохранилище как растворимых, так и нерастворимых веществ путем вычисления концентраций в воде и на дне мелководья и глубоководья;

2) процессы седиментации (оседания) и взмучивания примесей из данных отложений;

3) фактор накопления загрязнителей с течением времени с учетом процесса естественного саморазложения;

4) различные варианты взаимного расположения створов водохранилищ, составляющих Средне-Енисейский каскад ГЭС;

5) различные варианты размещения намеченных производств по промышленным узлам АСЕК и, прежде всего, Нижнего Приангарья;

6) особенности протекания физических процессов разложения загрязнений в водохранилищах.

При построении модели взаимодействия водохранилища с хозяйством региона за основу были приняты условия, предлагаемые методическими рекомендациями по моделированию абиотических процессов качественного изменения воды в водохранилищах [267]. Предложенная в указанной работе система условий отличается относительной простотой и незагроможденностью, что облегчает получение решения в аналитической форме. Отмеченное достоинство сочетается с достаточно широкими возможностями для дополнения исходных условий другими факторами (растворимость и нерастворимость веществ седиментация (оседания) и взмучивание примесей из данных отложений; накопление загрязнителей с течением времени с учетом процесса естественного саморазложения).

Качество воды может быть выражено через показатели концентраций различных вредных веществ. Причем особенностью водохранилищ, в отличие от рек, является процесс накопления вредных веществ в их резервуаре вследствие замедленной циркуляции воды. При этом имеет значение концентрация загрязняющих веществ как в воде, так и в придонном слое. Таким образом, имеются возможности для анализа основных особенностей протекания процессов в водохранилище.

Ниже приводится характеристика условий модели взаимодействия водохранилища с хозяйством региона. Объектом приложения предлагаемого подхода выступает регион, охватывающий территорию среднего течения реки Енисей и нижнего течения реки Ангары.

5.1.2. Спецификация условий модели взаимодействия водохранилищ с хозяйством региона

Принятая за основу система условий [267] была модифицирована в соответствии с требованиями поставленной задачи и расширена с целью учета факторов, ранее не находивших в ней отражения. В соответствии с этим методика строится на предположении, что из-за турбулентных процессов в водной среде происходит достаточно быстрое перемешивание поступающих в водоем сточных вод различного качества[1]. При этом учитывался процесс фактической седиментации загрязнителей на дно как следствие двух взаимодействующих факторов: седиментации и взмучивания примеси. Кроме того, принимается, что количество осадившегося вещества пропорционально количеству поступающих в водоем загрязняющих веществ и рассматриваемому промежутку времени.

В то же время процесс взмучивания вещества со дна водных объектов не может быть описан как линейный, так как, во-первых, взмучивание практически не происходит с участков дна, расположенных глубже 8–10 м; во-вторых, количество загрязняющего вещества, поступающего в воду при взмучивании, пропорционально не всей массе, содержащейся в донных отложениях, а лишь некоторой ее части, находящейся в верхнем (активном) слое дна.

Поэтому при моделировании специально выделяются глубокие участки, откуда взмучивание не происходит. Предполагается, что количество вещества, взмучиваемого за малый отрезок времени Δt, пропорционально этому промежутку времени и количеству загрязнителя, седиментировавшегося за предыдущий промежуток времени Δt. Коэффициент пропорциональности может зависеть от времени и, как и коэффициент седиментации, определяется гидрологическим режимом водоема.

Пусть площадь дна водоема $S_1 = S_2 + S_3$, где S_2 и S_3 – площади мелководных и глубоководных участков;

F – общий поток поступающих в водоем примесей (г/сутки);

Q – суточный расход воды (тыс. $м^3$/сутки), выносящий из водохранилища определенное количество примесей.

Условия **модели анализа взаимодействия водохранилищ с хозяйством региона** будут иметь следующий вид.

1. **Общий поток поступающих в водоем примесей** (г/сутки):

$$F = \sum_{k=1}^{n} C_k q_k + m_{дн}, \qquad (1)$$

где C_k – концентрация примеси в притоках или стоках промышленных предпри-

[1] В разработке модели и ее практическом приложении принимала участие Е.Н. Глебова.

ятий, сбрасываемых непосредственно в водохранилище (г/тыс. $м^3$), в пункте *k*;

q_k – расходы притоков или объемы стоков (тыс. $м^3$/сут);

k – индекс пункта сброса примесей в водохранилище;

$m_{дн}$ – поток примесей, поступающих в процессе пластовой фильтрации из донных отложений (г/сут.).

2. **Суточный расход воды** (тыс. м^3/сутки), **выносящий определенное количество примесей**

$$Q^i = q^i_{пп} + q_в, \qquad (2)$$

где $q^i_{пп}$ – среднесуточный пропуск воды через плотину в сезоне i;

$q_в$ – объем безвозвратного водопотребления.

3. **Уравнения баланса загрязняющего вещества за промежуток времени Δt:**

Обозначим: $M_1(t)$, $M_2(t)$, $M_3(t)$. – масса примесей в воде, а также на дне мелководья и глубоководья. Уравнения баланса массы загрязняющего вещества за промежуток времени Δt запишем в виде:

$$\begin{cases} M_1(t+\Delta t) = M_1(t) + F\Delta t - \dfrac{Q}{V}M_1(t)\Delta t - \gamma M_1(t)\Delta t - \dfrac{M_1(t)}{V}S_1\omega\Delta t + \beta\left(M_2(t) - M_2(t-\Delta t)\right), \\ M_2(t+\Delta t) = M_2(t) + \dfrac{M_1(t)}{V}S_2\omega\Delta t - \gamma M_2(t)\Delta t - \beta\left(M_2(t) - M_2(t-\Delta t)\right), \\ M_3(t+\Delta t) = M_3(t) + \dfrac{M_1(t)}{V}S_2\omega\Delta t - \gamma M_3(t)\Delta t, \end{cases} \qquad (3)$$

где *V* – объем водохранилища;

γ – коэффициент саморазложения загрязняющего вещества (сут$^{-1}$);

ω – скорость седиментации (м/сут);

β – параметр, характеризующий отношение количества примеси, взмучиваемой за малый промежуток времени, к количеству примеси, седиментировавшей из воды за предыдущий промежуток Δt.

4. **Разделив параметры условия (3) на *Δt* и переходя к пределу при *Δt→0*, получаем:**

$$\begin{cases} \dfrac{dM_1}{dt} = F - \dfrac{Q}{V}M_1 - \gamma M_1 - \dfrac{S_1\omega}{V}M_1 + \beta\dfrac{dM_2}{dt} \\ \dfrac{dM_2}{dt} = \dfrac{S_2\omega}{V}M_1 - \gamma M_2 - \beta\dfrac{dM_2}{dt} \\ \dfrac{dM_3}{dt} = \dfrac{S_3\omega}{V}M_1 - \gamma M_3 \end{cases} \qquad (4)$$

Освобождаемся от производных в правой части уравнений (4) и переходим к концентрациям. При этом для твердой фазы: $C_1 = \frac{M_1}{V}(г/тыс\ м^3)$; для жидкой фазы – $C_2 = \frac{M_2}{S_2}$, $C_3 = \frac{M_3}{S_3}$ $(г/тыс.м^3)$.

5. В результате система (4) преобразуется к виду:

$$\begin{cases} \frac{dC_1}{dt} = \frac{F}{V} - \frac{Q}{V}C_1 - \gamma C_1 - \frac{\omega}{V}\frac{S_1 + \beta S_3}{1+\beta} - \frac{\beta S_2}{V(1+\beta)}\gamma C_2 \\ \frac{dC_2}{dt} = \frac{\omega}{1+\beta}C_1 - \frac{\gamma}{1+\beta}C_2 \\ \frac{dC_3}{dt} = \omega C_1 - \gamma C_3 \end{cases} \quad (5)$$

6. Учитывая (1) и (2), систему (5) записываем в виде:

$$\begin{cases} \frac{dC_1}{dt} = \frac{1}{V}\sum_{k=1}^{n} C_k q_k + \frac{m_{дн}}{V} - \gamma C_1 - \frac{1}{V}(q_{пп} + q_в)C_1 - \frac{\omega}{V}\frac{(S_1 + \beta S_3)}{(1+\beta)}C_1 - \frac{\beta S_2}{V(1+\beta)}\gamma C_2 \\ \frac{dC_2}{dt} = \frac{\omega}{1+\beta}C_1 - \frac{\gamma}{1+\beta}C_2 \\ \frac{dC_3}{dt} = \omega C_1 - \gamma C_3 \end{cases} \quad (6)$$

Здесь C_k – концентрация примеси в притоках или стоках, сбрасываемых в водохранилище (г/тыс. $м^3$), в пункте *k*;

k – индекс пункта сброса примесей в водохранилище;

q_k – расходы притоков или объемы стоков (тыс. $м^3$/сут);

$m_{дн}$ – поток примесей, поступающих в процессе пластовой фильтрации из донных отложений (г/сут.);

$q_в$ – объем безвозвратного водопотребления.

Таким образом, система уравнений (6) описывает процесс изменения концентрации примесей в зарегулированном водоеме (водохранилище) и в донных отложениях[1]. Основной промежуток времени при расчетах – сутки, система решается для каждого такого промежутка времени. Динамическая связь между последовательными решениями осуществляется при помощи показателей концентраций, вычисляемых для каждого предыдущего моделируемого промежутка времени. Концентрации, достигнутые в кон-

[1] Для решения описанной системы дифференциальных уравнений применительно к водохранилищам, составляющим Средне-Енисейский каскад, разным вариантам расположения объектов, различным загрязняющим веществам, содержащимся в стоках объектов, Е.Н. Глебовой разработана программа на фортране.

це предшествующих суток, таким образом, играют роль фоновых концентраций для последующих суток.

Исходные данные для модели имеют размерности, согласующиеся с основным расчетным периодом, но, кроме того, они дифференцируемы в зависимости от сезонов года. Сезоны выделяются не по календарным датам, а по основным естественным событиям, означающим смену состояний водохранилища: выделены сезоны зимнего ледостава, весеннего половодья, летней межени, осеннего дождливого периода вплоть до начала ледостава. Исходные данные модифицированы с учетом длительности этих сезонов и их физических особенностей (температуры воды, влияющей на скорость саморазложения вещества, уровня водохранилища, его объема и т.д.).

Рассмотрим этапы нахождения решений системы дифференциальных уравнений (6). Во избежание громоздкости выкладок примем следующие условные преобразования:

$$A = -\left(\frac{Q}{V} + \gamma + \frac{\omega}{V}\frac{(S_1 + \beta S_3)}{(1+\beta)}\right), \quad B = -\frac{\gamma\beta S_2}{V(1+\beta)},$$

$$D = \frac{1}{V}\sum_{k=1}^{n} C_k q_k + \frac{m_{дн}}{V}, \qquad E = \frac{\omega}{1+\beta}, \quad F = -\frac{\gamma}{1+\beta},$$

$$G = \omega, \quad H = -\gamma, \; C_1 = x, \quad C_2 = y, \quad C_3 = z$$

Теперь исходная система имеет следующий вид:

$$\begin{cases} \dot{x} = Ax + By + D \\ \dot{y} = Ex + Fy \\ \dot{z} = Gx + Hz \end{cases}$$

На первом этапе ищется общее решение однородной системы (без столбца свободных членов). Характеристическая матрица однородной системы имеет вид:

$$\begin{vmatrix} (A - T_i) & B & 0 \\ E & (F - T_i) & 0 \\ G & 0 & (H - T_i) \end{vmatrix} \begin{matrix} = 0 \\ = 0 \\ = 0 \end{matrix}$$

Характеристическое уравнение матрицы имеет вид:

$$(H - T)[(A - T)(F - T) - BE] = (H - T)\left(T^2 - (A + F)T + AF - BE\right) = 0$$

Корни характеристического уравнения:

$$T_1 = H,$$

$$T_{2,3} = \frac{(A+F) \pm \sqrt{(A+F)^2 - 4(AF - BE)}}{2} = \frac{(A+F) \pm \sqrt{(A-F)^2 + 4BE}}{2}$$

Собственные векторы системы:

$$V_1 = \begin{pmatrix} 0 \\ 0 \\ 1 \end{pmatrix}, \quad V_2 = \begin{pmatrix} \frac{T_2 - H}{G} \\ \frac{E(T_2 - H)}{G(T_2 - F)} \\ 1 \end{pmatrix}, \quad V_3 = \begin{pmatrix} \frac{T_3 - H}{G} \\ \frac{E(T_3 - H)}{G(T_3 - F)} \\ 1 \end{pmatrix}$$

Общее решение системы:

$$\begin{pmatrix} x(t) \\ y(t) \\ z(t) \end{pmatrix} = C_1 \times V_1 \times e^{T_1 t} + C_2 \times V_2 \times e^{T_2 t} + C_3 \times V_3 \times e^{T_3 t},$$

где C_1, C_2, C_3 – произвольные постоянные, е – экспонента.

На втором этапе ищется частное решение неоднородной системы методом вариации постоянных, с учетом столбца свободных членов. Найденные значения функциональных коэффициентов выражаются следующим образом:

$$C_1(t) = \frac{(H - F)DG}{(T_2 - H)(T_2 - T_1)(-T_1)} \cdot \frac{1}{e^{T_1 t}} + C_1'$$

$$C_2(t) = \frac{DG(T_2 - F)}{(T_2 - H)(T_2 - T_3)(-T_2)} \cdot \frac{1}{e^{T_2 t}} + C_2'$$

$$C_3(t) = \frac{DG(T_3 - F)}{(T_3 - H)(T_3 - T_2)(-T_3)} \cdot \frac{1}{e^{T_3 t}} + C_3'$$

Поскольку общее решение неоднородной системы дифференциальных уравнений равно сумме общего решения однородной системы и частного решения неоднородной системы, то окончательно наш вектор концентраций принимает вид:

$$\begin{pmatrix} x(t) \\ y(t) \\ z(t) \end{pmatrix} = \left(C_1(t) + C_1'\right) \times V_1 \times e^{T_1 t} + \left(C_2(t) + C_2'\right) \times V_2 \times e^{T_2 t} + \left(C_3(t) + C_3'\right) \times V_3 \times e^{T_3 t}.$$

Окончательные значения постоянных C_1', C_2', C_3' определяются начальными условиями, соответствующими моменту времени $t_0 = \Phi_0$, когда концентрации $\begin{pmatrix} x(0) \\ y(0) \\ z(0) \end{pmatrix}$ равны фоновым концентрациям, имеющим место на начало рассматриваемого промежутка времени (начальная точка интегральной кривой).

Значения постоянных C_1', C_2', C_3' определяются из системы:

$(V_0)+C_1'\times(V_1)+C_2'\times(V_2)+C_3'\times(V_3)=\begin{pmatrix} x_{фон} \\ y_{фон} \\ z_{фон} \end{pmatrix}$, поскольку в точке $t_0=0$ значения экспоненты $e^{T_i t}=e^{T_i\times\Phi_0}=e^{\Phi_0}=1$ (т.е. обращаются в единицу).

Здесь вектор V_0 представляет собой частное решение неоднородной системы:

$$V_0=C_1(t)\cdot V_1 e^{T_1 t}+C_2(t)\cdot V_2 e^{T_2 t}+C_3(t)\cdot V_3 e^{T_3 t}.$$

Постоянные C_1', C_2', C_3' вычисляются следующим образом:

$$C_1'=z_{фон}-C_2'-C_3'-\frac{FDG}{HT_2T_3};$$

$$C_2'=\frac{\left(\frac{D}{T_2}+x_{фон}-y_{фон}\times\frac{(T_3-F)}{E}\right)}{(T_2-H)\cdot(T_2-T_3)}G(T_2-F);$$

$$C_3'=\frac{\left(\frac{D}{T_3}+x_{фон}-y_{фон}\frac{(T_2-F)}{E}\right)}{(T_3-H)\cdot(T_3-T_2)}G(T_3-F).$$

В качестве основных объектов-загрязнителей в модели поставленной задачи рассматриваются: промышленность (промышленные стоки), коммунальное (хозяйственно-фекальные стоки) и сельское (смыв удобрений с полей) хозяйство. При этом в промышленности и коммунальном хозяйстве возникают дополнительные затраты, связанные с доведением воды до требуемых стандартов, в сельском хозяйстве возникают потери продукции вследствие снижения урожайности на землях, орошенных загрязненной водой, а также затраты по восстановлению загрязненных земель. Представляет также интерес анализ способов оценки возможных негативных экологических последствий, связанных с использованием вышеназванными реципиентами загрязненной воды. Качество воды в водохранилищах Средне-Енисейского и Нижнеангарского каскадов выступает в данном случае в качестве основного моделируемого показателя.

Как указывалось, при построении методики принятая за основу система условий [267] была модифицирована в соответствии с требованиями конкретной задачи и расширена с целью учета дополнительных факторов.

Соответственно, **в используемую методику были внесены следующие дополнения**:

1. Модификация условий баланса примесей в зависимости от водного ба-

ланса. В соответствующие условия добавлены требования варьирования данных об объеме воды по сезонам (что потребовало линейной интерполяции с целью преодоления дискретности изменений из-за циклических колебаний объема по сезонам в период стационарного состояния водохранилища) и по годам с учетом увеличения объема резервуара.

2. Учет наличия нескольких пунктов сброса сточных вод в одно и то же водохранилище путем разбиения объема водохранилища на несколько вложенных друг в друга «камер». Такие камеры рассматриваются последовательно, с учетом «наложения» сбросов нижерасположенных предприятий на значение концентраций, сформировавшихся в камере большего объема, включающей в себя нижерасположенную камеру. Тем самым учитывается увеличение по мере приближения к приплотинной части водохранилища концентрации вредных веществ, сносимых вниз по течению.

Пусть V – объем водохранилища, $k=\overline{1,n}$ – индекс пунктов сброса сточных вод,

$V_1 \ldots V_n$ – объемы «камер», исчисляемые от места сброса стоков до плотины. $V = V_1 + (V_2 - V_1) + \ldots + (V_n - V_{n-1})$

$C_1 \ldots C_n$ – концентрации, найденные для каждой камеры в отдельности путем решения системы дифференциальных уравнений с учетом объема стоков в пункте *i*.

Тогда окончательные значения концентраций будут:

$$C_2^{общ} = C_2 + C_1,\ C_3^{общ} = C_3 + C_2^{общ},\ \ldots\ldots\ldots\ C_n^{общ} = C_n + C_{n-1}^{общ}.$$

Видно, что учитывается эффект суммации загрязнений.

3. Учет как нерастворимых, так растворимых веществ. В предлагаемой методике предусмотрен учет растворения определенной доли вещества при определенной температуре. Исходная система условий (6) строится в предположении, что вся масса сброшенного загрязнения не является растворимой и в конце концов часть ее осядет на дно.

Концентрация загрязнения, возникающая в рассматриваемом объеме воды в результате растворения, вычисляется отдельно:

$$x^{раств}(t) = \left(\sum_{k=1}^{n} C_k q_k\right) \times \frac{\delta^n}{V},$$

где δ^n – доля растворимого при данной температуре вещества *n*. Эта величина затем приплюсовывается к вычисленному через систему (6) значению концентрации в воде вещества, постепенно осаждающегося вниз по течению сквозь толщу воды – *x(t)*.

Получаем общую концентрацию: $x^{общ}(t)$: $x^{общ}(t) = x(t) + x^{раств}(t)$.

При вычислении концентрации *x(t)* используется значение той доли объема загрязнения, которая при данной температуре, как правило, не успевает раствориться:

$$F = \left(\sum_{k=1}^{n} C_k q_k\right) \times (1 - \delta).$$

Связь между последовательными решениями в динамике устанавливается следующим образом:

а) на основании исходных данных и значений фоновых концентраций на начало расчетного периода времени (суток) находится вид функций изменения концентраций;

б) путем экстраполяционной подстановки значения длительности периода в найденные функциональные зависимости вычисляются значения концентраций на конец периода;

в) значения концентраций на конец предыдущего периода принимаются в качестве фоновых на начало следующего периода. Затем аналогичная процедура повторяется сначала и т.д.

Поскольку некоторые массивы исходных данных (например среднесуточные объемы водохранилищ) изменяются дискретно по сезонам, то, для того чтобы избежать разрывов в графике функций изменения концентраций, целесообразно производить расчеты рядов значений с перекрыванием их для соседних сезонов и последующей линейной интерполяцией графиков по усредненным значениям.

Характеристика исходной информации к задаче и методы подготовки данных для расчетов приведены в *Приложении 2* (пп. 1 и 2).

5.1.3. Сравнение различных вариантов компоновки каскадов ГЭС с точки зрения возможного формирования загрязнения воды

В ходе исследования были рассмотрены три варианта компоновки гидроузлов, составляющих каскад Средне-Енисейских ГЭС [138; 362]. В ТЭО Средне-Енисейской ГЭС анализируются 11 вариантов компоновки в зависимости от уровня и места расположения створов трех ГЭС: двух – в среднем течении Енисея и одной – в нижнем течении Ангары. Из этих 11 вариантов было выбрано для расчетов три варианта, имеющих существенные различия между собой: I-103, I-127 и II-127-140. По первым двум вариантам створ Средне-Енисейской ГЭС расположен ниже впадения реки Ангара в реку Енисей, а по третьему – выше места впадения – по первому варианту каскад состоит из трех ГЭС, по второму и третьему – из двух (см. рис. 5.1 и табл. 5.2). Район непосредственного влияния Средне-Енисейской ГЭС охватывает территорию среднего течения р. Енисей (от реки Большая Мурта до реки Большой Пит) и нижнего течения р. Ангары – от ее устья до створа Богучанской ГЭС.

Основные характеристики ГЭС и соответствующих им водохранилищ на Среднем Енисее и в нижнем течении Ангары по вариантам НПУ приведены в табл. 5.2 [362]. Сооружение Средне-Енисейской ГЭС рассматривается по двум вариантам (см. табл. 5.2):

1) использование объединенного стока рек Ангары и Енисея со Средне-Енисейской ГЭС в Абалаковском створе при НПУ 103 и 127 м (Вариант I);

2) использование раздельного стока рек Ангары и Енисея со Средне-Енисейской ГЭС в Савинском створе при НПУ 127 и Стрелковской ГЭС в Плехановском створе на р. Ангара с НПУ 140 м (Вариант II).

Таблица 5.2

Основные водно-энергетические характеристики ГЭС и их водохранилищ на Среднем Енисее и Нижней Ангаре по вариантам НПУ

ГЭС и их расположение	Мощность, МВт	НПУ, м	Зеркало (тыс. га)	Площадь затопления земель (тыс га)	Объем (км3)		Глубина сработки (м)	Уровень мертвого объема (м)	Длина водохранилища, км
					полный	полезный			
Вариант I-103[1]									
1. Средне-Енисейская ГЭС в Абалаковском створе на р. Енисей (в 21 км ниже устья р. Ангара)	3600	103	138,3	86,3	13,8	2,7	2,7	1,4	100,8
2. Мотыгинская ГЭС в створе «Выдумский Бык» на р. Ангара (в 159 км выше устья р. Ангара)	1145	140	79,3	30,5	12,0	0,4	0,4	1,0	139,5
3. Предивинская ГЭС на р. Енисей (выше устья р. Ангара на 157 км и ниже Красноярска в 177 км)	1180	127	63,3	51,2	6,4	0,2	0,5	126,5	92,5
Вариант I -127									
4. Средне-Енисейская ГЭС в Абалаковском створе на р. Енисей (в 21 км ниже устья р. Ангара)	6000	103	138,3	86,3	13,8	2,7	2,7	1,4	100,8
5. Нижнебогучанская ГЭС в створе «Шивера Косая» (в 338 км от устья р. Ангара и в 16 км выше п. Богучаны)	660	140	24,3	6,5	1,4	0,1	0,5	139,5	87,5
Вариант II -127-140									
6. Средне-Енисейская ГЭС в Савинском створе на р. Енисей (в 22 км выше устья р. Ангара)	2500	127	152,3	130,2	26,5	0,8	0,5	126,5	205
7. Стрелковская ГЭС в Плехановском створе на р. Ангара (в 54 км от устья р. Ангара)	920	140	267,4	188,9	55,7	2,7	1,0	139,0	340

Источник: Средне-Енисейская ГЭС на реке Енисей, ТЭО, I этап: выбор схемы использования участков рек Ангары в нижнем течении и Енися в среднем течении. Сводная записка. – М., 1979. – 276 с.

[1] Предивинская ГЭС и ее водохранилище, входящие в состав данного варианта, были исключены из расчетов, так как сточные воды ни одного из рассматриваемых ЦБК не попадают в соответствующее водохранилище.

Показатели, характеризующие объемы исследуемых водохранилищ (годовые, сезонные), объемы годового водопотребления из каждого водохранилища, площадь дна глубоководья и мелководья по сезонам, приведены в *Приложении 2* (п. 1, табл. 1–4). Информация о вариантах размещения предприятий ЦБК по промузлам, привязка предприятий к водохранилищам, годовые объемы сточных вод ЦБК по сезонам и годам, характеристика сточных вод (концентрация загрязняющих веществ и др.), скорость естественного разложения вредных веществ и их оседания на дно, а также коэффициенты взмучивания веществ в воде содержится в Приложении 2 (п. 2, табл. 5–10).

Анализ полученных результатов расчетов осуществлялся по трем основным направлениям:

1) сравнение различных вариантов компоновки каскадов ГЭС с точки зрения возможного формирования загрязнения воды;

2) оценка влияния ЦБК на качество воды в водохранилищах;

3) выявление зависимости изменения концентрации вредных веществ в воде рек Ангара и Енисей под влиянием создания и функционирования производственных объектов (при этом особо выделяются сезонное регулирование водохранилищ и период их наполнения).

Сравнение трех различных вариантов компоновки гидроузлов Средне-Енисейского и Нижнеангарского каскадов ГЭС с точки зрения загрязненности воды осуществлялось по пяти вредным веществам (нефтепродукты, фенолы, фурфурол, диметилдисульфат, метилмеркаптан), содержащимися в стоках трех ЦБК, размещаемых соответственно в Богучанском, Мотыгинском и Абалаковском промузлах (при фиксированном расположении ЦБК по промузлам).

Варианты размещения ЦБК в Нижнем Приангарье были определены в результате решения ряда оптимизационных задач на материалах Нижнего Приангарья, результаты которых изложены, в частности, в публикациях [53; 70; 86]. В данном исследовании нами не рассматривается вариант возможного размещения ЦБК в Лесосибирском промузле, так как его стоки не попадают ни в одно из водохранилищ каскада. При расположении ЦБК в Кодинском промышленном узле стоки ЦБК попадают в водохранилище Богучанской ГЭС. Водохранилища Енисейского каскада становятся приемниками стоков ЦБК при их расположении в Богучанском, Мотыгинском и Абалаковском узлах.

Результаты сравнения позволили выявить водохранилища с наиболее напряженной ситуацией по загрязнению воды (см. рис. 5.1 и табл. 5.3 и 5.4). Таковыми оказались водохранилище Нижнебогучанской ГЭС при расположении в створе «Шивера Косая», а также водохранилище Средне-Енисейской ГЭС в Абалаковском створе при НПУ 103м. В процессе расчетов были определены концентрации пяти вредных веществ в каждом из рассматриваемых водохранилищ по трем вариантам компоновки Средне-Енисейского каскада в зависимости от того, стоки каких ЦБК попадают в то или иное водохранилище. Расчетные данные о максимальных и минимальных концентрациях приведены в *Приложении 3* (п. 1, табл. 1).

Таблица 5.3

Варианты привязки сбросов сточных вод ЦБК к водохранилищам

ЦБК	Мощность (тыс. т/год)	Промузлы	ГЭС и их водохранилища (m – индексы водохранилищ в каскаде)
ЦБК-1	580	Богучанский	5. Нижнебогучанская ГЭС (m=4) 2. Мотыгинская ГЭС (m=2) 7. Стрелковская ГЭС (m=6)
ЦБК-2	1200	Мотыгинский	7. Стрелковская ГЭС (m=6) 1. Средне-Енисейская ГЭС в Абалаковском створе при НПУ-103 (m=1) 4. Средне-Енисейская ГЭС в Абалаковском створе при НПУ-127 (m=3)
ЦБК-3	750	Абалаковсий	1. Средне-Енисейская ГЭС в Абалаковском створе при НПУ-103 (m=1) 4. Средне-Енисейская ГЭС при НПУ-127 (m=3) 6. Средне-Енисейская ГЭС в Савинском створе (m=5)

Источник: составлено автором.

Для выявления степени загрязненности воды в водохранилищах при сооружении каскадов ГЭС все рассматриваемые водохранилища были проранжированы на основе общей картины загрязненности всеми рассматриваемыми пятью вредными веществами. По степени загрязненности тем или иным веществом водохранилищам присвоены порядковые номера. При этом меньший номер ранга соответствует большей загрязненности. Результаты ранжирования представлены в табл. 5.4.

Таблица 5.4

Ранги водохранилищ по степени загрязненности сбрасываемыми со сточными водами вредными веществами

Каскад ГЭС / Вещества	I-103-140		I-127		II-127-140	
	1.Средне-Енисейская (Абалаково, НПУ-103)	2. Мотыгинская	3. Средне-Енисейская (Абалаково, НПУ-127)	4. Нижнебогучанская	5. Средне-Енисейская (Савино)	6. Стрелковская
1. Нефтепродукты	I	IV	V	III-II	VI	II-III
2. Фенолы	II	III	V	I	VI	IV
3. Фурфурол	II	III	V	I	VI	IV
4. Диметилдисульфат	II	III	V	I	VI	IV
5. Метилмеркаптан	II	III-IV	V	I	VI	III-IV
Общий ранг по загрязненности:						
– водохранилища	II	III	V	I	VI	IV
– каскада	I		II		III	

Источник: составлено автором.

Каскадам из двух водохранилищ ранг присваивался на основе сопоставления гипотетических среднеарифметических концентраций для пар водохранилищ по пяти вредным веществам:

$$\overline{C}^{n}_{каскада(m_1,m_2)} = \frac{C^{nm_1} \cdot V^{m_1} + C^{nm_2} \cdot V^{m_2}}{V^{m_1} + V^{m_2}} .$$

Здесь n – индекс загрязнения; m_1, m_2 – индексы водохранилищ в каскаде; V^m – среднегодовой объем водохранилища m (км^3); C^{nm} – среднегодовая (или максимальная) концентрация (г/тыс.м^3).

Например, по фурфуролу (n=3) средневзвешенные концентрации в воде по каскадам будут следующие (г/тыс. м^3): $\overline{C}^3_{(1,2)} = \frac{0{,}087 \cdot 12{,}5 + 0{,}045 \cdot 11{,}8}{12{,}5 + 11{,}8} \approx 0{,}0666$;

$\overline{C}^3_{(3,4)} = \frac{0{,}025 \cdot 72{,}1 + 0{,}16 \cdot 1{,}35}{72{,}1 + 1{,}35} \approx 0{,}029$; $\overline{C}^3_{(5,6)} = \frac{0{,}02 \cdot 26{,}1 + 0{,}03 \cdot 54{,}4}{80{,}5} \approx 0{,}026$;

$\overline{C}^3_{(1,2)} > \overline{C}^3_{(3,4)} > \overline{C}^3_{(5,6)}$.

Таким образом, по фурфуролу вариант I-103 (водохранилища 1 и 2) получает наивысший ранг загрязненности, вариант I-127 (водохранилища 3 и 4) – средний ранг, вариант II-127-140 (водохранилища 5 и 6) – низший ранг (см. табл. 5.4). И так далее по всем веществам.

Ранжирование вариантов каскадов с точки зрения общей обстановки по обоим водохранилищам, составляющим каскад, свидетельствует о том, что наиболее неблагополучным в этом отношении является вариант I-103, наименее загрязненными оказываются водохранилища по варианту II-127-140 (см. табл. 5.4). Объясняется это тем, что объем и качество сточных вод, сбрасываемых в водохранилища 1 и 3, 2 и 4 соответственно, одинаковы (ЦБК 2 и ЦБК 3 для водохранилищ 1 и 3, ЦБК 1 – для водохранилищ 2 и 4), но объемы самих водохранилищ существенно различаются: среднегодовые объемы водохранилищ 1, 3, 2, 4, соответственно, составляют 12,5; 72,1; 11.8 и 1,35 км^3 (см. Приложение 2, п. 1, табл. 1 для I=3). Поэтому обстановка по воде в водохранилище 3 существенно лучше, чем в водохранилище 1, объем которого в 5,7 раза меньше.

В водохранилище 4 (водохранилище Нижнебогучанской ГЭС), принадлежащем к каскаду I-127, обстановка с загрязненностью воды складывается наихудшим образом (высокие показатели концентраций в этом водохранилище не повлияли на ранг загрязненности каскада I-127, вследствие малого объема, поскольку ранг определился по критерию среднеарифметической концентрации).

Заметим, что ранжирование водохранилищ по степени загрязненности не зависит в данном случае от применяемых на ЦБК технологий очистки, но зависит от объемов водохранилищ, глубины их сработки, расположения створов по отношению к местам сброса сточных вод целлюлозно-бумажными комбинатами. При условии постоянного объема стоков ЦБК и вышеописанного расположения комбинатов по промузлам Нижнего Приангарья ранжирование исследуемых водохранилищ останется прежним при расчетах, использующих иные данные о технологиях очисти стоков (*Приложение 2,*

п.2, табл. 7). В связи с отмеченным обстоятельством в настоящем анализе приведены результаты расчетов, выполненных с использованием «составного» вектора концентраций вредных веществ в стоках ЦБК. Каждая из компонент этого вектора соответствует максимальному по двум нижеописанным технологиям производства целлюлозы в сточных водах.

Анализ влияния стоков ЦБК на качество воды производился путем сопоставления максимальных концентраций загрязнений, получаемых по результатам решения, с ПДК. При этом и концентрации загрязнителей в воде и концентрации в придонном слое сопоставлялись с одним и тем же значением ПДК (г/тыс.м^3) в предположении, что вследствие процессов взмучивания и диффузии осевшее вещество не просто лежит на дне, но и содержится в повышенном количестве в небольшом придонном слое воды. По результатам решения получены следующие данные (Приложение 3, п. 1, табл. 1 и 2). Как видно, наиболее сильное загрязнение воды наблюдается по метилмеркаптану (76-78% от ПДК). Объясняется это тем, что он относится к биологически жестким веществам с низким коэффициентом саморазложения и в стоках ЦБК может содержаться в значительных количествах.

Кроме того, прослеживается следующая общая для всех веществ (кроме нефтепродуктов) закономерность: поскольку все рассматриваемые виды веществ слабо растворимы в воде, а по плотности несколько превосходят воду, то их концентрации в придонном слое воды существенно больше, чем в основной массе воды. Особенно сильная разница в концентрациях имеет место для диметилдисульфида (более, чем в 600 раз). Для фурфурола, фенола, метилмеркаптана эта разница составляет соответственно: 25–27/12,5/5 раз. Связано это с различиями в скорости саморазложения (у диметилдисульфида она самая низкая из четырех вышеназванных веществ), а также с разной скоростью седиментации (диметилдисульфид, как наиболее тяжелый, оседает на дно быстрее других веществ).Следует также учитывать, что в реальности загрязняющие вещества будут особенно сильно накапливаться в донном слое приплотинной части водохранилищ вследствие того, что дно Ангары каменистое и примеси плохо задерживаются на нем и сносятся течением в более глубокую приплотинную часть. Поэтому придонные концентрации около плотины будут существенно превосходить полученные по результатам решения, так как последние рассчитывались в предположении о равномерном распределении примесей по дну.

Что касается нефтепродуктов, то большая часть их видов легче воды и все они нерастворимы в воде, поэтому осесть на дно может лишь очень незначительная часть от общего объема сброшенных нефтепродуктов. Поскольку видовой состав нефтепродуктов в настоящей задаче не учитывается, то расчетные значения концентраций C_2 и C_3 являются условными. Достаточно условен для нефтепродуктов также показатель C_1, поскольку вследствие нерастворимости нефтепродуктов в воде основная их масса будет сосредоточена на водной поверхности и лишь незначительная часть может, вследствие турбулентных процессов, попадать в глубинные слои воды.

Полученные результаты позволяют сделать вывод о том, что основным отрицательным фактором стоков ЦБК в водохранилища выступает загрязнение воды сероорганическими веществами, обладающими биологической жесткостью. Следует отметить, что сероорганика содержится в стоках ЦБК в достаточно больших количествах при разных отечественных технологиях производства целлюлозы (напри-

мер, метилмеркаптан – 162 г/тыс.м^3 при производстве растворимой целлюлозы). При этом фоновые концентрации сероорганических веществ в воде Ангары достаточно велики уже в настоящее время из-за сбросов, расположенных выше по течению ЦБК и гидролизных заводов.

В процессе анализа результатов решения исследовалась также динамика изменений концентраций вредных веществ с учетом сезонного регулирования водохранилищ и периода их наполнения. Полученные результаты и их анализ содержатся в *Приложении 3* (пп. 2 и 3, включая табл. 4–23 и рис. 1–9).

Прикладные исследования с использованием разработанной методики позволили сформулировать предложения относительно возможных способов ее совершенствования и высказать рекомендации о возможных путях использования полученных результатов расчетов. Развитие данной модели целесообразно проводить, на наш взгляд, прежде всего в направлении более полного учета факторов, влияющих на качество воды, путем расширения их числа, а также исключения ряда упрощений, принятых в модели по рассматриваемым факторам.

Представляется, что **включение в модель новых факторов возможно по следующим направлениям**:

1. Учет стратификации водной толщины по глубине, т. е. разных скоростей течения и разных температурных режимов эпилимниона (верхний 15-метровый слой), металимниона (среднего слоя), гиполимниона (нижнего, наименее прогретого слоя с относительно постоянной температурой воды в течение всего года). Учет различий в температурных режимах прежде всего должен проявляться в дифференциации значений скоростей саморазложения: в эпилимнионе они будут существенно изменяться по сезонам, в гиполимнионе – будут примерно на одном низком уровне в течение всего года.

2. Учет фонового загрязнения воды и каскадности расположения водохранилищ: загрязненная вода вышележащего водохранилища поступает в водохранилище, расположенное ниже по течению, влияя на качество воды в нем. Тогда в выражении общего потока F^{m+1} поступающих в водохранилище $m+1$ примесей появится еще одно слагаемое:

$$C_1^{фон.nm}(t\text{-}1)\cdot(V^{m+1}(t) - V^{m+1}(t\text{-}1) + Q^{m+1}(t)),$$

где $C_1^{фон.nm}$ – концентрация загрязнения вида n в воде вышележащего водохранилища m в период $(t\text{-}1)$;

$(V^{m+1}(t) - V^{m+1}(t\text{-}1) + Q^{m+1}(t))$– приток воды в периоде t в нижележащее водохранилище $(m+1)$, вычисляемый как алгебраическая сумма ухода воды $Q^{m+1}(t)$ из этого водохранилища в периоде t и изменения объема водохранилища в периоде t по сравнению с $(t\text{-}1)$:

$\Delta V^{m+1}(t) = V^{m+1}(t) - V^{m+1}(t\text{-}1)$, которое может быть как положительным (увеличение объема), так и отрицательным (уменьшение объема). Соответственно, приток в первом случае больше расхода воды, а во втором случае – меньше.

3. Учет диффузии примесей в воду из подстилающих слоев. Этот процесс в первую очередь следует учитывать для нижнего течения Ангары, где под руслом расположено Горевское свинцово-цинковое месторождение. В методических рекомендациях [297] предлагается математическая модель диффузии примесей (объем примесей, диффундирующих в воду из донных слоев за промежуток времени t). Результат ее независимого решения мог бы быть использован в качестве исходного параметра при вычислении общего потока F поступающих в водохранилище примесей.

4. Учет осаждения примесей из воздуха на зеркало водохранилища. С этой целью возможно использование модели рассеивания вредных веществ в атмосфере, построения карт рассеивания на местности и оценки объема примесей, оседающих на зеркало. Для Нижнего Приангарья фактор осаждения примесей из воздуха будет играть существенную роль в формировании качества воды водохранилищ ввиду большой мощности предполагаемых к размещению промышленных объектов, высокой токсичности атмосферных выбросов, а также ввиду учащения в случае создания водохранилищ туманных дней, усугубляющих вредное влияние атмосферных загрязнений.

Полученные результаты по оценке качества воды водохранилищ рассмотренных каскадов под влиянием сброса сточных вод перспективных ЦБК в Нижнем Приангарье, могут быть полезны для характеристики ситуации, складывающейся по результатам расчетов с точки зрения сопоставления расчетных значений концентраций с принятыми нормативными уровнями: с ПДК для водоемов хозяйственно-питьевого назначения; с ПДК для водоемов рыбохозяйственного назначения; с требованиями, предъявленными к используемой воде промышленными объектами тех или иных отраслей; и для оценки дополнительных затрат и потерь, возникающих у различных реципиентов в связи с использованием загрязненной воды.

В целом предложенная методика анализа взаимодействия водохранилищ и окружающей среды позволила сравнить различные варианты взаимного расположения гидроузлов и хозяйственных объектов с точки зрения антропогенной нагрузки на водный бассейн; выявить водохранилища и их участки с наиболее напряженной экологической обстановкой; определить степень отклонения загрязненности воды от установленных нормативов; проанализировать возможные последствия создания гидроузлов для качественного состояния воды в водохранилищах.

5.2. МЕТОДИКА ОЦЕНКИ ВЛИЯНИЯ ФАКТОРОВ ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ НА ЗДОРОВЬЕ НАСЕЛЕНИЯ

5.2.1. Зависимость загрязнения окружающей среды и здоровья

Еще одна специфическая экологическая проблема, решение которой было осуществлено в пределах Нижнего Приангарья, касалась учета влияния загрязнения атмосферы и климатических особенностей территории на здоровье людей.

Химическое загрязнение атмосферы относится к числу важнейших факторов, влияющих на заболеваемость и продолжительность жизни [18; 61; 140; 141; 192; 245; 260; 331; 332; 417]. По данным ВОЗ, 22% утраченных лет здоровой жизни приходится на воздействие экологических факторов; более 5 млн детей умирают ежегодно в мире от причин, связанных с нездоровой средой обитания; на неблагоприятные экологические факторы приходится 1/3 всего глобального бремени болезней; наиболее подвержены влиянию загрязнения ОС дети до 5 лет; за последние 10 лет в Европе заболеваемость астмой у детей увеличилась более чем в 2 раза [18; 245].

Проблема взаимосвязей загрязнения ОС и здоровья населения относится к числу чрезвычайно сложных проблем, многие аспекты которой до сих пор не имеют достаточной проработки в силу сложности взаимодействия различных факторов и трудностей идентификации факторов заболеваний людей.

Среди таких аспектов можно отметить, в частности, следующие:

● постоянный и повсеместный мониторинг ОС и ее влияния на здоровье людей;

● взаимодействие различных видов загрязняющих веществ (с учетом эффектов антагонизма, аддитивности и синергизма);

● разработка научно обоснованных комплексных показателей загрязнения ОС;

● оценка влияния вредных веществ на отдельные органы, их системы и здоровье в целом в зависимости от концентраций и комбинаций загрязнений и разработка математического аппарата определения соответствующих количественных зависимостей;

● создание единой автоматизированной государственной системы хранения и обработки данных по загрязнению ОС и состоянию здоровья населения.

Качественные связи «вид загрязнения – особенности нарушения здоровья» в большинстве случаев являются определенными, и каждому виду загрязнения можно поставить в соответствие несколько конкретных нозологических форм заболеваемости и изменений в деятельности отдельных органов и систем организма (табл. 5.5). Этот пример типичен в том смысле, что, с одной стороны, теоретически определены и многократно практически подтверждены качественные изменения органов и систем организма вследствие воздействия отдельных видов загрязнения. С другой стороны, проблема установления количественных зависимостей между изменением (ухудшением) здоровья и влияющими на него факторами является, на наш взгляд, более сложной проблемой и во многих исследованиях остается недостаточно раскрытой.

Таблица 5.5

Влияние выбросов теплоэлектростанций на здоровье населения

Основные виды загрязнения	Нарушение здоровья человека
Пыль, зола (содержащая свободную двуокись кремния и соединения многих металлов, в т.ч. мышьяка, ванадия, ртути, свинца)	Уменьшение вентиляционной способности и емкости легких; повреждение слизистых оболочек глаз и верхних дыхательных путей. Фиброзные изменения в легких. Накопление в организме двуокиси кремния. Силикоз. Повышение смертности от рака легкого и кишечника. Раздражение и повреждение кожи
Сернистый ангидрид	Общее отравление организма, проявляющееся в изменении состава крови, поражении органов дыхания, повышении восприимчивости к инфекциям, нарушении обмена веществ, повышении артериального давления у детей. Ларингит, бронхит, конъюнктивит, ринит и ринофарингит, эмфизема, бронхопневмония, астма, аллергические реакции, острые заболевания верхних дыхательных путей и системы кровообращения. При кратковременном загрязнении слизистой оболочки глаз – слезотечение, затруднение дыхания, головные боли, тошнота, рвота. Повышение общей заболеваемости и смертности. Повышенная утомляемость, ослабление мышечной силы, снижение памяти, замедление восприятия, ослабление функциональной способности сердца, изменение бактерицидности кожи.
Окислы азота	Резкое раздражение легких и дыхательных путей, возникновение в них воспалительных процессов, образование метгемоглобина, понижение кровяного давления
Сажа	Повышение заболеваемости раком легкого

Источник: таблица составлена с использованием источников [61; 331; 332].

Игнорирование взаимосвязей «окружающая среда – здоровье» при решении задач прогнозирования социально-экономического развития может создать неправильную картину о возможностях территории при формировании новых хозяйственных комплексов и увеличении антропогенной нагрузки в старопромышленных районах. Особенно остро подобные проблемы стоят в Сибири, где, с одной стороны, велик потенциал освоения новых территорий, а с другой, – снижены возможности восстановительных процессов в человеческом организме и различных природных системах. Это делает актуальным выявление влияния загрязнения ОС на здоровье людей.

Для установления взаимосвязей между загрязнением ОС и здоровьем населения при прогнозировании формирования локальной производственной системы нами предложен методический подход, нацеленный на решение следующих задач:

1) выявление возможных факторных связей между заболеваемостью населения и загрязнением ОС в районе размещения и функционирования крупных ТЭС;

2) установление количественных зависимостей между заболеваемостью населения, с одной стороны, и климатическими особенностями территории и загрязнением ОС – с другой;

3) реализация предлагаемого подхода на материалах конкретной территории и выявление возможностей размещения в районе Нижнего Приангарья объектов теплоэнергетики (в том числе на канско-ачинских углях) с точки зрения возможного влияния их выбросов на здоровье людей.

5.2.2. Лесосибирский промышленный узел как территориальный объект исследования

Логика выстраивания связей в системе «окружающая природная среда – здоровье населения» для целей анализа поставленных проблем показана на рис. 5.2.

Исходный пункт анализа – выбор производственных объектов и территории. В качестве первых рассматриваются объекты теплоэнергетики, работающие на угле[1]. Угольные ТЭС имеют выбросы вредных веществ в атмосферу, среди которых преобладают зола, NO_x и SO_2.

В качестве территории исследования выступал Лесосибирский промышленный узел в западной части Нижнего Приангарья [94; 107; 108]. При этом учитывались климатические особенности его территории, которые могут влиять на состояние здоровья населения, в частности, атмосферное давление и температура воздуха. Данный узел имеет высокий потенциал загрязнения атмосферы, что создает неблагоприятные условия для рассеивания загрязнений в атмосферном воздухе. Узел специализируется главным образом на лесозаготовках, деревообработке и деревопереработке. Наличие в Нижнем Приангарье крупных запасов высококачественных лесных ресурсов в сочетании с благоприятными условиями водообеспечения позволяет рассматривать его как исключительно перспективный район для развития производств по глубокой химической переработке древесины и прежде всего целлюлозно-бумажных и гидролизно-

[1] Строительство крупных угольных тепловых электростанций в Нижнем Приангарье связано с возникновением и необходимостью решения целого ряда серьезных экономических и экологических проблем (в частности, транспортировка угля по железной дороге и необходимость реконструкции участка железной дороги Ачинск-Абалаково; возможный избыток электроэнергетических мощностей в регионе и др.), которые в данной части исследования не рассматриваются.

дрожжевых заводов. Здесь прогнозируется размещение целлюлозно-бумажного завода и ряда предприятий цветной металлургии, а также объектов газо- и нефтепереработки. Такое направление экономического развития потребует формирования мощной топливно-энергетической базы, одним из вариантов создания которой может стать размещение в районе Лесосибирска крупных ТЭС, работающих на канско-ачинском угле (запасов местных углей недостаточно). Приход на территорию промузла подобных объектов связано с риском загрязнения атмосферы и их возможным негативным воздействием на здоровье населения. Как правило, последствия воздействия выбросов ТЭС на здоровье людей весьма многообразны и могут вызывать различные нарушения в его состоянии, в том числе болезни органов дыхания (см. табл. 5.5) [61; 331; 332].

Рис. 5.2 Логика выстраивания связей в системе «окружающая природная среда – здоровье» для целей их анализа

Источник: составлено автором.

Выбор Лесосибирского промышленного узла в качестве территориального объекта исследования обусловлен тем, что на уровне данного промузла как относительно небольшого населенного пункта можно достаточно детально рассмотреть различные аспекты жизнедеятельности населения на конкретной территории, включая его здоровье, а также загрязнение ОС, использование ресурсов, создание объектов инфраструктуры. Кроме того, для исследования выделенной проблемы именно на уровне промузла имеет место ряд благоприятных предпосылок, состоящих в том, что каждый промузел охватывает, как правило, ограниченное число предприятий, расположенных в достаточно однородных природных условиях и характеризующихся однородной ситуацией с загрязнением атмосферы, что облегчает выделение наиболее типичных загрязняющих

веществ, установление конкретных виновников загрязнения и количественную оценку последствий их воздействия на здоровье населения.

Из всех городов и районов Нижнего Приангарья Лесосибирский промузел характеризуется самым высоким потенциалом загрязнения атмосферы[1]. Это связано с неблагоприятными метеорологическими условиями для рассеивания вредных примесей в воздушной среде, что обусловливает весьма высокую предрасположенность атмосферы к загрязнению. В частности, можно отметить такие местные особенности Лесосибирского промузла [139; 292], как разнообразный рельеф местности, часто повторяющийся антициклональный тип погоды (особенно в зимний период), сопровождающийся слабыми ветрами и штилями (среднегодовая скорость ветра – 2,7 м/с) и формирующий предпосылки для возникновения температурных инверсий, а также частые туманы, неравномерное распределение осадков в течение года и другие неблагоприятные климатические условия, которые вызывают трудности для рассеивания атмосферных загрязнений и создают возможность скопления в приземном слое атмосферы высоких концентраций вредных веществ.

Все предполагаемые к размещению в Лесосибирском промузле производственные объекты являются, как правило, крупными потребителями электроэнергии. Это дает основание утверждать, что одной из первостепенных проблем, определяющих формирование хозяйственного комплекса региона, его производственную структуру, масштабы развития и схему размещения производственных объектов, является проблема создания здесь крупной и надежной энергетической базы. Решение этой проблемы возможно, по крайней мере, двумя следующими путями. Первый путь – преимущественное развитие гидроэнергетики, прежде всего посредством освоения значительных по запасам гидроэнергоресурсов рек Ангара и Енисей. Помимо уже функционирующей Богучанской ГЭС, прорабатываются также вопросы возможного сооружения ряда других станций в нижнем течении Ангары и среднем течении Енисея. Второй путь создания энергетической базы в регионе допускает возможность строительства крупных ТЭС на углях Канско-Ачинского бассейна (использование местных запасов угля в обозримой перспективе представляется экономически нецелесообразным, перспективы использования природного газа пока не определены). И тот и другой пути решения энергетической проблемы в Нижнем Приангарье могут иметь серьезные экологические последствия, что требует необходимости прогнозирования подобных последствий еще на стадии предпроектных и проектных разработок.

Следует заметить, что если вопросы воздействия ГЭС на ОС в рассматриваемом регионе в той или иной степени прорабатываются, то экологические аспекты создания и функционирования крупных ТЭС пока совершенно не изучены. На наш взгляд, рассмотрение возможности развития теплоэнергетики в регионе как альтернативы гидроэнергостроительству требует тщательного обоснования возможных экологических последствий сооружения крупных ТЭС и сравнения их с экологическими последствиями гидроэнергостроительства с целью выбора вариантов развития энергетики, наилучшим образом отвечающих требованиям охраны ОС.

[1] Потенциал загрязнения атмосферы характеризует сочетание метеорологических факторов, обусловливающих рассеивающую способность атмосферы и, соответственно, уровень возможного загрязнения воздушного бассейна от источников выбросов в данном географическом районе. Чем благоприятнее метеорологические условия (лучше проветривание и т. п.), тем ниже ПЗА.

Одной из важных реакций состояния здоровья людей на загрязнение атмосферы является заболеваемость. В нашем анализе основное внимание сконцентрировано на заболеваемости только детского населения, а среди видов болезней рассматриваются болезни органов дыхания, которые сгруппированы в 11 нозологических форм заболеваемости дыхательных путей[1]. Выбор для исследования зависимостей такого рода объясняется, во-первых, возросшими масштабами загрязнения воздушного бассейна, во-вторых, всеобщим характером влияния загрязненного воздуха на состояние здоровья людей и, в-третьих, наибольшей изученностью этого вида зависимостей (главным образом, его качественной стороны).

Определение количественных зависимостей между здоровьем населения промышленного узла и выбросами предприятий, входящих в его состав, может позволить (при условии практического осуществления мер по улучшению производственной деятельности) снизить атмосферное загрязнение и тем самым предотвратить действие факторов, ухудшающих здоровье населения. Другими словами, промышленный узел – это тот ранг локальных производственных систем, на уровне которых возможны: установление конкретных «виновников» загрязнения и количественная оценка вызванных ими последствий.

5.2.3. Этапы исследования, используемый аппарат и получаемые результаты

Установление взаимосвязей между загрязнением ОС и здоровьем населения осуществлялось последовательно, включая, во-первых, установление количественных зависимостей между заболеваемостью детского населения и факторами, влияющими на нее, во-вторых, расчет рассеивания вредных выбросов на отдельной территории в зависимости от климатических условий, размещения объектов и характеристик выбросов и, в-третьих, на основе объединения полученных результатов определение вариантов прогноза заболеваемости детского населения.

Исследование было проведено в несколько этапов, последовательность которых представлена на рис. 5.3.

На подготовительном этапе исследований в результате решения ряда оптимизационных задач на материалах Нижнего Приангарья [53; 59; 61; 70; 86] с использованием разработанного нами модельного аппарата по анализу эколого-экономических взаимосвязей, возникающих при формировании территориальных хозяйственных систем (см. главу 4), была получена информация о формировании возможной пространственной структуры Лесосибирского промузла в перспективе с учетом экологических требований. Отдельные результаты решения данных задач применялись в качестве входной информации при проведении расчетов по анализу зависимостей между состоянием здо-

[1] Болезни органов дыхания занимают первое место в структуре общей заболеваемости в мире, а удельный вес данной патологии составляет у взрослых 27,6%, у подростков – 39,9% и у детей – 61% [140; 331]. На загрязнение ОС в первую очередь реагируют люди с заболеваниями дыхательных путей, в том числе астматики и лица с повышенной аллергической реакцией. (http://www.km.ru/zdorove/2012/09/14/istochniki-vrednogo-vozdeistviya-na-zdorove/692272-kazhdoe-pyatoe-zabolevanie-svy/). По оценкам экспертов, загрязнение атмосферного воздуха сокращает продолжительность жизни в среднем на 3–5 лет.

ровья и загрязнением атмосферного воздуха (в частности, уточненная производственная структура промузла с учетом ее экологической допустимости, выбор экологически приемлемых вариантов мощностей для основных объектов хозяйства, размещение возможных новых предприятий по промышленным площадкам узла, варианты природоохранных мероприятий и технологий, объемы и состав выбросов в атмосферный воздух и др.). Данная информация учитывается, как правило, косвенно в качестве экзогенных параметров.

Рис. 5.3 Этапы исследования, используемый аппарат и получаемые результаты анализа зависимостей между здоровьем населения и состоянием окружающей среды

Источник: составлено автором.

Непосредственное же использование названного экономико-математического аппарата для решения поставленных в статье задач представляется затруднительным прежде всего из-за невозможности адекватного отражения такого сложного фактора, как здоровье населения, в терминах экономико-математических моделей. Поэтому для исследования зависимостей между здоровьем и состоянием ОС более применимы статистико-математические модели (корреляционно-регрессионный анализ).

На первом этапе с использованием статистико-математических моделей (методов регрессионного и факторного анализа) определялась количественная зависимость заболевания детского населения, представленной одиннадцатью нозологическими формами (в соответствии с методикой ВОЗ [298]) болезней органов дыхания, от таких факторов природной среды, как, во-первых, загрязнение атмосферного воздуха золой, окислами азота и серы и, во-вторых, особенности климатических условий рассматриваемого промузла, включая атмосферное давление и температуру воздуха.

Установление количественных зависимостей между заболеваемостью населения и факторами, характеризующими климатические особенности и загрязнение ОС, осуществлялось на основе информации ФБУН «Новосибирский НИИ гигиены» Роспотреб-

надзора. В качестве исследуемой категории населения при учете заболеваемости рассматривались дети в возрасте от 3 до 14 лет. При этом соблюдено требование достаточно большого объема не только всей совокупности числа наблюдений, но и численности каждой из выделенных в ней групп (30-40 детей).

Выбор детского населения для решения поставленной задачи был обусловлен тем, что, во-первых, оно не подвержено действию производственных факторов, вредных привычек и т.п., что позволяет исключить их влияние. Во-вторых, дети, в силу известных анатомо-физиологических особенностей, более чувствительны к изменению качества ОС. Поэтому сроки наступления неблагоприятных эффектов у них по сравнению со взрослым населением более короткие. Это повышает достоверность статистических наблюдений и позволяет на более ранних стадиях выявить наличие неблагоприятных влияний. В-третьих, фактическая заболеваемость детей практически совпадает с заболеваемостью по обращаемости в медицинские учреждения, что обеспечивает высокую презентабельность данных.

Среди видов заболеваемости в условиях загрязнения атмосферного воздуха преобладают болезни органов дыхания. Поэтому для анализа были выбраны болезни преимущественно верхних дыхательных путей, которые зависят не только от состояния воздушного бассейна, но и от особенностей климатических условий территории. Материалы первичного учета заболеваемости позволяют сгруппировать рассматриваемое детское население с учетом пола, возраста, места проживания (сильно загрязненный район, слабо загрязненный район) по рассматриваемым одиннадцати нозологическим формам заболеваемости. Динамические ряды этих данных с месячной периодизацией обрабатываются с помощью корреляционного анализа и при наличии связи между рядом заболеваемости и рядом, характеризующим климатические условия или загрязнение атмосферы, включаются в уравнение регрессии. В данных уравнениях в качестве результативного признака выступает заболеваемость болезнями определенной нозологической группы, а факторными признаками – климатические особенности территории и характеристики видов загрязнения атмосферного воздуха. В качестве показателя, определяющего выделение факторов (качественных переменных, которые в дальнейшем анализе входят в уравнение регрессии и оцениваются статистическими критериями), в данной работе использовался коэффициент корреляции рангов ρ – коэффициент Спирмена).

Установление количественных зависимостей между изучаемыми явлениями предполагает выделение из всей совокупности признаков качественных переменных (факторов), которые в дальнейшем анализе входят в уравнение регрессии и оцениваются статистическими критериями. В качестве показателя, определяющего выделение факторов, в данной работе использовался коэффициент корреляции рангов ρ – коэффициент Спирмена. При этом из всей совокупности наблюдений был выделен массив исходных данных, соответствующих одному году (12 наблюдений с месячной периодизацией).

Анализ коэффициентов корреляции рангов был обусловлен принятой на этапе предварительного анализа гипотезы о приближенном характере рассматриваемых признаков и отличной от нормальной формы распределения исследуемых признаков. Признакам были приписаны соответствующие ранги (например, 1; 2,5; 4 ... 12) и по ранжированным рядам были вычислены коэффициенты Спирмена: $\rho = 1 - \frac{6\sum_n d^2}{n\left(n^2 - 1\right)}$,

где n – число сопоставляемых пар (n=12); d – разность между рангами (порядковыми номерами) в двух рядах. Использование данного коэффициента позволило более точно оценить тесноту связи между факторами. Кроме того, варианты ранжирования позволили учесть погрешность измерительных приборов и сгладить случайные колебания.

Главной проблемой построения корреляционной модели является определение аналитической функции, отражающей механизм связи результативного признака с факторным. Для представления имеющейся связи тем или иным уравнением выдвигается гипотеза, которая в дальнейшем подтверждается или отвергается. Тип кривой выбирается на основе сочетания теоретического анализа и исследования исходных эмпирических данных.

Пусть исходные данные записаны в виде матрицы $Y = \left(y_{ij}\right)$, где i = 1, 2, ..., m относится к переменным, а j=1, 2, ..., n соответствует моментам наблюдения. Если все m переменных подвергнуть следующему преобразованию $z_{ij} = \dfrac{y_{ij} - \overline{y}_i}{s_i}$, где y_{ij} – фактическое значение, $\overline{y_i}$ – среднее значение, s_i – стандартное отклонение, то матрица $Z = \left(z_{ij}\right)$будет удовлетворять следующим двум условиям: $\frac{1}{n}\sum_{j=1}^{n} z_{ij} = 0$ (i =1…m) и $\frac{1}{n-1}\sum_{j=1}^{n} z_{ij}^{\ 2} = 1$ (i=1…m), т.е. все средние значения переменных $\left(z_{ij}\right)$ равны нулю, а все дисперсии равны единице. Столбцы матрицы Z называют стандартизованными или нормированными, а z_{ij} – стандартизованным значением.

Модель множественной регрессии для стандартизованных данных, используемых в работе, имеет следующий вид:

$$Z_j^{kl} = \sum_{i=i_1 \bigcup i_2} a_i^{kl} X_i(z_{ij}) + e_j^{kl}, \qquad \forall j = \overline{1,n};\ k,,l, \qquad (1)$$

где Z_j^{kl} – заболеваемость половозрастной группы k болезнями l-й нозологической формы в момент наблюдения j ($j = \overline{1,n}$), n – количество наблюдений (n=12); l – индекс нозологической формы заболеваемости, l=1, 2,…,11; $i = i_1 \bigcup i_2$, где i_1 – индекс вида загрязнения, i_1=1, 2, 3, (1 – зола, 2 – NO_x, 3 – SO_2); i_2 – индекс характеристики климата;i_2=1, 2 (1 – атмосферное давление, 2 – температура воздуха);

$X_i(z_{ij})$ – заболеваемость, сформировавшаяся под воздействием включенных в уравнение факторов i в момент наблюдения j;

z_{ij} – стандартизованные значения исходных данных: концентрация i_1-го вида загрязнения или численная характеристика климата (i_2);

a_i^{kl} – параметры регрессионного уравнения; k= k_MU$k_Д$, где k – индекс половозрастной группы, k_M – индекс половозрастной группы мальчиков, $k_Д$ – номер половозраст-

ной группы девочек; $k_M = 1, 2,\ldots,8$; $k_Д = 9, 10,\ldots,16$;

e_j^{kl} – ошибка.

В качестве аналитической функции X_l, характеризующей форму связи между признаками, была принята логарифмическая функции, как наиболее предпочтительная по опыту предыдущих исследований с точки зрения решения задачи установления количественных зависимостей между заболеваемостью населения и загрязнением ОС.

В качестве оценок значимости регрессионных уравнений использовались: (1) коэффициенты частной и множественной корреляции; (2) коэффициент детерминации – частное от деления дисперсии обусловленной регрессией (характеризует систематические отклонения от среднего значения), на полную дисперсию; (3) стандартная ошибка – частное от деления отклонений оценок от среднего значения на дисперсию; (4) F – критерий (Фишера) – отношение факторной дисперсии к остаточной.

Следует отметить, что в значительной степени успех данного подхода зависит от отбора и теоретического обоснования переменных, введенных в анализ; исследования характера зависимости между переменными, который часто ошибочно принимается за линейный, а также от максимального расширения числа вводимых в анализ переменных. Эти важнейшие предпосылки нередко оказываются нарушенными, что может приводить к неадекватному отражению характера связи между здоровьем и качеством ОС.

В отличие от обычной практики, когда в качестве факторов влияния выделяются среднегодовые концентрации видов загрязнения, в нашем случае используются среднемесячные. Среднегодовые показатели, на наш взгляд, не отражают внутригодовые изменения концентраций, которые также влияют на здоровье. Поэтому включение их в анализ снижает точность получаемых моделей. В данной работе внутригодовые изменения концентраций видов загрязнения учитывались путем установления месячной периодизации. Месяц, безусловно, является более однородным периодом, чем год, что позволяет надеяться на получение достоверного результата в определении количественных зависимостей между состоянием ОС и обусловленной им заболеваемостью людей. Поэтому ряды, охватывающие большие периоды времени (в данном случае – год), расчленяются на такие, которые объединяют лишь однокачественные периоды развития совокупностей, характеризующихся одним законом (закономерностью) развития. С этой точки зрения в работе был выделен наименьший возможный период динамики – календарный месяц, который позволяет, с одной стороны, освободиться от влияния случайных (внутримесячных) колебаний, а, с другой стороны, – учесть сезонные (внутригодовые) колебания.

Для определения необходимой численности выборки исследований и числа наблюдений использовались методы, изложенные в работе [368]. Они позволяют при минимально допустимом объеме выборки получать достоверный и надежный результат. При формировании групп наблюдения применяется метод направленного отбора [298], который позволяет на небольшом объеме материалов изучить силу влияния изучаемых факторов.

Исходные данные для анализа влияния факторов ОС на здоровье населения были собраны в следующем виде: (а) индивидуальные карточки учета заболеваемости с указанием пола, возраста, места проживания (сильно загрязненный район, слабо загрязненный район), дат обращаемости в медицинские учреждения и поставленного диагноза; (б) тетради учета атмосферного давления, температуры воздуха и концентраций видов загрязнения с 6-часовой периодизацией (замеры производились 4 раза в сутки – в 01, 07, 13 и 19 часов).

На основе этого материала сформированы динамические ряды, характеризующие изменение климатических особенностей, загрязнения ОС и здоровья населения во времени. Показатели отражают изучаемые явления по признаку состояния на определенные моменты времени, что характерно для моментных динамических рядов.

Для достижения однокачественности отдельных уровней динамических рядов была произведена типологическая группировка материала по заболеваемости. Выделены однородные половозрастные группы детей, проживающих в одном районе (например, мальчики в возрасте 3 лет, проживающие в сильно загрязненном районе), болевшие в течение рассматриваемого периода болезнями определенной нозологической формы. Связь между динамическими рядами, характеризующими климатические особенности и здоровье населения, и рядами заболеваемости была исследована методами корреляционного анализа

Динамические ряды видов загрязнения, климатических характеристик (табл. 5.6) и заболеваемости были проранжированы несколькими способами с учетом следующих гипотез:

1) по первому варианту ранжирования видов загрязнения (зола, двуокись азота, сернистый ангидрид) была выдвинута гипотеза о том, что пропущенные значения концентраций веществ равны концентрациям в предыдущий момент наблюдения;

2) по второму варианту ранжирования видов загрязнения принималась гипотеза о нулевых значениях концентраций видов загрязнения в пропущенных наблюдениях.

Учитывая ошибки измерительных приборов, признаки, характеризующие загрязнение и климатические особенности, были проранжированы по нескольким вариантам (например, вариант 1 – ошибка измерений равна 0,5%, вариант 2 – ошибка равна 1%).

Таблица 5.6

Динамические ряды данных концентраций загрязняющих веществ и характеристик климата по вариантам

Месяцы	Пыль, мг/куб. м.		Двуокись азота, мг/ м ³		Сернистый ангидрид, мг/ м ³		Температура воздуха, °С	Атмосферное давление, мм. рт. ст.
	1	2	1	2	1	2		
Январь	0,43	0,26	0,045	0,043	0,106	0,100	-36,6	704,3
Февраль	0,86	0,66	0,063	0,063	0,154	0,151	-31,0	704,9
Март	1,02	0,92	0,122	0,116	0,142	0,138	-20,2	707,6
Апрель	1,17	1,01	0,041	0,040	0,119	0,116	-7,1	685,8
Май	0,64	0,60	0,075	0,073	0,063	0,062	+3,6	692,8
Июнь	0,55	0,49	0,083	0,081	0,127	0,124	+12,2	689,0
Июль	1,65	1,06	0,051	0,048	0,060	0,060	+15,9	694,9
Август	2,31	1,97	0,049	0,046	0,108	0,093	+12,4	691,0
Сентябрь	2,62	2,49	0,047	0,047	0,148	0,144	+4,4	698,5
Октябрь	2,8	2,78	0,077	0,665	0,117	0,100	-7,7	698,0
Ноябрь	1,63	1,38	0,141	0,135	0,143	0,121	-24,2	700,0
Декабрь	3,87	3,00	0,092	0,092	0,089	0,089	-34,2	696,4

Примечание: 1 вариант – значения концентраций видов загрязнения по пропущенным наблюдениям равны предыдущим концентрациям; 2 вариант – значениям концентраций по пропущенным наблюдениям присвоены нулевые значения.

Источник: расчеты автора.

Далее по полученным рядам были вычислены коэффициенты корреляции рангов. Матрица, состоящая из ранжированных рядов, и матрица коэффициентов корреляции рангов приведены в табл. 5.7.

Таблица 5.7

Коэффициенты корреляции рангов (коэффициенты Спирмена)

	V1	V2	V3
V_1			
V_2	0,9912		
V_3	0,9823	0,9821	
V_4	0,993	0,9787	0,9858
V_5	0,993	0,9805	0,9894
V_6	0,9823	0,9696	0,975
V_7	0,9859	0,9641	0,9605
V_8	-0,1778	-0,2558	-0,2504
V_9	-0,1221	-0,2018	-0,1929
V_{10}	-0,1976	-0,2732	-0,2584
V_{11}	-0,2552	-0,3329	-0,331
V_{12}	-0,1032	-0,1119	-0,054
V_{13}	-0,1052	-0,0826	-0,1376
V_{14}	0,2417	0,2858	0,2477
V_{15}	-0,0649	-0,0327	-0,0655
V_{16}	-0,3937	-0,309	-0,3531
V_{17}	0,0437	0,0441	0,0441
V_{18}	-0,1852	-0,1869	-0,2336

Источник: расчеты автора.

На основе полученных коэффициентов были выделены факторы, вводимые в анализ связей между заболеваемостью и загрязнением. Например, заболеваемости болезнями органов дыхания детьми в возрасте 12 лет были поставлены в соответствие в качестве факторов следующие признаки:

1) загрязнение приземного слоя атмосферы золой – среднемесячная концентрация по варианту с ненулевыми значениями пропущенных наблюдений и 5% ошибкой измерительных приборов;

2) среднемесячная концентрация сернистого ангидрида по варианту с ненулевыми значениями пропущенных наблюдений и 5%-й ошибкой измерительных приборов;

3) среднемесячная температура окружающего воздуха;

4) среднемесячное значение атмосферного давления.

Полученные факторные связи представлены в табл. 5.8. Других значимых факторных связей в результате исследований выделить не удалось.

Таблица 5.8

Факторы, вводимые в анализ связей между заболеваемостью и загрязнением

Результативный признак	Факторы и соответствующие им коэффициенты корреляции рангов
1. Заболеваемость болезнями органов дыхания детьми в возрасте 12 лет	1. Среднемесячное значение атмосферного давления (р=0,76) 2. Среднемесячная температура воздуха (р = 0,59) 3. Среднемесячная концентрация сернистого ангидрида (р=0,21) 4. Среднемесячная концентрация золы (р =0,16)
2. Заболеваемость болезнями органов дыхания детьми в возрасте 13 лет	1. Среднемесячная концентрация двуокиси азота (р=0,75) 2. Среднемесячная температура воздуха (р=0,59) 3. Среднемесячное значение атмосферного давления (р=0,20)
3. Заболеваемость болезнями органов дыхания детьми в возрасте 14 лет	1. Среднемесячная температура воздуха (р=0,73) 2. Среднемесячное значение атмосферного давления (р=0,31) 3. Среднемесячная концентрация двуокиси азота (р=0,21)

Источник: расчеты автора.

Тесную связь между температурой воздуха, атмосферным давлением и заболеваемостью болезнями органов дыхания можно объяснить исходя из следующих посылок:

a) существует зависимость температуры воздуха от атмосферного давления (р=0,65);

b) климатические условия и рельеф не благоприятствуют рассеиванию вредных примесей, что приводит к их накоплению в приземном слое атмосферы;

c) на данные связи оказывает влияние накапливаемая заболеваемость, особенно в 1-й (12 лет) и 3-й (14 лет) возрастных группах. В них доля детей, проживающих на данной территории 5 лет, 4 года и 3 года, равны соответственно для 1 возрастной группы (12 лет) 40%, 40%, 20% и для 3-й группы (14 лет) – 30%, 60%, 90%. Для 2-й группы (13 лет) соответствующий показатель имеет значения 0%, 75%, 25%.

Таким образом, во 2-й группе заболеваемость детей болезнями органов дыхания возникает вследствие первичного воздействия высоких концентраций двуокиси азота, в то время как для детей 1-й и 3-й возрастных групп она оказывает преимущественно провоцирующее воздействие.

Для составления уравнений регрессии исходные данные были пронормированы, и была получена матрица стандартизированных значений переменных (со средним значением, равным нулю, и единичной дисперсией).

Полученные в ходе дальнейшего анализа уравнения имеют следующий вид:

1) $Y_{14}^{3} = -1{,}367V_8 + 1{,}65$ R=0,71,

где Y_{14}^{3} – заболеваемость детей 14 лет болезнями органов дыхания (3-я нозологическая группа по методике ВОЗ);

V_8 – среднемесячная температура воздуха (°С);

R – коэффициент множественной корреляции.

Расчетное значение F – критерия (Фишера) равно F=10,4. Табличное значение F – критерия для 10 степеней свободы и уровня значимости 0,05 равно 4,96. Соответственно, отношение F-расчетное и F-табличное для данных переменных намного больше единицы и отражает высокую долю объясненной регрессией дисперсии.

Значение множественного коэффициента корреляции, равное R=0,71, дает возможность считать данную модель достоверной и реально отражающей факторные связи.

2) $Y_{13}^{З} = 1{,}363V_5 - 0{,}693V_8 + 1{,}196$ *R*=0,90,

где $Y_{13}^{З}$ – заболеваемость детей 13 лет; V_5 – среднемесячная концентрация двуокиси азота (мг/ куб.м); V_8 – среднемесячная температура воздуха (°С);

R – коэффициент множественной корреляции.

Расчетные значения F – критерия (Фишера) равны для переменных V_5 и V_8 F=20,133 и F=5,38 соответственно. Табличное значение F – критерия для 9 степеней свободы и уровня значимости 0,05 равно 4,26. Отношение F – расчетное и F – табличное также больше единицы. Значение множественного коэффициента корреляции равно R=0,90, т.е. близко к единице, что показывает высокую точность модели.

3) $Y_{12}^{З} = 0{,}961V_9 - 0{,}566V_2 + 0{,}707$ *R*=0,89,

где $Y_{12}^{З}$ – заболеваемость детей 12 лет болезнями органов дыхания (нозологическая группа 3 по методике В03);

V_9 – среднемесячное значение атмосферного давления (мм. рт. ст.);

V_2 – среднемесячная концентрация золы в атмосфере (мг/ куб. м);

R – коэффициент множественной корреляции.

Расчетные значения F – критерия (Фишера) для переменных V_2 и V_9 равны F=8,2 и F=23,9 соответственно. Табличное значение F-критерия для 9 степеней свободы и уровня значимости 0,05 равно 4,26. Поэтому отношение F – расчетное и F – табличное для данных переменных также намного больше единицы, что отражает высокую долю объясненной дисперсии. Значение коэффициента множественной корреляции, равное R=0,89, и независимость значений факторов также дают возможность говорить о достоверности уравнения. Полностью значения статистических критериев приведены в табл. 5.9, 5.10, 5.10а и 5.11.

Таблица 5.9

Стандартизированные значения концентраций и характеристик климата по вариантам

Месяцы	Зола, мг/ куб. м.		Двуокись азота, мг/куб. м.		Сернистый ангидрид, мг/ м³		Температура воздуха	Атмосферное давление, мм. рт. ст.
	1	2	1	2	1	2		
Январь	-1,12	-1,19	-0,91	-0,90	-0,29	-0,26	-1,4	-1,1
Февраль	-0,62	-0,77	-0,34	-0,26	1,26	1.43	-1,1	1,2
Март	-0,57	-0,49	1,50	1,45	0,87	1,00	-0,60	1,6
Апрель	-0,43	-0,39	-1,03	-1,00	0,13	0,27	+0,1	-1,7
Май	-0,93	-0,83	0,03	0,06	-1,68	-1,53	+0,7	-0,6
Июнь	-1,01	-0,95	0,28	0,32	0,39	0,53	+1,1	-1,2
Июль	0,03	-0,34	-0,72	-0,74	-1,77	-1,60	+1,3	-0,3
Август	0,64	0,63	-0,78	-0,81	-0,23	-0,50	+1,1	-0,9
Сентябрь	0,931,14	1,18	-0,84	-0,77	1,06	1,20	+0,7	0,2
Октябрь	-0,49	1,19	0,09	-0,19	0,06	-0,26	+0,09	0,2
Ноябрь	2,14	0,39	2,09	2,06	0,90	0,43	-0,8	0,5
Декабрь		1,72	0,56	0,68	-0,84	-0,63	-1,3	0,0

Примечание:

1 вариант – значение концентраций видов загрязнения по пропущенным наблюдениям равны предыдущим концентрациям.

2 вариант – значениям концентраций по пропущенным наблюдениям присвоены нулевые значения.

Таблица 5.10

Вариант ранжирования признаков для вычисления коэффициентов корреляции рангов (е – ошибка измерений)

Месяцы	Зола, 1 вариант			Зола, 2 вариант				Двуокись азот, 1 вариант			
	Е=0,01	Е=0,05	Е=0,1	Е=0,01	Е=0,05	Е=0,1		Е=0,01	Е=0,05	Е=0,1	
Январь	2,0	3,0	2,5	2,0	2,0	2,5	2,0	2,5	1,5	3,5	3,5
Февраль	5,0	5,5	4,5	4,5	4,5	4,5	4,0	6,0	6,0	6,0	6,0
Март	6,0	5,5	4,5	6,5	6,0	7,0	7,0	11,0	11,0	11,0	11,0
Апрель	7,0	7,0	6,5	6,5	7,5	7,0	7,0	1,0	1,5	3,5	3,5
Май	3,5	3,0	4,5	4,5	4,5	4,5	4,0	7,5	7,5	8,0	7,5
Июнь	3,5	3,0	2,5	3,0	3,0	2,5	4,0	9,0	9,0	9,5	8,0
Июль	8,0	8,0	8,0	8,0	8,0	7,5	7,0	7,0	4,5	4,0	3,5
Август	9,0	9,0	9,0	9,0	9,0	9,0	9,0	4,5	4,0	3,5	3,5
Сентябрь	10,0	10,5	10,5	10,0	10,0	10,0	10,0	2,5	4,0	3,5	3,5
Октябрь	11,0	10,51,0	10,5	11,0	11,0	11,5	11,5	7,5	7,5	8,0	7,5
Ноябрь	1,0	12,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	12,0	12,0	12,0	12,0
Декабрь	12,0		12,0	12,0	12,0	11,5	11,5	10,0	10,0	9,5	3,0

Месяцы	Двуокись азота, 2 вариант			Сернистый ангидрид, 1 вариант			Сернистый ангидрид, 2 вариант			t °C	Давление
	Е=0,01	Е=0,05	Е=0,1	Е=0,01	Е=0,05	Е=0,1	Е=0,01	Е=0,05	Е=0,1	Е=0,05	Е=0,05
Январь	2.0	3,5	3,0	4.5	4,5	4,5	5,5	5,5	1,5	1,0	10,5
Февраль	6,5	6,5	7,0	12.0	12,0	12,0	12,0	12,0	11,0	3,0	10,5
Март	11,0	11,0	11,0	9,5	10,0	10,5	10,0	10,5	11,0	5,0	12,0
Апрель	1,0	1,0	3,0	6,5	6,5	7,0	7,0	7,0	8,0	6,5	1,0
Май	8,0	8,0	7,0	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	12,0	4,0
Июнь	9,0	9,0	9,5	8,0	8,0	7,0	8,5	8,5	8,0	10,5	2,0
Июль	4,0	3,5	3,0	4,5	4,5	4,5	4,0	3,5	4,5	8,5	5,0
Август	4,0	3,5	3,0	11,0	4,5	4,5	4,5	3,5	4,5	10,5	3,0
Сентябрь	4,0	3,5	3,0	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	8,5	7,5
Октябрь	6,5	6,5	7,0	6,5	7,0	7,0	5,5	5,5	4,5	6,5	7,5
Ноябрь	9,5	10,0	12,0	9,5	10,0	10,0	8,5	8,5	8,0	4,0	9,0
Декабрь	3,0	3,0	9,5	3,0	3,0	3,0	3,0	3,5	4,5	2,0	6,0

Источник: расчеты автора.

Таблица 10а

Вариант ранжирования признаков для вычисления коэффициентов корреляции рангов (е – ошибка измерений)

Месяцы	Зола, 1 вариант			Зола, 2 вариант			
	Е=0,01	Е=0,05	Е=0,1	Е=0,01	Е=0,05	Е=0,1	Е=0,1
Январь	2,0	3,0	2,5	2,0	2,0	2,5	2,0
Февраль	5,0	5,5	4,5	4,5	4,5	4,5	4,0
Март	6,0	5,5	4,5	6,5	6,0	7,0	7,0
Апрель	7,0	7,0	6,5	6,5	7,5	7,0	7,0
Май	3,5	3,0	4,5	4,5	4,5	4,5	4,0
Июнь	3,5	3,0	2,5	3,0	3,0	2,5	4,0
Июль	8,0	8,0	8,0	8,0	8,0	7,5	7,0
Август	9,0	9,0	9,0	9,0	9,0	9,0	9,0
Сентябрь	10,0	10,5	10,5	10,0	10,0	10,0	10,0
Октябрь	11,0	10,51,0	10,5	11,0	11,0	11,5	11,5
Ноябрь	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0
Декабрь	12,0	12,0	12,0	12,0	12,0	11,5	11,5

Месяцы	Двуокись азот, 1 вариант				Двуокись азота, 2 вариант		
	Е=0,01	Е=0,01	Е=0,05	Е=0,1	Е=0,01	Е=0,05	Е=0,1
Январь	2,5	2.0	3,5	3,0	2.0	3,5	3,0
Февраль	6,0	6,5	6,5	7,0	6,5	6,5	7,0
Март	11,0	11,0	11,0	11,0	11,0	11,0	11,0
Апрель	1,0	1,0	1,0	3,0	1,0	1,0	3,0
Май	7,5	8,0	8,0	7,0	8,0	8,0	7,0
Июнь	9,0	9,0	9,0	9,5	9,0	9,0	9,5
Июль	7,0	4,0	3,5	3,0	4,0	3,5	3,0
Август	4,5	4,0	3,5	3,0	4,0	3,5	3,0
Сентябрь	2,5	4,0	3,5	3,0	4,0	3,5	3,0
Октябрь	7,5	6,5	6,5	7,0	6,5	6,5	7,0
Ноябрь	12,0	9,5	10,0	12,0	9,5	10,0	12,0
Декабрь	10,0	3,0	3,0	9,5	3,0	3,0	9,5

Месяцы	Сернистый ангидрид, 1 вариант			Сернистый ангидрид, 2 вариант			t °C	Давление
	Е=0,01	Е=0,05	Е=0,1	Е=0,01	Е=0,05	Е=0,1	Е=0,05	Е=0,05
Январь	4.5	4,5	4,5	5,5	5,5	1,5	1,0	10,5
Февраль	12.0	12,0	12,0	12,0	12,0	11,0	3,0	10,5
Март	9,5	10,0	10,5	10,0	10,5	11,0	5,0	12,0
Апрель	6,5	6,5	7,0	7,0	7,0	8,0	6,5	1,0
Май	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	12,0	4,0
Июнь	8,0	8,0	7,0	8,5	8,5	8,0	10,5	2,0
Июль	4,5	4,5	4,5	4,0	3,5	4,5	8,5	5,0
Август	11,0	4,5	4,5	4,5	3,5	4,5	10,5	3,0
Сентябрь	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	8,5	7,5
Октябрь	6,5	7,0	7,0	5,5	5,5	4,5	6,5	7,5
Ноябрь	9,5	10,0	10,0	8,5	8,5	8,0	4,0	9,0
Декабрь	3,0	3,0	3,0	3,0	3,5	4,5	2,0	6,0

Источник: расчеты автора.

Таблица 11

Вариант ранжирования признаков для вычисления коэффициентов корреляции рангов (е – ошибка измерений)

Месяцы	Зола, 1 вариант			Зола, 2 вариант			
	Е=0,01	Е=0,05	Е=0,1	Е=0,01	Е=0,05	Е=0,1	Е=0,1
Январь	2,0	3,0	2,5	2,0	2,0	2,5	2,0
Февраль	5,0	5,5	4,5	4,5	4,5	4,5	4,0
Март	6,0	5,5	4,5	6,5	6,0	7,0	7,0
Апрель	7,0	7,0	6,5	6,5	7,5	7,0	7,0
Май	3,5	3,0	4,5	4,5	4,5	4,5	4,0
Июнь	3,5	3,0	2,5	3,0	3,0	2,5	4,0
Июль	8,0	8,0	8,0	8,0	8,0	7,5	7,0
Август	9,0	9,0	9,0	9,0	9,0	9,0	9,0
Сентябрь	10,0	10,5	10,5	10,0	10,0	10,0	10,0
Октябрь	11,0	10,51,0	10,5	11,0	11,0	11,5	11,5
Ноябрь	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0
Декабрь	12,0	12,0	12,0	12,0	12,0	11,5	11,5

Месяцы	Двуокись азот, 1 вариант				Двуокись азота, 2 вариант		
	Е=0,01	Е=0,01	Е=0,05	Е=0,1	Е=0,01	Е=0,05	Е=0,1
Январь	2,5	2.0	3,5	3,0	2.0	3,5	3,0
Февраль	6,0	6,5	6,5	7,0	6,5	6,5	7,0
Март	11,0	11,0	11,0	11,0	11,0	11,0	11,0
Апрель	1,0	1,0	1,0	3,0	1,0	1,0	3,0
Май	7,5	8,0	8,0	7,0	8,0	8,0	7,0
Июнь	9,0	9,0	9,0	9,5	9,0	9,0	9,5
Июль	7,0	4,0	3,5	3,0	4,0	3,5	3,0
Август	4,5	4,0	3,5	3,0	4,0	3,5	3,0
Сентябрь	2,5	4,0	3,5	3,0	4,0	3,5	3,0
Октябрь	7,5	6,5	6,5	7,0	6,5	6,5	7,0
Ноябрь	12,0	9,5	10,0	12,0	9,5	10,0	12,0
Декабрь	10,0	3,0	3,0	9,5	3,0	3,0	9,5

Месяцы	Сернистый ангидрид, 1 вариант			Сернистый ангидрид, 2 вариант			t °C	Давление
	Е=0,01	Е=0,05	Е=0,1	Е=0,01	Е=0,05	Е=0,1	Е=0,05	Е=0,05
Январь	4.5	4,5	4,5	5,5	5,5	1,5	1,0	10,5
Февраль	12.0	12,0	12,0	12,0	12,0	11,0	3,0	10,5
Март	9,5	10,0	10,5	10,0	10,5	11,0	5,0	12,0
Апрель	6,5	6,5	7,0	7,0	7,0	8,0	6,5	1,0
Май	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	12,0	4,0
Июнь	8,0	8,0	7,0	8,5	8,5	8,0	10,5	2,0
Июль	4,5	4,5	4,5	4,0	3,5	4,5	8,5	5,0
Август	11,0	4,5	4,5	4,5	3,5	4,5	10,5	3,0
Сентябрь	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	8,5	7,5
Октябрь	6,5	7,0	7,0	5,5	5,5	4,5	6,5	7,5
Ноябрь	9,5	10,0	10,0	8,5	8,5	8,0	4,0	9,0
Декабрь	3,0	3,0	3,0	3,0	3,5	4,5	2,0	6,0

Источник: расчеты автора.

Результатом первого этапа расчетов является получение количественных зависимостей между заболеваемостью детского населения и факторами, влияющими на нее (см. табл. 5.6–5.10, 5.10а, 11).

Второй этап расчетов предусматривает определение концентрации различных вредных веществ (золы, окислов азота и сернистого ангидрида) в приземном слое атмосферы, создаваемой в результате выбросов с рассматриваемых объектов (ГРЭС и ТЭЦ), с учетом их размещения, характеристик выбросов и местных природных условий. Для этих целей использовалась унифицированная программа расчета загрязнения атмосферы «Эколог» 4.0 [274; 383]. Расчет рассеивания вредных веществ в атмосфере выполняется в названных программах согласно нормативному документу ОНД-86 [274].

Данные программы позволяют определять величины концентраций загрязняющих веществ в атмосферном воздухе и их рассеивание в приземном слое атмосферы на основе использования трех групп данных, характеризующих:

1) источники выбросов (их высоту, диаметр устья дымовой трубы, скорость выхода и температуру газовоздушной смеси);

2) виды загрязнения (объемы выброса, взаимодействие различных веществ, их предельно допустимые концентрации, скорость оседания вредных веществ в атмосферном воздухе);

3) географические и климатические особенности территории (температура атмосферного воздуха, географическая широта местности, характер розы ветров, уровень фонового загрязнения и т.д.).

Результатом данного этапа расчетов являются варианты рассеивания вредных выбросов на территории рассматриваемого промузла в зависимости от климатических условий, размещения объектов и характеристик выбросов. Вариантные расчеты по определению концентраций вредных веществ на территории рассматриваемого промышленного узла осуществлялись с учетом различных вариантов степени очистки пылегазовых выбросов объектов теплоэнергетики (вариант 1 – до 95%, вариант 2 – до 85%) (табл. 5.12).

Расчеты показали, что предусмотренный в соответствии с проектными данными уровень очистки на объектах теплоэнергетики, равный 95%, не обеспечивает полного рассеивания за пределами санитарно-защитной зоны, а возможное снижение степени очистки на 10% приводит к значительному расширению площади территории, подвергаемой загрязнению, и резкому росту концентрации рассматриваемых видов загрязнения в ее пределах.

Третий этап расчетов предусматривает на основе синтеза результатов первого и второго этапов определение вариантов прогноза заболеваемости детского населения Лесосибирского промузла. При этом варианты такого прогноза рассчитываются по полученным распределениям концентраций вредных веществ на территории узла и полученным количественным зависимостям между заболеваемостью и состоянием ОС, включая ее климатические особенности и загрязнение атмосферы золой, окислами азота и серы (последние входят в регрессионные уравнения в качестве переменных).

Таблица 5.12

Характеристика загрязнения атмосферного воздуха по вариантам расчетов

Вещества	Варианты	Концентрации вредных веществ в выбросах от источников загрязнения			
		Максимальная	На границе зоны санитарного разрыва	На уровне ПДК	На границе 200-км зоны
SO_2	1	2,5 ПДК на расстоянии 5-7 км к северо-западу от источников выбросов и на расстоянии 10-12 км на юго-восток от источников выбросов	1 ПДК на северо-западе, 1,9 ПДК на западе, 1,8 ПДК на юго-западе	на расстоянии 30-40 км	0,2-0,3 ПДК
	2	3 ПДК на расстоянии 8-10 км к востоку от источников выбросов	2,5 ПДК	на расстоянии 36-40 км	0,2-0,3 ПДК
NO_X	1	1,8 ПДК на расстоянии 5 км к северу от источников выбросов и 12 км к северо-востоку от источников выбросов	1,2-1,3 ПДК к северу и западу от источников выбросов, 1,6 ПДК на юге и востоке	на расстоянии 20-25 км	0,15-0,2 ПДК
	2	2 ПДК на расстоянии 5-10 км от источников выбросов	1,5 ПДК на западе, 2 ПДК по остальным направлениям	на расстоянии 25-30 км	0,2 ПДК
Зола	1	1,1 ПДК на расстоянии 10-12 км от источников выбросов	1 ПДК	на расстоянии 15 км	0
	2	1,15 ПДК на расстоянии 12-14 км от источников выбросов	1 ПДК	на расстоянии 15-20 км	0

Источник: расчеты автора.

Полученные результаты прогноза показали, в частности, что среднемесячная заболеваемость детей в возрасте 13 лет, проживающих в Лесосибирском промузле, при условии соблюдения технологии очистки вредных выбросов в радиусе до 35 км от источников выбросов будет в мае: 14 человек на 1000 жителей, а в радиусе до 70 км – 13 человек на 1000 жителей; в декабре заболеваемость будет соответственно 30 и 29 человек на 1000 жителей. При нарушении технологии очистки заболеваемость составит в мае соответственно 15 человек на 1000 жителей, а в декабре заболеваемость детей увеличится до 31 человека на 1000 жителей на территории в радиусе до 35 км от источников выбросов и до 30 человек – на территории в радиусе до 70 км.

Значительный рост загрязнения атмосферы в Лесосибирском узле в связи с возможным размещением и функционированием новых объектов теплоэнергетики (работающих на КАУ) приводит и к росту заболеваемости детского населения болезнями верхних дыхательных путей: до 15–30 случаев на 1 тыс. жителей в месяц или до 260–280 случаев на 1 тыс. жителей в год[1]. Это дает основание считать размещение тепло-

[1] По данным зарубежных авторов, у исходно здоровых детей вполне объяснимо и допустимо возникновение 6–10 заболеваний органов дыхания в год (см., например, работу [247]).

электростанций рассматриваемой мощности в районе Нижнего Приангарья нецелесообразным.

Таким образом, расчеты показали, что на вопрос о возможности разгрузки КАТЭКа путем выноса в район Нижнего Приангарья крупной ТЭС на канско-ачинских углях с точки зрения возможного влияния ее выбросов на здоровье людей следует дать отрицательный ответ. Возможное строительство крупных ТЭС в Лесосибирском ПУ в сочетании с предполагаемым в перспективе созданием ряда предприятий лесохимии может привести к загрязнению воздушного бассейна, нанести непоправимый ущерб природной среде окружающего района и создать крайне неблагоприятные условия для проживания населения. Факторами, отрицательно действующими на здоровье населения, будут также выступать: комбинированное действие на людей атмосферных выбросов объектов теплоэнергетики и лесохимии и изменение микроклиматических условий в районе прогнозируемого Средне-Енисейского гидроузла.

Резюме

Предложена методика учета взаимосвязей водохранилищ и хозяйства прилегающей территории, которая позволила проанализировать роль существующих и возможных будущих водохранилищ в составе гидроузлов на реках Ангара и Енисей в формировании качества воды в результате достигнутого и нового хозяйственного освоения в регионе Среднего Енисея и Нижнего Приангарья. В качестве инструмента исследования предложена методика, описывающая процесс изменения концентраций примесей в зарегулированном водоеме (водохранилище) и в донных отложениях. Выполненные расчеты позволили определить, как меняется качество воды в водохранилищах каскада ГЭС под влиянием сброса промышленных стоков перспективных целлюлозно-бумажных комбинатов в Нижнем Приангарье.

Анализ полученных результатов расчетов осуществлялся по трем направлениям:

1) сравнение различных вариантов компоновки каскадов ГЭС с точки зрения возможного формирования загрязнения воды;

2) оценка влияния ЦБК на качество воды в водохранилищах;

3) выявление изменения концентрации вредных веществ в воде рек Ангара и Енисей под влиянием создания и функционирования производственных объектов (в том числе в зависимости от сезонного регулирования водохранилищ и в период их наполнения).

Высказаны предложения по возможным направлениям совершенствования предложенной модели и использования полученных результатов расчетов.

В целом проведенное исследование позволило:

1) выявить наиболее существенные взаимодействия между гидроузлами и ОС для рассматриваемого хозяйственного комплекса в зависимости от его конкретных природно-климатических и экономических особенностей;

2) разработать методику анализа взаимодействия между гидроузлами и ОС, включая разработку модели как инструмента исследования, выбор способов представления исходных данных в модели и анализа получаемых результатов;

3) сравнить различные варианты компоновки каскадов ГЭС с точки зрения возможного формирования загрязнения воды и оценить возможное влияние ЦБК на каче-

ство воды в водохранилищах, а также показать, как будет меняться концентрация вредных веществ в динамике в зависимости от сезонного регулирования водохранилищ и периода их наполнения.

Предложен методический подход к учету количественных зависимостей между заболеваемостью населения и состоянием природной среды в районе размещения и функционирования крупных ТЭС, суть которого состоит в реализации следующих этапов расчетов:

- установления количественных зависимостей между заболеваемостью детского населения и факторами, влияющими на нее;
- определения рассеивания вредных выбросов на отдельной территории в зависимости от климатических условий в ее пределах, размещения производственных объектов и характеристик выбросов;
- определения вариантов прогноза заболеваемости детского населения на конкретной территории (в качестве которой рассматривается Лесосибирский промышленный узел в Нижнем Приангарье) на основе объединения полученных результатов первых двух этапов.

Проведенные вариантные расчеты позволили получить следующие результаты:

1) осуществить реализацию предложенного подхода к прогнозированию заболеваемости населения в результате загрязнения ОС и климатических особенностей;

2) выявить возможные факторные связи между заболеваемостью детского населения и загрязнением ОС и установить количественные зависимости между заболеваемостью населения и определяющими ее факторами (климатические особенности территории, загрязнение ОС);

3) определить концентрации вредных веществ на территории рассматриваемого промышленного узла с учетом изменений условий очистки выбросов предприятий теплоэнергетики.

ГЛАВА 6
ПОДХОД К ОПТИМИЗАЦИИ РЕКУЛЬТИВАЦИОННЫХ РАБОТ В МЕСТАХ ОТКРЫТОЙ ДОБЫЧИ УГЛЯ

6.1. ВОЗМОЖНЫЕ ПУТИ УЧЕТА ТРЕБОВАНИЙ РЕКУЛЬТИВАЦИИ

Важной экологической проблемой в районах открытой добычи полезных ископаемых является рекультивация нарушенных земель. Рекультивация земель представляет собой важный элемент в общей системе природоохранной деятельности и охватывает комплекс мероприятий (мелиоративных, агротехнических, инженерно-технических и др.), нацеленных на восстановление биологической продуктивности и хозяйственной ценности нарушенных земель, а также на улучшение условий ОС [144; 149; 150; 151; 152; 201; 212; 341; 360; 403; 484].

Условно можно выделить два основных аспекта рекультивации земель – экономический и экологический (рис. 6.1). Экономический аспект связан с возможностью получения различных экономических выгод в результате восстановления нарушенных земель. Экологический аспект сопровождается возможностью внесения определенного вклада в обеспечение экологической безопасности развития экономики региона.

Рис. 6.1. Экономический и экологический аспекты рекультивации земель

Источник: составлено с использованием работ [144; 212; 357; 360; 403].

Добыча полезных ископаемых открытым способом сопровождается нарушением поверхностного слоя земли и ведет к необходимости проведения восстановительных работ. Это тем более актуально, если открытые горные разработки проводятся в широких масштабах или совпадают с площадями, представляющими собой ценные сельскохозяйственные угодья. Такая ситуация характерна, например, для западной части Канско-Ачинского топливно-энергетического комплекса (КАТЭКа), в пределах территории которого масштабы открытой добычи бурого угля достаточно велики и в перспективе возможно их значительное расширение и увеличение площадей нарушаемых земель [184]. Соответственно, возможно и сокращение сельскохозяйственных и прочих земельных угодий в регионе. В этом случае единственным источником их пополнения может быть только восстановление нарушенных земель в результате проведения рекультивационных работ.

Для учета требований рекультивации предложен подход, который является частью общего подхода к оптимизации системы природоохранных мероприятий при формировании хозяйственного комплекса на базе топливно-энергетических объектов. При этом реализованы два направления отражения рекультивации земель (рис. 6.2) [61; 78; 89].

Рис. 6.2. Характеристика подхода к учету требований рекультивации при открытых горных разработках

Источник: составлено автором.

Первое направление характеризуется рассмотрением вопросов рекультивации применительно к отдельному разрезу, функционирующему в составе отдельного ТЭК. Данное направление будет охарактеризовано в главе 6.

Второе направление предусматривает учет более сложной ситуации, когда в качестве объекта исследования выступает совокупность угольных разрезов. При этом и в том и в другом направлениях угольные разрезы рассматриваются не сами по себе (т.е. изолированно от других элементов территории), а как составная часть формируемого на отдельной территории топливно-энергетического (или угольно-энергетического) комплекса, включающего, помимо угольных разрезов, также объекты по использованию и переработке угля и вскрышных пород.

Инструментом решения задач по рекультивации земель в первом случае выступает группа условий по восстановлению нарушенных земель, вводимых в модель выбора варианта хозяйственных решений с учетом их экологических последствий [61; 78]. Данное направление будет изложено в главе 7 в рамках подхода к оптимизации системы природоохранных мероприятий (включая рекультивацию) при формировании КАТЭКа. Во втором случае предложена специальная оптимизационная модель рекультивации [89] (*Приложение 4*).

Остановимся на изложении второго более сложного направления учета требований рекультивации нарушенных земель, охватывающего совокупность угольных разрезов, между которыми существуют связи по осуществлению рекультивационных работ, а также связи между угольными разрезами и объектами по использованию и переработке угля и вскрышных пород.

6.2. ПОСТАНОВКА ЗАДАЧИ ПО ОПТИМИЗАЦИИ РЕКУЛЬТИВАЦИОННЫХ РАБОТ ДЛЯ СОВОКУПНОСТИ УГОЛЬНЫХ РАЗРЕЗОВ

Процесс рекультивации рассматривается в тесной связи с особенностями развития и функционирования угольно-энергетического комплекса. Основная цель исследования в данном случае – это не только выбор, анализ и оценка возможных направлений рекультивации нарушенных земель, но и увязка во времени, в пространстве и по видам вариантов функционирования угольных разрезов, с одной стороны, и мероприятий по проведению рекультивационных работ, – с другой. При этом требуется определить наилучший вариант проведения рекультивации в зависимости от процесса изъятия земель в ходе разработки ряда месторождений угля, функционирующих в структуре угольно-энергетического комплекса, включающего помимо угольных разрезов также объекты теплоэнергетики, утилизации вскрышных пород и химической переработки угля.

Ориентация на указанную цель потребовала поставить и решить следующие задачи:

1) определить последовательность ввода в эксплуатацию угольных разрезов и масштабы их развития;

2) установить очередность проведения восстановительных работ на тех или иных участках территории;

3) рассчитать среднегодовые объемы рекультивационных работ;

4) определить структуру рекультивированных земель по видам их хозяйственного использования на отдельных разрезах;

5) выявить приоритетность проведения во времени тех или иных видов рекультивации;

6) найти наилучший вариант взаимосвязей объектов комплекса (включая транспортные связи между разрезами и объектами-потребителями угля и между самими разрезами по использованию снятых вскрышных пород и плодородного слоя на нужды рекультивации);

7) определить оптимальный режим хранения вскрышных пород на отвалах разрезов и плодородного слоя в буртах (с учетом ограниченного срока его хранения);

8) установить очередность строительства ТЭС при условии ввода станции в строй параллельно с разрезом, поставляющим на нее уголь для сжигания.

Основной акцент при этом делается на учете следующих факторов:

● видовая структура рекультивации в целом по району добычи угля и на отдельных разрезах;

● последовательность развертывания рекультивационных работ во времени и по видам; при этом структура рекультивационных земель по видам хозяйственного использования не зависит явно от структуры нарушаемых угодий. Последняя может косвенно влиять на структуру рекультивации – например, вследствие ограниченности в каждый момент времени снятого гумусового слоя для проведения сельскохозяйственной рекультивации;

● возможность взаимодействия близлежащих угольных разрезов по рациональному использованию снятых вскрышных пород и гумусового слоя путем их транспортировки в пределах целесообразной дальности перевозок;

● ограниченность срока хранения снятого гумусового слоя в буртах в складированном состоянии;

● затраты на хранение снятых вскрышных пород и гумусового слоя.

Практическая реализация данного направления рекультивации была осуществлена на примере одного из регионов открытой добычи бурого угля в Германии [382], которая имеет большой положительный опыт системного природоохранного восстановления земель, нарушенных горными работами. Данный опыт может быть очень полезен и для условий России, где в настоящее время наблюдается долговременный кризис в сфере рекультивации земель [212; 246]. Объектом исследования выступал промышленный район Делич (*Delitzsch*)[1], инструментом анализа – специальная модель оптимизации рекультивационных работ, которая приведена ниже.

Актуальность проведения работ по рекультивации земель обусловлена прежде всего тем, что район Делич является для округа Лейпциг основной базой по производству овощей. Поэтому в качестве основного вида обязательной рекультивации в данном районе предусматривается сельскохозяйственная. Одной из основных целей постановки соответствующей задачи является определение такой последовательности проведения рекультивационных работ, при которой было бы возможно более быстрое

[1]Промышленный район Делич расположен в земле Саксония и подчинён дирекционному округу Лейпциг, который является одним из трёх дирекционных округов Саксонии. Район Делич входит в состав района Северная Саксония, численность населения составляет около 57 тыс. чел., площадь территории – 384 км^2. Город Делич насчитывает 27 тыс. жителей (на 31 декабря 2010 года), площадь территории 59,5 км^2.

возвращение восстановленных сельскохозяйственных земель в оборот для получения отдачи от их использования.

Условиями задачи предусматривается проведение довольно широкого комплекса мероприятий подготовительного характера, включая организацию водоснабжения; перенос русла реки; перемещение линий электропередач, телефонных кабелей и газопроводов; перемещение улиц и автострад; компенсацию требований сельского хозяйства за изъятие из использования земли; ликвидацию прочих препятствий на полях угольных разрезов; перенос населенных пунктов и компенсация переселения сносимого жилья и других сооружений; создание коридоров для железнодорожных и автомобильных магистралей и прочих коммуникаций между полями угольных разрезов с учетом долгосрочного развития.

Важное значение для обеспечения нормальных условий функционирования производства (промышленного и сельскохозяйственного) и условий жизни населения имеет проблема организации водоснабжения и водоотведения. В целом водные ресурсы района весьма ограничены, что особенно остро ставит проблему рационального их использования и охраны. Из источников поверхностных вод здесь можно назвать лишь р. Вайзе Эльстер с маловодным притоком – р. Плайсе. Кроме того, вблизи восточных границ района протекает р. Мульде. До сих пор основным источником для организации водоснабжения в районе Делич служили грунтовые воды. В связи с проведением открытой добычи угля остро встает проблема понижения уровня грунтовых вод (оно может составить 60–100 м), что осложняет условия обеспечения водой населенных пунктов и производственных объектов.

Создание системы питьевого водоснабжения – это одно из первоочередных мероприятий, которое осуществляется до организации угольного карьера. В рассматриваемом районе основным источником питьевого водоснабжения будут карьерные (дренажные) воды, подвергаемые предварительной очистке на водоочистной станции в г. Шкойдиц (под Лейпцигом). Очищенные воды будут поступать в общую центральную систему водоснабжения, обслуживающую, кроме Делича, также города Галле, Лейпциг, Магдебург и др. Развитие угольной промышленности в районе Делич предусматривает необходимость переноса русла р. Мульде (участка протяженностью 12 км), что потребует прокладки нового бетонного русла. В округе Лейпциг уже имеется опыт переноса речных долин.

Создание и функционирование угольных разрезов потребует привлечения дополнительных трудовых ресурсов и их закрепления, для чего необходимо прежде всего расширение жилищного строительства в г. Делич. В качестве возможных источников привлечения трудовых ресурсов рассматривается внутри- и межокружная миграция, нацеленное распределение выпускников школ и профессиональных училищ. Схема размещения объектов исследования в районе Делич представлена на рис. 6.3.

В задаче рассматриваются следующие объекты угле-энергетического комплекса:

1) Шесть буроугольных разрезов, в т.ч. четыре вновь создаваемых: «Делич-Юго-Запад» (SW); «Брайтенфельд» (BR); «Реза-Сауседлиц» (RS); «Делич-Юг» (DS) и два действующих: «Фрайхайт» (FR); «Гойтше» (G);

2) Гравийный завод «Брайтенфельд», утилизирующий вскрышные породы одноименного разреза;

3) Два химических комбината: «Буна», расположенный в г. Лойна, и второй расположен в г. Шкопау. Оба используют уголь разрезов SW, BR и RS;

4) Тепловая электростанция (ТЭС), работающая на угле разреза DS.

Граница угольных разрезов:
- отработанных, – перспективных

Разрезы:
1 – Делич-Юг-Запад (SW)
2 – Брайтенфельд (BR)
3 – Рёза-Суседлиц (RS)
4 – Делич-Юг (DS)
5 – Делич-Северо-Запад(NW)
6 – Хатцфельд (H)
7 – Гойтше (G)
8 – Фрайхайт (FR)

Химкомбинаты
9 – в Лойне
10 – в Шкопау

Прочие объекты:
11 – гравийный завод
12 – ТЭС

Возможные направления перевозок:
угля; вскрышных пород; гумусового слоя

Виды рекультивации:
сельскохозяйственная; – лесная; – прочая; Отвалы: – вскрышных пород; – гумусового слоя

Рис. 6.3. Схема размещения угольных разрезов и других объектов исследования в промышленном районе Делич

Источник: разработка автора.

Запасы бурого угля на месторождениях рассматриваемого района почти полностью изучены. Среди включенных в задачу разрезов добыча ведется на разрезе «Делич-Юго-Запад». Намечено создание еще трех разрезов: «Брайтенфельд», «Рёза-Сауседлиц» и «Делич-Юг» (рис. 6.4). Суммарная мощность всех четырех разрезов достигнет 23,8 млн т угля в год. Начало эксплуатации разреза «Делич-Юг» пока строго не фиксировано, но по условиям задачи он должен войти в строй параллельно с будущей тепловой электростанцией (мощностью 0,6 млн кВт), так как его уголь не пригоден для химической переработки, а только для сжигания. Предполагается введение еще одного разреза «Делич-Северо-Запад». В целом запасы бурого угля в районе Делич позволяют осуществлять здесь добычу примерно до 2050 г. На территории района, кроме названных новых разрезов, функционируют три ранее созданных разреза, на которых запасы угля уже в основном выработаны. Именно для этих разрезов – «Фрайхайт», «Гойтше» и «Хатцфельд» – первоочередной задачей является рекультивация земель, нарушенных в процессе открытой добычи.

Уголь разрезов SW, BR, RS пригоден для химической переработки, поэтому указанные три разреза выступают в качестве потенциальных поставщиков угля для химкомбинатов. Известна мощность химкомбинатов и их потребности в угле, которые необходимо обеспечить в течение периода. Уголь разреза DS не пригоден для химической переработки, а лишь для сжигания, поэтому разрез DS выступает единственным поставщиком угля для ТЭС. В связи с этим возникает необходимость параллельного ввода в строй разреза DS и ТЭС. Весь добываемый уголь сверх потребностей химкомбинатов и ТЭС предполагается направлять в централизованное распределение.

На четырех новых разрезах предполагается открытая разработка месторождений в широких масштабах, в связи с чем будут образовываться значительные объемы снятых вскрышных пород и плодородного слоя. Эти ресурсы могут либо складироваться на территории разрезов с образованием отвалов вскрышных пород и буртов гумусового слоя, либо перевозиться на другие разрезы с целью проведения там рекультивации. Таким образом, четыре вновь создаваемых разреза образуют множество {SW, BR, RS, DS} поставщиков угля, вскрышных пород и плодородного слоя. Действующие разрезы FR и G не рассматриваются в качестве поставщиков, так как там процесс разработки месторождений уже подходит к концу.

Рекультивация нарушенных земель осуществляется на всех шести рассматриваемых разрезах, поэтому они образуют множество {SW, BR, RS, DS, FR, G} потребителей гумусового слоя для проведения сельскохозяйственной и лесной рекультивации, а также вскрышных пород в качестве заполнителя выработанных пространств карьерного поля. В процессе решения предполагается найти привязку потребителей угля, вскрышных пород и гумусового слоя к поставщикам и определить соответствующие направления транспортировки.

В задаче в целом рассматривается три вида рекультивации: сельскохозяйственная, водная и лесная. Основную часть территории района Делич занимают ценные сельскохозяйственные угодья, поэтому в качестве одного из основных видов рекультивации выступает сельскохозяйственная. Водная рекультивация может служить важным фактором улучшения условий жизни и отдыха населения, улучшения гидрологического режима территории, оздоровления ландшафта. Поэтому места проведения водной рекультивации выбираются с учетом всех требований, предъявляемых к рекреационным зонам. Водная рекультивация может иметь также промышленное значение (при организации рыбного хозяйства и т. д.). Масштабы ее проведения заданы.

Рис. 6.4. Схема взаимосвязей объектов исследования в промышленном районе Делич

Источник: разработка автора.

Условные обозначения к рис. 6.4

Буроугольные разрезы

Д-ЮЗ – Делич – Юго-Запад

Д-СЗ – Делич – Северо-Запад

Б –Брайтенфельд

Г – Гойтше

Х – Хатцфельд

Д-Ю – Делич-Юг

Р – Рёза – Сауседлиц

Ф – Фрайхайт

Д-Ю – вариант ввода в эксплуатацию раньше намечаемых сроков разреза Делич-Юг

Д-Ю – Возможен запрет на разработку разреза Делич-Юг раньше периода τ = 2, если его разработка влечет чрезмерную нагрузку на природную среду.

– отвалы вскрышных пород на разрезе

Потребители угля

– химкомбинат в Лойне (мощности возрастают)

– химкомбинат в Шкопау (мощность стабильна)

–прочие потребители (объем потребления неограничен)

– комплекс по ремонту оборудования разрезов «Ройч»

– гравийный завод Брайтенфельд;

– доход от реализации гравия

стройбаза – услуги строительной базы;

– тепловая электростанция

Водные ресурсы (источники водоснабжения)

– водопровод

–грунтовые воды (используются только для нужд населения)

– дренажные воды угольных разрезов

– реки Мульде и Эльстер

Жилищное строительство

– для возмещения сносимых в зоне разрезов населённых пунктов.

– прочее новое жильё

– блок транспортировки угля от разрезов потребителям.

I II – станция в Шкойдице по очистке дренажных вод для хоз.-питьевых и промышленных нужд.

Трудовые ресурсы

– часть жителей переносимых населенных пунктов, представляющих потенциальный источник трудовых ресурсов в связи с переменной места работы.

– перераспределение внутри отраслевой системы

– собственные трудовые ресурсы территории

– выпускники специальных учебных заведений;

–межрегиональная миграция

Загрязнение атмосферы

–уровень загрязнения атмосферы

1 –формирования загрязнения в пределах района

2 – перенос загрязнений из-за пределов района

1 2 – очистное сооружение на гравийном заводе

1 2 – очистные сооружения на разрезах

2 1 –очистное сооружение на тепловой электростанции (1 – реально запланированный вариант, 2 – дополнительный вариант с более высокой степенью очистки. Вариант 2 выбирается вместо 1-го, если вариант 1 не может обеспечить соблюдение предельно допустимого уровня концентрации загрязнений).

Транспортировка угля и вскрышных пород, распределение земель

– направления движения потоков угля; – потоки вскрышных пород

– распределение сельскохозяйственной земли для нужд угольных разрезов или рекультивация нарушенных сельскохозяйственных земель

– распределение лесной земли для нужд разрезов, промышленного и гражданского строительства или рекультивация земли, изъятой разрезами.

– распределение прочих категорий земли для нужд разрезов, промышленного и гражданского строительства или рекультиваций земли, изъятой разрезами.

а) б) Блоки транспортировки вскрышных пород:

а) на грузовиках между разрезами в пределах района Делич;

б) возможна транспортировка по железной дороге при вывозе угля за пределы района.

Для сельскохозяйственной и лесной рекультивации задаются возможные максимальные и минимальные объемы работ и в процессе решения осуществляется выбор наилучшей структуры восстановленных земель по видам хозяйственного использования. Вид нарушенных угодий и вид проводимой на данном участке рекультивации в общем случае не совпадают.

В задаче исследуется двадцатилетний период, который разбивается на четыре пятилетних подпериода. Изъятие земель рассматривается в течение первых трех подпериодов, процесс рекультивации – в течение всего периода. Процесс строительства ТЭС рассматривается в динамике с более подробной (по годам) разбивкой. Каждый подпериод представлен значениями параметров, определяющими состояние на конец данного подпериода, а также некоторыми среднегодовыми характеристиками.

Область принятия решения для рассматриваемых в задаче объектов исследования определяется выбором вариантов:

а) транспортных связей по углю, вскрышным породам и гумусовому слою; места и вида проведения рекультивации;

б) сроков начала и объемов проведения рекультивационных работ в каждом подпериоде;

в) масштабов освоения разрезов в каждом подпериоде в пределах выделяемых лимитов капиталовложений и заданий на мощность разрезов;

г) сроков строительства ТЭС при условии ее ввода в эксплуатацию одновременно с разрезом «Делич-Юг» (DS).

В общем виде рассматриваемая задача нацелена на выбор варианта развития угле-энергетического комплекса с учетом проведения необходимых мероприятий по рекультивации земель, нарушенных в процессе открытой разработки месторождений угля.

6.3. МОДЕЛЬ ОПТИМИЗАЦИИ СИСТЕМЫ РЕКУЛЬТИВАЦИОННЫХ РАБОТ

Для реализации охарактеризованной постановки задачи предложена специальная авторская *оптимизационная модель рекультивации*, учитывающая требования проведения восстановительных работ на нарушенных землях и отражающая специфику выбранного территориального объекта исследования.

Предлагаемая модель строится исходя из следующих условий:

а) заранее известно некоторое состояние, которого должен достичь угле-энергетический комплекс к концу рассматриваемого периода, включая задания на мощность разрезов;

б) задание на проведение рекультивации в течение периода;

в) размеры территории, которую займут буроугольные разрезы в течение периода.

Известны также начальные условия и следующие ограничения, которые должны выполняться на протяжении рассматриваемого периода времени:

1) ограничения по капиталовложениям, выделяемых комплексу;

2) ограничения на масштабы проведения тех или иных мероприятий (например, проведения рекультивации того или иного вида);

3) условия соблюдения соответствия между взаимосвязанными процессами: между изъятием земель и их рекультивацией, между строительством ТЭС и разработкой разреза, на угле которого она должна работать.

Критерием оптимальности служит минимум совокупных приведенных затрат (в целом за период с учетом дисконтирования) на создание и функционирование включенных в задачу объектов, с учетом денежного выражения дополнительной продукции, получаемой от использования в хозяйственном обороте рекультивационных земель и потерь от неиспользования в течение того или иного периода времени нарушенных земельных угодий. В целевой функции учтены также следующие элементы:

● затраты, связанные с хранением снятых вскрышных пород на отвалах разрезов и снятого гумусового слоя в буртах;

● компенсация потерь от разрушения плодородного слоя вследствие превышения допустимого срока хранения его в складированном состоянии;

● экономические потери, обусловленные неиспользованием в течение длительного периода времени значительных площадей угодий, нарушенных открытыми разработками месторождений угля.

Группировка условий модели и их содержание даны в табл. 6.1.

Таблица 6.1

Группировка условий и ограничений модели

Группы условий и ограничений модели	Конкретизация условий и ограничений
I. Условия изъятия земель при открытой добыче угля	1) I.1. Ограничения на изъятие земель: 2) I.2. Условия соответствия между объемами изъятия земель
II. Ограничения на инвестиции для создания разрезов	II.1. В целом за весь период 3) II.2. Для каждого подпериода 4) II.3. Для каждого разреза в каждом подпериоде
III. Условия распределения добытого угля	5) III.1. Условия определения объемов добычи угля в зависимости от масштабов разработки разрезов (для каждого разреза-поставщика в каждом подпериоде) 6) III.2. Балансовые условия добычи и транспортировки угля для каждого разреза, поставляющего уголь (для каждого подпериода) 7) III.3. Условия покрытия потребностей химкомбинатов в рядовом угле из различных источников (в каждом подпериоде) III.4. Условия выхода разрезов к концу периода на проектную мощность
IV. Условия проведения рекультивационных работ	8) IV.1. Условия проведения рекультивации на каждом разрезе в каждом подпериоде с учетом размеров территории, подготовленной для рекультивации к данному моменту 9) IV.2. Условия формирования разницы между площадью изъятой земли и площадью, к данному моменту уже рекультивированной (для каждого разреза, в каждом подпериоде) 10) IV.3. Условия определения требуемых среднегодовых объемов проведения рекультивации на оставшиеся до конца периода годы, необходимых для завершения в срок всех восстановительных работ, намеченных планом 11) IV.4. Условия, задающие определенное соотношение между требуемыми среднегодовыми объемами рекультивации, определяемыми по истечении каждого подпериода в зависимости от складывающегося хода рекультивационных работ 12) IV.5. Условия формирования разницы между изъятой и рекультивированной площадями земли в целом по району для каждого подпериода

Группы условий и ограничений модели	Конкретизация условий и ограничений
	13) IV.6. Условия определения достигнутых среднегодовых объемов проведения рекультивации в каждом подпериоде 14) IV.7. Условия, задающие определенное соотношение между достигнутыми среднегодовыми объемами проведения рекультивации в разных подпериодах 15) IV.8. Условие выполнения к концу периода задания на проведение рекультивационных работ (для района в целом в совокупности по всем видам рекультивации): 16) IV.9. Условия выполнения каждым разрезом задания на проведение рекультивации в целом за период (без дифференциации по видам рекультивации) IV.10. Ограничения на проведение рекультивации в целом за период
V. Условия распределения вскрышных пород	17) V.1. Условия, устанавливающие соответствие между объемом вскрышных пород, образующихся на каждом из разрезов, и объемами их использования по различным направлениям (для каждого разреза, осуществляющего вскрышные работы, в каждом подпериоде) V.2. Условия обеспечения потребностей осуществляющих рекультивацию разрезов в определенном объеме вскрышных пород для заполнения выработанных пространств при проведении лесной и сельскохозяйственной рекультивации. Разрезы взаимозаменяемы по вскрышным породам. Данные условия предусмотрены для каждого подпериода
VI. Условия распределения снятого гумусового слоя между разрезами на нужды сельскохозяйственной рекультивации, а также хранения гумуса в буртах с учетом ограниченного срока его хранения	18) VI.1. Условия, устанавливающие соответствие между наличием гумусового слоя, снятого на каждом разрезе при вскрытии карьерного поля, и использованием его по различным направлениям (для всех подпериодов) 19) VI.2. Условия обеспечения потребностей разрезов, проводящих сельхозрекультивацию, в определенном количестве гумусового слоя, соответствующем площади сельскохозяйственной рекультивации 20) VI.3. Условия, отражающие распределение гумусового слоя между разрезами на цели сельскохозяйственной рекультивации с учетом возможности восполнения нехватки гумуса в текущем подпериоде за счет гумуса из буртов (для всех подпериодов, кроме первого, все разрезы рассматриваются в совокупности) 21) VI.4. Условия распределения резервов гумуса предшествующего подпериода между всеми разрезами, где имеются такие резервы, и разрезами, испытывающими в данный момент нехватку плодородного слоя. Определяется величина избыточного либо недостаточного объема плодородного слоя в буртах предыдущего подпериода по сравнению с потребностью в нем для рекультивации в текущем подпериоде. (для всех подпериодов, за исключением первого) 22) VI.5. Условия связи между текущим и последующим подпериодами при формировании буртов плодородного слоя. Здесь учитывается необходимость формирования нового бурта исключительно из гумуса, снятого в текущем подпериоде (в совокупности для всех разрезов, где имеет место снятие плодородного слоя): 23) VI.6. Условия, устанавливающие соответствие между наличием на разрезе собственных ресурсов гумусового слоя (как снятого в текущем подпериоде, так и сложенного в бурты в предыдущем подпериоде) и использованием его в текущем подпериоде на цели сельскохозяйственной рекультивации (для каждого разреза, где имеет место снятие плодородного слоя, в каждом подпериоде, кроме первого) 24) VI.7. Условия восполнения нехватки собственных ресурсов плодородного слоя за счет транспортировки его с других разрезов. (Для каждого разреза, где имеет место снятие плодородного слоя, во всех подпериодах, кроме первого) 25) VI.8. Условия определения суммарных за период потерь плодородного слоя вследствие разрушения, утраты им ценных свойств в связи с длительным хранением VI.9. Условия, отражающие требование отсутствия встречных и круговых перевозок гумусового слоя при удовлетворении потребностей в нём разрезов, проводящих сельскохозяйственную рекультивацию

Группы условий и ограничений модели	Конкретизация условий и ограничений
VII. Условия, отражающие процесс строительства ТЭС с учетом одновременного ввода ее в строй вместе с обслуживающим ее разрезом	26) VII.1. Требование освоения за период суммы капвложений, выделенных на строительство ТЭС в размере сметной стоимости строительства 27) VII.2. Определение объема не освоенных в году t^* капиталовложений, выделенных на строительство ТЭС По условиям задачи разрез, обслуживающий ТЭС, не будет осваиваться раньше года t=5, поэтому все условия одновременного ввода в строй ТЭС и разреза строятся лишь для лет $t = \overline{5, 15}$, так как для лет $t = \overline{1, 4}$ не предусмотрены переменные капиталовложения на развитие соответствующего разреза. 28) VII.3. Определение объема освоенных к году t^* капиталовложений, выделенных на строительство ТЭС 29) VII.4. Определение состояния процесса строительства ТЭС (законченность или незаконченность) в году t^* 30) VII.5. Лимиты капиталовложений, выделяемых в подпериодах на строительство ТЭС 31) VII.6. Условия, учитывающие требование одновременного ввода в строй ТЭС и обслуживающего ее разреза и формирование объема капиталовложений для развития разреза в текущем году t, величина которого зависит от того, какой по счету год эксплуатируется разрез и действует ТЭС 32) VII.7. Требования полного использования капиталовложений, выделенных на развитие разреза, снабжающего ТЭС углем 33) VII.8. Ограничения на максимальный объем капиталовложений, который может быть выделен на развитие разреза, обслуживающего ТЭС, в каждом пятилетнем подпериоде 34) VII.9. Условия, отражающие непрерывность функционирования ТЭС с момента ввода в строй (для каждого года, в котором возможно функционирование ТЭС) VII.10. Условия, отражающие требование равномерности наращивания добычи угля на разрезе, обслуживающем ТЭС. Условия строятся для каждого года периода, в котором возможно функционирование ТЭС
VIII. Условия формирования суммарной за период дисконтированной величины денежного выражения полученной продукции	35) VIII.1. На гравийном заводе, утилизирующем вскрышные породы одноименного разреза 36) VIII.2. При использовании в хозяйственном обороте рекультивированных угодий того или иного вида (включая собственную величину денежного выражения дополнительной продукции и разницу между величиной денежного выражения продукции и затратами на рекультивацию данных угодий): a) с учетом затрат на рекультивацию угодий; b) без учета затрат на рекультивацию угодий
IX. Задания на выпуск продукции	IX. Выполнение производственной программы по выпуску продукции гравийным заводом в каждом подпериоде
X. Целевая функция	1) Минимизация суммарных дисконтированных затрат на создание и функционирование элементов ТЭК и на проведение ряда мероприятий по восстановлению земельных угодий, нарушенных открытыми разработками месторождений в целом за рассматриваемый период. 2) Максимизация суммарной дисконтированной в течение рассматриваемого периода продукции с рекультивированных земель, возвращенных в хозяйственный оборот в тот или иной момент этого периода времени.

Источник: составлено автором.

Ставится задача определить наилучший вариант проведения рекультивации в зависимости от процесса изъятия земель в ходе открытой разработки месторождений бурого угля.

В модели предусмотрена возможность транспортировки вскрышных пород и плодородного слоя между разрезами для целей рекультивации, а также возможность выбора вариантов привязки поставщиков и потребителей друг к другу при распределении добытого угля. В соответствии с этим учитываются затраты на перевозку гумусового слоя, вскрышных пород и угля по различным возможным направлениям.

Динамическая постановка задачи позволила учесть следующие условия.

1. Зависимость восстановления земель от процесса разработки запасов угля. Процесс рекультивации отстает от начала разработки месторождения в среднем на 4–6 лет.

2. Соответствие между масштабами рекультивации и площадью территории, уже подготовленной для проведения рекультивации (так как невозможно рекультивировать больше, чем позволяет площадь участков, где добыча угля уже завершена).

3. Очередность проведения рекультивации с учетом видов хозяйственного использования восстановленных земель, и, следовательно, приоритетности проведения во времени соответствующих видов рекультивации.

4. Зависимость во времени разработки угольных разрезов и проведения рекультивации от объема выделяемых на тот или иной отрезок времени инвестиций.

5. Ограниченность срока хранения снятого плодородного слоя (гумуса) в складированном состоянии, так как с течением времени он постепенно утрачивает свои ценные химические и биологические свойства вследствие выветривания и выщелачивания. Поэтому гумусовый слой желательно использовать на цели рекультивации как можно быстрее после того, как он был снят в процессе открытой разработки месторождений.

6. Очередность разработки разных разрезов, имеющих неодинаковые масштабы и темпы освоения месторождений и неодинаковые сроки ввода в эксплуатацию.

7. Согласованность ввода в строй объектов, связанных с потреблением продукции.

8. Потери от снижения эффективности использования инвестиций в зависимости от сроков строительства объектов.

9. Определение дохода, получаемого с восстановленных земель, с учетом сроков окончания рекультивации на тех или иных участках, а также вида проведенной рекультивации.

Для решения поставленной задачи предложена специальная модель по оптимизации рекультивационных работ. Условные обозначения модели и их интерпретация приведены в табл. 6.2.

Таблица 6.2

Обозначения модели и их интерпретация

Обозначения	Содержание обозначений
V_m^τ	*площадь угодий вида m, нарушаемая открытыми разработками в подпериоде* $\tau,\ \tau = \overline{1,3}$*, в целом по району;* τ – индекс пятилетнего подпериода, в котором производится изъятие земель; m – индекс вида земельных угодий или вида рекультивации, $m = \overline{1,3},$ где 1 – сельскохозяйственные, 2 – лесные, 3 – прочие виды земельных угодий

Обозначения	Содержание обозначений
	или рекультивации
L_m $(L^\tau;\ L_m^\tau)$	ограничения для района в целом на изъятие земли вида m (на изъятие земель всех видов в подпериоде$^\tau$, земли вида m в подпериоде $\tau,\ \tau = \overline{1,3}$), $m = \overline{1,3}$
$\bar{V}_i^\tau$	*площадь угодий всех видов, нарушаемая открытыми разработками на разрезе i, i$^\in J_n$ в подпериоде$^\tau$; i* – индекс разреза-поставщика угля, вскрышных пород и снятого плодородного слоя, $i = \overline{1,4}, i \in J_п$, где $J_п$ – множество разрезов-поставщиков, $J_п^*$ – подмножество множества $J_п$ разрезов – поставщиков угля на химкомбинат
V_{im}^τ	*площадь угодий вида m, нарушаемая открытыми разработками на разрезе i, i$^\in J_n$ в подпериоде$^\tau$*
μ_m	удельная потребность в капитальных вложениях для проведения подготовительных и вскрышных работ на единице площади угодий вида m
ς_m	удельная потребность в капитальных вложениях для проведения рекультивации вида m на единице площади нарушенной территории
R_{im}^τ	*площадь угодий, подвергаемых рекультивации вида m на разрезе i, i$^\in J_p$ в подпериоде$^\tau$*
K $(\bar{K}^\tau;$ $K_i^\tau;\ K_i)$	лимиты капиталовложений, выделяемых комплексу в целом за период (комплексу в подпериоде$^\tau$, разрезу i, i$^\in J_п$ в подпериоде$^{\tau, \tau = \overline{1,3}}$, разрезу i, i$^\in J_п$ в целом за период)
ρ	удельная плотность бурого угля
ξ	удельный объем бурого угля, извлекаемый в среднем с единицы площади резервов
η_i^τ	*объем добытого угля на разрезе i, i$^\in J_n$ в подпериоде$^\tau$*
Λ_{in}^τ	*объем угля, поступающего в подпериод τ с разреза i, i$^\in J_n$ потребителю* $n, n = \overline{1,3}$; n – индекс потребителя угля, $n = \overline{1,3}$
D_n^τ	потребность в угле потребителя n, $n = \overline{1,2}$, в подпериоде $\tau, \tau = \overline{1,3}$
A_i	проектная мощность разреза i по рядовому углю
β	доля изъятой за пятилетие земли, которая будет пригодна к проведению рекультивации в течение этого же пятилетия
$\Delta^\tau(\Delta_i^\tau)$	*существующая на конец подпериода τ в целом по району (на разрезе i, i$^\in J_n$) разница между изъятыми угодьями всех видов и территорией, уже подвергнутой рекультивации любого вида*
$T_n(T_p)$	подмножество лет периода T, в течение которого имеет место изъятие земель – $T_п$ (имеет место проведение рекультивационных работ – $T_р$); T – множество лет рассматриваемого периода; $T_p - 5(T_p - 10, T_p - 15)$ – количество лет, остающихся до конца периода рекультивации соответственно по просшествии первого, второго и третьего периодов
$T_{\tau 1}(\tilde{T}_{\tau 2})$	множество пятилетних подпериодов, в течение которых достигнутые среднегодовые объемы проведения рекультивации не убывают (не возрастают) по сравнению с предыдущим подпериодом
$\hat{T}_{\overline{\tau 1}}(\check{T}_{\overline{\tau 2}})$	подмножество пятилетних подпериодов, по истечение которых требуемые среднегодовые объемы проведения рекультивации на предстоящие подпериоды не меньше (не больше),

Обозначения	Содержание обозначений
	чем были определены по истечении предшествовавших подпериодов
$\tau^*(\bar{\tau})$	индекс текущего подпериода (индекс истекшего пятилетнего периода при определении требуемых среднегодовых объемов проведения рекультивации в предстоящих периодах)
$\hat{Q}^{\bar{\tau}}$	требуемый среднегодовой объем проведения рекультивации на все годы периода, оставшиеся по истечении подпериода $\bar{\tau}$, необходимый для завершения в срок всех восстановительных работ
$\tilde{Q}^{\tau}$	достигнутый среднегодовой объем проведения рекультивации в подпериоде τ
$P(\tilde{P}_i)$	задание району (разрезу i, $i \in J_п$) на проведение в целом за период рекультивации, в совокупности по всем видам
$P_m(\bar{P}_m)$	ограничение на минимальную (максимальную) площадь рекультивации вида m, $m = \overline{1,3}$, в целом за период
α	средняя удельная потребность в объеме вещества заполнителя выработанных пространств на разрезах при проведении рекультивации (в расчете на единицу рекультивируемой площади)
γ	удельный объем вскрышных пород, снимаемых в среднем с единицы разрабатываемых месторождений
W_i^{τ}	*объем вскрышных пород, складируемых в отвал на разрезе i, $i \in J_n$ в подпериоде τ для использования на цели рекультивации в последующих подпериодах*
W_{ij}^{τ}	*объем вскрышных пород, перевозимых в подпериоде τ с разреза i, $i \in J_n$, потребителю j, $j \in J_B$, при j=i переменная обозначает объем вскрышных пород, снимаемых на разрезе i, $i \in J_n$, в подпериоде τ и используемых на этом же разрезе на цели рекультивации, в этом же подпериоде;* j – индекс разрезов, проводящих рекультивацию и нуждающихся в связи с этим во вскрышных породах и гумусовом слое, $j = \overline{1,6}, j \in J_p$, где J_p – множество разрезов, проводящих рекультивацию, g – индекс гравийного завода, j_B – индекс потребителя вскрышных пород, $j_B = \overline{1,7}$, $j_B \in J_B$, где J_B – множество потребителей вскрышных пород, $J_в = J_p \cup \{g\}$, n – индекс потребителя угля, $n = \overline{1,3}$
W_{ig}^{τ}	*объем вскрышных пород, перевозимых в подпериоде τ с разреза i, на гравийный завод g*
$\bar{D}^{\tau}$	потребность гравийного завода во вскрышных породах в подпериоде τ , $\tau = \overline{1,3}$
$\Psi(\bar{\Psi})$	удельный объем плодородного слоя, снимаемый с единицы площади нарушаемых сельскохозяйственных угодий при вскрытии барьерного поля (удельный объем плодородного слоя, требуемый при проведении сельскохозяйственной рекультивации, в расчете на единицу площади сельскохозяйственной рекультивации)
S_{ij}^{τ}	*объем гумусового слоя, перевозимого в подпериоде τ с разреза i, $i \in J_n$, на разрез j, $j \in J_p$, в целях проведения там сельскохозяйственной рекультивации. При j=i переменная обозначает объем градуса, снимаемого на разрезе i, $i \in J_n$ в подпериоде τ и используемого на этом же разрезе для проведения сельскохозяйственной рекультивации в этом же периоде τ*
S_i^{τ}	*объем гумусового слоя, складируемого на разрезе i, $i \in J_n$, в бурты в подпериоде τ для обязательного использования не позднее, чем в следующем подпериоде*
X_i^{τ}	*избыток* $(x_i^{\tau} < 0)$ *или нехватка* $(x_i^{\tau} > 0)$ *гумусового слоя, снятого в подперио-*

Обозначения	Содержание обозначений
	де $\tau, \tau = \overline{1,3}$ *, на разрезе i,* $i \in J_n$ *по сравнению с потребностями самого разреза и других разрезов в плодородном слое данного разреза*
$y^{(\tau-1)\tau}$ $(y_i^{(\tau-1)\tau})$	*избыток* $(y^{(\tau-1)\tau} < 0)$ *или нехватка* $(y^{(\tau-1)\tau} > 0)$ *ресурсов гумуса, как снятого в текущем подпериоде, так и сложенного в бурты в предыдущем подпериоде , по сравнению с величиной дефицита гумусового слоя для нужд сельскохозяйственной рекультивации в текущем подпериоде* $\tau, \tau = \overline{2,3}$*, по району в целом (на разрезе i,* $i \in J_n$*),*
$Z_ш$ $\left(Z_ш^{(\tau-1)\tau}\right)$	*объем потерь гумуса, который разрушается в целом за период (в подпериоде* $\tau, \tau = \overline{2,3}$*) вследствие превышения допустимого срока хранения в складированном состоянии, причем* $Z_ш \geq 0$ *(потери), а* $Z_ш^{(\tau-1)\tau} \begin{cases} < 0 - \text{избыток буртов } S^{\tau-1} \text{ пред. периода} \\ > 0 - \text{нехватка буртов,} \end{cases}$
$\widetilde{\Psi}$	удельный объем плодородного слоя, требуемый при проведении сельскохозяйственной рекультивации, в расчете на единицу площади сельскохозяйственной рекультивации
G^t	*объем капиталовложений, осваиваемых в году t на строительстве ТЭС;* t – индекс года строительства ТЭС; t^* – индекс текущего года; t^0 – индекс года начала строительства ТЭС; индекс года окончания строительства ТЭС
B	полная сметная стоимость строительства ТЭС
$\overline{M}^t$	*величина не освоенной в году t смежной стоимости ТЭС (объем капиталовложений самого года t считается освоенным)*
$\widetilde{N}_t$	ограничения по вспомогательным условиям, где происходит формирование переменной, обозначающей не освоенную к году t часть сметной стоимости строительства ТЭС
$\dot{M}^t$	*целочисленная переменная – индикатор, отражающая состояние процесса строительства ТЭС в году t;* $\dot{M}^t = \begin{cases} 0 - \text{ТЭС в году } t \text{ еще не достроена,} \\ 1 - \text{ТЭС в году } t \text{ является достроенной и функционирует,} \end{cases}$
N_t	ограничения по вспомогательным условиям, отражающим состояние процесса строительства ТЭС в году *t* (законченность или незаконченность строительства)
B^t	ограничение на объем капиталовложений, осваиваемых на строительстве ТЭС в подпериоде $\tau,\ \tau = \overline{1,3}$
λ^t	максимальный объем капиталовложений, направленных на развитие разреза DS в году *t*, $t = \overline{5,15}$, отвечающий потребностям ТЭС в угле в зависимости от достигнутой ею в году t мощности
$\widetilde{M}^t$	*величина освоенной в году t смежной стоимости ТЭС (включая объем капиталовложений, использованный в самом году t)*
$\widehat{G}^t$	*объем капиталовложений, использованных в году t на развитие разреза «DS», который является поставщиком угля для ТЭС*
$\widehat{K}\left(\widehat{K}^\tau\right)$	объем капиталовложений, предназначенный на развитие разреза DS в целом за период (в подпериоде $\tau, \tau = \overline{1,3}$)
q^τ	цена единицы продукции гравийного завода в подпериоде τ с учетом дисконта времени
d^τ	*объем производства продукции на гравийном заводе в подпериоде* τ
$\overline{D}^\tau$	потребность гравийного завода во вскрышных породах в периоде $\tau,\ \tau = \overline{1,3}$

Обозначения	Содержание обозначений
I	*дисконтированная цена денежного выражения продукции, полученной в целом за период на гравийном заводе*
$\tilde{I}_m(\hat{I}_m)$	*дисконтированная цена денежного выражения дополнительной продукции, полученной в целом за период от использования в хозяйственном обороте рекультивированных земель вида m без вычета (за вычетом) затрат на проведение рекультивации этого вида*
$\tilde{A}^\tau$	плановый объем продукции, выпускаемый на гравийном заводе в подпериоде τ
C_m^τ	удельные приведенные затраты, связанные с подготовкой к открытой разработке и с изъятием единицы площади угодий вида m в подпериоде τ
$\tilde{C}_m^\tau$	удельные приведенные затраты на проведение рекультивации вида m на единице нарушенной площади в подпериоде τ
$L_m^\tau(\bar{L}_m^\tau)$	удельная дисконтированная величина денежного выражения продукции, получаемой от использования восстановленной в подпериоде τ единицы площади угодий вида m в течение оставшихся лет периода, без вычета (за вычетом) затрат на проведение рекультивации данного участка
C^τ	удельные (средневзвешенные по видам угодий) приведенные затраты вследствие неиспользования в хозяйственном обороте единицы территории, изъятой в подпериоде τ, в течение этого подпериода (независимо от вида угодий)
U_{in}^τ $(\tilde{U}_{ij}^\tau, \hat{U}_{ij}^\tau)$	удельные приведенные затраты на перевозку единицы объема добытого угля по направлению от разреза *i*, $i\epsilon J_n$, потребителю n (снятых вскрышных пород с разреза *i*, $i\epsilon J_n$, потребителю *j*, $j\epsilon J_n$, потребителю *j*, $j\epsilon J_B$; снятого гумусового слоя с разреза *i*, $i\epsilon J_n$, на разрезе *i*, $i\epsilon J_p$) в подпериоде τ
$\tilde{U}^\tau(\hat{U}^\tau)$	удельные приведенные затраты на хранение единицы объема снятых вскрышных пород на отвалах разрезов (снятого гумусового слоя в буртах) в подпериод *τ*
H	удельные затраты, связанные с компенсацией потерь единицы объема гумусового слоя вследствие разрушения в связи с превышением допустимого срока хранения
θ^{t*}	удельные дисконтированные затраты, которые несет народное хозяйство в связи с омертвлением единицы средств капиталовложений, израсходованных в текущем году t^* на строительство тепловой электростанции
$\hat{\theta}^{t*}$	удельные дисконтированные затраты, связанные с освоением в текущем году t^* единицы капиталовложений, выделенных на развитие разреза, обслуживающего ТЭС
L_θ^{t*}	коэффициенты целевой функции при переменных-индикаторах $\dot{M}^{t*}$, позволяющие вычесть из целевой функции фиктивные потери от омертвления капиталовложений, которые были учтены в ней в силу особенностей формирования переменных $\tilde{M}^{t*}$ (поскольку переменные $\tilde{M}^{t*}$ принимают значение полной сметной стоимости строительства ТЭС для всех лет $t^* = \overline{t^{k+1}, T_п}$, когда строительство ТЭС уже закончено, а следовательно, капиталовложения уже начали окупаться и потери от их омертвления не должны добавляться к целевой функции). В противном случае, если они все же добавляются в силу специфических условий модели, то предусматривается их вычитание с помощью коэффициентов L_θ^{t*}

Примечание: курсивом отмечены переменные величины.

Экономико-математическая запись условий модели имеет следующий вид.

I. Условия, отражающие изъятие земель в процессе открытых разработок:

1. Ограничения на изъятие земель:

1.1. В целом за период по отдельным видам угодий:

$$\sum_{\tau=1}^{3} V_m^\tau = L_m \,, \forall\, m$$

1.2. В каждом подпериоде без учета видов угодий:

$$\sum_{m=1}^{3} V_m^\tau = \bar{L}^\tau \,, \forall\, \tau$$

1.3. Для каждого вида угодий в каждом подпериоде:

$$V_m^\tau = L_m^\tau \,, \forall_m \,, \forall\, \tau$$

2. Соответствия между объемами изъятия земель:

2.1. В целом по району и по разрезам:

$$\sum_{m=1}^{3} V_m^\tau = \sum_{i=1}^{4} \bar{V}_i^\tau \,, \ \forall\, \tau$$

2.2. По району и по разрезам, по каждому виду угодий:

$$V_m^\tau = \sum_{i=1}^{4} V_{im}^\tau \,, \ \forall\, \tau \,, \forall\, m$$

2.3. В целом и в сумме по видам угодий, на каждом разрезе:

$$\sum_{m=1}^{3} V_{im}^\tau = \bar{V}_i^\tau \,, \forall\, \tau$$

II. Ограничения по капитальным вложениям:

a) В целом за весь период:

$$\sum_{\tau=1}^{3} \sum_{m=1}^{3} \mu_m V_m^\tau + \sum_{\tau=1}^{3} \sum_{m=1}^{3} \sum_{i=1}^{6} \varsigma_m R_{im}^\tau \le K$$

b) Для каждого подпериода:

$$\sum_{m=1}^{3} \mu_m V_m^\tau + \sum_{m=1}^{3} \sum_{i \epsilon J_p} \varsigma_m R_{im}^\tau \le \bar{K}^\tau, \forall\, \tau$$

c) Для каждого разреза в каждом подпериоде:

$$\sum_{m=1}^{3} \mu_m V_{im}^\tau \le K_i^\tau, \qquad \forall\, \tau \,, \ \forall\, j \epsilon J_п$$

III. Распределение добытого угля:

1. Определение объема добытого угля:

$$\rho \xi \bar{V}_i^\tau - \eta_i^\tau = 0 \,, \qquad \forall_i \epsilon J_n \,, \forall\, \tau$$

2. Балансы добычи и транспортировки:

$$\eta_i^\tau - \sum_{n=1}^{3} \Lambda_{in}^\tau = 0 \,, \ \forall\, \tau \,, \forall_i \epsilon J_n^x = J_n \backslash DS$$

3. Обеспечение потребностей химкомбинатов в угле:

$$\sum_{i=1}^{3} \Lambda_{in}^\tau = D_n^\tau \,, \qquad \forall\, \tau, n = 1,2$$

4. Условие достижения разрезами проектной мощности по углю:

$$\sum_{\tau}^{3} \eta_i^\tau = A_i \,, \forall_i \epsilon J_n$$

IV. Условия проведения рекультивационных работ:

1. Условия осуществления рекультивации на каждом разрезе:

$$\beta\bar{V}_i^{\tau} + \Delta_i^{\tau-1} - \sum_{m=1}^{3} R_{im}^{\tau} \geq 0 \,, \forall_i \epsilon J_n \,, \forall\, \tau$$

2. Формирование разницы между изъятой и рекультивированной площадью на каждом разрезе:

$$\bar{V}_i^{\tau} + \Delta_i^{\tau-1} - \Delta_i^{\tau} - \sum_{m=1}^{3} R_{im}^{\tau} = 0 \,,\ \forall_i \epsilon J_n \,, \forall\, \tau$$

3. Определение требуемых среднегодовых объемов рекультивации:

$$\frac{1}{T_n - 5\tau^*}\left(\Delta^{\tau^*} + \sum_{\tau=\tau^*+1}^{3} \sum_{m=1}^{3} V_m^{\tau}\right) = Q^{\tau^*} \,, \tau^* \epsilon \{1,2,3\}$$

4. Соотношение между требуемыми среднегодовыми объемами проведения рекультивации:

$$\hat{Q}^{\bar{\tau}} \leq \hat{Q}^{\bar{\tau}+1} \,, \tau \epsilon T_{\tau_1}$$

$$\hat{Q}^{\bar{\tau}} \geq \hat{Q}^{\bar{\tau}+1} \,, \tau \epsilon T_{\tau_2}$$

5. Формирование разницы между изъятой и рекультивированной площадью в целом по району:

$$\sum_{m=1}^{3} V_m^{\tau} + \Delta^{\tau-1} - \Delta^{\tau} - \sum_{m=1}^{3} \sum_{i=1}^{6} R_{im}^{\tau} = 0 \,, \quad \forall\, \tau$$

6. Определение достигнутых в каждом подпериоде среднегодовых объемов проведения рекультивации:

$$1/5 \sum_{i \epsilon J_p} \sum_{m=1}^{3} R_{im}^{\tau} = \tilde{Q}^{\tau} \,, \quad \forall\, \tau$$

7. Соотношение между достигнутыми в разных подпериодах среднегодовыми объемами:

$$\tilde{Q}^{\tau} \leq \tilde{Q}^{\tau+1} \,, \qquad \tau \epsilon \tilde{T}_{\tau_1}$$

$$\tilde{Q}^{\tau} \leq \tilde{Q}^{\tau+1} \,, \qquad \tau \epsilon \tilde{T}_{\tau_2}$$

8. Выполнение задания району на проведение рекультивации:

$$\sum_{\tau=1}^{3} \sum_{m=1}^{3} \sum_{i=1}^{6} R_{im}^{\tau} = P$$

9. Выполнение каждым разрезом задания на рекультивацию:

$$\sum_{m=1}^{3} \sum_{\tau=1}^{3} R_{im}^{\tau} = \tilde{P}_i$$

10. Ограничения на проведение рекультивации определенных видов:

$$P_m \leq \sum_{i=1}^{6} \sum_{\tau=1}^{3} R_{im}^{\tau} \leq \bar{P}_m \,, \forall\, m$$

V. Условия распределения вскрышных пород:

1. Соответствие между объемами снимаемых на разрезе вскрышных пород и объемами их использования по различным направлениям:

$$\gamma \bar{V}_i^{\tau} - W_i^{\tau} + W_i^{\tau-1} - \sum_{j \epsilon J_B} W_{ij}^{\tau} = 0 \,, \forall_i \epsilon J_n \,, \quad \forall \tau$$

2. Обеспечение потребностей проводящих рекультивацию разрезов в определенном объеме вскрышных пород:

$$\alpha \sum_{m=1}^{2} R_{jm}^{\tau} - \sum_{i \epsilon J_n} W_{ij}^{\tau} = 0 \,, \forall_{\tau} \,, \forall_j \epsilon J_p$$

3. Обеспечение потребностей гравийного завода во вскрышных породах:

$$\sum_{i \epsilon J_n} W_{ig}^{\tau} = \bar{D}^{\tau} \,, \forall \tau$$

VI. Условия распределения снятого гумусового слоя между разрезами на нужды сельскохозяйственной рекультивации:

1. Соответствие между наличием снятого в текущем подпериоде гумуса и его использования на каждом разрезе:

$$\Psi V_{im}^{\tau} - \sum_{j=1}^{6} S_{ij}^{\tau} - S_i^{\tau} + X_i^{\tau} = 0 \,, \quad \forall_i \epsilon J_n \,, \forall_{\tau} \,, m = 1$$

2. Обеспечение потребностей в гумусовом слое проводящих сельскохозяйственную рекультивацию разрезов:

$$\bar{\Psi} R_{jm}^{\tau} - \sum_{i \epsilon J_n} S_{ij}^{\tau} = 0 \,, \quad \forall_j \epsilon J_p \,, \forall_{\tau} \,, m = 1$$

3. Распределение гумусового слоя между разрезами с учетом использования гумуса, сложенного в буртах:

$$\sum_{i \in J_n} \Psi V_{im}^{\tau} + \sum_{i \in J_n} S_i^{\tau-1} - \sum_{i \in J_n} \sum_{j \in J_p} S_{ij}^{\tau} + y^{(\tau-1)\tau} = 0 \,, \tau = 2{,}3 \,, m = 1$$

4. Распределение резервов гумуса из буртов предыдущего подпериода с учетом формирования потерь гумуса:

$$\sum_{i \in J_n} S_i^{\tau-1} - \sum_{j \in J_p} R_{jm}^{\tau} + Z_{ш}^{(\tau-1)\tau} = 0 \,, \tau = 2{,}3 \,, m = 1$$

5. Формирование буртов гумуса на последующий подпериод:

$$\sum_{i \in J_n} \Psi V_m^{\tau} - \sum_{j \in J_p} \tilde{\Psi} R_{jm}^{\tau} - \sum_{i \in J_n} S_i^{\tau} = 0 \,, \tau = 2{,}3 \,, m = 1$$

6. Соответствие между наличием собственных ресурсов гумуса текущего и прошлого подпериодов и их использованием на каждом разрезе:

$$\Psi V_{im}^{\tau} + S_i^{\tau-1} - \sum_{j \in J_p} S_{ij}^{\tau} + y_i^{(\tau-1)\tau} = 0 \,, \forall_i \in J_n \,, \tau = 2{,}3 \,, m = 1$$

7. Восстановление нехватки собственных ресурсов гумуса за счет транспортировки его с других разрезов:

$$y_i^{(\tau-1)\tau} \leq \sum_{\substack{i \in J_n \\ i \neq i^*}} S_{ii^*}^{\tau} \,, \forall_i \in J_n \,, \tau = 2{,}3$$

8. Определение суммарных за период потерь гумуса вследствие превышения допустимых сроков хранения:

$$\sum_{\tau=1}^{3} V_m^{\tau} - \sum_{\tau=1}^{3}\sum_{j=1}^{6} R_{jm}^{\tau} - \sum_{i\in J_n} S_i^3 - Z_{ш} = 0\ , m = 1$$

9. Требование отсутствия встречных и круговых перевозок гумусового слоя:

$$\sum_{\tau=1}^{3}\sum_{j\in J_p} R_{jm}^{\tau} - \sum_{\tau=1}^{3}\sum_{i\in J_n}\sum_{j\in J_p} S_{ij}^{\tau} \geq 0\ , m = 1$$

VII. Условия, отражающие процесс строительства ТЭС с учетом одновременного ввода ее в строй вместе с разрезом:

1. Требования освоить за период полную сметную стоимость строительства ТЭС:

$$\sum_{t=1}^{15} G^t = B$$

2. Определение объема не освоенных в году t* капиталовложений, выделенных на строительство ТЭС:

$$\sum_{t=1}^{t^*} G^t + \bar{M}^{t^*} \leq \tilde{N}^{t^*}\ ,\ \forall\, t^* = \overline{5{,}15}$$

3. Определение объема освоенных к году t* капиталовложений, выделенных на строительство ТЭС:

$$\sum_{t=1}^{t^*} G^t - \bar{M}^{t^*} = 0\ ,\ t^* = \overline{5,15}$$

Примечание: известно, что разрез **DS** в любом случае не будет осваиваться раньше года ***t*=5**, поэтому все условия одновременного ввода в строй ТЭС и **DS** строятся лишь для лет $\boldsymbol{t} = \overline{5{,}15}$, так как для лет $\boldsymbol{t} = \overline{1{,}4}$ не предусмотрены переменные капиталовложений на развитие разреза **DS**.

4. Определение состояния процесса строительства ТЭС (оконченность или неоконченность) в году t*:

$$\sum_{t=1}^{t^*} G^t + \bar{M}^{t^*} - \dot{M}^{t^*} = N^{t^*}\ ,\ t^* = \overline{5{,}15}$$

5. Лимиты капиталовложений, выделяемых в подпериодах на строительство ТЭС:

$$\sum_{t=1}^{5} G^t = B^1\ ,\ \sum_{t=6}^{10} G^t \geq B^2\ ,\ \sum_{t=11}^{15} G^t \leq B^3$$

6. Условия связи между функционированием ТЭС и разреза, поставляющего уголь для сжигания:

$$\lambda^t M^t - \hat{G}^t \geq 0\ , t = \overline{5,15}$$

7. Требования полного использования за период капиталовложений, выделенных на развитие разреза, снабжающего ТЭС углем:

$$\sum_{t=15}^{15} \hat{G}^t = \hat{K}$$

8. Лимиты капиталовложений, выделяемых в подпериоде на развитие разреза:

$$\hat{G}^5 \leq \hat{K}^1\ ,\ \sum_{t=6}^{10} \hat{G}^t \leq \hat{K}^2\ ,\ \sum_{t=11}^{15} \hat{G}^t \geq \hat{K}^3$$

9. Условие непрерывности функционирования ТЭС с момента ввода в строй:

$$\dot{M}^{t-1} \leq \dot{M}^{t}\ , t = \overline{5,15}$$

10. Условие равномерного наращивания мощности разрезом-поставщиком угля для ТЭС:

$$\hat{G}^{t-1} \leq \hat{G}^{t}\ , t = \overline{5,15}$$

VIII. Условия формирования суммарной за период дисконтированной величины денежного выражения продукции, полученной:

1. На гравийном заводе:

$$\sum_{\tau=1}^{3} q^{\tau} d^{\tau} - I = 0$$

2. При использовании в хозяйственном обороте рекультивированных угодий того или иного вида:

2.1. Без вычета затрат на рекультивацию данных угодий:

$$\sum_{\tau=1}^{3} L_m^{\tau} \left(\sum_{j=1}^{6} R_{jm}^{\tau}\right) - \tilde{I}_m = 0\ , \forall\ \ m$$

2.2. За вычетом затрат произведенных на рекультивацию угодий:

$$\sum_{\tau=1}^{3} (L_m^{\tau} - \varsigma_m)\left(\sum_{j=1}^{6} R_{jm}^{\tau}\right) - \hat{I}_m = 0\ , \forall\ m$$

IX. Условия выполнения заданий на выпуск продукции гравийным заводом в каждом подпериоде:

$$d^{\tau} \geq \tilde{A}^{\tau}\ , \forall\ \tau$$

X. Целевая функция:

$$\left\{\sum_{m=1}^{3}\sum_{\tau=1}^{3} C_m^{\tau} V_m^{\tau} + \sum_{\tau=1}^{3}\sum_{m=1}^{3}\sum_{j=1}^{6} \tilde{C}_m^{\tau} R_{jm}^{\tau} - \sum_{\tau=1}^{3}\sum_{m=1}^{3}\sum_{j=1}^{6} L_m^{\tau} R_{jm}^{\tau} + \sum_{\tau=1}^{3} C^{\tau}\Delta^{\tau} + \sum_{\tau=1}^{3}\sum_{i=1}^{3}\sum_{n=1}^{3} U_{in}^{\tau} + \right.$$

$$+ \sum_{\tau=1}^{3}\sum_{i=1}^{4}\sum_{j=1}^{6} \left(\tilde{U}_{ij}^{\tau} W_{ij}^{\tau} + \hat{U}_{ij}^{\tau} S_{ij}^{\tau}\right) + \sum_{i=1}^{4}\sum_{\tau=1}^{3} \left(\tilde{U}^{\tau} W_i^{\tau} + \hat{U}^{\tau} S_i^{\tau}\right) + H Z_{ш} + \sum_{t=1}^{15} \Theta^{t} \tilde{M}^{t}$$

$$\left. - \sum_{t=5}^{15} L_{\Theta}^{t} \dot{M}^{t} + \sum_{t=5}^{15} \hat{\Theta}^{t} \hat{G}^{t}\right\} \rightarrow \min$$

6.4. РЕЗУЛЬТАТЫ АНАЛИЗА ПРОВЕДЕННЫХ ПО МОДЕЛИ ВАРИАНТНЫХ РАСЧЕТОВ

В соответствии с описанной постановкой задачи и использования соответствующей экономико-математической модели было рассчитано *несколько вариантов развития угле-энергетического комплекса района Делич*, полученных путем определенных изменений начальных условий задачи и отдельных ограничений. В качестве базового варианта для анализа выбран вариант, который в совокупности удовлетворяет нескольким требованиям, включая обеспечение равномерного развития разрезов и равномерного проведения рекультивационных работ на всех разрезах, небольшое отставание процесса рекультивации от процесса изъятия земель, получение наибольшей величины денежного выражения дополнительной продукции от использования восстановленных земель и сравнительно низкие потери, связанные с изъятием земель из хозяйственного оборота.

Выбранные по результатам решения задачи (вариант I) показатели добычи угля на разрезах ТЭК и направления снабжения углем потребителей – углехимических комбинатов и ТЭС – показаны в табл. 6.3.

Таблица 6.3

Добыча угля на разрезах ТЭК и снабжение углем потребителей (тыс. т) – вариант 1 развития комплекса

Период	Добыча угля, пригодного для химической переработки на разрезах					Итого для химической переработки (уголь разрезов SW,BR,RS)			Уголь разреза Делич-Юг (DS) для сжигания на ТЭС	Итого добытого угля по всем четырём разрезам
	Делич-Юго-Запад (SW)	Брайтенфельд (BR)			Реза-Саусед-лиц (RS)	всего	в том числе			
		всего	в т.ч. транспортировка на химкомбинаты				поступило на химкомбинат	поступило в центр распределения		
			Лойна	Шкопау						
1	3203,9	2493,2	448	1694	73935,5	152326,9	21420	130906,9	6892,3	15921,9
2	2608,2	666,7	448	1694	43634,9	97803,9	21420	76383,9	55232,8	15303,7
3	2055,9	2000,5	448	1694	69993,7	131977,2	21420	110557,2	36918,7	16889,6
Итого	7868,0	5160,4	1344	5082	187564,1	382108,0	64260	317848,1	99043,8	48115,2

Источник: расчеты автора.

Суммарные затраты на создание и функционирование комплекса по этому варианту составили 3085,2 млн у.е. Недоиспользованный резерв инвестиций, отведенных комплексу на цели разработки разрезов и проведения рекультивации, составил 31,02 млн у.е. или 17,9% от выделенных комплексу инвестиций, причем в первом подпериоде резерв составил 34,7%, во втором подпериоде – 16,2%, в третьем – все выделенные средства были использованы полностью. Таким образом, при данных масштабах разработки месторождений выделенное количество инвестиций несколько превышает потребность в них; для района выгодно приоритетное развитие разрезов

«Делич - Юго-Запад» и «Делич - Юг», поскольку эти разрезы полностью использовали отведенные им лимиты инвестиций во всех трех подпериодах.

Изъятие территорий происходило в строгом соответствии с заданным графиком развития разрезов: в первом подпериоде площадь карьерного поля всех четырех новых разрезов увеличилась на 1777 га (33,1% общей площади карьеров); во втором подпериоде – еще на 1708 га (31,8%); в третьем подпериоде разрезы заняли всю остальную площадь, отводимую им на весь период: 1885 га (35,1%). Структура этой территории по видам угодий такова: сельскохозяйственные земли – 87,2% (4683 га); лесные земли – 7,2% (386 га); прочие угодья – 5,6% (301 га). Параметры изъятия угодий разных видов во времени и капитальные затраты, связанные с изъятием земель в процессе открытой разработки месторождений, для 2-х вариантов развития комплекса показаны в табл. 6.4.

Таблица 6.4

Изъятие угодий разных видов по подпериодам и капитальные затраты, связанные с изъятием земель в процессе открытой разработки месторождений (для разных вариантов развития комплекса)

Варианты развития комплекса по подпериодам		Изъятие угодий по видам (га)			Итого изъято угодий всех видов (га)	Суммарные затраты в связи с изъятием угодий данного вида (тыс. у.е.)			Итого затраты по всем видам угодий (тыс. у.е.)
		сельскохозяйственных	лесных	прочих		сельскохозяйственных	лесных	прочих	
Вариант I	1	1236.5	239.5	301.0	1777.0	361043.4	20361.8	15652	397057.2
	2	1708	-	-	1708.0	498736.0	-	-	498736.0
	3	1738.5	146.5	-	1885.0	507656.6	12448.3	-	520104.9
Итого за весь период по варианту I		4683	386	301	5370.0	1367436.0	32810.0	15652	1415898
Вариант II	1	626,7	211	82,9	920,6	183002,2	17929,9	4312,4	205244,5
	2	293,6	-	218,7	511,6	85722,4	-	11339,6	97062,1
	3	3762,7	175,1	-	3937,8	1098711,3	14880,1	-	1113591,4
Итого за весь период по варианту II		4683	386	301	5370	1367436,8	32810	15652	1415898

Примечание: Удельные затраты на изъятие угодий по видам (тыс. у.е./га): сельскохозяйственных – 292, лесных – 85, прочих – 52.

Структура рекультивируемых земель заранее не фиксируется, задаются лишь верхние и нижние пределы ограничений на площадь рекультивации того или иного вида. В анализируемом варианте развития комплекса площадь сельскохозяйственной рекультивации совпала с величиной минимального задания на этот вид рекультивации (1614 га), а площадь лесной рекультивации, наоборот, достигла максимального значения, разрешенного условиями задачи (1010 га). Лесная рекультивация, следовательно, оказалась предпочтительнее, чем сельскохозяйственная, несмотря на то, что годовая величина денежного выражения продукции от использования сельскохозяйственной земли гораздо больше, чем от использования лесной, а затраты на проведение сель-

скохозяйственной рекультивации окупаются довольно быстро (в то время как затраты на лесную рекультивацию окупаются гораздо медленнее).

Такой выбор объясняется тем, что денежное выражение дополнительной продукции, полученной от использования восстановленной сельскохозяйственной земли в пределах рассматриваемого периода, в значительной степени погашается косвенными затратами на ее проведение, в основном затратами на транспортировку гумусового слоя к местам проведения рекультивации. Для гумусового слоя необходимость в транспортировке может возникать чаще, чем для вскрышных пород (которые, в отличие от плодородного слоя, необходимы для обоих видов рекультивации – и лесной, и сельскохозяйственной, в то время как гумус в основном требуется для сельскохозяйственной), в связи с тем, что у гумусового слоя ограниченный срок хранения в складированном состоянии необходимо как можно скорее доставлять его в районы проведения сельскохозяйственной рекультивации. Поэтому, в конечном счете, лесная рекультивация может повлечь меньшие по размеру затраты.

***Анализ структуры рекультивации по видам* в разных подпериодах показал следующие результаты.**

Во-первых, сельскохозяйственная рекультивация проводилась в первом и втором подпериодах и совсем не проводилась в третьем, она проведена ближе к началу периода, поскольку восстановленная земля этого вида обеспечивает большую величину годовой продукции в денежном выражении, и, будучи восстановленной в начале периода, дает значительный объем продукции за годы, оставшиеся до конца периода. Лесная рекультивация проводилась во всех трех пятилетках. Рекультивация прочих видов была предусмотрена в незначительных масштабах (32 га) и была полностью осуществлена в течение первого подпериода, так как она, подобно сельскохозяйственной, обеспечивает значительную величину годовой продукции в денежном выражении при использовании восстановленных угодий.

Во-вторых, что касается структуры рекультивации на отдельных разрезах, то сельскохозяйственная рекультивация проводилась на всех разрезах, кроме разреза «Фрайхайт», причем наиболее предпочтительным для этого вида рекультивации оказался разрез «Гойтше», на котором осуществлялась исключительно сельскохозяйственная рекультивация (в размере 442,6 га, что составило полную величину задания разрезу на площадь рекультивации). Лесная рекультивация проводилась преимущественно на разрезах «Реза-Сауседлиц», «Делич-Юг», «Брайтенфельд» и совсем не проводилась на разрезе «Фрайхайт». Таким образом, наиболее равномерно по территории района распределилась сельскохозяйственная рекультивация. Это связано с тем, что данный вид рекультивации выгоднее всего проводить непосредственно там, где был снят и сложен в бурты плодородный слой, поскольку транспортировка его на большие расстояния сопряжена с большими издержками, причем транспортные издержки на перевозку вскрышных пород при проведении сельскохозяйственной рекультивации также могут иметь место. Для лесной же рекультивации требуются главным образом вскрышные породы (в качестве заполнителя выработанных пространств), а их транспортировка обходится более дешево.

В анализируемом варианте развития комплекса транспортировка вскрыши и гумуса осуществлялась лишь по трем направлениям из 14 возможных: на разрез «Делич – Юго-Запад» и соседнего разреза «Брайтенфельд» и на разрезе «Фрайхайт» и «Гойтше», где не хватает собственных ресурсов вскрышных пород и гумусового слоя (так

как процесс освоения этих разрезов уже подходит к концу), с разреза «Реза-Сауседлиц», который расположен в непосредственной близости от этих двух разрезов и, следовательно, транспортные издержки по данным направлениям довольно низки. Так, транспортные издержки по направлению «Реза-Сауседлиц» – «Гойтше» сопоставимы с издержками по перевозке в пределах территории самого разреза «Реза-Сауседлиц», поэтому оказалось выгодным осуществлять на разрезе «Гойтше» лишь сельскохозяйственную рекультивацию и исключительно за счет гумуса, перевезенного с разреза «Реза-Сауседлиц», где данное количество гумуса превышало потребности в нем сельскохозяйственной рекультивации, проводимой на самом разрезе «Реза-Сауседлиц».

Если весь снятый плодородный слой (или вскрышные породы) сразу же используется для проведения рекультивации на самом разрезе или перевозится на соседний, то бурты для хранения гумуса (или отвалы вскрышных пород) создавать нет необходимости. Такая ситуация имела место по результатам расчетов. Так, не создавались бурты на разрезах «Делич–Юго-Запад» в первом и втором подпериодах, «Брайтенфельд» во втором и третьем подпериодах, «Делич–Юг» – в первом подпериоде. Отвалы вскрышных пород не создавались на разрезе «Реза–Сауседлиц» в первом и втором подпериодах. Поскольку на разрезах «Фрайхайт» и «Гойтше» уже практически не ведутся вскрышные работы, то нет необходимости создавать бурты или отвалы, а вскрышные породы и гумусовый слой, привозимые сюда с других разрезов, сразу же используются на нужды рекультивации, не подвергаясь длительному хранению.

В анализируемом решении сложившаяся система взаимодействия разрезов по использованию снятого плодородного слоя обеспечила довольно низкий уровень его потерь от разрушения вследствие превышения допустимых сроков хранения в складированном состоянии. С точки зрения возможностей проведения сельскохозяйственной рекультивации в том или ином подпериоде некоторые разрезы (а именно, «Делич – Юго-Запад», «Фрайхайт» и «Гойтше») испытывали недостаток гумусового слоя, сложенного в буртах этих разрезов; на других же разрезах, наоборот, образовался некоторый избыток плодородного слоя, который не мог быть в скором будущем использован для целей рекультивации на данных разрезах, так как последняя не проводилась в достаточно больших масштабах. Это разрезы «Брайтенфельд» и «Реза-Сауседлиц», за счет которых был восполнен недостаток гумуса на соседних разрезах.

Значения достигнутых среднегодовых объемов рекультивации свидетельствуют о том, что наиболее интенсивно процесс рекультивации происходил в середине периода (292,6 га в среднем за год второго пятилетия); в начале (в первом подпериоде) рекультивация проводилась в среднем в объеме 184,6 га в год, а к концу периода напряженность проведения рекультивации пошла на спад (53,8 га в год).

Требуемые среднегодовые объемы рекультивации рассчитывались исходя из предположения, что за двадцатилетний период предстоит рекультивировать всю территорию, которую предполагается занять под разрезы в течение пятнадцатилетнего периода, рассматриваемого в модели. Таким образом, предусматривалось, что отставание процесса рекультивации от изъятия земель составляет в среднем 5 лет. Из сопоставления достигнутых и требуемых среднегодовых объемов видно, что в течение второго подпериода достигнутые объемы (292,6 га в год) были близки к требуемым (329,5 га в год) для текущего и последующего двух пятилетий и даже превышали их, а в третьем подпериоде проведение рекультивации замедлилось, и достигнутые объемы

(53,8 га) значительно отклонились от требуемых на предстоящие два пятилетия (298,3 га в год), т.е. оказалось почти в 6 раз меньше требуемых. Это связано с тем, что задание району на проведение рекультивации в течение пятнадцати лет почти в два раза меньше территории, которую намечается отнести под открытую разработку в течение этих же пятнадцати лет, а основная часть данного задания (84,8%) была выполнена в течение первых двух пятилеток. По этой же причине требуемый среднегодовой объем рекультивации на запланированное пятилетие оказался очень большим: 542,8 га в год. Поэтому, если считать среднее отставание процесса рекультивации от изъятия земель равным пяти годам, то задание на проведение рекультивации в рассматриваемом периоде следует увеличить, тогда появится возможность в течение одного запланированного пятилетия завершить восстановление всех угодий, нарушенных в плановом периоде, а динамика среднегодовых объемов станет более равномерной.

В модели были определены размеры денежного выражения величины дополнительной продукции от использования восстановленных земель того или иного вида. Эта величина в целом по району за период составила 36,9 млн у.е.; суммарные затраты на проведение рекультивации всех видов – 8,9 млн у.е. Разница между названными величинами – 28 млн у.е. (в том числе большая часть (94,6%) разницы) – была получена за счет дополнительной продукции от использования сельскохозяйственных угодий. В результате за пятнадцатилетний период денежное выражение дополнительной продукции от восстановленных земель не только компенсировало затраты на рекультивацию, но и превзошло их более чем в три раза.

Распределение добытого угля по результатам решения сложилось следующим образом: из трех разрезов, уголь которых пригоден для химической переработки, потребности химкомбинатов на протяжении всего периода обеспечивал разрез «Брайтенфельд», поскольку транспортные затраты на перевозку угля по данным направлениям являются наименьшими. Остальной уголь разреза «Брайтенфельд» и уголь разрезов «Делич–Юго-Запад» и «Реза–Сауседлиц» поступал в централизованное распределение. Всего за период может быть добыто около 34 млн тонн бурого угля.

В целом, выполненный прогноз развития рассматриваемого угле-энергетического комплекса и сопоставление описанного варианта развития с некоторыми альтернативными вариантами (как указывалось выше) позволили выявить влияние различных факторов на развитие комплекса.

Анализ проведенных по модели вариантных расчетов, получаемых путем изменения тех или иных начальных условий модели, позволил выявить структуру взаимосвязей и взаимного влияния друг на друга различных факторов процесса рекультивации. Схема данных взаимосвязей представлена на рис. 6.5).

В качестве главных факторов влияния процесса рекультивации на общую величину затрат на создание и функционирование угле-энергетического комплекса выделяются следующие:

1) доход от получения дополнительной продукции с рекультивированных земель;

2) потеря от неиспользования в хозяйственном обороте земельных угодий, нарушенных открытыми разработками;

3) потери в связи с разрушением гумусового слоя при повышении допустимых сроков хранения в складированном состоянии;

4) издержки хранения вскрышных пород на отвалах разрезов и гумусового слоя в буртах (в целом за период);

5) транспортные затраты на перевозку гумусового слоя и вскрышных пород в процессе взаимодействия разрезов по рациональному их использованию при проведении рекультивации (в целом за период);

6) затраты на проведение рекультивации.

Названные составляющие общей суммы затрат на создание и функционирование исследуемого угле-энергетического комплекса с учетом проведения мероприятий по рекультивации формируются в зависимости от множества факторов, воздействующих на процесс рекультивации (см. рис. 6.5).

Рис. 6.5. Схема связей различных факторов, влияющих на процесс рекультивации

Источник: разработка автора.

На величину ***денежного выражения дополнительной продукции***, получаемой с рекультивированных земель, влияют: (а) структура рекультивированных земель по видам их хозяйственного использования (в целом по району); (б) интенсивность проведения рекультивации по подпериодам; (в) очередность проведения во времени разных видов рекультивации, поскольку разные виды угодий дают при их использовании разную величину денежного выражения годовой продукции, и общий объем продукции будет тем больше, чем дольше используется восстановленная земля в течение периода.

Наибольший объем денежного выражения продукции – 46,6 млн. у.е. – был получен по варианту расчетов, в котором высокоэффективная сельскохозяйственная рекультивация была проведена в наибольшем масштабе, предполагаемом в качестве возможного – 1949 га (табл. 6.5 и 6.6, Вариант IV).

Таблица 6.5

Проведение рекультивации разных видов по подпериодам и соответствующие затраты (для разных вариантов развития комплекса)

Варианты развития комплекса по подпериодам		Рекультивация разных видов, га			Итого проведено рекультивации всех видов, га	Суммарные затраты на проведение рекультивации разных видов, тыс. у.е.			Итого затраты по всем видам рекультивации, тыс. у.е.
		сельскохозяйственная	лесная	прочая		сельскохозяйственная	лесная	прочая	
Вариант I	1 2 3	782,6 831,4 -	108,7 631,7 269,2	32,0 - -	923,26 1463,13 269,21	2696,88 2864,95 -	351,1 2041,8 870,1	94,2 - -	3142,3 4906,7 870,1
Итого за весь период		1614,0	1009,6	32,0	2655,6	5561,84	3263,0	94,2	8919,1
Вариант II	1 2 3	626,7 293,6 693,7	- 177,0 832,6	32,0 - -	658,74 470,59 1526,27	2159,85 1011,64 2390,45	- 572,1 2690,9	94,2 - -	2254,0 1583,8 5081,3
Итого за весь период		1614,0	1009,6	32,0	2655,6	5561,84	3263,0	94,2	8919,1
Вариант III	1 2 3	860,0 754,0 -	166,0 785,6 58,0	32,0 - -	1058,01 1539,54 58,05	2963,63 2598,41 -	536,5 2538,9 187,6	94,2 - -	3594,3 5137,1 187,6
Итого за весь период		1614,0	1009,6	32,0	2655,6	5561,84	3263,0	94,2	8919,0
Вариант IV	1 2 3	1354,2 594,8 -	- 674,99 -	32,0 - -	1386,15 1269,83 -	4666,41 204983 -	- 2181,6 -	94,2 - -	4760,6 4231,4 -
Итого за весь период		1949,0	674,99	32,0	2655,98	6716,25	2181,6	94,2	8992,0

Примечание: Удельные затраты на разные виды рекультивации (тыс. у.е./га): 3,446 – сельскохозяйственная, 3,232 – лесная, 2,944 – прочая.

Источник: расчеты автора.

Хотя затраты на осуществление рекультивации по данному варианту оказались несколько выше, чем по вариантам, где дорогостоящая сельскохозяйственная рекультивация проводилась в меньших объемах (8919 тыс. у.е. при минимальном объеме проведения сельскохозяйственной рекультивации – 1614 га – против 8992 тыс. у.е. по рассматриваемому варианту), тем не менее, превышение денежного выражения продукции над затратами по этому варианту было наибольшим: 37,6 млн у.е. В то же время данный вариант неприемлем в силу того, что его условиями допускается выполнение основной доли задания району по рекультивации всего одним разрезом. В действительности же подобная ситуация может оказаться нереальной.

Таблица 6.6

Денежное выражение дополнительной продукции от использования в течение рассматриваемого периода рекультивированных земель разных видов

Варианты расчетов и временные периоды, в которых проведена рекультивация		Денежное выражение продукции (ДВП), получаемой за период с 1 га земли определенного вида, восстановленной в подпериоде τ (тыс. у.е./га)						Суммарная величина ДВП от использования в течение периода земель определенного вида, восстановленных в подпериоде τ (млн у.е./га)							
		Значение ДВП по видам угодий			Разница между ДВП и затратами на рекультивацию			Значение ДВП по видам угодий				Разница между ДВП и затратами на рекультивацию			
		с/х	лесной	прочей	с/х	лесной	прочей	с/х	лесной	прочей	итого	с/х	лесной	прочей	итого
Вариант I	1	25	7,5	25	21,6	4,3	22,1	19,6	0,8	0,8	21,2	16,9	0,5	0,7	18,0
	2	15	4,5	15	11,6	1,3	12,1	12,5	2,8	-	15,3	9,6	0,8	-	10,4
	3	5	1,5	5	1,5	-1,7	2,1	-	0,4	-	0,4	-	-0,5	-	-0,4
Итого за период		-	-	-	-	-	-		32,1	4,0	0,8	36,9	26,5	0,8	0,7
Вариант II	1											13,5	-	0,7	14,2
	2											3,4	0,2	-	3,6
	3											1,1	-1,4	-	-0,4
Итого за период		-	-	-	-	-	-						18,0	-1,2	0,7
Вариант III	1											18,5	0,7	0,7	19,9
	2											8,7	1,0	-	9,7
	3											-	-0,1	-	-0,1
Итого за период		-	-	-	-	-	-						27,2	1,6	0,7
Вариант IV	1											29,2	-	0,7	29,9
	2											6,9	0,9	-	7,7
	3											-	-	-	-
Итого за период		-	-	-	-	-	-					36,1	0,9	0,7	37,6

Примечание: Годовое денежное выражение продукции по разным видам угодий (тыс. у.е./га): 2,0 – сельскохозяйственные, 0,6 – лесные, 2,0 – прочие.

Источник: расчеты автора.

Интенсивность проведения рекультивации по подпериодам характеризуется величиной достигнутых в каждом подпериоде среднегодовых объемов рекультивации. Последние могут в течение периода иметь различную динамику: (а) возрастать на протяжении всего периода; (б) возрастать в начале периода и затем стабилизироваться; (в) возрастать в начале периода, достигать максимального значения и затем снижаться. Поскольку процесс освоения месторождений набирает силу в середине периода, то и масштабы рекультивации вначале увеличиваются.

С точки зрения максимизации суммарной величины денежного выражения продукции, получаемой с восстановленных земель, наиболее выгодной является, с одной стороны, такая динамика проведения рекультивационных работ, при которой основная часть территории будет восстановлена как можно раньше и, соответственно, скорее

начнет давать отдачу (т.е. вариант «в» достигнутых среднегодовых объемов). С другой стороны, выгодна также такая структура рекультивации по видам хозяйственного использования, при которой наибольших возможных масштабов достигает сельскохозяйственная рекультивация, поскольку этот вид рекультивации быстрее всего окупает затраты на его проведение за счет величины денежного выражения продукции с рекультивированных сельскохозяйственных угодий. Обоим этим требованиям отвечает вариант расчетов по модели, в котором все запланированные объемы рекультивации проведены в первых двух подпериодах и масштабы сельскохозяйственной рекультивации достигли величины, предусмотренной в качестве максимальной. Денежное выражение дополнительной продукции от рекультивированных земель по этому варианту было наибольшим (см. табл.6.5 и 6.6).

Наименьшая разница между величиной денежного выражения продукции и затратами на рекультивацию – 17,5 млн. у.е. – была получена по варианту, где капиталовложения по условиям задачи не лимитированы по подпериодам, и основная часть территории, отведенной под разрезы, была изъята в последнем пятилетии. Этот вариант отличается сравнительно небольшими затратами на хранение снятых вскрышных пород и гумусового слоя в течение периода, а также невысоким уровнем потерь от неиспользования нарушенных угодий, зато он определяет менее рациональную структуру рекультивации. Проведение рекультивационных работ и, что особенно важно, сельскохозяйственный рекультивации, оказалось сдвинутым к концу периода (см. табл. 6.6, вариант II), поэтому восстановленные земли в пределах рассматриваемого периода использовались недолго. Кроме того, сельскохозяйственная рекультивация была проведена в минимальных предусмотренных условиями задачи масштабах (1614 га).

Величина потерь от неиспользования в хозяйственном обороте нарушенных угодий определяется масштабами нарушенных территорий и длительностью тех периодов времени, в течение которых эти земли не используются. Другими словами, эти потери зависят от соотношения во времени процессов изъятия земель и проведения рекультивации. Поэтому динамика величины потерь может в какой-то степени характеризоваться таким показателем, как соотношение требуемых среднегодовых масштабов рекультивации на предстоящие подпериоды, поскольку требуемые объемы исчисляются каждый раз на основе ситуации, сложившейся с проведением рекультивации в истекшем подпериоде: быстрое снижение величины требуемых на предстоящий период объемов говорит о высокой интенсивности процесса рекультивации в начале периода, т.е. о быстром возвращении нарушенных земель в оборот и о небольших потерях в связи с неиспользованием земель.

Наилучшая динамика требуемых и достигнутых среднегодовых объемов проведения рекультивации не обязательно могут быть совмещены в одном варианте развития, поскольку величина достигнутых объемов зависит в первую очередь от масштабов рекультивации, а величина требуемых объемов – от соотношения процессов рекультивации и изъятия в течение периода. Об этом свидетельствует тот факт, что вариант решения, дающий наибольшее по сравнению с другими вариантами денежное выражение дополнительной продукции (вариант IV в табл. 6.7, где разрезам не заданы ограничения на масштабы проведения рекультивации), характеризуется в то же время средними по величине, а не минимальными потерями от неиспользования земель – 39,4 млн у.е.

Таблица 6.7

Величина потерь от неиспользования в хозяйственном обороте земельных угодий, нарушенных в процессе открытой добычи (по вариантам развития комплекса)

Варианты развития комплекса	Масштабы территорий, не используемых в хозяйственном обороте в подпериодах (га)			Суммарная за период величина потерь от неиспользования нарушенных угодий (тыс. у.е.)
	Подпериод 1	Подпериод 2	Подпериод 3	
Вариант I	853.72	1098.58	2714.4	46667.09
Вариант II	261.88	302.92	2714.4	32792.10
Вариант III	1029.00	464.38	2714.4	42077.91
Вариант IV	390.84	829.00	2714.4	39338.45

Источник: расчеты автора.

В то же время, наименьшая величина данного показателя – 32,8 млн у.е. – достигается по варианту с наименее рациональной структурой и режимом проведения рекультивации (табл. 6.6 и 6.7, вариант II – без ограничений средств капиталовложений по подпериодам, обеспечивающий наименьший объем денежного выражения продукции с рекультивированных земель). Самая большая величина потерь от неиспользования нарушенных угодий – 46,7 млн у.е. – формируется по тем вариантам расчетов, где капиталовложения ограничены по подпериодам, причем средства, выделенные на начало первого подпериода на цели развития разрезов и осуществление рекультивации, используются не полностью (см. табл. 6.7). Так происходит, поскольку изъятие земель в этом случае идет относительно равномерно в течение периода (1777 га – 33,1% от общей площади изъятия – в первом пятилетии, 1708 га – 31,8% – во втором и 1885 га – 35,1% – в третьем), а процесс рекультивации набирает силу лишь в середине периода. Поэтому значительная часть (854 га) земель, изъятых в первом пятилетии, долгое время не используется. По истечении второго пятилетия не рекультивированными остаются 1099 га нарушенных уже земель. По варианту с наименьшими потерями от неиспользования угодий (см. вариант II, табл. 6.7) по истечении первого подпериода остаются невосстановленными всего 262 га территории, второго – всего 303 га.

На величину потерь гумусового слоя вследствие превышения допустимых сроков хранения влияет соотношение во времени таких факторов, как изъятие сельскохозяйственных угодий (по подпериодам) и масштабы проведения сельскохозяйственной рекультивации (по подпериодам). В отношении развития процессов изъятия земель при рекультивации сельскохозяйственных угодий требование минимизации потерь гумусового слоя заключается в том, что процессы изъятия должны быть синхронизированы во времени таким образом, чтобы объем буртов гумусового слоя был в каждый момент времени возможно меньшим, или же, чтобы образование больших резервов гумуса, неиспользованных на цели рекультивации в одном периоде уже в следующем подпериоде сменялось интенсивным их использованием на нужды сельскохозяйственной рекультивации.

В условиях данной задачи, когда существует ограничение на максимальные масштабы проведения восстановительных работ за период сельскохозяйственной рекультивации, и задана величина изъятия сельскохозяйственных угодий за рассматри-

ваемый период, указанное требование выражается в максимизации объемов буртов, создаваемых в последнем подпериоде, иными словами, когда изъятие сельскохозяйственных угодий в течение периода ненамного опережает по масштабам проведение сельскохозяйственной рекультивации, а основная часть сельскохозяйственных угодий нарушается в последнем подпериоде, и образуются большие по объему бурты в расчете, что за пределами периода прогнозирования масштабы проведения сельскохозяйственной рекультивации будут значительными.

Таким образом, потери гумусового слоя вследствие превышения допустимых сроков хранения минимальны в тех вариантах формирования комплекса, где масштабы проведения сельскохозяйственной рекультивации наибольшие, а интенсивность изъятия сельхозугодий нарастает к концу периода. Возможность транспортировки снятого гумуса с разреза на разрез способствует более рациональному, с наименьшими потерями, использованию плодородного слоя на нужды рекультивации, поскольку сельскохозяйственную рекультивацию на том же разрезе, где был снят гумус, не всегда удается провести до того момента, как истечет допустимый срок хранения гумуса. Поэтому выгоднее по возможности перевезти гумус на другие разрезы, где уже начата сельскохозяйственная рекультивация.

В базовом варианте расчетов сложившаяся система взаимодействия разрезов обеспечила сравнительно низкий уровень потерь гумусового слоя. Сроки хранения были превышены для такого количества гумусового слоя, которого хватило бы на проведение 124,4 га сельскохозяйственной рекультивации. К концу рассматриваемого периода в буртах было сложено плодородного слоя для проведения 2944,6 га сельскохозяйственной рекультивации. Следует иметь в виду, что 34,48 % этого количества гумуса уже хранилось в буртах в среднем не менее 5 лет (это бурты, созданные в конце 2-го подпериода). Поэтому, если оценивать критический срок хранения гумуса в 5–6 лет, то данный объем гумуса (достаточный для проведения 1015,4 га сельскохозяйственной рекультивации) уже находится под угрозой утраты плодородных свойств. Учитывая данное обстоятельство (несмотря на то что задание по сельскохозяйственной рекультивации было выполнено еще в течение первого и второго подпериодов), необходимо в течение третьего и четвертого пятилетия предусмотреть осуществление не менее 1000 га сельскохозяйственной рекультивации для того, чтобы как можно скорее вернуть складированный в буртах плодородный слой в естественные условия.

Суммарные издержки хранения вскрышных пород на отвалах и гумусового слоя в буртах в целом за период исследования определяются объемами и длительностью хранения, т.е., в конечном счете, соотношением во времени между изъятием земель, при котором имеет место снятие вскрышных пород и гумусового слоя, и проведением рекультивации, когда данные ресурсы используются, равно как и в ситуации с потерями гумусового слоя прихранении. Данная зависимость хорошо иллюстрируется сравнением вариантов I и II по результатам расчетов по модели. По варианту II (см. табл. 6.6 и 6.7) наибольшая территория была изъята в третьем пятилетии, суммарные затраты на хранение по этому варианту были существенно ниже, чем по варианту I, где изъятие земель во всех подпериодах шло равномерно: на хранение гумуса – на 105,4 тыс. у.е. ниже; вскрышных пород – на 2409,6 тыс. у.е. ниже (табл. 6.8).

Таблица 6.8

Объёмы хранения вскрышных пород на отвалах и гумусового слоя в буртах и затраты на хранение по разным вариантам развития комплекса

Подпериоды и разрезы \ Варианты расчетов		Вариант 1		Вариант 2	
		Вскрышные породы(103м3)	Гумусовый слой (га)	Вскрышные породы (103м3)	Гумусовый слой (га)
Объёмы хранения по подпериодам и по отдельным разрезам					
1	Делич–Юго-Запад(SW)	98692,85	-	-	-
	Брайтенфельд (BR)	135280,47	342,34	58481,25	-
	Реза-Сауседлиц(RS)	-	-	-	-
	Делич-Юг (DS)	21230,76	111,49	-	-
Итого в течение подпериода		255204,09	453,83	58481,25	-
2	Делич–Юго-Запад(SW)	57457,16	-	-	-
	Брайтенфельд (BR)	69809,97	-	35681,25	-
	Реза-Сауседлиц(RS)	-	683,77	-	-
	Делич-Юг (DS)	88188,38	431,61	-	-
Итого в течение подпериода		215455,52	1115.38	35681,25	-
3	Делич–Юго-Запад(SW)	128900,20	229,452	610787,99	1770,40
	Брайтенфельд (BR)	256210,66	-	48299,68	239,06
	Реза-Сауседлиц(RS)	282005,78	1434,234	-	506,31
	Делич-Юг (DS)	133929,28	265,58	141952,31	553,22
Итого в течение подпериода хранилось		801045,92	1929,266	801039,98	3068,99
Итого в течение всего периода в среднем по 5 лет хранилось		127170,5	3398,493	895202,48	3068,99
Усреднённые затраты на хранение единицы ресурса в течение пятилетнего подпериода		0,0064 тыс. у.е./10^3м^3	0,32 тыс. у.е./га	0,0064 тыс. у.е./10м^3	0,32 тыс. у.е./га
Затраты на хранение за период (тыс. у.е.)		8138,91	1087,52	5729,29	982,08

Источник: расчеты автора.

Суммарные транспортные затраты на перевозку вскрышных пород и гумусового слоя зависят:

а) от видовой структуры рекультивации на отдельных разрезах в разных подпериодах. Видовая структура рекультивации оказывает влияние постольку, поскольку определяет величину потребностей того или иного разреза в объеме вскрышных пород и гумусового слоя для проведения рекультивации;

б) от наличия собственных ресурсов вскрышных пород и гумусового слоя в разных подпериодах, которые, в свою очередь, определяются масштабами изъятия территорий на данном разрезе. Разрезы, где уже не происходит изъятие новых территорий, вынуждены проводить рекультивацию исключительно за счет привозных ресурсов;

в) от транспортного положения разрезов, ввозящих гумус и вскрышные породы других разрезов, с точки зрения транспортных затрат на перевозку, определяемых величиной расстояния между соседними разрезами;

г) от соотношения величин заданий разным разрезам на масштабы проведения рекультивации.

В случаях, когда задание на проведение рекультивации не может быть обеспечено собственными ресурсами вскрышных пород и гумуса, возникает необходимость транспортировки их с других разрезов. В базовом варианте расчетов транспортные затраты составили на перевозку вскрышных пород и гумусового слоя, соответственно, 557,6 и 5,8 млн у.е., итого 563,4 млн у.е. По варианту расчетов, в котором масштабы рекультивации на каждом отдельном разрезе никаким образом не ограничивались, суммарные затраты на транспортировку снятых вскрышных пород и гумуса составили величину, на 322,8 млн у.е. меньшую, поскольку при отсутствии заданий на рекультивацию ее масштабы и структура на отдельных разрезах по результатам решения отвечают требованию минимизации суммарных транспортных затрат на перевозку ресурсов.

Суммарные затраты на проведение рекультивации зависят от структуры рекультивации по видам (так как разные виды требуют разных затрат: сельскохозяйственная – 3.4 тыс. у.е./ га, лесная – 2.9 тыс. у.е./ га, прочие виды рекультивации – 3.2 тыс. у.е./ га), посредством чего происходит влияние процесса рекультивации на некоторые затратные составляющие. Схема связей различных факторов, влияющих на процесс рекультивации (см. рис. 6.5), отражает также их взаимосвязи и взаимное влияние друг на друга.

Центральное место в анализе отводится ***исследованию структуры рекультивации по видам хозяйственного использования восстановленных земель.*** На видовую структуру рекультивации на отдельных разрезах и во времени оказывают влияние следующие факторы (рис. 6.6 и см. рис. 6.5).

1. Наличие собственных ресурсов вскрышных пород и гумусового слоя. Для тех разрезов, которые не могут обеспечить себя собственными ресурсами и вынуждены прибегнуть к транспортировке, особое значение приобретает такой фактор, как транспортное положение разреза по отношению к разрезам-поставщикам ресурсов. Так, во всех вариантах развития комплекса при возникновении необходимости транспортировки выбирались транспортные связи между соседними разрезами, где расстояние перевозки небольшое и, следовательно, транспортные издержки низки: это связи между разрезами «Фрайхайт» и «Гойтше», где уже не хватает собственных ресурсов вскрышных пород и гумуса и разрезом «Реза-Сауседлиц», расположенным в непосредственной близости от них, а также между соседними разрезами «Делич–Северо-Запад» и «Брайтенфельд», поскольку на разрезе «Делич–Северо-Запад» изъятие сельскохозяйственных земель порой отставало от проведения сельскохозяйственной рекультивации, и ему в связи с этим не хватало собственных ресурсов гумусового слоя.

В базовом варианте расчетов транспортировка осуществлялась в следующих масштабах: гумусовый слой – с разреза «Реза – Сауседлиц» на разрез «Гойтше» в объеме, необходимом для проведения 442,6 га сельскохозяйственной рекультивации; с разреза «Брайтенфельд» на разрез «Делич–Юго-Запад» в объеме, требующемся для проведения 71,5 га сельскохозяйственной рекультивации; вскрышные породы – с раз-

реза «Реза-Сауседлиц» на разрезы «Фрайхайт» и «Гойтше» в объемах 174,5 млн м³ и 188,1 млн м³ соответственно. Следует отметить, что почти во всех вариантах расчетов транспортировка вскрыши и гумуса осуществлялась по трем указанным маршрутам из 14 возможных – между соседними разрезами, поскольку им соответствует наименьшая дальность перевозки (табл. 6.9 и см. рис. 6.5).

Таблица 6.9

Расстояние и затраты на перевозку вскрышных пород

Откуда	Делич-Юго-Запад		Брайнтенфельд		Рёза-Сауседлиц		Делич-Юг	
Куда	расстояние, км	затраты, у.е./м³	расстояние, км	затраты, у.е./м³	расстояние, км	затраты, у.е./м³	расстояние, км	затраты, у.е./м³
Делич-Ю-З	-	0,01	6,0	0,026	14,5	0,064	7,5	0,033
Брайнтенфельд	6,0	0,026	-	0,01	17,0	0,075	7,5	0,033
Рёза-Сауседлиц	14,5	0,064	17,0	0,075	-	0,01	10,0	0,044
Делич-Юг	7,5	0,033	7,5	0,033	10,0	0,044	-	0,01
Фрайхайт	12,0	0,053	17,5	0,077	6,5	0,029	11,5	0,051
Гойтше	15,0	0,066	18,0	0,079	2,0	0,009	11,0	0,048
Гравийный завод	-	-	3,0	0,013	-	-	-	-

2. *Наличие территорий, готовых к проведению рекультивации*, т.е. таких, на которых весь уголь уже добыт. Влияние этого фактора существенно в период начала разработки разрезов, поскольку процесс рекультивации отстает от процесса изъятия земель в среднем на 4–6 лет. Для действующих разрезов «Фрайхайт» и «Гойтше», где уже нарушены большие территории, данный фактор сказывается в меньшей степени, поэтому на этих разрезах вся рекультивация была проведена в основном в начале периода – в первом и втором подпериодах.

3. *Требование соблюдения допустимых сроков хранения гумусового слоя в складированном состоянии* также оказывает большое влияние на последовательность осуществления во времени разных видов рекультивации на разных разрезах: так, на разрезе «Гойтше» выгодно оказалось осуществлять лишь сельскохозяйственную рекультивацию, причем исключительно за счет привозного гумусового слоя, который поставлялся с разреза «Реза-Сауседлиц», где имеющееся количество гумуса в первом подпериоде превышало потребности в нем самого разреза «Реза-Сауседлиц». Хотя затраты на транспортировку гумусового слоя выше, чем затраты на хранение гумуса в буртах на разрезах, на которых он был снят, однако для того, чтобы избежать еще более значительных потерь от разрушения гумуса из-за превышения допустимых сроков хранения, оказалось целесообразнее перевезти его на соседний разрез, где он немедленно был использован, нежели хранить на разрезе «Реза–Сауседлиц» до того момента, когда там будет в достаточных масштабах развернуто проведение сельскохозяйственной рекультивации.

Под влиянием всех вышеперечисленных факторов в базовом варианте расчетов сложилась следующая структура рекультивации по видам: сельскохозяйственная рекультивация проводилась на всех разрезах, кроме разреза «Фрайхайт», причем наиболее предпочтительным для этого вида рекультивации оказался разрез «Гойтше» – там

проводилась исключительно сельскохозяйственная рекультивация (в размере 442,6 га, что составило полную величину задания разрезу на площадь рекультивации). На других разрезах сельскохозяйственная рекультивация проводилась в следующих масштабах: «Делич–Юго-Запад» – 415,8 га, «Брайтенфельд» – 309,4 га, «Реза–Сауседлиц – 261,4 га, «Делич–Юг» – 184,8 га. Лесная рекультивация проводилась преимущественно на разрезах «Фрайхайт», «Делич–Юг» и «Реза–Сауседлиц» – 410,6; 257,8 и 181,2 га соответственно; а также на разрезах «Брайтенфельд» – 133.2 га и «Делич–Юго-Запад» – всего 26,8 га; совсем не проводилась лесная рекультивация на разрезе «Гойтше». Вся предполагаемая рекультивация прочих видов (водная) – 32 га – была осуществлена на разрезе «Фрайхайт».

Таким образом, наиболее равномерно по разрезам распределилась сельскохозяйственная рекультивация. Это связано с тем, что данный вид рекультивации выгоднее всего проводить непосредственно там, где был снят и сложен в бурты гумусовый слой, поскольку транспортировка его связана с большими издержками. Заметим при этом, что и транспортные издержки на перевозку вскрышных пород при проведении сельскохозяйственной рекультивации также могут иметь место, еще больше удорожая ее. Для проведения лесной рекультивации требуются в основном вскрышные породы в качестве заполнителя выработанных пространств, поэтому суммарные транспортные затраты для лесной рекультивации в целом несколько ниже, чем для сельскохозяйственной.

Следовательно, структура рекультивации должна быть такой, чтобы к транспортировке гумуса приходилось прибегать лишь в случаях, когда это безусловно необходимо: во-первых, когда плодородный слой уже нельзя долее хранить, а проведения сельскохозяйственной рекультивации на данном разрезе в ближайшем будущем не предвидится; во-вторых, для проведения рекультивации на тех разрезах, где процесс изъятия земель уже не имеет места в больших масштабах, и собственного плодородного слоя для рекультивации уже не хватает.

Важным фактором анализа является исследование влияния разброса директивных заданий на величину рекультивации отдельным разрезам. Если условиями задачи таковые не предусмотрены, то площадь рекультивации на том или ином разрезе определяется такими факторами, как наличие готовой к рекультивации территории и наличие ресурсов вскрышных пород и гумусового слоя. Если же, исходя из темпов освоения конкретных разрезов, условиями модели предусмотрены задания каждому разрезу на масштабы рекультивации (за период в целом), то размеры заданий могут существенно повлиять на характер транспортных связей между разрезами по поставке ресурсов для осуществления рекультивации.

При равномерном распределении заданий отдельным разрезам с возрастанием задания району на сельскохозяйственную рекультивацию общие затраты на развитие комплекса возрастают, причем возрастают с увеличивающейся скоростью, о чем свидетельствует тот факт, что оценка ограничения на масштабы проведения сельскохозяйственной рекультивации возрастает по модулю, показывая невыгодность увеличения площади сельскохозяйственной рекультивации.

По варианту расчетов, в котором ни одному разрезу не поставлено ограничений на максимальную или минимальную площадь рекультивации, складывается прямо противоположная картина: сельскохозяйственная рекультивация проводится в максимальных разрешенных масштабах, а суммарные затраты на развитие комплекса почти

на 17% ниже, чем при той же структуре рекультивации по видам, но при равномерном распределении заданий отдельным разрезам. Такое снижение общих затрат вызвано, главным образом, увеличением денежного выражения продукции с рекультивированных земель вследствие изменения видовой структуры рекультивации, но в большой степени также снижением суммарных транспортных издержек, поскольку в этом варианте проведение рекультивации по разрезам распределяется очень неравномерно: основная часть рекультивации выпала на долю единственного разреза «Гойтше» (97% величины общего задания).

Расчеты показали, что большая неравномерность масштабов проведения рекультивации на отдельных разрезах дает возможность значительной экономии на суммарных издержках, в связи с чем резко возрастает выгодность осуществления сельскохозяйственной рекультивации, (так как достигается снижение значительных по величине издержек на транспортировку гумусового слоя). Однако этот вариант неприемлем по нескольким причинам.

Во-первых, поскольку рекультивация была проведена очень неравномерно – практически вся на одном разрезе, то на других разрезах процесс рекультивации сильно отстает от процесса изъятия земель, что грозит нежелательными последствиями в будущем (форсирование темпов рекультивации на этих разрезах, разрушение гумусового слоя вследствие несоблюдения сроков хранения, значительные убытки от неиспользования нарушенных территорий этих разрезов в течение длительного времени. При этом такое неравномерное распределение в действительности может оказаться неосуществимым, так как задание, рассчитанное на весь район, наверняка может превосходить площадь, доступную для проведения рекультивации на единственном разрезе.

Во-вторых, такое неравномерное проведение рекультивации при отсутствии жестких заданий отдельным разрезам на развитие в каждом подпериоде могло оказаться возможным лишь при большой неравномерности процесса освоения разрезов (большие масштабы проведения рекультивации предполагают, что им предшествовали соответствующие масштабы изъятия земель). Так, разрез «Делич-Юг» почти не осваивался, а разрез «Делич–Юго-Запад» осваивался только в третьем пятилетии. Столь неравномерная динамика разработки месторождений не предусмотрена условиями задачи.

Влияние разброса заданий на выполнение рекультивационных работ на величину суммарных затрат на создание и функционирование угле-энергетического комплекса исследовалось при проведении параметрического анализа ограничений на проведение рекультивации отдельными разрезами[1] (результаты представлены в *Приложении 4*, табл. 1–3 и рис. 1–4). Был выполнен анализ трех различных вариантов параметризации значений ограничений задачи, который позволил выяснить, как изменится оптимальное значение целевой функции при изменении ее коэффициентов или правых частей ограничений. При этом предполагается, что изменяемые величины зависят от некоторого параметра, и требуется найти, как от этого же параметра зависит оптимальное значение целевой функции.

[1] Параметрический анализ позволяет выяснить, как изменяется оптимальное значение целевой функции при изменении ее коэффициентов или правых частей ограничений. При этом предполагается, что изменяемые величины зависят от некоторого параметра, и требуется найти, как от этого же параметра зависит оптимальное значение целевой функции.

Резюме

Выполненное исследование по оптимизации рекультивационных работ показало возможность использования предложенного подхода и соответствующего экономико-математического аппарата для анализа проведения рекультивации нарушенных земель в районе формирования угле-энергетического комплекса на базе открытой добычи бурого угля. Расчеты показали, что основными факторами, под влиянием которых определяется структура рекультивации по видам использования восстановленных земель, являются: транспортное положение тех или иных разрезов по отношению к разрезам, поставляющим вскрышные породы и гумусовый слой для проведения рекультивации; наличие вскрышных пород и собственных ресурсов гумусового слоя на разрезах, проводящих рекультивацию; наличие территорий, готовых к проведению рекультивации в те или иные моменты времени; требование соблюдения допустимых сроков хранения гумусового слоя в складированном состоянии.

Транспортные связи между разрезами в процессе взаимодействия по использованию вскрышных пород и гумусового слоя складываются в зависимости от наличия этих ресурсов, потребности в них тех или иных разрезов и от транспортного положения разрезов. Ограниченность сроков хранения гумусового слоя приводит к необходимости транспортировки его к местам проведения рекультивации в случаях, когда сельскохозяйственная рекультивации не может быть проведена на разрезе, где был снят плодородный слой, в пределах допустимых сроков хранения гумуса.

Параметрический анализ ограничений на проведение рекультивации на отдельных разрезах выявил зависимость величины транспортных затрат от степени равномерности проведения рекультивации по разрезам – чем равномернее распределены масштабы рекультивации по территории района, тем чаще возникает необходимость во взаимодействии разрезов по использованию вскрышных пород и гумуса, необходимость в транспортировке, в связи с чем возрастают суммарные транспортные затраты. Характер транспортных связей зависит во многом от структуры рекультивации по видам хозяйственного использования восстановленных угодий.

Расчеты с использованием предложенной модели показали, что наилучшими вариантами проведения рекультивации являются такие, в которых относительно низкие минимальные затраты достигаются при условии достаточно равномерного развития угольных разрезов и равномерного проведения рекультивации. Проведенный анализ проблем рекультивации земель позволил в целом оценить величину денежного выражения продукции с рекультивированных земель; потерь от неиспользования нарушенных угодий в хозяйственном обороте; ограниченности допустимого срока хранения гумуса в складированном состоянии и потерь, возникающих в связи с разрушением гумусового слоя, утратой им ценных химических и биологических свойств вследствие превышения допустимых сроков хранения, требования минимизации экономического ущерба от нарушения земель; структуры рекультивированных угодий по видам использования восстановленных земель и масштабов изъятия земель в течение периода – как в целом по району, так и по отдельным разрезам.

ГЛАВА 7
ВЫБОР СИСТЕМЫ ПРИРОДООХРАННЫХ МЕРОПРИЯТИЙ ПРИ ФОРМИРОВАНИИ ТОПЛИВНО-ЭНЕРГЕТИЧЕСКОГО КОМПЛЕКСА (НА ПРИМЕРЕ ШАРЫПОВСКОГО ПРОМЫШЛЕННОГО УЗЛА КАТЭКа)

7.1. ЭКОЛОГИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ ФОРМИРОВАНИЯ КАТЭКА И ОСНОВНЫЕ ЗАДАЧИ ИССЛЕДОВАНИЯ

Одно из направлений исследований по учету экологических факторов при прогнозировании развития экономики региона охватывает круг проблем, связанных с оптимизацией системы природоохранных мероприятий (ПОМ) при формировании специфических эколого-значимых хозяйственных комплексов (например, топливно-энергетического, лесопромышленного, металлургического и т.п.). С экологических позиций такие комплексы характеризуются тем, что объекты, входящие в их состав, создают, как правило, основную нагрузку на ОС в пределах отдельной территории и отличаются специфическим и разнообразным воздействием на различные элементы ОС. К числу подобных комплексов относится, в частности, топливно-энергетический. Объекты ТЭК (прежде всего ТЭС на угле и угольные разрезы) характеризуются сложным и разнообразным воздействием на ОС, вызывая химическое и тепловое загрязнение водоемов и атмосферы, образование отвалов, нарушение ландшафта, ухудшение качества и плодородия почв, изменение гидрологического режима территории и т.д. Специфика данных объектов и их воздействия на ОС требует детального отражения системы ПОМ, обеспечивающих соблюдение экологических требований.

Подобная ситуация возникает при исследовании влияния экологических факторов на формирование Шарыповского промышленного узла (ШПУ), расположенного в западной части КАТЭКа. С этой целью была осуществлена постановка задачи и предложена оптимизационная модель (*Приложение 6*), в которой основное внимание уделяется отражению ПОМ, направленных на предотвращение возможного негативного влияния объектов ТЭК на ОС [55; 56; 61; 65; 78; 85; 89; 96]. Экологический фактор относится к числу важнейших факторов формирования КАТЭКа. К настоящему времени данный фактор уже оказал существенное влияние на изменение гипотезы развития КАТЭКа, включая представления о возможной территориальной концентрации его объектов, их размещении, составе производств и очередности их создания, технологиях использования угля и т. д.

Насущность проблемы охраны ОС для КАТЭКа обусловлена прежде всего следующими обстоятельствами.

Во-первых, уже к настоящему времени под влиянием антропогенной деятельности произошли определенные негативные изменения в состоянии ОС исследуемой территории, на фоне которых осуществляется дальнейшее формирование пространственной структуры ее хозяйства. Хотя район КАТЭКа находится по существу в начальной стадии предусмотренного проектами развития, однако уже сейчас вокруг формирующихся промузлов, в частности, на западном крыле КАТЭКа (Ачинск, Назарово, Шарыпово), возникли ареалы техногенного загрязнения. Значительная часть объектов КАТЭКа размещается на уже освоенной территории со сложившейся структурой про-

изводства и расселения. Здесь имеются экологически грязные производства, развито сельское хозяйство, которое в более северных районах Красноярского края по климатическим условиям невозможно, а компенсировать площади изъятых сельскохозяйственных угодий в зоне месторождений КАТЭКа нечем.

Во-вторых, известный отпечаток на постановку и пути решения экологических проблем в КАТЭКе накладывает ряд специфических местных особенностей, в частности, наметившийся дефицит водных ресурсов; наличие значительных площадей, занятых сельскохозяйственными угодьями; высокая частота штилевых погод; наличие довольно большого числа водоемов, пригодных для рекреационного использования, и др. Все это существенно усложняет проблему установления оптимальных взаимосвязей между производственной деятельностью и ОС в пределах рассматриваемой территории, ограничивая развитие промышленности и энергетики.

В-третьих, создание и функционирование на небольшой по размерам территории (около 20 тыс. км^2) уникальных по масштабам производственных объектов[1], характеризующихся не только огромными масштабами выбросов в ОС разного вида отходов, но и колоссальными потребностями в различных локальных природных ресурсах (воде, земле), неизбежно приведет к значительному усилению антропогенной нагрузки на ОС и еще больше обострит те проблемы, которые имеют место уже сегодня. Тем самым проблема предотвращения возможных отрицательных последствий совместного воздействия подобных объектов на компоненты природной среды встает в КАТЭКе особенно остро.

В-четвертых, сосредоточение на территории КАТЭКа крупных предприятий по добыче угля и производству электроэнергии с благоприятными технико-экономическими показателями функционирования может оказаться привлекательным фактором для размещения здесь в перспективе энергоемких производств (цветной металлургии, угле- и нефтехимии и др.). Это, в свою очередь, ставит проблему разработки концепции развития энергоемких производств в зоне КАТЭКа и обусловливает необходимость выявления допустимых с точки зрения сохранения ОС масштабов концентрации на территории КАТЭКа не только производств, входящих в состав формируемого ТЭК, но и возможностей и масштабов создания и функционирования предприятий других отраслей промышленности (прежде всего энергоемких, а также предприятий машиностроения, строительной индустрии и др.).

Крупномасштабное формирование КАТЭКа началось в 70-е годы XX века и предусматривало создание на базе углей Канско-Ачинского буроугольного бассейна ряда крупных разрезов, ТЭС, линий электропередач, объектов инфраструктуры и т.д.[2] С начала 80-х годов изучение возможностей развития КАТЭК осуществлялось в направлении расширения зоны освоения территории угольного бассейна, поиска более современных технологий использования канско-ачинских углей и создания новых типов

[1] В соответствии с Целевой комплексной программой развития КАТЭК на период до 2005 г. предполагалось создание угольных разрезов мощностью до 60 млн т угля в год, ТЭС мощностью до 6,4 млн кВт с энергоблоками по 800 МВт и сжигающих ежегодно до 25 млн т угля и др.).

[2] Постановление ЦК КПСС и Совета Министров СССР от 16.03.1979 г. № 247 «О создании Канско-Ачинского топливно-энергетического комплекса»; Постановление ЦК КПСС и Совета Министров СССР от 16.03.1979 г. № 248 «О развертывании работ по созданию Канско-Ачинского топливно-энергетического комплекса»; Проект районной планировки КАТЭКа (западная часть). – М: Гипрогор. – 1983; Целевая комплексная программа развития КАТЭК на период до 2005 г.

энергетического оборудования. Характерной особенностью дальнейших исследований и разработок является подчиненность технических решений интересам охраны ОС [171]. Однако распад СССР и последующие за ним изменения в политической и экономической жизни страны привели к замораживанию данного проекта. К началу 1990-х гг. в районе Канско-Ачинского угольного бассейна функционировали 3 угольных разреза (Назаровский, Бородинский, Берёзовский), Назаровская и Берёзовская ГРЭС (последняя в составе двух агрегатов из восьми запланированных). Созданные в советский период мощности позволяют добывать более 55 млн т угля в год.

В настоящее время отсутствуют какие-либо специальные проектно-программные документы по КАТЭКу, хотя власти Красноярского края включают вопросы развития КАТЭКа во все региональные стратегические документы социально-экономического развития края. КАТЭК входит в Стратегию социально-экономического развития Сибири до 2020 г. [366] и Энергетическую стратегию России на период до 2030 г. [488]. Крупнейшим потребителем канско-ачинских углей пока является энергетика: в основном ТЭЦ Красноярского края (городов Красноярска, Абакана, Ачинска, Канска, Минусинска, а также Назаровская ГРЭС, Красноярская ГРЭС-2 и Берёзовская ГРЭС), а также Кузбасса.

С точки зрения пространственной организации производства в зоне КАТЭКа формируются относительно две обособленные части – западная и восточная. Очевидно, что в перспективе Восточная часть КАТЭКа (Канский, Абанский, Тайшетский ареалы) не получат широкого развития. В этой части комплекса, так же, как и в целом по КАТЭКу, остаются пока неясными вопросы масштабов добычи угля, развития теплоэнергетики и особенно набора производств и их размещение. Поэтому в период до 2025–2030 гг. формирование КАТЭКа будет осуществляться в основном за счет его западного крыла.

В качестве объекта исследования нами выбран Шарыповский промышленный узел (ШПУ) на территории западной части КАТЭКа[1]. В настоящее время здесь построены Березовский разрез-1 (проектная мощность 55 млн т в год, добывается максимально 13–14 млн т) и Березовская ГРЭС[2] (проектная мощность 6,4 тыс. МВт, построена пока в составе трех блоков по 800 МВт[3] – это 6% энергобаланса Сибири и 18–20% энергобаланса Красноярского края), а также новый город Шарыпово. В современных условиях импульс развитию КАТЭКа может дать реализация проекта строительства крупной высоковольтной линии электропередач между Сибирью и центральной частью России [285; 293; 413]. Это потребует увеличения выработки электроэнер-

[1] Такой выбор объясняется не только тем, что данный узел является районом первоначального развития, районом самым нагруженным, характеризующимся наиболее высокой в пределах КАТЭКа предполагаемой концентрацией промышленного производства, но также и тем, что этот район наиболее проработан в проектном отношении, что создает благоприятные предпосылки для обеспечения экспериментальных расчетов необходимой исходной информацией.

[2] Принадлежит компании "Э.ОН Россия", которая, в свою очередь, принадлежит немецкому концерну "E.ON". С июля 2016 ОАО «Э.ОН Россия» – ПАО «Юнипро».

[3] Третий энергоблок БГРЭС был запущен 1 декабря 2015 г., а в январе 2016 г. на нем произошел пожар, в результате которого котел – главное звено станции – получил серьезный ущерб и потребовалась его замена. На восстановление станции после такой аварии, по предварительным оценкам экспертов, уйдет от двух до трех лет. – https://rg.ru/2016/02/17/vladelcy-berezovskoj-gres-reshili-vospolnit-poteri-za-schet-potrebitelej.html.

гии и создаст возможность для развития КАТЭКа, в том числе Березовского разреза-1 и Березовской ГРЭС.

Таким образом, можно предположить, что будущее КАТЭКа будет в значительной мере определяться ростом потребности западных районов страны в электроэнергии. Поскольку транспортировка канско-ачинских углей в рядовом виде на большие расстояния экономически не целесообразна (предел составляет 800–1000 км)[1], то единственный рациональной путь повышения экономической эффективности работы разрезов КАТЭКа – развитие переработки угля в целевые продукты и электроэнергию на месте добычи, так как спрос на рядовой уголь будет неуклонно сокращаться при увеличении поставок энергетических углей из Кузбасса [219; 363]. В целом рост объемов добычи угля в КАТЭКе, как и дальнейшее развитие всей угольной промышленности Сибири, требует решения ряда проблем, включая более масштабное использование угля в энергетике России при снижении удельного веса газа и мазута; доведение качества угольной продукции до уровня мировых стандартов за счет обогащения и облагораживания углей, развитие угле-химических производств; создание специализированных угле-транспортных систем (углевозных железнодорожных магистралей); государственное регулирование транспортных тарифов на перевозку угля; введение таможенных экспортных пошлин и др.

С учетом сказанного, отметим, что формирование КАТЭКа на современном этапе изученности проблем и проработанности перспектив развития данного комплекса осуществляется в условиях нерешенности по крайней мере трех групп проблем. Прежде всего, неясны окончательно масштабы развития энергетики в КАТЭКе на долгосрочный период. Далее, недостаточно изучена проблема о производственной структуре КАТЭКа, составе и масштабах развития здесь производств различных отраслей промышленности, кроме объектов непосредственно ТЭК. И, наконец, до настоящего времени не исследованы вопросы возможного размещения новых предприятий на территории КАТЭКа, пространственной структуры хозяйства в его пределах.

Существующие проектные проработки, выполненные по КАТЭКу и рассматривающие схемы размещения производства, имеют, на наш взгляд, ряд недостатков. Во-первых, в них, как правило, перегружена производствами западная часть комплекса. Во-вторых, недостаточно внимания уделяется вопросам ОС. При этом анализ проблем формирования хозяйства территории на базе топливно-энергетических объектов с учетом экологических требований лишен, как правило, комплексного подхода. Так, зачастую, источники загрязнения ОС рассматриваются изолированно (например, только ГРЭС или только угольный разрез), без учета эффекта суммации выбросов различных источников загрязнения и их взаимодействия. Кроме того, характеристика состояния того или иного компонента ОС нередко дается без учета возможной суммарной антропогенной нагрузки на соответствующие природные компоненты (в том числе в перспективе), что может привести к недооценке возможных экологических последствий хозяйственной и прочей деятельности в том или ином месте.

Одним из путей решения данной проблемы может служить разработка системы ПОМ, учитывающих как специфику существующих и перспективных объектов и ха-

[1] В мировой практике бурые угли используются, как правило, в качестве местного топлива и перевозятся в рядовом виде на расстояние не более 500 км. На бóльшие расстояния поставляют либо электроэнергию, вырабатываемую вблизи места добычи угля, либо целевые продукты углепереработки.

рактер их воздействия на ОС, так и особенности локальных природных и других условий исследуемой территории, влияющих на формирование экологической ситуации. В соответствии с этим на примере Шарыповского промышленного узла (ШПУ), основу производственной структуры которого составляют Березовская ГРЭС (БГРЭС) и угольный разрез Березовский-1 (с учетом их дальнейшего развития и выхода на проектные параметры), предлагается подход к решению экологических проблем путем выбора варианта системы ПОМ, обеспечивающих формирование узла при условии соблюдения заданных экологических требований.

Разработка и реализация предложенного подхода предусматривают:

1) постановку задачи по оптимизации системы ПОМ, задаваемых по условиям задачи на основных объектах ШПУ при условии их дальнейшего развития;

2) исследование возможностей и направлений использования локальных природных ресурсов (водных и земельных);

3) разработку экономико-математического аппарата для решения задачи оптимизации системы ПОМ при формировании ШПУ;

4) анализ основных результатов экспериментальных расчетов, который позволил бы высказать рекомендации по комплексу мер, направленных на сохранение ОС и рациональное использование локальных природных ресурсов в районе создания и функционирования крупных топливно-энергетических объектов.

С экологических позиций в ШПУ представляет интерес исследование следующих вопросов.

1. Проверить, насколько существующие проектные проработки по объектам ТЭК (угольному разрезу Березовский-1 и БГРЭС) удовлетворяют требованиям ОС и каковы экологически допустимые пределы концентрации производства и населения в данном узле;

2. Установить, достаточно ли имеющихся здесь локальных природных ресурсов для удовлетворения потребностей создаваемых и предлагаемых к созданию производственных объектов и населения. В частности, по водным ресурсам необходимо определить, не приведет ли размещение и функционирование новых производств к обострению водного баланса и не возникнет ли необходимость пополнения водных ресурсов путем перераспределения воды из других районов, а также, возможности использования подземных вод для хозяйственного и питьевого водоснабжения. По земельным ресурсам важно установить наличие для размещения новых производственных объектов имеющихся в узле свободных территорий, масштабы изъятия земель из сельскохозяйственного оборота и возможности их восстановления.

3. Определить необходимые с точки зрения соблюдения требований охраны ОС масштабы и направления обезвреживания и утилизации образующихся в результате производственной и хозяйственной деятельности вредных отходов с целью предупреждения химического и теплового загрязнения воздушного и водного бассейнов, нарушения ландшафта и предотвращение других возможных негативных последствий антропогенного воздействия на ОС.

4. Выявить экологические резервы для дальнейшего наращивания производства в рассматриваемом промузле, возможности размещения и состав новых производств (кроме объектов ТЭК) при условии соблюдения заданных экологических стандартов, рассмотреть все задаваемые условиями задачи объекты с точки зрения их экологической совместимости.

5. Установить возможности размещения и состав новых производств (кроме объектов ТЭК) в пределах узла при условии соблюдения заданных экологических стандартов и рассмотреть все задаваемые в ШПУ объекты с точки зрения их экологической совместимости.

6. Определить уровень капитальных и текущих затрат, связанных с проведением комплекса ПОМ.

7. Определить экономический эффект от осуществления как всего комплекса ПОМ, так и отдельных мероприятий (рекультивации земель, утилизации отходов, организация водообеспечения; загрязнение атмосферного воздуха и др.).

В соответствии с этим основное внимание в данной части работы уделяется вопросам детального отражения хозяйственных и прочих мероприятий, осуществление которых нацелено на предотвращение возможных негативных изменений в состоянии ОС под влиянием создания и функционирования объектов КАТЭКа. При этом акцент делается на исследование влияния на ОС объектов непосредственно ТЭК, отражение возможных вариантов их создания и функционирования с учетом экологических факторов.

7.2. СОСТАВ ПРИРОДООХРАННЫХ МЕРОПРИЯТИЙ НА ОСНОВНЫХ ОБЪЕКТАХ ТЭК (постановка задачи)

Система природоохранных мероприятий нацелена на достижение и обеспечение такого функционирования существующих и возможных новых производственных объектов в пределах рассматриваемой территории, а также на формирование таких масштабов концентрации населения, при которых обеспечивается соблюдение заданных экологических стандартов. При этом постановкой задачи предусматривается не только определение множества вариантов осуществления природоохранных мероприятий на объектах топливно-энергетического комплекса, но и исследование возможностей создания и функционирования ряда новых предприятий других отраслей промышленности при условии сохранения ОС.

Осуществление ПОМ в задаче предусматривается, с одной стороны, через совершенствование производственных технологических процессов на рассматриваемых объектах (например, для БГРЭС кроме варианта сжигания рядового угля задается вариант сжигания продуктов его энерготехнологической переработки – для второй очереди) и, с другой стороны, – через создание специальных объектов и проведение комплекса специальных мероприятий чисто экологического характера.

Объекты ТЭК оказывают сложное и разнообразное воздействие на ОС. В табл. 7.1 приводится характеристика различных видов воздействия угольных разрезов и ТЭС на компоненты ОС, возможных последствий такого воздействия и задаваемых в задаче вариантов осуществления разного рода мероприятий, направленных на предотвращение нежелательных экологических последствий, вызываемых созданием и функционированием топливно-энергетических объектов. Другими словами, табл. 7.1 дает общее представление о составе ПОМ, необходимость проведения которых связана с обеспечением экологической безопасности функционирования таких объектов ТЭК, как угольные разрезы и ТЭС.

Таблица 7.1

Природоохранные мероприятия, учтенные в условиях задачи в зависимости от видов воздействия объектов ТЭК на ОС и последствий воздействия

Виды воздействия	Последствия воздействия	Учитываемые в задаче ПОМ
Угольные разрезы		
1. Выбросы в воздух вредных веществ (в результате взрывных работ, выветривания твердых частиц с отвалов и бортов карьера, погрузки и транспортировки угля автомобильным и железнодорожным транспортом и др.)	Загрязнение атмосферы пылью, твердыми частицами, окисью углерода и другими вредными веществами	1) Установка пылеулавливающего и пылеподавляющего оборудования. 2) Утилизация вскрышных работ. 3) Строительство крытой галереи для магистрального конвейера. 4) Обработка отвалов и нерабочих пластов битумной эмульсией. 5) Оснащение автосамосвалов устройствами для очистки выхлопных газов. 6) Использование для транспортировки угля беспыльных видов транспорта (трубопроводного). 7) Создание санитарно-защитных зон. 8) Озеленение территории.
2. Сбросы в водные объекты сточных вод	Загрязнение водоемов взвешенными веществами и растворенными в стоках веществами	1) Строительство очистных сооружений. 2) Проведение мероприятий по обеспечению разбавления сточных вод (перенос места сброса сточных вод и др.)
3. Поступление вредных веществ в почву (с выбросами в воздух и путем смыва твердых частиц с территории разреза и отвалов)	Загрязнение почв, ухудшение качества и плодородия земель, ухудшение растительности.	1) Строительство ливневой канализации 2) Очистка сточных и ливневых вод. 3) Очистка пылегазовых выбросов. 4) Проведение мероприятий по борьбе с выветриванием и смывом твердых частиц с отвалов, рекультивация отвалов.
4. Изъятие земель под поле разреза, отвалы, очистные сооружения, магистральный конвейер и другие виды коммуникаций и объектов инфраструктуры	Изменение ландшафта, ухудшение его эстетического вида, нарушение поверхностного слоя почвы, занятие сельскохозяйственных угодий, потери сельскохозяйственной продукции, рост площадей нарушенных территорий.	1) Проведение рекультивации нарушенных открытыми горными разработками земель и вовлечение восстановленных земель в хозяйственный оборот для различных целей. 2) Компенсация потерь от изъятия сельскохозяйственных угодий под строительство. 3) Проведение мероприятий по освоению и повышению урожайности на землях, используемых взамен изъятых под открытые разработки.
5. Изъятие подземных вод, дренаж подземных вод при открытых разработках угля	Нарушение гидрологического режима, понижение уровня подземных вод, образование депрессионных воронок из-за откачки подземных вод, ухудшение условий водозабора	1) Очистка дренажных (карьерных) вод. 2) Использование дренажных и карьерных вод для производственного водоснабжения и для целей пылеподавления. 3) Заполнение выработанного пространства вскрышными породами.
6. Изъятие поверхностных вод для организации водоснабжения	Безвозвратные потери воды, обострение дефицита водных ресурсов, изменение водного баланса территории	1) Введение систем оборотного водоснабжения. 2) Использование для промышленного водоснабжения дренажных и карьерных вод. 3) Повторное использование очищенных стоков. 4) Пополнение запасов воды путем регулирования поверхностных источников и переброски воды.

Виды воздействия	Последствия воздействия	Учитываемые в задаче ПОМ
Тепловые электростанции на канско-ачинских углях		
1. Выбросы в воздушный бассейн пыли (летучей золы), окислов азота, окиси углерода и других веществ в результате сжигания угля	Химическое загрязнение атмосферы, ухудшение биологических условий существования растительного и животного мира	1) Совершенствование технологических процессов сжигания угля (применение прогрессивных топочных устройств, разработка и установка на ТЭС магнитогазодинамических генераторов и др.). 2) Совершенствование методов облагораживания угля; сжигание угля, прошедшего переработку (энерготехнологическую и др.). 3) Установка атмосфероохранного оборудования (электрофильтров, золоуловителей и т.д.). 4) Совершенствование атмосферозащиты. 5) Утилизация золы и шлака на предприятиях строительной индустрии. 6) Использование золы (содержащей кальций) для улучшения качества кислых почв. 7) Использование золошлаковых отходов для автодорожного строительства. 8) Обеспечение условий для лучшего рассеивания выбросов (увеличение высоты дымовых труб, учет метеорологических условий и характера рельефа). 9) Создание санитарно-защитных зон. 10) Озеленение территории.
2 Выбросы тепла в атмосферу	Изменение микроклимата, образование «островов тепла», учащение туманов, появление опасности смоговых ситуаций	1) Размещение теплоэлектростанций на площадках с хорошей продуваемостью. 2) Охлаждение отходящих газов. 3) Утилизация тепла из отходящих дымовых газов.
3. Сброс в водный бассейн вредных веществ со сточными водами ТЭС и фильтратами золошлакоотвалов	Химическое загрязнение водоемов, ухудшение качества воды	1) Очистка сточных вод на очистных сооружениях. 2) Введение водооборотных систем. 3) Повторное использование очищенных стоков. 4) Обеспечение разбавления стоков с учетом расхода воды и гидрологических условий источника – места их сброса.
4. Сброс в гидросферу тепла со сточными водами	Нарушение экологического равновесия водных экосистем, гибель хладнолюбивых рыб, развитие водорослей. Ухудшение условий водозабора. Потери воды из-за увеличения ее испарения. Изменение климатических условий.	1) Применение оборудования для охлаждения циркуляционной воды. 2) Создание прудов-охладителей. 3) Утилизация тепла: а) для теплоснабжения производственных объектов и населенных пунктов, б) для создания тепличных комбинатов, в) для организации рыбных хозяйств.
5. Поступление загрязнений в почву (в результате осаждения вредных ве-	Загрязнение почв, ухудшение качества и плодородия земель. Снижение урожайности сельхозкультур, повышение ки-	1) Очистка газовых выбросов. 2) Очистка сточных вод и фильтратов золошлакоотвалов. 3) Строительство ливневой канализации.

Виды воздействия	Последствия воздействия	Учитываемые в задаче ПОМ
ществ из атмосферных выбросов, просачивания в почву сточных вод, смыва твердых частиц и золы с территории золошлакоотвалов)	слотности почв из-за попадания в нее окислов серы в результате осаждения из дымовых выбросов ГРЭС, ухудшение растительности	4) Улавливание золы и шлака. 5) Проведение мероприятий по предупреждению выветривания и смыва золы и твердых частиц с территории золошлакоотвалов. 6) Проведение мероприятий по раскислению почв и повышению урожайности сельскохозяйственных культур. 7) Создание санитарно-защитных зон. 8) Озеленение территории.
6. Изъятие земель под промплощадку для ГРЭС и связанных с ней объектов социальной и производственной инфраструктуры	Отчуждение сельхозугодий и лесных массивов, ухудшение качества земли, затопление земель, потери сельхозпродукции, сокращение свободных территорий	1) Вовлечение в сельскохозяйственный оборот и освоение новых земель взамен изъятых сельхозугодий под промышленное и гражданское строительство. 2) Проведение мероприятий по повышению урожайности сельхозкультур и продуктивности животных на используемых землях для компенсации потерь от изъятия под строительство сельхозугодий.
7. Изъятие воды (для охлаждения конденсаторов турбин и других целей)	Потери воды, обострение дефицита водных ресурсов, изменение водного баланса территории	1) Введение замкнутых водооборотных систем. 2) Создание гидроузлов с водохранилищами-охладителями. 3) Повторное (последовательное) использование отработанных вод. 4) Пополнение водных ресурсов путем создания водохранилищ, переброски воды из других районов и т.д.).
8. Сооружение ЛЭП сверхвысокого напряжения	Образование электромагнитных и электростатических полей. Изменение ветрового режима и освещенности из-за создания просек для ЛЭП. Отвлечение территории. Осложнение осуществления некоторых видов производства (например сельскохозяйственного)	1) Экранирование ЛЭП. 2) Создание специальных коридоров для ЛЭП.
9. Привнесение в окружающую среду искусственных сооружений: золошлакоотвалов, гидроузлов с прудами-охладителями, и др.	Изъятие земли из оборота. Затопление земель при создании гидроузлов. Потери пойменных земель для пастбищ и сенокосов. Создание прудов-охладителей ведет также к изменению микроклимата и термического режима водоемов, усилению испарения с водной поверхности, образованию туманов, изменению условий существования водных организмов. Загрязнение ОС золошлакоотвалами.	1) Утилизация золошлаковых отходов с целью сокращения площадей золошлакоотвалов. 2) Создание для нескольких ТЭС одного золошлакоотвала. 3) Обслуживание нескольких ТЭС одним гидроузлом. 4) Проведение мероприятий по предотвращению вторичного загрязнения ОС в результате создания золошлакоотвалов (борьба с выветриванием твердых частиц с территории отвалов, попаданием фильтратов из золошлакоотвалов в водоемы и т.д.).

Источник: составлено автором.

Постановка задачи предусматривает следующий возможный набор промышленных производств на территории исследуемого промузла (табл. 7.2).

Таблица 7.2

Перечень рассматриваемых промышленных объектов в Шарыповском промышленном узле

Производства	Условные обозначения
Угольный разрез Березовский-1	УР 1
Березовская ГРЭС	ЭС
Завод паровых турбин	М 1
Завод энергетических котлов	М 2
Заводы по ремонту оборудования для ТЭС и угольных разрезов	М 3
Прочие машиностроительные заводы (технологического и транспортного оборудования для угольных разрезов и др.)	М 4
Группа предприятий легкой и пищевой промышленности	ЛП

Источник: составлено автором.

Остановимся на характеристике задаваемой системы природоохранных мероприятий, основываясь в первую очередь на анализе причин, вызвавших необходимость их включения в задачу.

Характер воздействия ***угольного разреза*** на окружающую природную среду обусловливает необходимость включения в задачу в качестве самостоятельных объектов исследования (наряду с самим разрезом) следующих объектов и мероприятий, направленных на предотвращение возможного негативного воздействия разреза на природную среду: отвала вскрышных пород; установки оборудования и осуществления прочих мероприятий по пылеподавлению и пылеулавливанию; транспорта для внутренних (в пределах промузла) перевозок угля; вывоза угля за пределы узла; системы локальных очистных сооружений по обработке сточных вод угольного разреза, включая очистку дренажных (карьерных) вод, а также промышленных и хозяйственно-фекальных стоков; утилизации вскрышных пород; проведение рекультивации нарушенных открытыми горными работами земель.

В соответствии с постановкой задачи варианты функционирования угольного разреза, рассматриваемого вместе с отвалом вскрышных пород, различаются предусматриваемыми атмосферозащитными мероприятиями. При этом варианты задаются с проведением и без проведения таких мероприятий. Первые предусматривают организацию пылеподавления на разрезе (установку гидромониторов, строительство крытого склада для хранения угля) и борьбу с выветриванием твердых частиц с отвала вскрышных пород и бортов карьера (обработка битумной эмульсией). При этом проводимые мероприятия различаются задаваемой степенью пылеочистки, показателями приведенных затрат на атмосфероохрану, а также потребностями в воде и услугах строительной базы. Если в результате решения задачи окажется, что предусматриваемые условиями задачи атмосферозащитные мероприятия на угольном разрезе (в том

числе отражающие проектные материалы) не удовлетворяют требованиям соблюдения существующих экологических стандартов, то задается дополнительный (своего рода идеальный) вариант, которому соответствует 100%-я пылеочистка. Выбор подобного варианта будет означать, что включенные в задачу атмосферозащитные мероприятия, обусловленные функционированием угольного разреза, являются неприемлемыми с точки зрения требований охраны окружающей среды, и необходим пересмотр соответствующих мероприятий и включение дополнительных мероприятий или задание новых способов борьбы с пылью с лучшими показателями очистки.

Для транспортировки угля от места добычи до потребителя (ГРЭС) в пределах промышленного узла рассматривается возможность использования нескольких видов транспорта: конвейерного, железнодорожного, автомобильного и трубопроводного. При этом трубопроводный транспорт (пульпопровод) является беспыльным. Для всех остальных видов транспортировки задается несколько вариантов – без проведения и с проведением дополнительных мероприятий, направленных на сокращение вредных выбросов в атмосферу. Так, для магистрального конвейера рассматриваются варианты со строительством галереи и без нее, для транспортировки угля по железной дороге – с проведением мероприятий по пылеподавлению и без них, для автомобильного транспорта с очисткой выхлопных газов автомобилей и без нее. В условия задачи включен способ с вывозом угля за пределы промышленного узла (кроме потребляемого на местной ГРЭС). Данный способ рассматривается как один из источников загрязнения атмосферы пылью.

Функционирование угольного разреза связано с образованием значительного объема вскрышных пород. Постановкой задачи для вскрышных пород предусматриваются следующие возможности распределения и использования (рис. 7.1): поступление на отвал; использование для заполнения выработанного пространства поля разреза; утилизация на предприятиях строительной индустрии с целью производства строительных материалов.

Рис. 7.1. Возможные направления распределения
и утилизации вскрышных пород угольного разреза

Источник: составлено автором.

Если задаваемые направления распределения и использования вскрышных пород не покрывают всего объема их образования, вводится способ формирования остаточного количества вскрышных пород, который может стать источником дополнительной нагрузки на окружающую среду прежде всего в части увеличения потребностей в территории.

На основании существующих проработок по вопросам возможного использования вскрышных пород угольных разрезов КАТЭКа для производства строительных материалов в задаче рассматривается возможность строительства двух предприятий-утилизаторов:

- дробильного завода (по производству щебня) мощностью 705 тыс. куб. м с объемом потребления вскрышных пород 1,06 млн т в год;
- завода сплошного глиняного кирпича (М100-125) мощностью 60 млн штук с объемом потребления вскрышных пород 140 тыс. т в год.

Рассматриваемые объекты-утилизаторы являются источниками загрязнения окружающей среды (дробильный завод – воды и воздуха, кирпичный – воздуха). Для каждого из них задаются два варианта функционирования. Для дробильного завода предусматривается применение атмосферо- и водоохранных технологий с разной степенью пылеулавливания и глубиной очистки образующихся сточных вод (установка скрубберов и труб с целью пылеулавливания и проведение механической очистки с использованием горизонтальных отстойников и фильтрования). Для кирпичного завода задаваемые варианты отличаются эффективностью пылеулавливания. При этом варианты различаются показателями выхода загрязнений в воздух и воду, показателями приведенных затрат на создание и функционирование соответствующих атмосферо- и водоохранных технологий, а также потребностями в трудовых ресурсах, территории и услугах строительной базы.

Кроме того, производство полезной продукции (строительных материалов) путем утилизации вскрышных пород обусловливает получение экономического эффекта в виде дохода, определяемого объемом реализации соответствующей продукции. Поэтому в постановку задачи включается условие формирования годового дохода от реализации продукции, производимой объектами-утилизаторами. При этом вводится требование оптимизации системы природоохранных мероприятий при условии максимизации эффекта от производства продукции путем утилизации вскрышных пород.

Для обезвреживания образующихся при функционировании угольного разреза сточных вод, в том числе и дренажных (карьерных), постановкой задачи предусматривается создание системы локальных очистных сооружений. При этом для них задаются четыре варианта: один соответствует проектным данным и включает систему сооружений механической очистки, состоящую из отстойников, скорых фильтров, нефтеловушек, жиро- и песколовок; два других предусматривают также возможность переноса места сброса прошедших очистку сточных вод угольного разреза на расстояние до 10 и 20 км. Такие варианты задаются с целью лучшего учета самоочищающих способностей различных участков р. Урюп, служащей местом сброса сточных вод, и фонового загрязнения. Поэтому данные варианты могут рассматриваться как одно из мероприятий по доочистке отводимых с очистных сооружений стоков разреза, если в пункте сброса его сточных вод (определенном проектом) уровень загрязнения воды р. Урюп окажется выше установленных норм.

И наконец, четвертый вариант функционирования локальных очистных сооружений угольного разреза предусматривает 100%-ю очистку сточных вод и вводится с целью учета возможной ситуации, когда складываются неблагоприятные условия для сброса в водоем прошедших очистку сточных вод (то есть когда имеет место превышение действующих экологических стандартов). Выбор подобного варианта будет свидетельствовать (при заданных технологиях обезвреживания сточных вод) об отсутствии в данном месте экологических возможностей для функционирования соответствующего производства и о необходимости поиска новых путей для преодоления сложившейся ситуации (внедрение более эффективных технологий очистки сточных вод и др.).

Добыча бурого угля открытым способом сопровождается нарушением поверхностного слоя земли и ведет к необходимости проведения рекультивационных работ. Для рассматриваемого промышленного узла это тем более актуально, что открытые горные разработки приходятся здесь на площади, представляющие собой ценные сельскохозяйственные угодья. Условиями задачи предусматривается обязательное проведение трех видов биологической рекультивации: сельскохозяйственной, лесной и водной. При этом сельскохозяйственной рекультивации подвергается только пашня, а прочие сельхозугодья и прочие территории (не находящиеся в сельскохозяйственном использовании) – лесной и водной.

Восстанавливаемые в результате проведения рекультивации земли являются источником пополнения земельных ресурсов, и в задаче предусматривается вовлечение их в хозяйственный оборот по различным направлениям использования. Земли, подвергаемые сельскохозяйственной рекультивации, возвращаются сельскому хозяйству (в размере 4,55 тыс. га). Остальные восстановленные земли могут использоваться для нужд промышленного или гражданского строительства. При этом размеры использования высвобождаемой территории по возможным направлениям определяются в процессе решения задачи.

Предусматриваемая условиями задачи система природоохранных мероприятий на исследуемой ***ГРЭС*** нацелена на отражение разнообразного воздействия, оказываемого на окружающую природную среду данным объектом, и организацию предотвращения возможных негативных экологических последствий его функционирования. В модельной записи задачи природоохранная деятельность учитывается как в способах функционирования самой ГРЭС, так и путем выделения в качестве самостоятельных объектов исследования связанных с функционированием электростанции природоохранных объектов и мероприятий. Рассмотрим, какие факторы экологического характера находят отражение в способах функционирования ГРЭС.

Прежде всего с точки зрения используемых технологий сжигания угля выделяются два варианта. Первый предусматривает сжигание рядового угля, второй – сочетание технологий сжигания рядового угля и продуктов его энерготехнологической переработки. С этой целью 1-я очередь станции рассчитывается па использование рядового угля, а вторая задается в комбинации с энерготехнологическим комбинатом (ЭТК).

Таким образом, связи по использованию угля в задаваемых вариантах осуществляются по следующим схемам: в первом варианте «Угольный разрез ►ГРЭС (1-я и 2-я

очереди)», во втором варианте «угольный разрез ► ГРЭС (1-я очередь) и угольный разрез ► ЭТК-ГРЭС (2-я: очередь)».

При этом второй из рассматриваемых вариантов характеризуется значительным сокращением выделения в воздушный бассейн ряда вредных веществ, прежде всего золы, окислов азота и серы. Такой результат достигается за счет использования энерготехнологии. Сжигание продуктов энерготехнологической переработки угля (полукокса и др.) существенно снижает выбросы в атмосферу окислов азота (почти на 70%) и сернистого ангидрида (на 80%). Это чрезвычайно важно, поскольку эффективных методов их улавливания пока не существует.

Каждый из названных вариантов, в свою очередь, подразделяется на ряд подвариантов в зависимости от следующих факторов:

1. Использование пылегазоочистного оборудования с различными показателями эффективности очистки и проведение мероприятий по оснащению котельного оборудования системами подавления окислов азота. При этом к. п. д. очистки отходящих дымовых газов принимается в пределах от 98% (по проекту) до 99,5%, для достижения к. п. д. очистки выше 98% предусматривается проведение дополнительных (помимо заложенных в проекте) атмосферозащитных мероприятий.

2. Строительство дымовых труб различной высоты как один из методов рассеивания вредных выбросов в атмосфере. Задаются два варианта оснащения ГРЭС дымовыми трубами: 1) установка двух труб высотой по 370 м, 2) строительство одной трубы высотой 370 м и второй – 420 м. Увеличение высоты дымовых труб ведет к снижению приземной концентрации загрязнений, что достигается за счет создания условий для лучшего рассеивания вредных веществ в атмосфере.

3. Создание санитарно-защитных зон разного размера. В соответствии с рекомендациями ряда институтов (Московского НИИ Гигиены им. Эрисмана, Новосибирского НИИ Гигиены и др.) относительно размеров санитарно-защитных зон для ГРЭС КАТЭКа в задаче приняты следующие размеры санитарно-защитных зон: 10 и 20 км, что определяется необходимостью учета таких условий, как: функционирование сверхмощной электростанции со значительными объемами вредных выбросов в атмосферу; особенности местных природно-климатических условий, благоприятствующих возникновению застойных явлений в атмосфере исследуемого промышленного узла; возможности очистного оборудования, которое в современных условиях не позволяет осуществлять 100-процентную очистку газов; характер выбросов и содержание в них различных вредных веществ (хотя березовские угли являются малозольными и малосернистыми, ежегодные выбросы золы, окислов азота и сернистого ангидрида могут составить значительные объемы. Кроме того, окислы азота и серы обладают суммарной токсичностью); существующая экологическая ситуация на территории рассматриваемого промузла; возможность возникновения дополнительной нагрузки на окружающую природную среду в связи с размещением в районе электростанции новых промышленных предприятий н других объектов.

В целом для ГРЭС задается 32 варианта функционирования. Все перечисленные варианты различаются показателями выбросов вредных веществ в атмосферу, потребностями в территории, уровнем капитальных и текущих затрат, связанных с необходимостью осуществления на ГРЭС тех или иных природоохранных мероприятий.

В случае, если охарактеризованные атмосферозащитные мероприятия, проводимые на ГРЭС, не обеспечивают достижение установленных гигиенических нормативов (с учетом вклада в загрязнение воздуха других объектов), то вводится еще один дополнительный («идеальный») вариант, предусматривающий 100-процентную пылегазоочистку. Выбор этого варианта означает неудовлетворительность заданных атмосферозащитных технологий и других предусмотренных условиями задачи мероприятий с точки зрения соблюдения требований охраны воздушного бассейна.

Кроме рассмотренных экологических факторов, учитываемых в способах функционирования ГРЭС, в задаче выделяются также самостоятельные объекты и мероприятия, отражающие различные стороны воздействия электростанции на окружающую природную среду и предназначенные для предотвращения возможных негативных последствий этого воздействия. К числу таких объектов и мероприятий относятся:

- утилизация золошлаковых отходов;
- борьба с тепловым загрязнением водоемов путем организации утилизации тепла из отводимых с ГРЭС вод и создания специальных водоохлаждающих сооружений и оборудования;
- очистка образующихся при функционировании ГРЭС сточных вод путем строительства системы локальных очистных сооружений.

Согласно условиям задачи, распределение и утилизация золошлаковых отходов (ежегодный объем выхода которых составит на исследуемой ГРЭС свыше 1 млн т) осуществляются по следующим направлениям (рис. 7.2).

Рис. 7.2. Направления распределения и утилизации золошлаковых отходов ТЭС

Источник: составлено автором.

Во-первых, для складирования и хранения части образующихся золошлаков предусматривается создание золошлакоотвала с предельной годовой емкостью 1,2 млн т (или 11 млн м^3). Золошлакоотвал является одним из источников загрязнения атмосферы, и по условиям задачи для него формируются варианты с проведением мероприятий но борьбе с выветриванием твердых частиц с поверхности отвала и без проведения таких мероприятий.

Во-вторых, постановкой задачи предполагается использование гранулированной золы для заполнения выработанного пространства поля угольного разреза.

В-третьих, важным направлением использования золы и шлака является их утилизация с целью получения различной полезной продукции. Рассматриваются возможности утилизации золошлаковых отходов в таких отраслях, как строительная индустрия, автодорожное строительство и сельское хозяйство.

Формирование задаваемых вариантов утилизации золошлаковых отходов осуществляется с учетом существующих проектных проработок по этим вопросам, а также опыта, накопленного в ряде отраслей промышленного производства (прежде всего в строительной индустрии и химической промышленности) по утилизации отходов теплоэнергетики.

В соответствии с данными проработками условия задачи предусматривают производство строительных материалов с использованием отходов путем создания в пределах промышленного узла следующих предприятий:

● завода шлакового кирпича пластического формирования мощностью 50 млн штук с объемом потребления шлака 180 тыс. т в год;

● завода силикатного кирпича с годовой мощностью 125 млн штук и объемом потребления золы 280 тыс. т в год;

● завода по производству бетона (60 тыс. мя) и строительных растворов (50 тыс. мЗ), потребляющего ежегодно 40 тыс. т золы.

Все перечисленные предприятия-утилизаторы имеют выбросы в воздух (в основном пыли) и могут создавать определенную нагрузку на воздушный бассейн. Поэтому условиями задается проведение на данных предприятиях определенных атмосфероохранных мероприятий. При этом для каждого из объектов, утилизирующих золошлаковые отходы, выделяется несколько вариантов, различающихся применяемыми атмосферозащитными технологиями с разными показателями эффективности улавливания вредных веществ. Кроме того, данные объекты выступают потребителями общеузловых ресурсов воды и территории, а также трудовых ресурсов, мощностей строительной базы, что учитывается в условиях формирования потребностей в соответствующих ресурсах и продукции.

Другие из рассматриваемых в задаче направлений утилизации золошлаковых отходов предполагают их использование

– в автодорожном строительстве для подсыпки полотна автомобильных дорог, что обусловливает возможность получения экономии природных строительных материалов, используемых для подобных целей;

– в сельском хозяйстве для известкования кислых почв. Такая возможность использования золошлаковых отходов обеспечивается за счет высокого содержания в золе канско-ачинских углей свободной окиси кальция, что позволяет применять ее для раскисления почв. Подобное использование золы может обеспечить повышение уро-

жайности сельскохозяйственных культур. Этот факт находит отражение в показателях целевой функции задачи.

Кроме рассмотренных направлений распределения и утилизации золошлаковых отходов вводится условие возможного образования избыточного количества золошлаков, что будет связано с необходимостью занятия дополнительной территории для размещения соответствующих отходов.

Одним из видов воздействия исследуемой ГРЭС на окружающую природную среду является выброс тепла (более 4 тыс. Гкал/час) с циркуляционными водами. С целью предотвращения возможных негативных последствий от теплового загрязнения водоемов условиями задачи предусматривается проведение системы мероприятий, включающих организацию утилизации теплых вод и охлаждение циркуляционной воды (рис. 7.3).

Рис. 7.3. Направления распределения и утилизации теплых вод ТЭС

Источник: составлено автором.

Утилизация теплых вод достигается благодаря созданию тепличного комбината и организации рыбного хозяйства. При этом условиями задачи допускается создание тепличного комбината и рыбокомплекса с двумя различными вариантами мощности. В зависимости от этого способы функционирования обоих объектов-утилизаторов теплых вод различаются показателями количества утилизируемого тепла, потребностями в трудовых ресурсах, территории, объемах строительно-монтажных работ, затратами на их создание и функционирование, а также величиной годового дохода, получаемого от реализации производимой на соответствующих объектах продукции.

Кроме того, способы функционирования тепличного комбината различаются показателями потребления воды для целей организации водоснабжения и обеспечения регламентируемого действующими нормами разбавления отводимых сточных вод, объемами сбрасываемых стоков и содержанием в них загрязняющих веществ.

Для включаемого в задачу рыбокомплекса (в составе двух живорыбных заводов и рыбозащитных сооружений) в качестве объекта-аналога рассматривалось рыбное хозяйство, созданное на водохранилище Беловской ГРЭС в Кемеровской области. При подготовке исходной информации по данному рыбокомплексу, помимо существующих проектных разработок, учитывался опыт работ на Беловской ГРЭС по утилизации теплых вод для целей рыборазведения.

Утилизация вредных отходов является не только одним из важных направлений борьбы с загрязнением окружающей природной среды, но и источником получения полезной продукции (либо дополнительного ее количества при наличии в ней растущих народнохозяйственных потребностей, либо как способа, позволяющего с использованием более дешевого сырья замещать производство аналогичной продукции по традиционным технологиям). Поэтому для всех подвергаемых утилизации видов отходов, образующихся при функционировании исследуемой теплоэлектростанции (как и в случае утилизации вскрышных пород угольного разреза), в задачу вводится условие формирования дохода от реализации продукции, получаемой в результате утилизации золошлаков и теплых вод. При этом в процессе решения задачи должно выполняться требование максимизации величины получаемого таким образом годового экономического эффекта от утилизации отходов.

Для охлаждения циркуляционной воды ГРЭС в задаче предусматривается проведение следующих мероприятий: создание пруда-охладителя и применение водоохлаждающего оборудования (включая замену водных систем охлаждения воздушными). Среди учитываемого в постановке задачи оборудования по охлаждению воды выделяются конвективно-испарительные устройства и воздушно-конденсационные установки. Способы функционирования пруда-охладителя и водоохлаждающего оборудования различаются прежде всего объемами потребления воды и количеством снимаемого тепла.

Если масштабы предусмотренных мероприятий по утилизации тепла и водоохлаждению окажутся недостаточными для достижения допустимых уровней теплового загрязнения водоемов, вводится дополнительный способ, с помощью которого определяется то количество тепла, для ликвидации которого должны быть приняты специальные дополнительные меры.

В целом решение задачи при заданных условиях распределения и утилизации тепла и соответствующей системе природоохранных мероприятий должно обеспечить выполнение требования, согласно которому образование возможного количества избыточного тепла (т. е. с учетом его утилизации и снятия), поступающего со сбросными водами в окружающую среду, не повлечет нежелательного изменения температурного режима водоемов.

Функционирование ГРЭС сопровождается также выбросами в водный бассейн загрязненных веществ со сточными водами самой станции и фильтратами золошлакоотвала. Для обезвреживания образующихся сточных вод предусматривается создание системы локальных очистных сооружений, включающей установку по нейтрализации кислых и щелочных вод и механическую очистку на скорых фильтрах.

Условиями задачи предусматривается включение двух вариантов возможного переноса места сброса прошедших очистку сточных вод ГРЭС (на расстояние до 10 и 20 км) с целью лучшего учета гидрологических условий разложении загрязнений на различных участках реки. Необходимость в таких вариантах может возникнуть при условии превышения (с учетом других загрязнителей) допустимых нормативов загрязнения воды на участке реки, служащего местом сброса сточных вод для рассматриваемой ГРЭС.

Кроме того, как и для угольного разреза, постановка задачи включает «идеальный» вариант со 100-процентной очисткой сточных вод. Введение его объясняется необходимостью учета возможной ситуации, когда задаваемые технологии очистки сточных вод и проведение других мероприятий по их доочистке на ГРЭС не обеспечивают соблюдение требуемых санитарно-гигиенических норм (с учетом возможного загрязнения водоемов населением и другими объектами промузла). Выбор в оптимальном плане такого варианта равносилен запрету на создание и функционирование соответствующего объекта (ГРЭС) с позиций того фактора, под влиянием которого подобный вариант выбирается в оптимальный план (в данном случае с точки зрения загрязнения водоемов).

Как указывалось выше, производственная структура исследуемого промышленного узла, кроме рассмотренных выше предприятий ТЭК и связанных с ними объектов и мероприятий природоохранного назначения, включает ***производства других отраслей промышленности*** – машиностроения, легкой и пищевой. Для данных предприятий в результате решения задачи должен быть получен ответ на вопрос, могут ли они быть размещены на территории промузла по экологическим условиям. При этом исследуется влияние таких условий, как:

а) возможный вклад выделенных предприятий в загрязнение окружающей среды;

б) наличие резерва локальных природных ресурсов для обеспечения потребностей соответствующих производств при их размещении в пределах узла;

в) уровень фонового загрязпення воздушного и водного бассейнов;

г) возможная нагрузка на водоемы и атмосферу, создаваемая рассмотренными топливно-энергетическими предприятиями и связанными с ними природоохранными объектами.

В соответствии с этими условиями задачи для каждого из выделенных промышленных предприятий предусматривается два варианта размещения:

1) в пределах промышленного узла;

2) за пределами узла, т. е. допускается возможность выноса того или иного предприятия (их групп или всех вместе) в другие районы Сибири.

При этом каждый из вариантов выноса предприятий, в свою очередь, подразделяется на три подварианта в зависимости от причин, обусловливающих необходимость такого выноса. Причинами выноса могут служить: превышение допустимой нагрузки на водный бассейн; чрезмерное (выше установленных норм) загрязнение атмосферы; дефицит в узле локальных природных ресурсов (воды и территории).

Если размещение промышленных предприятий на территории промузла возможно, то для каждого из них задается несколько вариантов:

1) могут рассматриваться различные атмосфероохранные технологии. В соответствии с этим варианты будут различаться показателями эффективности пылегазоочи-

стиого оборудования, которым оснащается то или иное предприятие, и содержанием учитываемых вредных веществ в атмосферных выбросах;

2) для каждого из предприятий предусматривается возможность обслуживания их различными типами очистных сооружений. Задаются следующие возможные связи между предприятиями и очистными сооружениями:

– обезвреживание образующихся на каждом из предприятий сточных вод путем строительства своих локальных очистных сооружений;

– сточных вод от рассматриваемых предприятий для обезвреживания на городские очистные сооружения, предназначенные для совместной очистки промышленных сточных вод ряда предприятий и бытовых стоков. При этом в результате решения задачи для обработки сточных вод выделенных промышленных производств могут быть выбраны либо локальные очистные сооружения, либо городские, обслуживающие все рассматриваемые в задаче предприятия (кроме объектов топливно-энергетического комплекса).

В соответствии со сказанным все перечисленные варианты функционирования промышленных предприятий различаются прежде всего показателями содержания вредных веществ в отводимых сточных водах, и поэтому выбор того или иного варианта будет обусловливать и различную нагрузку на водную среду промузла. В целом для каждого из выделенных промышленных производств задается семь вариантов их возможного размещения и функционирования. Поскольку рассматриваемые в задаче городские очистные сооружения предназначены для совместной очистки промышленных и бытовых сточных вод, с вариантами создания и функционирования этого типа сооружений связаны и возможные варианты обслуживания очистными сооружениями населения.

Население в задаче рассматривается, с одной стороны, как источник обеспечения всех исследуемых производств трудовыми ресурсами (с учетом резерва местных трудовых ресурсов и возможностей привлечения населения из-за пределов узла) и как потребитель общеузловых ресурсов (воды и территории). При этом требуется создать определенные условия жизни людей: выполнить необходимый объем жилищного строительства, обеспечить потребности населения в услугах объектов социально-бытовой инфраструктуры. С другой стороны, население является одним из источников загрязнения окружающей среды, в частности водоемов.

Условиям задачи для обеспечения потребностей формируемого на территории промузла города в водоочистке предусматривается возможность обработки бытовых сточных вод путем создания: а) городских (или общих) очистных сооружений, принимающих промышленные и бытовые сточные воды; б) районных очистных сооружений, назначение которых состоит в обезвреживании только бытовых сточных вод.

Требуемая пропускная способность городских (общих) очистных сооружений определяется в процессе решения задач, и ее формирование происходит в зависимости от численности населения города (что обусловливает образование определенного объема хозяйственно-фекальных стоков) и состава обслуживаемых данными сооружениями промышленных предприятий, размещаемых в узле (что определяет объем промышленных сточных вод, который должен быть подвергнут очистке на соответствующих сооружениях).

Пропускная способность районных очистных сооружений зависит только от численности складывающегося в узле населения и также определяется в процессе решения задачи.

Оба типа очистных сооружений различаются вариантами пропускной способности и приемлемыми технологиями обезвреживания сточных вод. При этом постановкой задачи допускается выбор только одного из рассматриваемых типов очистных сооружений, т. е. если для обработки бытовых сточных вод выбираются районные очистные сооружения, то сточные воды промышленных предприятий проходят очистку на локальных очистных сооружениях соответствующих предприятий; если же в оптимальный план входят городские очистные сооружения, то на них поступают и бытовые, и промышленные стоки. В соответствии с этим технологии очистки, используемые на районных очистных сооружениях, представляют собой комбинацию биологических (аэротенки) и механических (решетки, отстойники, жиро- и песколовки) методов обезвреживания хозяйственно-фекальных стоков. Городские же очистные сооружения, кроме того, оснащены установками по физико-химической очистке (экстракция и коагуляция). Представление об используемых методах очистки промышленных и бытовых сточных вод на всех рассматриваемых в задаче очистных сооружениях дает табл. 7.3. Пример расчета технико-экономических показателей городских и районных очистных сооружений показан в табл. 7.4.

Таблица 7.3

Используемые методы очистки промышленных и бытовых сточных вод на рассматриваемых очистных сооружениях

Очистные сооружения	Методы очистки										
	Механические					Биологические		Физико-химические			
	решетки	отстойники	скорые фильтры	нефте-ловушки	жиро- и песколовки	аэротенки	биофильтры	экстракция	нейтрализация	коагуляция	флотация
Локальные на объектах: 1 УР		x	x	x	x						
2 ЭС			x						x		
3 М1		x	x	x				x			
4 М2		x	x	x				x			
5 М3		x			x					x	
6 М4		x			x					x	
7 ЛП	x	x	x		x	x	x				x
Городские	x	x			x	x		x		x	
Районные	x	x			x	x					

Источник: составлено автором.

Таблица 7.4

Технико-экономические показатели городских и районных очистных сооружений

Наименования показателей	Очистные сооружения	
	районные (по обезвреживанию бытовых стоков)	городские (по совместному обезвреживанию бытовых и промышленных сточных вод)
1 Производительность очистных сооружений с учетом их расширения по вариантам:		
– вариант 1: тыс. $м^3$ в сут / млн.$м^3$ в год	42,0/15,33	60,0/21,9
– вариант 2: тыс. $м^3$ в сут / млн.$м^3$ в год	56,0/20,44	120,0/43,8
– вариант 3: тыс. $м^3$ в сут / млн.$м^3$ в год	100,0/36,5	200,0/73,0
– вариант 4: тыс. $м^3$ в сут / млн.$м^3$ в год	250,0/91,25	300,0/109,5
2 Приведенные затраты на создание и функционирование очистных сооружений по вариантам мощности (млн. руб/год – в ценах 2016 г.)		
– вариант 1	276	449,0
– вариант 2	327	788,5
– вариант 3	529,5	1168,0
– вариант 4	1375,0	1955,0
3 Потребность по вариантам мощности в:		
а) строительно-монтажных работах (млн. руб/год)		
– вариант 1:	125	200
– вариант 2:	150	350
– вариант 3:	250	500
– вариант 4:	600	750
б) трудовых ресурсах (тыс. чел.)		
– вариант 1:	0,064	0,074
– вариант 2:	0,07	0,086
– вариант 3:	0,08	0,1
– вариант 4:	0,15	0,18
в) территории (га)		
– вариант 1:	20	24
– вариант 2:	24	52
– вариант 3	50	84
– вариант 4	100	120

Источник: составлено автором.

Включение в условия задачи нескольких видов очистных сооружений с различными мощностями и технологиями очистки определяется необходимостью исследования вопроса о том, достаточна ли производительность предусмотренных проектными разработками в Шарыповском промузле районных очистных сооружений и не потребуется ли (в связи с формируемым по результатам решения на рассматриваемой территории составом и масштабами производства и численностью населения) расширение мощности данных сооружений и совершенствование применяемых на них технологий очистки.

Задание способов функционирования городских очистных сооружений с более высоким уровнем производительности и более эффективными методами очистки (по сравнению с районными очистными сооружениями) обусловливает и соответствующее им повышение качества (глубины) очистки сточных вод, которые могут поступать на данные сооружения, сокращение удельных затрат на очистку, экономию территории для размещения производственных объектов.

Таким образом, в рассматриваемой постановке задачи выбор типов очистных сооружений и формирование их мощности осуществляются в процессе решения и зависят от складывающейся производственной структуры промышленного узла и численности населения.

Охарактеризуем теперь рассматриваемый промышленный узел с точки зрения условий организации водоснабжения и использования территории.

Как уже отмечалось выше, ***водные ресурсы*** являются одним из узких мест на исследуемой территории и могут оказаться существенным ограничивающим фактором для размещения и дальнейшего развития здесь производства.

Формирование потребностей в воде по условиям задачи осуществляется с учетом двух направлений ее возможного использования:

а) для организации хозяйственно-питьевого и промышленного водоснабжения;

б) для обеспечения требуемого (согласно действующим правилам водопользования) разбавления сточных вод, сбрасываемых в открытые водоемы.

В соответствии с этим все рассматриваемые водоисточники подразделяются на две группы в зависимости от выполняемых ими функций:

1) водоисточники, используемые для забора воды с целью организации водоснабжения для нужд промышленного производства и населения;

2) водоисточники, служащие местами сброса образующихся в узле сточных вод.

При таких условиях один и тот же водоем может служить или местом и забора, и сброса сточных вод, или только местом забора воды, или только местом сброса стоков. В нашей постановке в качестве мест сброса сточных вод рассматриваются р. Урюп и водохранилище Березовской ГРЭС, причем последнее используется только для нужд самой станции. Что касается р. Урюп, то она не входит в число возможных источников для организации водоснабжения, а выступает только в качестве места отведения всех образующихся в узле стоков. Такое использование данного водоема отражается, с одной стороны, на качественном состоянии в нем воды (за счет сброса загрязненных стоков), с другой – на количественном балансе воды в источнике (за счет поступления дополнительных объемов воды). И то и другое удается учесть в задаче благодаря раздельному рассмотрению всех водоисточников в зависимости от выполняемых ими функций.

Условиями задачи задаются четыре вида водохозяйственных балансов: хозяйственно-питьевой; промышленный (кроме ГРЭС и угольного разреза); теплоэлектростанции; угольного разреза.

Выделение систем водоснабжения отдельно для ГРЭС и угольного разреза обусловлено возможностью использования для каждого из этих объектов специфических источников воды, которые не могут служить местом водозабора для других объектов: для ГРЭС таким источником является пруд-охладитель, для угольного разреза – дренажные воды.

Другими местными источниками покрытия потребностей в воде для организации рассматриваемых систем водоснабжения служат подземные и поверхностные воды (р. Береш – с вариантами организации водоснабжения: без регулирования источника с годовым регулированием). Кроме того, поскольку существующих запасов водных ресурсов на исследуемой территории может оказаться недостаточно для обеспечения потребностей размещаемых здесь производств и населения, постановкой задачи предусматривается возможность пополнения водных ресурсов в узле путем переброски воды из других районов. В соответствии с этим задаются варианты строительства двух водоемов – из р. Чулым (длиной 63 км) и из р. Енисей (из Красноярского водохранилища протяженностью 150 км).

Среди исследуемых в задаче производств наиболее крупными водопотребителями являются угольный разрез и, особенно, ГРЭС. При этом для ГРЭС характерны значительные безвозвратные потери воды. Так, объем годового безвозвратного водопотребления на ГРЭС в зависимости от используемых методов водоохлаждения составляет от 21,7 (при использовании воздушно-конденсационных установок) до 74,6 млн м^3 (при комбинации ГРЭС с прудом-охладителем). При этом в последнем случае объем потерь складывается за счет потерь воды в пароводяном цикле (52,7 млн м^3/год) и за счет естественного испарения воды с поверхности водохранилища (21,9 млн м^3/год).

С учетом сложившейся ситуации с водными ресурсами на всех предприятиях узла условиями задачи предусматривается использование оборотных систем водоснабжения (с целью возможного сокращения объемов забора свежей воды и сокращения объема отводимых сточных вод).

В условия задачи вводится также требование обязательного разбавления свежей водой отводимых стоков, и в процессе решения задачи определяется, какой объем свежей воды из источника должен использоваться для нужд разбавления сточных вод. При этом образующиеся сточные воды подразделяются на нормативно-чистые (т. е. не требующие специальной очистки) и загрязненные (поступающие для обезвреживания па очистные сооружения). В зависимости от этого разбавление сточных вод должно происходить в разных пропорциях.

Важным фактором, определяющим возможности дальнейшего развития исследуемого промышленного узла, являются ***земельные ресурсы***. Территория данного узла в значительной мере занята сельскохозяйственными угодьями, и при постановке задачи ставилась цель обеспечить развитие и размещение рассматриваемых объектов промышленного производства при условии минимизации возможного изъятия сельскохозяйственных угодий, а также проведения работ по восстановлению земель, нарушенных открытыми разработками бурого угля, и возвращению их в народнохозяйственный оборот для различных направлений использования.

Вся рассматриваемая в задаче территория, пригодная для размещения задаваемых объектов, с точки зрения характера ее использования подразделяется на несколько видов (или категорий):

1) сельскохозяйственные угодья с выделением пахотных земель и прочих сельхозугодий (включая леса, пастбища и т. д.);

2) прочие территории (занятые лесами и т. д.).

Кроме того, выделяется несколько направлений возможного использования всех рассматриваемых категорий территории в зависимости от ее целевого назначения для промышленного строительства, для гражданского строительства и для сельскохозяйственного использования. При этом наряду с территориями, используемыми для промышленного строительства, отдельно рассматривается территория, отводимая под угольный разрез (что связано с фиксацией его размещения в зависимости от размещения ресурсов угля).

Для сельскохозяйственных целей условиями задачи предусматривается использование части территории (прежде всего пашни), отводимой под угольный разрез и подвергаемой после отработки угля рекультивации. Условия проведения рекультивационных работ (способы их отражения в задаче приводились выше) строятся для всех категорий земли с выделением различных видов биологической рекультивации – сельскохозяйственной, лесной и водной. При этом рекультивируемые территории, занимаемые ранее пахотными землями, после восстановления в результате проведения сельскохозяйственной рекультивации предназначаются исключительно для нужд сельского хозяйства. На остальных же видах нарушенных земель, по условиям задачи, осуществляются лесная и водная рекультивации, и восстановленная таким образом территория может использоваться для целей промышленного строительства или создания рекреационных зон.

Все рассматриваемые в задаче производственные объекты являются источниками ***химического загрязнения водоемов и атмосферы***. Характеристика конкретных объектов-загрязнителей с точки зрения состава вредных веществ, преобладающих в сточных водах и газовых выбросов соответствующих объектов и учитываемых в задаче, дается в табл. 7.5 и 7.6.

Таблица 7.5

Источники и виды загрязнения в сточных водах

Источники загрязнения	Виды загрязнения					
	взвешенные вещества	масла и нефтепродукты	хлориды	цианиды	фенолы	СПАВ
1. Предприятия 1) УР	x	X	x			
2)ЭС	x	X	x		x	
3)М1	x	X	x			
4)М2	x	X	x			
5)М3	x	X	x	x		
6)М4	x	X	x	x		
7) ЛП	x					x
8) Объекты – утилизаторы вскрышных пород и золошлаков	x	X				
2. Хозяйственно-бытовая деятельность	x		x			x

Примечание: знаком «x» отмечены загрязнения, преимущественно содержащиеся в промышленных и бытовых сточных водах.

Источник: разработка автора.

Таблица 7.6

Источники и виды загрязнений в атмосферных выбросах

Источники загрязнения	Виды загрязнения				
	пыль	летучая зола	окись углерода	окись азота	сернистый ангидрид
1. Угольный разрез с отвалом вскрышных пород:					
– без учета транспортировки угля	x	x	x	x	x
– транспортировка угля	x		x	x	
2. ГРЭС:					
– без золошлакоотвала	x	x	x	x	x
– золошлакоотвал	x	x			
3. М1	x		x		
4. М2	x				x
5. М3	x		x		x
6. М4	x		x		
7. ЛП	x				
8. Объекты – утилизаторы вскрышных пород угольного разреза	x				
9. Предприятия строительной индустрии, утилизирующие золошлаковые отходы ГРЭС	x				

Примечание: знаком X отмечены загрязнения, преобладающие в выбросах рассматриваемых предприятий и учтенные в задаче.

Источник: разработка автора.

Постановкой задачи предусматривается возможность формирования в результате решения такой производственной структуры исследуемого промышленного узла (в т.ч. состава и масштабов промышленного производства на его территории, а также численности населения), которой соответствует образование объемов загрязнения воздушного и водного бассейнов в пределах допустимых норм. Достижение такого соответствия между прогнозируемой на выделенной территории хозяйственной деятельности и требованиями охраны окружающей среды становится возможным благодаря заданной системе природоохранительных мероприятий и выбора в процессе решения такого ее варианта, который обеспечивает выход на заданные экологические стандарты.

В качестве экологических стандартов нами приняты нормативы предельно-допустимых концентраций (ПДК) вредных веществ в воде водоемов и в воздухе населенных мест. При этом используемые в задаче показатели ограничений на допустимое загрязнение водоемов строятся с учетом видов лимитирующих веществ, а также с учетом эффекта суммации ряда вредных веществ в условиях их совместного присутствия в сточных водах (табл. 7.7).

Таблица 7.7

ПДК вредных веществ в воде водоемов и лимитирующий показатель вредности загрязняющих веществ в сточных водах

Загрязняющие вещества	Лимитирующий показатель вредности (ЛПВ)	ПДК (мг/л)	Число вредных веществ, относящихся к одному ЛПВ	ПДК с учетом постулата аддитивности
1. Взвешенные вещества	Органолептический	15	4	3,75
2. Масла и нефтепродукты	Органолептический	0,3	4	0,075
3. Хлориды	Общесанитарный	0,05	1	0,05
4. Цианиды	Санитарно-токсикологический	0,1	1	0,1
5. Фенолы	Органолептический	0,01	4	0,0003
6. СПАВ	Органолептический	0,5	4	0,125

Источник: составлено автором.

Ограничения на ***загрязнение воздушного бассейна*** строятся для таких ингредиентов в выбросах, как нетоксичная пыль, летучая зола (сажа), окись углерода, окислы азота и сернистый ангидрид. При этом учитывается возможность взаимодействия окислов азота и сернистого ангидрида, обладающих эффектом суммации (табл. 7.8). Соответственно, модель задачи включает ограничения на допустимое загрязнение атмосферы для отдельных вредных веществ и для комбинаций ряда веществ в пылегазовых выбросах с учетом аддитивности их вредного воздействия.

Таблица 7.8

ПДК вредных веществ в воздухе

Вредные вещества	ПДК (мг/м3)	
	максимальная	среднесуточная
1. Пыль нетоксичная	0.5	0.16
2. Летучая зола	0.15	0.05
3. Окись углерода	3.0	1.0
4. Окислы азота (в пересчете на NO_2)	0.085	0.085
5. Сернистый ангидрид	0.5	0.05
6. Комбинация $SO_2 + NO_x$	1.0	
7. Аэрозоль H_2SO_4	0.3	0.1

Источник: составлено автором.

Условия по борьбе с ***загрязнением водоемов*** отражают количественные и качественные аспекты организации водоотведения и сброса загрязненных стоков. Прежде всего, определяются объемы образующихся в промузле промышленных и бытовых сточных вод (отдельно). Полученные показатели объемов отводимых стоков (с выде-

лением прошедших очистку и нормативно чистых, сбрасываемых в поверхностные водоисточники без предварительной обработки) фигурируют, с одной стороны, в условиях формирования потребностей в свежей воде, требуемой для разбавления сбрасываемых сточных вод. С другой стороны, данные показатели используются при построении ограничений на допустимое загрязнение водоемов. При этом на основе рассчитываемых в процессе решения задачи объемов образующихся сточных вод и задаваемых концентрацией в стоках тех или иных вредных веществ (с учетом их обезвреживания) определяются абсолютные величины выхода различных загрязняющих веществ, которые по отдельным ингредиентам можно (в отличие от концентраций вредных веществ в сточных водах) непосредственно суммировать и определять общий уровень загрязнения водного бассейна по тем или иным вредным веществам с учетом вклада всех рассматриваемых объектов-загрязнителей. Кроме того, используемые экологические стандарты корректируются с учетом наличия в водоеме необходимых объемов свежей воды, доступной для разбавления сбрасываемых стоков. Такой подход к построению условий формирования загрязнения позволяет не только точнее отразить возможную нагрузку на отдельных участках водоемов, но и учесть качественное состояние водоема, служащего местом сброса сточных вод.

В качестве целевой функции поставленной задачи выступает минимум суммарных приведенных затрат на создание и функционирование всех выделенных элементов территории, включая затраты экологического назначения и максимально возможный суммарный доход от реализации продукции, получаемой в результате утилизации отходов.

7.3. ХАРАКТЕРИСТИКА АППАРАТА ОПТИМИЗАЦИИ ПРИРОДООХРАННЫХ МЕРОПРИЯТИЙ

Для реализации поставленной задачи использовалась экономико-математическая модель оптимизации ПОМ, включающая следующие группы условий и ограничений:

1) создание рассматриваемых объектов ТЭК и прочих отраслей промышленности в исследуемом промузле с учетом возможного выноса вновь создаваемых предприятий за его пределы в случае формирования в узле напряженной экологической ситуации или дефицита локальных природных ресурсов;

2) распределение и утилизация образующихся при функционировании топливно-энергетических объектов отходов (вскрышных пород, золошлаков, теплых вод) путем создания специальных объектов-утилизаторов и проведения других мероприятий по утилизации отходов угольного разреза и тепловой электростанции;

3) формирование дохода от организации утилизации отходов;

4) создание систем локальных очистных сооружений на объектах ТЭК и других промышленных предприятиях;

5) образование промышленных и бытовых сточных вод и формирование потребностей в воде для их разбавления при отведении в поверхностные водоемы;

6) формирование мощности районных очистных сооружений по обработке бытовых сточных вод, а также городских сооружений по совместной очистке бытовых и промышленных стоков; ограничения на интенсивность функционирования очистных

сооружений и условий выбора одного типа сооружений (районных или городских) для обработки бытовых стоков;

7) ограничения на допустимое загрязнение водоемов с учетом санитарных нормативов, лимитирующих показателей вредности и эффекта суммации действия различных вредных веществ, содержащихся в сточных водах;

8) ограничения на допустимое загрязнение атмосферы по отдельным вредным веществам;

9) распределение продукции (услуг) строительных организаций для нужд промышленного и гражданского строительства и ограничения на их мощность;

10) обеспечение потребностей всех рассматриваемых объектов трудовыми ресурсами и ограничения на резерв местных трудовых ресурсов;

11) распределение территории для промышленного и гражданского строительства и ограничения на возможные размеры использования земли различных категорий по задаваемым направлениям использования;

12) проведение различных видов рекультивационных работ на нарушенных открытыми горными разработками землях и вовлечение их в хозяйственный оборот для различных целей; формирование дохода, получаемого от реализации продукции, производимой в результате использования восстановленных земель;

13) обеспечение водой промышленности и населения с учетом возможного пополнения запасов водных ресурсов в данном пункте путем их перераспределения из других районов;

14) ограничения на возможный объем водозабора из различных источников для организации водоснабжения и для разбавления сточных вод.

Критерием оптимальности служит минимум суммарных приведенных затрат на создание и функционирование всех выделенных элементов территории (при соблюдении заданных условий) и затраты экологического назначения, включая затраты на проведение ПОМ, обеспечивающих соблюдение экологических требований, а также максимально возможный суммарный доход от реализации продукции, получаемой в результате утилизации отходов и рекультивации нарушенных земель.

Полная экономико-математическая запись модели, предложенной для выбора варианта системы ПОМ при формировании промышленного узла на базе объектов ТЭК, приведена в *Приложении 5*.

В составе задаваемой системы ПОМ можно выделить несколько основных направлений осуществления природоохранной деятельности:

1) создание комплекса объектов по обезвреживанию, улавливанию, уничтожению, разбавлению или рассеиванию выделяемых в ОС вредных веществ;

2) организация распределения и утилизации вредных отходов путем строительства объектов-утилизаторов и проведения других мероприятий, при осуществлении которых использование отходов сопровождается получением какого-либо положительного эффекта (например, использование золошлаковых отходов для подсыпки полотна автомобильных дорог связано с экономией природных строительных материалов, использование золы для раскисления почв ведет к повышению урожайности сельскохозяйственных культур и т.д.);

3) восстановление качества отдельных видов природных ресурсов, нарушенных в результате антропогенной деятельности (рекультивация земель, очистка воды и др.).

Особенностями предложенной модели в отличие от других предложенных нами моделей являются следующие.

Во-первых, данная модель ориентирована на достижение оптимальных взаимосвязей между объектами ТЭК и остальными элементами территории. Поэтому в ней находят детальное отражение ПОМ, учитывающие в первую очередь специфику этих объектов в их взаимосвязях друг с другом и с ОС. При этом все задаваемые ПОМ в зависимости от характера получаемого при их проведении результата делятся на одноцелевые и многоцелевые. Такое деление позволяет показать вклад каждого из соответствующих мероприятий не только непосредственно в охрану ОС, но и его участие в деле рационального использования различных природных ресурсов.

Во-вторых, выбор вариантов очистных сооружений, их мощности и связи по обслуживанию предприятий и города происходит в процессе решения и определяется складывающейся производственной структурой промузла, масштабами производственной и хозяйственно-бытовой деятельности и возникающими в связи с этим потребностями (условия (30) – (32) модели – *Приложение 5*).

В-третьих, в условиях модели находят детальное отражение требования обязательного разбавления свежей водой промышленных и бытовых сточных вод. При этом рассматривается раздельное представление водоисточников, выполняющих функции мест водозаборов и мест сброса сточных вод. Это дает возможность для более тщательного учета не только количественного баланса воды в том или ином источнике, но и качественного состояния воды в водоеме в зависимости от наличия в нем ресурсов воды, доступных для разбавления отводимых стоков и их качественного состава (условия (52), (54), (55) и (56) модели – *Приложение 5*). В соответствии с этим формирование балансов загрязнения по отдельным видам вредных веществ для каждого водоема, принимающего стоки, происходит с учетом объемов водозабора из данного источника и поступающих в него промышленных и бытовых сточных вод (что, в свою очередь, отражает расход воды в источнике, безвозвратные потери воды и дополнительно поступающие возвратные стоки), а также с учетом конечных (то есть после обезвреживания на очистных сооружениях) концентраций различных ингредиентов в сточных водах всех возможных источников загрязнения воды данного водоема и лимитирующих показателей вредности исследуемых вредных веществ (условия (56) – *Приложение 5*).

В-четвертых, ограничения на допустимое загрязнение атмосферы строятся исходя из определения объемов вредных веществ, поступающих в воздушный бассейн в соответствии с действующими санитарными нормами и с учетом условий рассеивания загрязнений в атмосфере узла (условия (60) – *Приложение 5*). Таким образом, в качестве экологических стандартов в данном случае выступают показатели ПДВ вредных веществ в атмосферу, каждый из которых рассматривается как функция от нормативов ПДК вредных веществ, объемов газовоздушной смеси, выбрасываемой различными объектами и метеорологических условий данного пункта, характеризующих степень рассеивания загрязнений в воздухе.

В-пятых, предложенная модель включает условия максимизации эффекта от утилизации образующихся в узле отходов различных видов (вскрышных пород, золошлаков, теплых вод), что выражается в получении дохода от реализации продукции, производимой объектами-утилизаторами (условия (6), (19) и (20) – *Приложение 5*).

В-шестых, в состав модели входят условия, с помощью которых определяются объемы абсолютных выходов в воздушный бассейн вредных веществ с дымовыми газами ГРЭС и величины экономического ущерба от загрязнения атмосферы соответствующими выбросами (условия (23) и (24) – *Приложение 5*).

Практическая реализация предложенного подхода к оптимизации системы ПОМ в ШПУ позволила выявить: экологические возможности исследуемой территории для создания рассматриваемых объектов ТЭК и связанных с ними элементов инфраструктуры; систему ПОМ, обеспечивающих их функционирование при условии соблюдения требований ООС; нагрузку на локальные природные ресурсы; величину затрат экологического назначения, необходимых для осуществления природоохранной деятельности в пределах изучаемой территории; возможности для дальнейшего наращивания здесь промышленного производства и роста населения с точки зрения соблюдения заданного качества ОС.

Охарактеризуем полученные результаты расчетов с точки зрения формируемой производственной структуры промузла, складывающейся экологической ситуации, использования локальных природных ресурсов, рекультивации земель, направлений утилизации отходов и возможного экономического эффекта от осуществления ПОМ.

7.4. АНАЛИЗ ВЫБРАННОГО ВАРИАНТА СИСТЕМЫ ПРИРОДООХРАННЫХ МЕРОПРИЯТИЙ

7.4.1. Экологические резервы территории

Анализ полученных результатов свидетельствует о том, что с экологических позиций совместное размещение и функционирование на ограниченной территории уникальных по мощности топливно-энергетических объектов и связанных с ними элементов инфраструктуры и населения возможно лишь при условии как дальнейшего совершенствования технологий очистки вредных выбросов соответствующих объектов в ОС, улучшения всех показателей функционирования элементов экологической инфраструктуры и обеспечении надежности их работы, так и совершенствования технологических процессов добычи и сжигания угля.

Существующие проектные проработки по основным первоочередным объектам ТЭК (угольному разрезу и ГРЭС) и предусмотренные в них показатели, характеризующие **экологичность используемых производственных и природоохранных технологий,** не по всем позициям удовлетворяют экологическим требованиям в условиях их совместного функционирования и дополнения производственной структуры узла рядом предприятий машиностроения и объектами инфраструктуры. Так, по результатам решения (рис. 7.4) угольный разрез (с учетом действующих мощностей) выбирается по варианту, предусматривающему проведение мероприятий по предотвращению выветривания твердых частиц с отвала и бортов карьера, организацию пылеподавления на разрезе и транспортировку угля до ГРЭС по конвейеру с крытой галереей. При этом данному варианту соответствуют показатели более глубокой пылеочистки, чем по проектным проработкам. Вариант функционирования ГРЭС,

выбранный в оптимальном решении задачи, предусматривает сжигание рядового угля и осуществление комплекса атмосферозащитных мероприятий, включающего установку очистного оборудования со степенью очистки не менее 98,5% (что выше по сравнению с проектными показателями), создание санитарно-защитной зоны с радиусом не менее 10 км и сооружение для 2-й очереди станции дымовой трубы высотой 420 м (1-я очередь ГРЭС оснащена трубой, имеющей высоту 370 м). Увеличение высоты трубы вызвано необходимостью обеспечения лучшего рассеивания отходящих дымовых газов, и прежде всего окислов азота.

Наряду с этим расчеты показали, что для соблюдения экологических требований необходимо включение в состав выбираемых ПОМ и ряда дополнительных мероприятий, не предусмотренных для данных объектов проектными проработками. К их числу относятся, в частности, перенос места сброса сточных вод угольного разреза, создание дополнительного (помимо пруда-охладителя) водоохранного оборудования на БГРЭС, двукратное по сравнению с проектом увеличение пропускной способности районных очистных сооружений в г. Шарыпово (с 42 до 80 тыс $м^3$/сут) и другие.

В условиях функционирования создаваемых на территории ШПУ первых крупных объектов ТЭК **экологические резервы** территории для дальнейшего наращивания здесь производства путем расширения мощностей действующих объектов и строительства новых предприятий весьма ограниченны. Среди возможных производств, которые, согласно постановке задачи, могли бы дополнить структуру ШПУ, по результатам решения выбрались два из пяти: завод энергетических котлов и группа ремонтных заводов.

Исследование возможных уровней загрязнения ОС осуществлялось не только применительно к сформированной по результатам решения производственной структуре данного узла, но и исходя из предпосылки возможного изменения ряда условий и параметров задачи, определяющих экологическую ситуацию в промузле. С этой целью были проведены *вариантные расчеты* при различных величинах таких показателей, как объем выбросов вредных веществ в воду и воздух, уровень фонового загрязнения ОС, объем свежей воды, доступной для разбавления сбрасываемых сточных вод.

Необходимость в проведении подобных экспериментов возникает в случаях возможного появления новых непредусмотренных условиями задачи потребителей воды из источника, служащего местом сброса промышленных и бытовых сточных вод, и, следовательно, усиления конкуренции по использованию водных ресурсов соответствующего источника; ошибки в задаваемых показателях существующего уровня загрязнения атмосферы и водоемов; переоценки эффективности функционирования новых технологий по очистке вредных выбросов, в результате чего не достигаются предусмотренные проектными разработками характеристики атмосферо- и водоохранного оборудования; возможного появления не учтенных в условиях задачи дополнительных источников загрязнения ОС и др. Получаемые в соответствии с этим результаты расчетов отражают то или иное изменение состава и масштабов промышленного производства на территории узла, численности населения, выбор дополнительных ПОМ, возможное изменение вариантов создания и функционирования исследуемых объектов и т.д.

Рис. 7.4. Система природоохранных мероприятий, выбранная по результатам решения в Шарыповском промышленном узле

Примечание: заштрихованы символы, соответствующие выбранным вариантам природоохранных мероприятий; в скобках показаны варианты, заданные условиями задачи

Источник: составлено автором.

Условные обозначения к рис. 7.4.

1 – границы промышленного узла;

2 – промышленная площадка угольного разреза с отвалом вскрышных пород;

3 – варианты атмосферозащитных мероприятий на угольном разрезе: **I–V** – пылеподавленше с различной степенью очистки, **III–V** – предотвращение выветривания твердых частиц с отвала и бортов карьера;

4–7 – транспорт для внутренних перевозок угля: ***4*** – конвейерный ***(а*** – без галереи, ***б*** – со строительством галереи), ***5 –*** трубопроводный, ***6*** – железнодорожный ***(а*** – без осуществления мероприятий по пылеподавлению, ***б –*** с осуществлением таких мероприятий), ***7*** – автомобильный (***а*** – без очистки, ***б*** – с очисткой выхлопных газов автомобилей);

8 – рекультивация земель (***А*** – сельскохозяйственная, ***F*** – лесная, ***W*** – водная);

9 – система локальных очистных сооружений по обработке сточных вод угольного разреза (**I–IV** – варианты степени очистки сточных вод);

10–11 – предприятия по утилизации вскрышных пород угольных разрезов:***10 –*** с вариантами атмосферо- и водоохраны (***AW***),***11*** – с вариантами атмосфероохраны (***А***): ***а, б*** – варианты степени очистки выбросов;

12–13 – очистные сооружения по обезвреживанию сточных вод (**I–IV** – варианты мощности и КПД очистки сточных вод): ***12*** – городские (по обработке бытовых сточных вод), ***13*** – районные (по совместной очистке бытовых и промышленных стоков);

14 – ГРЭС: **I** – сжигание рядового угля, **II** – сжигание сырого угля (1-я очередь) и продуктов энерготехнологической переработки угля (2-я очередь станции);

15 – гидроузел (**а, б** – варианты снимаемого тепла);

16 – оборудование для охлаждения теплых вод: ***в*** – градирни ***(а, б*** – варианты снимаемого тепла),

17 – конвективно-испарительные устройства,

18 – воздушно-конденсационные установки;

19 – использование золошлаковых отходов ГРЭС и вскрышных пород угольных разрезов для заполнения выработанного пространства угольного разреза;

20 – предприятия строительной индустрии по переработке золошлаковых отходов (**с, *б*** – варианты атмосферозащитных мероприятий***, 1–3*** – число предприятий);

21 – использование золошлаковых отходов для автодорожного строительства ***(1, 2*** – варианты проведения соответствующих работ);

22 – использование золы для раскисления почв (***1,2*** – варианты объемов использования золы);

23 – золошлакоотвал: ***а*** – без проведения***, б*** – с проведением мероприятий по борьбе с выветриванием;

24–25 – предприятия-утилизаторы теплых вод ГРЭС: ***24*** – рыбокомплекс ***(1, 2*** – варианты мощности), ***25*** – тепличный комбинат ***(1, 2*** – варианты мощности);

26 – мероприятия по рассеиванию атмосферных выбросов ГРЭС (***а, б*** – варианты высоты дымовых труб);

27 – создание санитарно-защитных зон по вариантам: ***а*** – 10 км***, б*** – 15 км;

28 – система локальных очистных сооружений ГРЭС (**I–IV** – варианты степени очистки сточных вод);

29–30 – линии электропередач: ***29*** – ЛЭП – 1150 кВ, ***30*** – ЛЭП-500 кВ;

31 – действующие железные дороги;

32–36 – предприятия: ***32–35*** – машиностроения ***(32*** – завод паровых турбин, ***33*** – завод энергетических котлов, ***34*** – группа заводов по ремонту оборудования тепловых электростанций и угольных разрезов, ***35*** – прочие машиностроительные заводы); ***36 –*** легкой и пищевой промышленности (для всех предприятий: **I–V** – варианты, предусматривающие: а) различную степень пылегазоочистки (**I, II и III, IV**); б) обслуживание предприятий локальными (**I, III)** или районными сооружениями; в) вынос предприятий за пределы промышленного узла (**V**) при загрязнении атмосферы и водоемов выше допустимых норм, а также при отсутствии необходимых источников покрытия потребностей соответствующих предприятий в локальных природных ресурсах);

37–39 – водные ресурсы: ***37 –*** подземные, ***38 –*** поверхностные, ***39*** – дренажные воды**;**

40–42 – гидротехнические сооружения: ***40*** – водохранилища, ***41*** – пруд-охладитель ГРЭС, ***42*** – водовод, Ч – из р. Чулым, Е – из р. Енисей;

(Буквенные символы ***37–42*** означают возможность использования того или иного источника воды для организации водоснабжения: **P** – хозяйственно-питьевого, **I** – промышленного (кроме угольного разреза и ГРЭС), **S** – ГРЭС, **M** – угольного разреза.)

43 – формирование дохода от реализации продукции, получаемой в результате утилизации отходов: ***1*** – вскрышных пород угольного разреза, ***2*** – золы и шлака, ***3*** – термальных вод ГРЭС;

44–45 – территория, отводимая под: ***44 –*** угольный разрез (**M**), ***45*** – промышленное (**I**) и гражданское (**C**) строительство (здесь ***1–4*** – категории земли: ***1,2*** – сельскохозяйственные угодья, ***3,4*** – прочие территории).

Вклад различных объектов ШПУ в формирование балансов **загрязнения атмосферы и водных объектов** по учитываемым в задаче ингредиентам (согласно исходному варианту решения) показан в табл. 7.9. Видно, что в общем объеме выбросов вредных веществ наибольшую долю по всем выбранным ингредиентам имеет ГРЭС. При этом в условиях сформированной производственной структуры промузла ГРЭС является основным загрязнителем атмосферы такими веществами, как окислы азота (99,3%) и зола (96,2%), а также сернистым ангидридом (60,6%), окисью углерода (48,3%) и пылью (38,4%). Следующей группой производств по величине удельного веса в структуре выбросов являются прочие промышленные предприятия, т. е. предприятия, не относящиеся непосредственно к объектам ТЭК – по результатам решения – это завод энергетических котлов (М2) и группа ремонтных заводов (М3). На их долю приходится 38,4 % в общеузловых выбросах сернистого ангидрида, почти треть (29,5%) – окиси углерода и 23,9 % – пыли. Угольный разрез, рассматриваемый как источник загрязнения воздуха совместно с отвалом вскрышных пород и способами транспортировки угля до потребителей, выделяется прежде всего своим вкладом в загрязнение атмосферы узла пылью (32,1 %), а также окисью углерода (22,2 %). Выбранные по результатам решения объекты-утилизаторы образующихся в узле отходов функционирования топливно-энергетических объектов (вскрышных пород и золошлаков) – в основном предприятия строительной индустрии – являются источниками вторичного загрязнения атмосферы, преимущественно пылью, причем их доля в общем балансе загрязнения воздуха незначительна (5,6 %).

Таблица 7.9

Доля различных источников в формировании балансов загрязнения атмосферы и водоемов в ШПУ, %

Источники загрязнения	Виды загрязнения										
	атмосферы					водоемов					
	пыль	зола	CO	NOx	SO_2	взвешенные вещества	масла и нефтепродукты	фенолы	СПАВ	хлориды	цианиды
Угольный разрез	32,1	3,8	22,2	0,7	1,0	31,5	46,9	67,7	-	15,0	-
ГРЭС	38,4	96,2	48,3	99,3	60,6	32,9	49,7	32,3	-	16,1	92,4
Прочие предприятия (М2 и М3)	23,9	-	29,5	-	38,4	2,9	2,5	-	-	1,3	7,6
Объекты-утилизаторы отходов	5,6	-	-	-	-	0,3	0,9	-	-	-	-
Хозяйственно-бытовая деятельность	-	-	-	-	-	32,4	-	-	100	67,7	-

Источник: расчеты автора.

Рассмотрим, по каким из выбрасываемых в воздушный бассейн исследуемого промузла вредным веществам складывается по результатам решения напряженный баланс загрязнения.

При сформированной производственной структуре узла **загрязнение атмосферы** в исходном варианте выходит на заданный норматив лишь по одному из пяти рассматриваемых вредных веществ – по окислам азота (рис. 7.5).

Основным источником выделения в атмосферу окислов азота с дымовыми газами является теплоэлектростанция. Решение показало, что предусмотренных проектными проработками по Березовской ГРЭС атмосферозащитных мероприятий (при условии сжигания рядового угля) недостаточно для обеспечения требуемого уровня чистоты атмосферы, прежде всего в части загрязнения воздуха окислами азота. Следовательно, необходимо проведение дополнительных мероприятий. Таким образом, напрашивается вывод, что в анализируемом варианте решения отсутствуют экологические резервы для возможного увеличения выбросов окислов азота в атмосферу рассматриваемого промышленного узла. По остальным же ингредиентам пылегазовых выбросов складывается не столь напряженная ситуация.

Рис. 7.5. Формирование уровня загрязнения воздушной (а) и водной (б) среды различными вредными веществами (по результатам решения)

Примечание: 1– предельно допустимый выход загрязнений в воздух или водную среду, взятый за 100%; 2– уровень загрязнения, сформированный в результате решения.

Источник: расчеты автора.

Результаты расчетов, характеризующие формирование ограничений на загрязнение воздушного бассейна в ШПУ для трех вариантов решения задачи, приведены в табл. 7.10. При этом вариант 1 принят за исходный. В варианте 2 более жесткие по сравнению с вариантом 1 (то есть ниже уровень показателей) ограничения на допустимое загрязнение атмосферы по всем рассматриваемым вредным веществам (кроме окислов азота) – среднем на 30%. Вариант 3 характеризуется ужесточением соответствующих ограничений по всем исследуемым составляющим пылегазовых выбросов– в среднем па 50%. В результате во втором варианте расчетов в число критических загрязнителей наряду с окислами азота вошел сернистый ангидрид. В третьем же варианте ограничения на загрязнение атмосферы выходят на заданные нормативы по трем

ингредиентам из пяти рассматриваемых – по окислам азота, сернистому ангидриду и пыли. По данным ингредиентам в каждом из полученных вариантов расчетов при соответствующих им условиях задачи отсутствуют возможности для увеличения выхода загрязнений того или иного вида в атмосферу промузла.

Таблица 7.10

Формирование ограничений на загрязнение воздушного бассейна в Шарыповском промышленном узле при различных вариантах расчетов, %

Показатели по вариантам расчетов	Вредные вещества				
	пыль	зола	CO	NOx	SO_2
Вариант 1					
Ограничения па выброс вредных веществ:					
- по условиям задачи	100,0	100,0	100,0	100,0	100.0
- по результатам решения	52,4	34,7	33,3	100,0	20,0
Экологический резерв	47,6	65,3	66,7	-	80,0
Вариант 2					
Ограничения на выброс вредных веществ:					
- по условиям задачи	100,0	100,0	100,0	100,0	100.0
- по результатам решения	91,8	71,8	77,1	100,0	100,0
Экологический резерв	8,2	29,0	22,9	-	-
Вариант 3					
Ограничения на выброс вредных веществ:					
- по условиям задачи	100,0	100,0	100.0	100,0	100,0
- по результатам решения	100,0	42,0	58,7	100,0	100,0
Экологический резерв	-	58,0	41,3	-	-

Источник: расчеты автора.

Сравнение полученных вариантов расчетов позволило выявить те изменения в исходном оптимальном решении, к которым приводит ужесточение требований к объемам выбросов по всем рассматриваемым вредным веществам. Так, необходимость выполнения требования сокращения возможного объема выбросов загрязнений в атмосферу узла (в среднем на 30%), с одной стороны, ведет к возникновению напряженности баланса загрязнения атмосферы сернистым ангидридом (см. табл. 7.10), в результате чего на предприятиях М2 и М3 (в составе пылегазовых выбросов которых преобладают пыль, $S0_2$ и CO) атмосферозащитное оборудование выбирается по варианту с более высоким к. п. д. очистки. С другой стороны, ужесточение требований к объемам выбросов по таким ингредиентам, как пыль и зола, приводит к определенным изменениям в выборе направлений распределения и утилизации золошлаковых отходов ГРЭС. Эти изменения состоят в том, что в варианте 2 сокращается поступление золы и шлака на отвал (являющийся значительным источником загрязнения воздуха пылью и золой) и увеличивается их поступление на объекты-утилизаторы; предусмотренные условиями задачи, они также используются для заполнения выработанного пространства поля угольного разреза (с предварительным гранулированием). В результате снижается уровень загрязнения атмосферы узла пылезоловыми выбросами.

В варианте 3 напряженный баланс загрязнения складывается по трем ингредиентам: NO_x, SO_2 и пыль (см. табл. 7.10). Возникающие при этом изменения в получаемом решении касаются прежде всего ГРЭС и предприятий машиностроения. Так, ГРЭС выбирается по варианту, предусматривающему сочетание технологий сжигания сырого угля (1-я очередь станции) и продуктов его энерготехнологической переработки (2-я очередь), что обеспечивает значительное сокращение выделения в атмосферу золы, SO_2, NO_x. Кроме того, возможное ужесточение баланса загрязнения атмосферы промузла (прежде всего сернистым ангидридом, пылью и окисью углерода) обусловливает замену в варианте 3 решения задачи предприятия М3 на М1. Предприятие М3 среди всех остальных объектов в составе узла характеризуется наибольшими объемами выбросов в воздушный бассейн пыли, SO_2 и CO, т. е. оно является, по существу, замыкающим среди выбираемых по результатам решения (вариант 2) промышленных предприятий с точки зрения объемов выделения названных веществ. Поэтому оно и вытесняется с территории узла в первую очередь. В выбросах же предприятия М1 не содержится SO_2, а уровень загрязнения воздуха пылью и CO при его функционировании почти в 2 раза ниже, чем при функционировании предприятия М3.

Таким образом, анализ результатов решения показал, что критическими видами загрязнения атмосферы (по которым складывается напряженный баланс загрязнения воздушной среды) в рассматриваемом промузле являются в первую очередь окислы азота, а также в значительной мере сернистый ангидрид и пыль, основным источником выделения которых служит тепловая электростанция. Размещение и функционирование в пределах ШПУ такой мощной станции, как БГРЭС, и создаваемая в связи с этим нагрузка на атмосферу) ограничивают возможности для размещения в этом же узле других промышленных предприятий, имеющих аналогичные составляющие в отходящих дымовых газах.

При ужесточении требований к уровню чистоты атмосферы возникающие изменения относятся, как было показано, лишь к ГРЭС и предприятиям машиностроения. При этом вне изменений остается угольный разрез. Дело в том, что уже в исходном варианте решения угольный разрез выбирается при условии осуществления всего заданного для него постановкой задачи комплекса атмосфероохранных мероприятий, причем последние выбираются по вариантам, которые обеспечивают наибольшую степень предотвращения возможного негативного воздействия угольного разреза на атмосферу, т. е. с точки зрения атмосфероохраны резервы по возможному улучшению показателей экологичности угольного разреза, задаваемые условиями задачи, исчерпаны.

Проанализируем теперь складывающуюся в исследуемом промышленном узле ситуацию **с загрязнением водной среды**. Согласно исходному варианту решения, при выбранной производственной структуре Шарыповского промузла (см. рис. 7.4) здесь формируется напряженный баланс загрязнения по двум из шести рассматриваемых в задаче ингредиентов, преимущественно содержащихся в сточных водах, образующихся в узле в результате производственной и хозяйственно-бытовой деятельности. К их числу относятся фенолы, масла и нефтепродукты. Основную нагрузку по данным веществам дают угольный разрез, тепловая электростанция и предприятия М2 и М3 (см. табл. 7.9). При этом наибольший вклад в загрязнение водного бассейна маслами и нефтепродуктами вносит ГРЭС, на долю которой приходится почти половина (49,7%)

общего объема этого вида загрязнения. Вторым в узле по масштабам сброса масел и нефтепродуктов со сточными водами является угольный разрез (46,9%). Доля прочих промышленных предприятий и объектов-утилизаторов отходов в структуре складывающего баланса загрязнения воды маслами и нефтепродуктами в целом незначительна и составляет соответственно 2,5 и 0,9%.

Загрязнение поверхностных вод в рассматриваемом промышленном узле фенолами (см. табл. 7.9) связано главным образом с функционированием угольного разреза и ГРЭС, причем более 2/3 этого загрязнения (67,7%) дает разрез и около 1/3– ГРЭС (32,3%). По остальным ингредиентам, содержащимся в сточных водах, которые проходят очистку и сбрасываются в р. Урюп с учетом требуемой кратности их разбавления, все имеющиеся источники загрязнения водной среды в узле характеризуются по уровню их вклада в общеузловой баланс загрязнения воды следующим образом (см. табл. 6.3). По объемам сброса взвешенных частиц с промышленными и бытовыми сточными водами выделяются три источника: ГРЭС, город и угольный разрез, на долю каждого из которых приходится примерно 1/3 от общего выхода взвешенных веществ в водную среду промузла. По результатам решения, весь объем поступления в водоемы синтетических поверхностно-активных веществ, связан со сбросом образующихся в узле бытовых сточных вод. Такие же вещества, как цианиды, содержатся только в промышленных стоках, преимущественно в стоках ГРЭС (92,4%). Крупным источником загрязнения воды хлоридами выступают бытовые сточные воды (66,7%), кроме того, 33,3% этого вида загрязнения приходится на промышленные стоки.

Таким образом, в условиях выбранной по результатам решения задачи структуры, масштабов производства и численности населения в пределах ШПУ основная нагрузка на водную среду создается размещаемыми здесь объектами ТЭК и городом. При этом с промышленными сточными водами в принимающий водоем поступает все образующееся загрязнение фенолами, цианидами, маслами и нефтепродуктами, а также 2/3 взвешенных веществ и 1/3 хлоридов от общего объема сброса. С бытовыми стоками узла в поверхностные воды поступает весь сброс СПАВ, а также 2/3 хлоридов и 1/3 взвешенных веществ.

7.4.2. Использование локальных природных ресурсов

Расчеты подтвердили высказанные на стадии постановки задачи предположения о возможном лимитирующем характере влияния локальных природных ресурсов (воды и территории) на формирование производственной структуры и масштабы концентрации промышленности и населения в пределах исследуемого промузла. Так, формирование суммарной потребности *в воде* выбираемых по результатам решения задачи объектов происходит за счет использования всех возможных местных (т. е. расположенных на территории узла) источников водозабора (при условии регулирования источников поверхностных вод и использования для водоснабжения дренажных вод), а также с учетом проведения мероприятий по пополнению запасов водных ресурсов в узле путем переброски воды из р. Чулым. Из предусмотренных условиями задачи вариантов организации водоснабжения не выбран только один вариант – со строительством водовода из р. Енисей. В результате, на территории узла складывается напряженный водохозяйственный баланс, и водообеспечение дальнейшего (т. е. за пределами рассматриваемого временного горизонта) развития здесь промышленного

производства и связанного с этим роста численности населения будет возможно лишь при условии обязательного пополнения запасов воды на территории узла, что потребует прежде всего переброски на большие расстояния водных ресурсов из других районов и значительных дополнительных затрат. Среди возможных направлений сокращения потребления воды на рассматриваемой территории можно предложить переход на замкнутые системы водоснабжения (в настоящей постановке задачи на всех задаваемых предприятиях предусматриваются водооборотные системы с обязательной подпиткой их свежей водой), замену водных систем охлаждения воздушными и др.

Решение задачи показало отсутствие в исследуемом узле резерва свободных *территорий*, пригодных для нового промышленного и гражданского строительства и не находящихся в сельскохозяйственном обороте. В результате пространственное расширение промышленного производства и связанного с ним гражданского строительства невозможно без нанесения ущерба сельскому хозяйству (то есть без изъятия угодий из сельскохозяйственного использования). Из всех задаваемых условиями категорий территорий, отводимых под строительство по трем направлениям (под угольный разрез, прочее промышленное строительство и город), только два вида земель – сельскохозяйственные угодья (пашня) и земли, восстанавливаемые в результате рекультивации, – участвуют в формировании соответствующих балансов территории не в полном объеме их возможного использования. Так, первая из названных категорий проходит по балансу территории, отводимой для нужд гражданского строительства, и используется в размере 0,44 % от максимально возможного объема. Вторая – рекультивируемые земли – выступает одним из источников покрытия потребностей угольного разреза в территории и используется на 16,9% возможной площади. Следует заметить, что если вовлечение в хозяйственный оборот рекультивируемых земель должно приветствоваться, то занятие под промышленные и гражданские объекты ценных сельскохозяйственных угодий не может рассматриваться как бесспорный источник дополнительной территории. Последнее с учетом ограниченности сельхозугодий в Красноярском крае в целом требует особо тщательного изучения и обоснования.

Анализ полученного решения показал также, что с экологических позиций одним из «узких мест» на территории ШПУ являются ограниченные возможности водоема, принимающего образующиеся в узле сточные воды, для их разбавления. Это обусловливает необходимость проведения более глубокой очистки бытовых и промышленных стоков, а ужесточение этих возможностей выступает как один из факторов, в значительной мере лимитирующих дальнейшее экономическое развитие рассматриваемого узла. Разбавление сточных вод свежей водой при современных технологиях очистки и показателях работы очистного оборудования (не обеспечивающих, как правило, полную очистку стоков) следует относить к числу обязательных требований, которые должны предъявляться к условиям сброса сточных вод в открытые водоемы, и рассматривать, по существу, как дополнительную меру, направленную на обеспечение лучшего разложения загрязнений в воде под влиянием естественных процессов самоочищения.

Для исследования влияния на результаты решения увеличения или снижения объемов свежей воды, используемой для разбавления сточных вод, была выполнена серия расчетов при различных уровнях возможного потребления воды на цели разбавления стоков, а также при различных уровнях возможного сброса загрязнения в вод-

ную среду. Анализ полученных на этой основе вариантных расчетов позволил установить зависимость между объемом воды, доступным для разбавления сточных вод, и формированием балансов загрязнения водоемов. Так, увеличение объемов свежей воды, используемой для разбавления отводимых сточных вод, приводит к расширению экологических возможностей в соответствующем промузле, что позволяет в рамках заданных экологических нормативов либо переходить на технологии с меньшей степенью очистки (что сопровождается снижением затрат на водоохранные мероприятия), либо создает предпосылки для наращивания производства (в определенных масштабах) в данном месте.

Сокращение же объемов водных ресурсов, потребляемых на разбавление сточных вод, тождественно ужесточению условий сброса стоков и выступает одним из факторов, ограничивающих возможности для экономического развития в рассматриваемом промузле (при прочих равных условиях). Результаты расчетов показали, что снижение величины ограничения на возможный объем воды, используемой для разбавления образующихся в узле промышленных и бытовых стоков, на 40–50%, а также возможное повышение уровня фонового загрязнения водной среды на 20% приводят к необходимости осуществления таких строгих мер, как запрет на размещение в пределах узла всех новых производств (кроме топливно-энергетических), развертывание добычи угля на разрезе Березовский-1 до уровня, не превышающего 50–80% его полной (проектной) мощности, снижение численности населения создаваемого города с целью сокращения масштабов его воздействия (через бытовые стоки) на водную среду, повышение степени очистки промышленных и бытовых сточных вод на очистных сооружениях.

7.4.3. Рекультивация земель

Для учета требований рекультивации земель в модель задачи включен соответствующий блок условий, учитывающих проведение различных видов рекультивации на нарушенных в результате функционирования угольного разреза Березовский-1 землях и выбор вариантов их вовлечения в хозяйственный оборот для целей промышленного строительства и создания рекреационных зон (*Приложение 5,* условия (40) – (44), (61)).

Цель исследования в данном случае состоит в анализе и оценке возможных направлений рекультивации нарушенных земель в результате функционирования отдельного угольного разреза.

Достижение данной цели осуществлялось посредством решения следующих задач:

1) определение объемов нарушения земель в результате функционирования угольного разреза;

2) определение вариантов проведения рекультивационных работ на нарушенных открытыми разработками угля землях;

3) выбор направлений использования и распределения восстановленных земель;

4) оценка величины годового экономического эффекта от рекультивации земель.

Условиями данной задачи предусматривается обязательное проведение трех видов биологической рекультивации – сельскохозяйственной, лесной и водной (рис. 7.6). При этом сельскохозяйственной рекультивации подвергается только пашня, а прочие сельхозугодия и другие территории (не находящиеся в сельскохозяйственном использовании) – лесной и водной.

Рис. 7.6. Виды рекультивационных работ, задаваемые условиями модели

Источник: составлено автором.

Восстанавливаемые в результате проведения рекультивации земли являются источником пополнения земельных ресурсов, и в задаче предусматривается вовлечение их в хозяйственный оборот для различных направлений использования. Земли, подвергаемые сельскохозяйственной рекультивации, возвращаются сельскому хозяйству. Остальные восстановленные земли могут использоваться для нужд промышленного или гражданского строительства. При этом размеры использования высвобождаемой территории по возможным направлениям определяются в процессе решения задачи.

Поскольку набор объектов топливно-энергетического назначения на территории рассматриваемого промышленного узла в значительной степени предопределён, размещение их задано, то для таких объектов постановкой задачи предусматривается рассмотрение различных вариантов, характеризующихся разной экологичностью возможных способов функционирования задаваемых объектов исследования, вариантов проведения мероприятий по ООС, включая мероприятия по осуществлению рекультивации нарушенных земель.

Варианты проведения рекультивационных работ на нарушенных открытыми разработками угля землях различаются: (1) по видам рекультивации: сельскохозяйственная, лесная и водная; (2) по категориям земель: сельскохозяйственных угодья (пашни, сенокосы, пастбища), прочие территории; (3) по направлениям использования восстановленных земель: для нужд сельского хозяйства, промышленного строительства и создания рекреационных водоемов.

Земли, восстанавливаемые в результате рекультивации, участвуют в формировании балансов территории, пригодных для нового промышленного и гражданского строительства, т.е. выступают как один из источников покрытия потребностей производственных объектов в территории. Рассматриваемое в задаче распределение площадей территории, подвергаемых различным видам биологической рекультивации, показано в табл. 7.11. Рекультивируемые земли являются источниками пополнения земельных ресурсов и в задаче предусматривается их вовлечение в хозяйственный оборот для различных направлений использования. Земли, подвергаемые сельскохо-

зяйственной рекультивации, возвращаются сельскому хозяйству (в размере 4,55 тыс. га – см. табл. 7.11). Остальные восстановленные земли могут использоваться для нужд строительства. При этом размеры использования высвобождаемой территории по возможным направлениям определяется в процессе решения задачи.

Таблица 7.11

Распределение площадей по видам биологической рекультивации (га)

№ п/п	Наименования показателей	Угольный разрез «Березовский-1»
1	Площади, нарушаемые горными работами – всего, в том числе:	7110,6
	• сельскохозяйственные угодья – всего, включая:	5773,8
	– пашню	4621,9
	– прочие земли	1151,9
	• прочие территории	1336,8
2	Площади, подвергаемые рекультивации (поле разреза и внешние отвалы) – всего, в том числе по видам рекультивации:	6502,0
	• сельскохозяйственная по категориям рекультивируемых земель, – всего, включая:	4554,0
	– пашню	4554,0
	• лесная и водная по категориям рекультивируемых земель – всего, включая:	1948,0
	– прочие сельхозугодья	200,0
	– прочие территории	1748,0

Решение задачи показало отсутствие в исследуемом узле резерва свободных территорий, пригодных для нового промышленного и гражданского строительства и не находящихся в сельскохозяйственном обороте. В результате, пространственное расширение промышленного производства и связанного с ним гражданского строительства невозможно без нанесения ущерба сельскому хозяйству (т.е. без изъятия угодий из сельскохозяйственного пользования).

Из всех задаваемых условиями задачи категорий территорий, отводимых под строительство по трем направлениям (под угольный разрез, прочее промышленное строительство и город), только два вида земель – сельскохозяйственные угодья (пашня) и земли, восстанавливаемые в результате рекультивации, – участвуют в формировании соответствующих балансов территории не в полном объеме их возможного использования. Так, первая из названных категорий земель проходит по балансу территории, отводимой для нужд гражданского строительства, а используется в размере 0,44% от максимально возможного объема. Вторая – рекультивируемые земли – выступает как один из источников покрытия потребностей угольного разреза в территории и используется на 16,9% от их возможной площади.

Следует учитывать, что если вовлечение в хозяйственный оборот рекультивируемых земель должно приветствоваться, то занятие под промышленные и гражданские объекты ценных сельскохозяйственных угодий не может рассматриваться как

бесспорный источник дополнительной территории для размещения промышленного производства и населения. Последнее тем более требует тщательного изучения и обоснования, учитывая ограниченность сельхозугодий в Восточной Сибири в целом.

Анализ структуры затрат экологического назначения по угольному разрезу показывает, что в составе данных затрат, связанных с осуществлением ПОМ (табл. 7.12), выделяются прежде всего затраты на создание и функционирование систем локальной очистки сточных вод (37,2%) и на проведение рекультивационных работ (34,9%). Мероприятия по атмосферозащите и утилизации вскрышных пород угольного разреза составляют соответственно 18,6 и 9,3% от общей суммы затрат экологического назначения, относящихся к угольному разрезу. Другими словами, при комплексном учете мероприятий по охране окружающей среды, обусловленных созданием и функционированием угольного разреза, затраты на проведение рекультивации нарушенных земель составляют более трети всех природоохранных затрат на данном объекте.

Таблица 7.12

Структура затрат на цели охраны окружающей среды на угольном разрезе, %

Наименование показателей затрат	Угольный разрез
Природоохранные мероприятия – всего, в том числе:	100
• атмосферозащитные	18,6
• система локальных очистных сооружений	37,2
• рекультивация нарушенных земель	34,9
• утилизация отходов	9,3

Источник: расчеты автора.

7.4.4. Направления утилизации отходов

Постановкой задачи предусматривалась возможность учета трех возможных направлений утилизации отходов, образующихся при создании и функционировании угольного разреза и ГРЭС. Постановкой задачи предусмотрены условия распределения и утилизация вскрышных пород угольного разреза, золошлаков и теплых сбросных вод ГРЭС, условия создания объектов-утилизаторов и условия формирования дохода от реализации продукции, получаемой в результате утилизации отходов[1]. Применительно к выбранным направлениям распределения и утилизации отходов угольного разреза и тепловой электростанции рассмотрим возможный способ расчета экономической эффективности утилизации отходов. Для этого предлагается использовать подход, изложенный в работах [64; 94].

Осуществление **утилизации вскрышных пород угольного разреза** с учетом выбранных направлений обусловливает возникновение возможных источников экономии затрат следующего рода:

а) сокращение выбросов пыли в атмосферу в связи с сокращением площади и емкости отвала вскрыши;

[1] Полная характеристика подхода к организации утилизации отходов представлена в п.7.2 (рис. 7.1–7.3). Экономико-математическая запись данных условий дана в *Приложении 6* [условия (4)–(6) и (9)–(20)].

б) высвобождение территории, отводимой под отвал, из-за снижения объемов поступления вскрышных пород на отвал и использование высвобожденной территории для целей промышленного строительства;

в) получение дополнительной продукции (строительных материалов) с наименьшими затратами по сравнению с традиционными способами ее производства;

г) сокращение объемов использования природного сырья для производства строительных материалов.

Исходя из этого годовой экономический эффект от утилизации вскрышных пород угольного разреза в общем виде можно представить следующим образом:

$$Э^1 = \sum_i (З_i^1 - \overline{З}_i^1) + У_П^1 + \sum_i Д_i^1 + \sum_i M_i^1 + (E_T T^1 - \sum_i E_i^1 L_i^1), \qquad (1)$$

где $Э^1$ – величина годового экономического эффекта утилизации вскрышных пород;

$З_i^1$ – приведенные затраты на получение продукции вида i на основе традиционных способов производства с использованием природного сырья; $\overline{З}_i^1$ – приведенные затраты на производство продукции вида i с использованием вскрышных пород угольного разреза. Величина $\sum_i (З_i^1 - \overline{З}_i^1)$ характеризует суммарную экономию приведенных затрат на организацию производства продукции всех видов i, которая возникает при переходе от использования традиционных видов природного сырья к использованию вскрышных пород путем создания соответствующих объектов-утилизаторов.

$У_П^1$ – величина предотвращенного годового экономического эффекта от загрязнения атмосферы пылью, обеспечиваемого за счет снижения выбросов пыли в воздушный бассейн в связи с сокращением объемов поступления вскрышных пород на отвал;

$Д_i^1$ – годовой доход от реализации продукции вида i, производимой на объектах-утилизаторах;

M_i^1 – величина экономии затрат, получаемая за счет высвобождения природного сырья при производстве продукции вида i и заменой его вскрышными породами. Величина M_i^1 может быть представлена в следующем виде:

$$M_i^1 = (\sum_r p_r a_{ri} - \sum_r p_r a_{ri}^1) N_i \ \ (\forall i) \qquad (2)$$

Здесь a_{ri} – удельный (на единицу мощности) объем потребления природного сырья вида r на производство продукции i традиционными технологиями; a_{ri}^1 – удельный объем потребления природного сырья вида r при производстве продукции i на соответствующем объекте-утилизаторе вскрышных пород; p_r – себестоимость единицы сырья вида r;

$p^1{}_r$ – годовая мощность объекта-утилизатораr, производящего продукцию вида i;

T^1 – площадь территории, высвобождаемая в связи с сокращением емкости отвала вскрышных пород; L_i^1 – площадь территории, необходимая для размещения объекта i, утилизирующего вскрышные породы;

E_T – экономическая оценка земли, высвобождаемой в связи с сокращением площади отвала; E_i^1 – экономическая оценка земли, отводимой под объект-утилизатор *i*.

Предотвращенный экономический ущерб $(У_П^1)$ определяется как разность между величиной ущерба $(У_Н^1)$, который может быть причинен ОС без проведения ПОМ (в данном случае– утилизации вскрышных пород), и величиной ущерба $(У_к^1)$, остающегося после проведения данного мероприятия:

$$У_П^1 = У_н^1 - У_к^1 \qquad (3)$$

Согласно известным методикам определения экономической эффективности природоохранных мероприятий [134; 135; 272; 273; 496], предотвращенный экономический ущерб определяется величинами затрат, вызываемых воздействием загрязнения среды на различных реципиентов, и затрат на предупреждение воздействия загрязнения ОС на них. В качестве реципиентов в нашем случае выступают население, объекты жилищно-коммунального хозяйства, основные фонды промышленности, сельскохозяйственные угодья и лесные ресурсы. В соответствии с этим расчет показателей предотвращенного ущерба ($У^1_п$) основывается на комбинированном учете различных видов ущербов, причиняемых таким сферам, как здравоохранение, жилищно-коммунальное хозяйство, промышленность, сельское и лесное хозяйство. Кроме того, величина полного предупрежденного ущерба определяется с использованием показателей удельных ущербов:

$$У_П^1 = \sum_i \sum_g U_g P_{gi}, \qquad (4)$$

где U_g – удельный предупрежденный ущерб (на одну т выбросов), наносимый выбросами в атмосферу вещества *g*; P_{gi} – объем выбросов в воздух вещества *g* объектом *i*.

При определении объемов сокращения потребления природного сырья в случае его замены вскрышными породами (полностью или частично) для производства строительных материалов учитывалось, что использование вскрышных пород позволяет экономить такие виды сырья, как гравий (при производстве щебня); песок и цемент (при производстве глиняного кирпича). Расчет экономии затрат на освоение территории в связи с сокращением площади отвала строится на основе следующих предпосылок. Сокращение поступления на отвал вскрышных пород за счет их использования для производства стройматериалов и заполнения выработанного пространства поля угольного разреза сопровождается снижением потребности в территории, отводимой под отвал. Вместе с тем объекты-утилизаторы (дробильный завод и завод глиняного кирпича) требуют для своего размещения дополнительную территорию. Таким образом, в полученной оценке учитываются не только выигрыш от высвобождения территории, но и потери, связанные с изъятием территории для размещения объектов-утилизаторов.

Доход от реализации продукции, производимой объектами-утилизаторами вскрышных пород, складывается из средств, получаемых за счет реализации продукции дробильного завода и продукции завода глиняного кирпича.

В целом, величина годового экономического эффекта от утилизации вскрышных пород угольного разреза имеет структуру, представленную в табл. 7.13 (цены 2016 г.).

Таблица 7.13

Структура величины годового экономического эффекта от утилизации отходов

Наименование показателей	Млн руб.
Годовой экономический эффект от утилизации отходов, всего, в том числе по видам:	117
I. Вскрышных пород – всего, в том числе по элементам:	17
1. Предотвращенный годовой экономический ущерб от загрязнения атмосферы пылью	2,4
2. Экономия приведенных затрат на производство стройматериалов, получаемая в результате перехода от использования традиционных видов природного сырья к использованию вскрышных пород	9,4
3. Годовой доход от реализации продукции (щебня и кирпича), получаемой за счет утилизации вскрышных пород	1,7
4. Экономия затрат, обеспечиваемая снижением потребления природного сырья в связи с заменой его вскрышными породами	3,2
5. Экономия затрат на освоение территории под промышленное строительство в связи сокращением потребности в территории, отводимой под отвал вскрыши	0,3
II. Золошлаков – всего, в том числе по элементам:	42,0
1. Предотвращенный годовой экономический ущерб от загрязнения атмосферы выбросами золы и пыли	1,5
2. Предотвращенный годовой экономический ущерб от загрязнения водоемов взвешенными веществами за счет сокращения поступления в гидросферу фильтратов золошлакоотвала	1,0
3. Экономия приведенных затрат на производство строительных материалов, получаемая в результате перехода от использования традиционных способов их получения к способам, основанным на утилизации золошлаковых отходов ТЭС	13,2
4. Годовой доход от реализации продукции предприятий строительной индустрии, утилизирующих золошлаки	8,0
5. Экономия затрат, получаемая за счет снижения объемов потребления традиционного природного сырья в связи с заменой его золошлаковыми отходами	6,3
6. Экономия затрат на автодорожное строительство, связанная с использованием золошлаков вместо природных материалов	7,5
7. Годовой доход от реализации дополнительно получаемой продукции сельского хозяйства, прирост производства которой обусловлен использованием золы для раскисления почв	4,0
8. Экономия затрат на освоение территории в связи с высвобождением площади земель, отводимых под золошлакоотвал, включая затраты на его создание	0,5
III. Теплых вод – всего, в том числе по элементам:	58,0
1. Предупрежденный годовой экономический ущерб от теплового загрязнения водоемов	15,3
2. Экономия приведенных затрат на создание тепличного и рыбного хозяйства, получаемая в результате перехода от традиционных способов их организации к способам, основанным на утилизации сбросового тепла ГРЭС	16,8
3. Годовой доход от реализации продукции тепличного комбината и рыбокомплекса	17,4
4. Экономия затрат, получаемая за счет сокращения потребностей тепличного комбината и рыбокомплекса в топливе	8,2
5. Экономия затрат на подготовку территории в связи с высвобождением земель, отводимых под размещение водоохлаждающих объектов	0,3

Источник: расчеты автора.

Рассмотрим теперь, что дает с экономической точки зрения **утилизация золошлаковых отходов ГРЭС** и установим, источником каких видов экономии затрат он может быть, а также, к каким дополнительным экономическим нагрузкам может привести осуществление мероприятий по утилизации золошлаков.

Для экономической оценки намеченных мероприятий по утилизации золошлаковых отходов следует учитывать, на наш взгляд, такие возможные источники экономии затрат, связанные с осуществлением соответствующих мероприятий, как:

1) высвобождение площади территории, занимаемой золошлакоотвалом (что ведет к экономии приведенных затрат на создание самого отвала, включая затраты на освоение территории, отводимой под отвал);

2) сокращение загрязнения почвы, происходящее в результате смыва твердых частиц и золы с территории золошлакоотвала (что обуславливает снижение затрат на борьбу с загрязнением почвы);

3) сокращение выбросов золы и пыли в атмосферу (что позволяет снизить затраты на пылеподавление и пылеулавливание);

4) сокращение загрязнения взвешенными веществами водного бассейна за счет снижения поступления в гидросферу фильтратов золошлакоотвала (что позволяет вкладывать меньше затрат в водоохранные мероприятия);

5) дополнительное получение полезной продукции (что связано с получением дохода от реализации получаемой из золошлаков продукции);

6) снижение расхода природного сырья в связи с заменой его золошлаками (полностью или частично) при использовании продуктов их утилизации в таких отраслях, как строительная индустрия, автодорожное строительство и сельское хозяйство.

Основываясь на изложенных соображениях, для расчета величины годового экономического эффекта от утилизации золошлаковых отходов предлагается следующее соотношение:

$$Э^2 = \sum_i (З_i^2 - \overline{З}_i^2) + У_A^2 + У_w^2 + \sum_i Д_i^2 + П_R^2 + \Delta П_A^2 + \sum_i M_i^2 + З_D^2 + E_T T^2 - \sum_i E_i^2 L_i^2, \quad (5)$$

где $Э^2$ – годовой экономический эффект от утилизации золошлаковых отходов;

$З_i^2$ – приведенные затраты на производство продукции вида i с использованием традиционных технологий, основанных на потреблении природного сырья; $\overline{З}_i^2$ – приведенные затраты на производство продукции вида i с использованием золошлаковых отходов;

$У_A^2$ – предупрежденный годовой экономический ущерб от загрязнения атмосферы пылью и золой (в связи с ликвидацией золошлакоотвала); $У_w^2$ – предупрежденный годовой экономический ущерб от загрязнения водоемов фильтрами золошлакоотвала;

$Д_i^2$ – годовой доход от реализации продукции вида i, производимой объектами-утилизаторами золошлаковых отходов (предприятиями стройиндустрии);

$П_R^2$ - величина экономии затрат на автодорожное строительство, обусловленная заменой природного сырья золошлаковыми отходами;

$\Delta П_A^2$ – экономическая оценка дополнительно получаемой сельхозпродукции за счет роста урожайности культур, обеспечиваемой использованием золы для раскисления почв;

M_i^2 – экономия затрат, получаемая при производстве строительных материалов вида i за счет замены природного сырья золошлаковыми отходами;

$З_D^2$ – приведенные затраты на создание золошлакоотвала;

T^2 – площадь территории, высвобождаемой за счет отказа от создания золошлакоотвала; L_i^2 – площадь территории, необходимая для размещения i-го объекта-утилизатора золошлаков;

$E_T(E_i^2)$ – экономическая оценка высвобождаемой (вовлекаемой)территории.

Предотвращенный экономический ущерб от загрязнения ОС золошлаковыми отходами рассчитывается с учетом выбросов золошлаков как в воздушный, так и в водный бассейн, т.е.

$$У_П^2 = У_A^2 + У_w^2, \qquad (6)$$

Заметим, что методика расчета ряда элементов, составляющих величину годового экономического эффекта от утилизации отходов, одинакова независимо от вида отходов (например, это относится к определению величины предупрежденного ущерба от загрязнения ОС и некоторым другим показателям). Поскольку методы расчета отдельных элементов экономического эффекта от утилизации отходов уже были названы или показаны на примере формирования величины эффекта от утилизации вскрышных пород угольного разреза, то в дальнейшем при характеристике формирования экономического эффекта от утилизации других видов отходов они будут опущены.

Отметим некоторые специфические моменты вычисления отдельных элементов величины годового экономического эффекта от утилизации золошлаковых отходов. Предупрежденный ущерб от загрязнения атмосферы (обеспечиваемый благодаря ликвидации золошлакоотвала) может оцениваться по двум ингредиентам – пыли и золе, а предупрежденный ущерб от загрязнения гидросферы – по взвешенным веществам. Предупрежденный ущерб от загрязнения гидросферы определяется величиной затрат, необходимых для предотвращения загрязнения воды, используемой для технологических и хозяйственных целей. К их числу относятся затраты на очистку воды при водоподготовке, затраты на разбавление сточных вод, затраты на перенос водозаборов или перемещение водопотребителей к более чистым источникам, на использование новых источников водоснабжения и т.п. Экономия затрат на автодорожное строительство при использовании золошлаковых отходов складывается за счет снижения расхода цемента, битума и щебня. Для оценки дополнительно получаемой сельскохозяйственной продукции принималось, что использование золы для раскисления почв ведет к росту урожайности зерновых на 20%.

Годовой доход от реализации продукции, производимой предприятиями строительной индустрии, потребляющими золошлаковые отходы, формируется за счет продукции завода шлакового кирпича, завода силикатного кирпича и завода по производ-

ству бетона и строительных растворов. Производство строительных материалов, получаемых с использованием золошлаковых отходов, обходится в среднем 1,5 раза дешевле, чем их производство с использованием традиционного сырья.

Основные источники формирования годового экономического эффекта от утилизации золошлаковых отходов показны в табл. 7.13. В целом, расчеты показывают, что годовой экономический эффект от утилизации золошлаковых отходов примерно в 2,5 раза превышают аналогичный показатель, полученный применительно к вскрышным породам угольного разреза. На наш взгляд, это связано, во-первых, с характером воздействия золошлаковых отходов на ОС, и, во-вторых, с наличием больших возможностей использования золошлаков для организации их утилизации.

Среди мероприятий, направленных на борьбу с возможным тепловым загрязнением гидросферы, нами предусматривается организация **утилизации теплых вод** ТЭС путем создания двух объектов-утилизаторов – тепличного комбината и рыбокомплекса. Создание объектов-утилизаторов теплых вод позволяет вносить определенный вклад в решение прежде всего таких проблем, как снижение выбросов тепла в водную среду, экономия топливно-энергетических ресурсов, укрепление продовольственной базы промузла.

Определение величины годового экономического эффекта от утилизации теплых вод ГРЭС осуществлялось по следующей формуле:

$$Э^3 = \sum_i (З_i^3 - \overline{З}_i^3) + У_П^2 + \sum_i Д_i^3 + \sum_i M_i^3 + E_T T^3 - \sum_i E_i^3 L_i^3 , \qquad (7)$$

где $Э^3$ – годовой экономический эффект от утилизации тепловых вод ГРЭС;

$З_i^3$ – приведенные затраты на производство продукции вида *i* традиционными способами;

$\overline{З}_i^3$ – приведенные затраты на производство продукции вида *i* путем создания объектов-утилизаторов тепла;

$У_П^2$ – предупрежденный годовой экономический ущерб от теплового загрязнения гидросферы;

$Д_i^3$ – годовой доход от реализации продукции вида *i*, выпускаемой объектами-утилизаторами теплых вод;

M_i^3 – экономия затрат, получаемая за счет сокращения потребностей тепличного комбината и рыбокомплекса в топливе для производства тепла на цели их обогрева;

T^3 – площадь территории, высвобождаемая в связи с утилизацией теплых вод и возможностью сокращения площади пруда-охладителя; L_i^3 – территория, необходимая для размещения *i*-го объекта-утилизатора теплых вод; $E_T(E_i^3)$ – экономическая оценка высвобождаемой (вовлекаемой) территории.

Величина предупрежденного экономического ущерба от выбросов тепла в гидросферу рассчитывается с учетом приведенных затрат, необходимых для осуществления мероприятий по охлаждению циркуляционной воды ТЭС в масштабах, соответствующих объему тепла, снимаемого объектами-утилизаторами, и приведенных затрат на организацию нужного объема водоснабжения.

Структура годового экономического эффекта от утилизации теплых вод ТЭС показана в табл. 7.13.

Оценка общей величины годового экономического эффекта от утилизации всех рассмотренных в задаче видов отходов ($Э^{УТ}$) определяется как сумма локальных годовых эффектов по отдельным видам утилизируемых отходов:

$$Э^{УТ} = \sum_{p=1}^{3} Э^{p}, \qquad (8)$$

где $Э^{p}$ – годовой экономический эффект от утилизации отходов вида p ($p=\overline{1,3}$; 1 – вскрышные породы, 2 – золошлаки, 3 – теплые воды).

Рассчитанная с использованием предложенной методики (1)–(8) экономическая эффективность различных направлений утилизации отходов, образующихся при функционировании топливно-энергетических объектов ШПУ, характеризуется следующими показателями (см. табл. 7.13). По результатам расчетов общая сумма экономического эффекта от утилизации отходов в ШПУ составила117 млн руб. (в ценах 2016 г.) При этом почти половина этой суммы приходится на долю эффекта утилизации теплых вод (49,6%). Более трети общей величины эффекта составляет экономический эффект от утилизации золошлаковых отходов (35,9%) и 14,5% – от утилизации вскрышных пород.

Величина годового экономического эффекта от утилизации вскрышных пород угольного разреза по результатам расчетов составила 17 млн руб. Структура полученной величины экономического эффекта по различным элементам показана в табл. 7.13. Видно, что более половины этой величины (55,3%) приходится на долю экономии приведенных затрат, обеспечиваемой благодаря переходу в производстве рассмотренных видов строительных материалов от традиционных технологий к технологиям, базирующимся на использовании вскрышных пород в качестве сырья. Вторым элементом по вкладу в общую сумму годового экономического эффекта от утилизации вскрышных пород (18,8%) является экономия затрат, получаемая за счет высвобождения природного сырья и заменой его вскрышными породами. Третий элемент по удельному весу в составе рассматриваемого вида экономического эффекта (14,1%) – это предупрежденный годовой ущерб от загрязнения атмосферы выбросами пыли. Наконец, на долю оставшихся двух элементов – годового дохода от реализации продукции, производимой объектами-утилизаторами, и экономии затрат на освоение территории – приходится соответственно 10% и 1,8% в общей величине полученного экономического эффекта от утилизации вскрышных пород угольного разреза.

Годовой экономический эффект от утилизации золошлаковых отходов составил 42 млн руб. (см. табл. 7.13). Основным источником формирования данного показателя, на долю которого приходится 46,4% в общей величине экономического эффекта от утилизации золошлаков, является сумма затрат, складывающаяся из годового дохода от реализации дополнительно получаемой за использование золошлаковых отходов продукции строительной индустрии и сельского хозяйства (19,0% и 9,5% – соответственно) и величины снижения затрат на автодорожное строительство (17,9%), обусловленной использованием золошлаков вместо ценных стройматериалов (цемента, битума, щебня).

Значительную часть (31,4%) в общей сумме годового экономического эффекта от утилизации золошлаковых отходов занимает величина экономии приведенных затрат на производство строительных материалов, получаемая в результате перехода от использования традиционных способов их получения к способам, основанным на утилизации золошлаковых отходов теплоэнергетики. Этот элемент, вместе с величиной возможного снижения затрат (15%), обеспечиваемого за счет сокращения расхода традиционного природного сырья в связи с заменой его золошлаками, составляет 46,4% общей величины экономического эффекта. На долю предупрежденного годового экономического ущерба загрязнения воздушного и водного бассейнов в связи со снижением поступления пыли и золы в воздух и взвешенных веществ в воду приходится 6%, в том числе 3,6% – составляет предупрежденный ущерб от загрязнения атмосферы и 2,4% – от загрязнения водоемов. Расчеты показывают, что годовой экономический эффект от утилизации золошлаковых отходов примерно на 2,5 раза превышают аналогичный показатель, полученный применительно к вскрышным породам угольного разреза. На наш взгляд, это связано, с характером воздействия золошлаковых отходов на ОС, и, во-вторых, с наличием больших возможностей использования золошлаков для организации их утилизации.

Общая сумма годового экономического эффекта от утилизации теплых вод ГРЭС составила 58 млн руб. Основными элементами данной суммы являются: (а) годовой доход от реализации продукции тепличного комбината и рыбокомплекса (30,0%); (б) экономия приведенных затрат на создание объектов-утилизаторов тепла для производства продукции тепличного и рыбного хозяйств вместо традиционных способов их получения (29,0%); (в) предупрежденный годовой экономический ущерб от теплового загрязнения водоемов (26,4%). Всего 14,6% приходится на долю экономии затрат, получаемой за счет сокращения потребностей объектов-утилизаторов в топливе (в расчете на уголь).

В целом полученные результаты расчетов экономической эффективности различных направлений утилизации отходов, образующихся при функционировании рассматриваемых топливно-энергетических объектов, свидетельствует о том, что одним из экономически наиболее выгодных направлений утилизации отходов является использование теплых вод ГРЭС. Учитывая это, можно рекомендовать расширение масштабов использования сбросного тепла теплоэлектростанции для целей развития тепличного и рыбного хозяйств. Представляется, что для ГРЭС такой мощности, как Березовская, имеет смысл, в частности, создавать новые виды теплиц – гидротеплицы-охладители с площадью обогрева не менее 100-150 га и потребляющих ежегодно около 15-20 млн Гкал/год.

В целом утилизация отходов не только эффективна с точки зрения социально-экономической, но и имеет важное экологическое значение как один из путей уменьшения загрязнения ОС и оздоровления обстановки в городах. Полная утилизация отходов (особенно промышленных) – один из оптимальных путей рационализации использования природных ресурсов и ООС.

7.5. ЭКОНОМИЧЕСКИЙ ЭФФЕКТ ОТ ОСУЩЕСТВЛЕНИЯ ПРИРОДООХРАННОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ

Осуществление выбранного комплекса ПОМ при формировании рассматриваемого промышленного узла (с учетом состава и масштабов развития промышленного производства, роста численности населения и объемов выполнения услуг объектами инфраструктуры, полученными по результатам решения) требует значительных затрат, на долю которых приходится 36,8% от общей суммы приведенных затрат на формирование узла (табл. 7.14).

Таблица 7.14

Структура затрат на природоохранные мероприятия в ШПУ

Элементы затрат	%
Затраты на формирование ШПУ – всего, в том числе:	100,0
Природоохранные мероприятия – всего, из них:	36,8
1. комплекс ПОМ, осуществляемых на угольном разрезе	4,3
2. комплекс ПОМ, связанных с функционированием ГРЭС	15,7
3. атмосферо- и водозащитные мероприятия, предусмотренные на прочих промышленных предприятиях узла	1,1
4. районные очистные сооружения по обработке бытовых сточных вод	1,9
5. системы водоснабжения	5,7
6. системы водоотведения	0,3
7. компенсация изъятия сельскохозяйственных угодий для нужд промышленного и гражданского строительства	5,1
8. обеспечение потребностей объектов экологической инфраструктуры в услугах строительных организаций, трудовых и локальных природных ресурсах	2,7

Источник: расчеты автора.

В структуре затрат экологического назначения выделяются прежде всего затраты, необходимые для проведения комплекса ПОМ на ГРЭС (42,7% от всей суммы затрат па ООС в узле), затраты на организацию водооборотных систем на объектах промузла (15,5%) и затраты, связанные с осуществлением мероприятий по изъятию сельскохозяйственных земель для нужд промышленного и гражданского строительства и их компенсацией (13,8%). В совокупности доля перечисленных элементов затрат составляет 72% от общей величины приведенных затрат на осуществление ПОМ.

Анализ структуры затрат экологического назначения по угольному разрезу и ГРЭС показывает, что в составе затрат, связанных с осуществлением ПОМ на угольном разрезе, выделяются прежде всего затраты на создание и функционирование систем локальной очистки сточных вод (37,2%) и затраты на проведение рекультивационных работ (34,9%). Мероприятия по атмосферозащите и утилизации вскрышных пород угольного разреза составляют соответственно 18,6 и 9,3% от общей суммы затрат экологического назначения.

В структуре затрат на ПОМ на ГРЭС наибольшую долю (47,1%) имеют затраты на обеспечение охлаждения (в требуемых объемах) теплых вод станции и почти 1/3 –

затраты па атмосферозащитиые мероприятия (32,5%). Затраты на организацию очистки сточных вод и утилизацию золошлаковых отходов и теплых вод составляют соответственно 12,1 и 8,3%.

Таким образом, выявленная структура затрат экологического назначения для исследуемых в задаче топливно-энергетических объектов и удельный вес отдельных элементов данных затрат в общей их величине отражают характер воздействия изучаемых объектов на ОС и дает представление о масштабах природоохранной деятельности на каждом из этих объектов. Так, угольный разрез выделяется преимущественным негативным воздействием на ОС в части загрязнения водного бассейна и нарушения ландшафта, а тепловая электростанция – части влияния на тепловой режим водоемов и загрязнения атмосферы.

По результатам решений годовой экономический эффект от проведения всей выбранной системы ПОМ в ШПУ оценивается в 975 млн руб.[1] При этом различные направления природоохранной деятельности по их вкладу в общую величину годового экономического эффекта от проведения всего комплекса ПОМ в ШПУ распределяются следующим образом (табл. 7.15).

За счет осуществления *атмосфероохранпых мероприятий* достигается 41% общего эффекта. Годовой экономический эффект от их внедрения данных мер определяется как разность между величиной предупрежденного экономического ущерба от загрязнения атмосферы и приведенными затратами па охрану воздушного бассейна, т. е. $Э^a = У_n^a - З^a$. Заметим, что охрана атмосферы от загрязнения рассматривается в данном случае без включения мероприятий по утилизации отходов, которые учитываются отдельно. Здесь же в составе атмосфероохранных мероприятий отражаются все остальные атмосферозащитные мероприятия, выбранные по результатам решения на объектах промузла. Величина снижения годового экономического ущерба от загрязнения атмосферы ($Э^A = У_П^A - З^A$) рассчитывалась по четырем компонентам выбросов в воздух – пыли, золе, $N0_x$ и $S0_2$ – и в совокупности составила 1722,5 млн руб. Приведенные затраты, связанные с атмосферозащитой на объектах промузла, равняются 289 млн руб. Отсюда $Э^A$ =689-289= 400 (млн руб.).

Годовой экономический эффект от проведения водоохранных мероприятий составляет 365 млн руб., или 37,4% от общей величины экономического эффекта, достигаемого в результате осуществления всего комплекса ПОМ в ШПУ. Он определяется разностью между величиной предупрежденного годового экономического ущерба от загрязнения водного бассейна и приведенными затратами на водоохранные мероприятия: $Э^w = У^w_n - З^W$. При этом величина снижения данного вида ущерба рассчитывается исходя из приведенных затрат на очистку сбрасываемых сточных вод до уровня, регламентированного Правилами охраны поверхностных вод от загрязнения сточными водами. Для нашей задачи $У^w_n$ =1094 млн руб.

В состав системы водоохранных мероприятий, выбранных по результатам решения, кроме сооружений по очистке промышленных и бытовых сточных вод, входят мероприятия по переносу мест сброса сточных вод для ряда объектов узла, введение оборотных систем водоснабжения на всех рассматриваемых предприятиях, очистка и

[1]Величина эффекта рассчитывалась на основе существующих подходов и методик определения экономической эффективности проведения природоохранных мероприятий [134; 272].

использование для технологических целей дренажных вод угольного разреза, обеспечение условий для разбавления отводимых сточных вод свежей водой, охлаждение циркуляционных вод ГРЭС. При этом водоохранные мероприятия, так же, как и атмосфероохранные, рассматриваются без учета утилизации отходов. Общая сумма приведенных затрат на охрану водного бассейна от загрязнения составляет 729 млн руб. В результате имеем: $Э^{w}$ = 1094– 729 = 365 (млн руб.).

Таблица 7.15

Формирование величины годового экономического эффекта от внедрения системы природоохранных мероприятий в Шарыповском промышленном узле (цены 2016 г.)

Наименование показателей	Обозначение показателей	Млн руб.	%
Годовой экономический эффект от осуществления комплекса ПОМ– всего, в том числе по элементам:	$Э = У_{П}^{A} + У_{П}^{W} - З^{A} - З^{W} + Э^{Ут} + Э^{Рел} + S^{W}$	975	100,0
1) от внедрения атмосферозащитных мероприятий	$Э^{A} = У_{П}^{A} - З^{A}$	400	41,0
2) от внедрения водоохранных мероприятий	$Э^{W} = У_{П}^{W} - З^{W}$	365	37,4
3) от утилизации отходов	$Э^{Ут} = \sum_{p=1}^{3} Э^{p}$	117	12,0
4) от проведения рекультивационных работ	$Э^{Рек} = Д^{Рек} + EL^{Рек} - З^{Рек}$	37	3,8
5) Экономия приведенных затрат на организацию водоснабжения за счет введения водооборотных систем	S^{w}	56	5,8

Примечание: здесь $У_{П}^{A}(У_{П}^{W})$ – предупрежденный годовой экономический ущерб от загрязнения атмосферы (водоемов); $З^{A}(З^{W})$ – приведенные затраты на охрану воздушного (водного) бассейна; $Д^{Рек}$ – доход от реализации продукции, получаемой с рекультивируемых земель; $L^{Рек}$– площадь территории, восстанавливаемая в результате рекультивации; E – экономическая оценка 1 га земли; $З^{Рек}$ – приведенные затраты на рекультивацию нарушенных земель.

Источник: расчеты автора.

Важной составляющей годового экономического эффекта является также *экономия затрат на организацию систем водоснабжения*, получаемая в результате применения водооборота и сокращения расхода водных ресурсов (5,8%). Она оценивалась по сумме затрат на водообеспечение при условии применения прямоточных систем

водоснабжения с учетом необходимости пополнения запасов воды в узле путем передачи дополнительных объемов воды из источников, расположенных за пределами рассматриваемого промузла.

Годовой экономический эффект от проведения рекультивационных работ $Э^{рек}$ определялся для сельскохозяйственного вида рекультивации с учетом возврата в сельскохозяйственный оборот 4,55 тыс. га восстановленных угодий. Его величина определяется по формуле: $Э^{Рек} = Д^{Рек} + EL^{Рек} - З^{Рек}$. По результатам расчетов она составила 37 млн руб., что в общей величине экономического эффекта соответствует 3,8%.

В целом проведенное исследование показало, что формирование Шарыповского промузла на базе крупных топливно-энергетических объектов может привести к напряженной экологической ситуации. Это связано в первую очередь с химическим и тепловым загрязнением данными объектами водоемов и атмосферы, воздействием открытых горных разработок на ландшафт, ограниченными возможностями территории узла с точки зрения обеспечения производства и населения локальными природными ресурсами, существующими параметрами эффективности функционирования очистного оборудования (часто не обеспечивающими требуемой степени обезвреживания вредных выбросов), отсутствием малоотходных технологий. Поэтому осуществление комплекса рассмотренных ПОМ, направленных на предотвращение возможного негативного воздействия топливно-энергетических объектов на ОС, представляется необходимым условием дальнейшего формирования ШПУ.

Резюме

Опыт проведенных исследований по оптимизации природоохранных мероприятий при формировании Шарыповского промышленного узла позволяет сделать следующие выводы.

1. Решение показало неудовлетворительность показателей, характеризующих экологичность используемых технологий и функционирование природоохранного оборудования на первых объектах КАТЭКа в случае выхода их на полную мощность. Поэтому представляется необходимым наметить в качестве первоочередных мер работы по совершенствованию как технологии очистки вредных выбросов и сбросов в ОС, улучшение показателей функционирования элементов экологической инфраструктуры, так и совершенствование технологических процессов добычи и сжигания угля. В противном случае требуется отказ от строительства II очереди Березовской ГРЭС-1. В соответствии с этим для угольного разреза требуется повышение эффективности пылеочистки и пылеподавления. На ГРЭС-1 КПД золоочистки должен быть в пределах 98,5–99% (по проекту – до 98%), размер санитарно-защитной зоны – не менее 10 км и высота домовой трубы для II очереди – 420 м. Наряду с этим, по результатам расчетов необходимо включение в состав выбираемой для исследуемых объектов системы ПОМ и ряда дополнительных мер, в частности, перенос места сброса сточных вод угольного разреза Березовский, создание дополнительного, помимо пруда-охладителя, водоохлаждающего оборудования на ГРЭС-1, двукратное по сравнению с проектом увеличение пропускной способности районных очистных сооружений в. г. Шарыпово и др.

2. Складывающаяся напряженная экологическая ситуация в ШПУ свидетельствует о том, что экологические возможности для дальнейшего наращивания в производства путем строительства новых предприятий других отраслей (кроме объектов ТЭК) весьма ограничены.

3. Результаты расчетов подтвердили высказанные еще на стадии постановки задачи предположения о возможном лимитирующем характере влияния локальных природных ресурсов (воды и территории) на формирование пространственной структуры ШПУ.

4. Ограниченные возможности водоема, принимающего образующиеся очищенные сточные воды для их дополнительного разбавления свежей водой (р. Урюп), обусловливает необходимость проведения более глубокой очистки на очистных сооружениях производственных объектов промузла, а также бытовых стоков на районных очистных сооружениях, а ужесточение этих возможностей следует рассматривать как один из факторов, в значительной мере сдерживающих расширение хозяйственной деятельности в узле. При рассмотренных масштабах и структуре развития ШПУ в его пределах отсутствуют экологические возможности для дополнительного поступления в воду ряда вредных веществ. В частности, складывающийся напряженный баланс загрязнения поверхностных вод фенолами, маслами и нефтепродуктами обусловливает необходимость выноса за пределы узла возможных новых промышленных предприятий. Критическими видами загрязнения атмосферы в Шарыповском промузле являются в первую очередь окислы азота, а также, в значительной мере, сернистый ангидрид и пыль, основным источником выделения которых является ГРЭС-1. При этом расчеты, выполненные с учетом комбинации выбросов окислов азота и сернистого ангидрида, показали, что достижение экологических нормативов становится возможным лишь при переводе ГРЭС с сжигания рядового угля на продукты его энерготехнологической переработки.

5. Для будущих ГРЭС КАТЭКа следует выбирать территории, которые, с одной стороны, характеризуются незначительным уровнем существующей экологической нагрузки, особенно при сочетании в одном месте ГРЭС и угольного разреза и, с другой стороны, обладают благоприятным потенциалом климатических факторов, обусловливающих рассеивающую способность атмосферы. Совместное размещение ГРЭС с другими предприятиями в пределах тех или иных промузлов с экологических позиций представляется возможным только в случае внедрения на вновь создаваемых тепловых станциях более прогрессивных технологий сжигания бурого угля, обеспечивающих сокращение выделения в атмосферу окислов азота и серы.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Проблема сохранения ОС может быть решена только при комплексном подходе, поскольку соблюдение отдельных экологических требований не может гарантировать в целом сохранения экологического равновесия в природе. Такой подход может обеспечить не только достижение высокого качества ОС отдельных территорий, но и сбалансированное эколого-экономическое развитие страны в целом. Курс на переход России на инновационный путь развития предоставляет широкие возможности для более кардинального решения экологических проблем, поскольку предполагает техническую модернизацию производства, ориентацию на ресурсосберегающие и экологически безопасные технологии, внедрение которых требует использования долгосрочных подходов, одним из которых является разработка стратегии. Формирование стратегии природоохранной деятельности в регионе определяется множеством его экономических, социальных и природных особенностей, что обусловливает необходимость выбора приоритетов в осуществлении природоохранных мероприятий. При этом одним из важнейших направлений природоохранной деятельности в любом регионе должно быть обеспечение технологической основы экологической безопасности экономического развития и формирование эффективного правового и экономического механизма регулирования отношений между хозяйственной деятельностью и ОС. Встраивание экологических проблем в экономические стратегии региона позволяет рассматривать ОС как составную часть социально-экономического развития. Экологические последствия любой хозяйственной деятельности возникают и проявляются в первую очередь на конкретной территории, что обусловливает насущность поиска путей их оптимизации с учетом регионального характера антропогенного воздействия на состояние ОС. Природоохранная стратегия должна составлять одну из основ государственной экологической политики, которая нацелена на разработку и осуществление мероприятий по сохранению и улучшению состояния ОС и здоровья людей.

Проведенные исследования позволяют сделать следующие выводы.

1. Изучение взаимодействия общества и природы в историческом аспекте позволило сформулировать три основные парадигмы в области охраны ОС – потребительскую, ограничительную и интегрированную – и выделить факторы, обусловившие их формирование.

Показана суть концепций пределов роста и устойчивого развития и сделан вывод о том, что современные экологические вызовы и угрозы ставят перед обществом новые задачи и требуют выбора новых приоритетов, основанных на принципах устойчивого развития и «зеленой» экономики, в соответствии с которыми экономический рост и повышение благосостояния людей должны происходить при одновременном снижении негативного воздействия на ОС. Другими словами, экономический рост и охрана ОС являются взаимодополняющими стратегиями. Обоснована необходимость стратегической оценки воздействия на ОС, учитывающей синергетический эффект хозяйственной деятельности, а также реализации принципа непревышения ассимиляционных возможностей ОС при ведении хозяйственной деятельности.

2. Предложенные методические основы изучения антропогенного воздействия на ОС и выявление возможных проявлений последствий таких воздействий позволили акцентировать внимание на «цепных реакциях», происходящих в ОС, благодаря которым изменения в ее состоянии распространяются как в рамках отдельных экосистем, так и биосферы в целом, а также предложить классификацию видов проявле-

ния последствий воздействия хозяйства и населения на ОС и наметить основные цели и направления их анализа.

Показано, что природоохранные мероприятия занимают важное место в системе связей «хозяйство и население – природная среда». На основе обоснования значимости учета территориальных аспектов охраны ОС предложены методологические основы формирования эколого-экономических взаимодействий на территории. Анализ проблем увязки экологических проблем с характером размещения производства, особенностями и масштабами хозяйственной деятельности на отдельной территории показал, что на уровне региона эколого-экономические взаимодействия не только приобретают особую актуальность, но и для их регулирования имеются наилучшие возможности при разработке и реализации программ социально-экономического развития и обосновании инвестиционной политики.

3. Исследование возможных направлений прогнозирования экологических последствий хозяйственной деятельности в регионе позволило предложить три возможных способа учета влияния экологических факторов на формирование элементов территориально-производственных систем и пути их реализации.

К ним относятся:

-во-первых, проведение комплекса природоохранных мероприятий (включая совершенствование технологических процессов и внедрение технологических и управленческих инноваций);

-во-вторых, введение запретов на совместное функционирование в том или ином месте различных сочетаний производств, неблагоприятных с экологических позиций (с учетом эффектов суммации и синергизма, особенностей территории, требований сохранения здоровья людей);

-в-третьих, использование возможностей размещения производства и населения для решения экологических проблем.

4. Успех экологизации экономики во многом зависит и от экологизации инструментов управления и совершенствования их институциональной поддержки.

Показано, что в развитых странах рост внимания к экологическим проблемам на рубеже 60–70-х годов XX века и усиление значимости всестороннего учета экологических требований сопровождались активизацией деятельности государства в экологической сфере и началом формирования государственной экологической политики. Основными условиями ее формирования являются выработанные обществом принципы экологической политики и территориальная специфика экологических проблем, позволяющие установить приоритетность экологических проблем на том или ином уровне территориального управления и наметить пути их решения. Изучение зарубежного опыта формирования государственной экологической политики свидетельствует о все большем осознании растущей потребности интегрировать экологические цели в механизм хозяйствования, об усилении роли природоохранной деятельности в развитых странах, что основано на формировании эффективной государственной экологической политики, среди методов которой все большие предпочтения отдаются не столько мерам ограничительного характера, сколько стимулированию усилий по улучшению состояния ОС.

В России формирование экологической политики началось только в 90-е годы XX века и к началу XXI века были заложены необходимые основы для разработки и реализации результативной экологической политики, которые, к сожалению, не удалось сохранить в последующие годы в результате, главным образом, серии реорганизаций при-

родоохранных органов. Вскрыты причины слабости современной государственной экологической политики в России, которые, на наш взгляд, вытекают прежде всего из-за отсутствия специализированного ведомства по охране ОС; ослабления природоохранного и ресурсного законодательства; разрушения института экологической экспертизы и государственного экологического контроля и мониторинга; постоянного сокращения объемов финансирования природоохранных мероприятий; запутанности государственного управления в сфере ресурсопользования и охраны ОС; сырьевой направленности экономики; затягивания с переходом на инновационный путь эколого-экономического развития страны и внедрением «зеленых» технологий и др.

На основе анализа сложившейся в России системы государственного экологического регулирования высказаны предложения по возможным направлениям совершенствования механизма государственной экологической политики, к которым в первую очередь отнесены меры по совершенствованию финансового механизма природоохранной деятельности; развитию действующего в РФ природоохранного законодательства; восстановлению института экологической экспертизы; разработке адекватной системы экологического нормирования и переходу на принцип наилучших доступных технологий; учету организационных аспектов управления природоохранной деятельностью; ужесточению сложившейся системы экологической ответственности; разработке и внедрению инновационных инструментов в экологической сфере, включая стимулирование использования экологически чистых технологий, переориентации финансирования на «зеленые» инвестиции и др.

5. Разработка природоохранной стратегии региона как одной из важных функций экологической политики определяется его пространственными, производственными и организационно-технологическими особенностями.

Предложенные основные методологические и методические основы формирования стратегии охраны ОС в регионе предусматривают определение экологической миссии региона и его экологического образа будущего, постановку приоритетных целей и задач и выбор возможных путей их решения путем детализации в конкретных проектах и программах, выработку механизма их реализации, анализ и оценку результатов и последствий реализации программ. Региональные программы как средство увязки экономических, социальных и экологических целей развития региона позволяют комплексно охватить основные проблемы развития региона, реализовывать идеи устойчивого развития, в соответствии с которыми предусматривается экономическое и социальное развитие, сбалансированное с возможностями ОС и включающее в качестве обязательного условия обеспечение экологической безопасности развития соответствующей территории. Проанализировано место экологической подсистемы в структуре программ социально-экономического развития территории и показано, что содержание экологического блока в значительной мере зависит от предполагаемых направлений и масштабов экономического развития в пределах исследуемого региона, формирования территориальной организации хозяйства, выбора систем расселения и т.д., что свидетельствует о существовании тесных взаимосвязей между выработкой стратегии природоохранной деятельности и режимом экономической и социальной активности в регионе.

Изложенная методология прогнозирования экологической сферы в регионе соответствует принципам государственного экологического управления и разработки экологических программ и отражает элементы системы стратегического планирования в

России, которая включает прогнозирование социально-экономического развития, программно-целевое планирование и стратегический контроль.

Реализация предложенной методологии разработки стратегии охраны ОС на примере Новосибирской области позволила получить следующие результаты:

1) выполненный анализ исходного состояния ОС позволил выявить основные факторы, определяющие характер экологических проблем на территории области и дать предварительную оценку экологической ситуации;

2) сформулированные основные вызовы в области формирования благоприятной экологической ситуации в регионах страны, включая НСО дали возможность определить ее экологическую миссию и обозначить экологический образ будущего;

3) выделенные направления формирования природоохранной стратегии НСО и анализ основных факторов ее формирования (включая пространственный, производственный и организационный) позволили определить цель, задачи и стратегические приоритеты в сфере ООС (атмосфероохранная деятельность, рационализация использования водных ресурсов и охрана водных объектов, образование и обращение с отходами и др.);

4) анализ предложенных сценариев решения экологических проблем в рамках формируемой стратегии социально-экономического развития НСО позволил выявить их преимущества, ограничения и риски и выбрать базовый для целей прогнозирования возможных изменений в состоянии ОС;

5) предложенная система природоохранных мероприятий может составить основу стратегии природоохранной деятельности рассматриваемой территории и, соответственно, определить основные направления совершенствования системы экологического регулирования, обеспечивающих минимизацию негативного воздействия антропогенной деятельности на ОС и в целом экологическую безопасность развития экономики НСО;

6) расчеты по прогнозу загрязнения атмосферы НСО по наиболее распространенным загрязняющим веществам, отходящим от стационарных источников на период 2005–2025 гг., с учетом названных мероприятий и параметров мобилизационного сценария[1], свидетельствуют о реальной возможности формирования тенденции постепенного улучшения состояния атмосферного воздуха в области;

7) предложенная система критериев и показателей для оценки состояния экологической ситуации в регионе может также использоваться и для оценки результативности намечаемой природоохранной деятельности. Предложенный перечень индикаторов отражает стратегические экологические приоритеты и ключевые экологические проблемы, стоящие перед руководством и населением НСО и предназначен для использования региональными органами управления в качестве инструмента мониторинга природоохранной деятельности. Это дает возможность осуществлять своевременную доработку и корректировку программы, направленную на достижение экологических целей развития;

8) для реализации природоохранной стратегии в регионе требуется создание определенных условий, предусматривающих прежде всего создание экономического инструментария стимулирования природоохранной деятельности, организацию управления, правовое обеспечение мероприятий программ, установление определенного по-

[1] Стратегия социально-экономического развития Новосибирской области на период до 2025 года. - Новосибирск, 2007 г. (от 03.12.2007 № 474) – http://economnso.ru/files/1654.pdf.

рядка финансирования природоохранной деятельности, внедрение инновационных рычагов экологической политики, координация и контроль.

6. Одним из инструментов управления природоохранной деятельностью в регионе, соответствующим идеологии разработки региональных экологических программ, может быть предложенный в Институте экономики и организации промышленного производства СО РАН экономико-математический аппарат по стратегическим эколого-экономическим исследованиям, который предназначен для комплексного эколого-экономического анализа последствий реализации хозяйственных решений в регионе.

Основу данного аппарата составляют территориальные оптимизационные экономико-математические модели, позволяющие не только достаточно полно учитывать специфические условия регионов, но и генерировать множество сценариев их развития, получать ориентировочную информацию об эффективности того или иного варианта эколого-экономического развития территории и обеспечивать выбор наиболее эффективного варианта с позиций преследуемых целей. Использование предложенного аппарата позволяет прогнозировать экологические последствия формирования региональных хозяйственных систем и ставить и решать, в частности, такие задачи, как определение уровня загрязнения атмосферного воздуха и водоемов в зависимости от предполагаемых направлений и масштабов производства в том или ином регионе, установление экологически допустимых масштабов территориальной концентрации производства, выбор варианта системы природоохранных мероприятий в условиях заданных экономических, социальных и экологических ограничений, определение суммарной величины экономического ущерба, причиняемого природной среде в результате антропогенной деятельности и др.

К числу основных преимуществ разработанного инструментария анализа эколого-экономических взаимосвязей относятся, прежде всего, следующие:

1) комплексность охвата проблем охраны ОС и воспроизводства локальных природных ресурсов благодаря рассмотрению их во взаимосвязи с элементами региональной социально-экономической системы и в единстве экономических, социальных и природных элементов отдельной территории;

2) отражение пространственного аспекта исследования проблем охраны ОС, позволяющего осуществлять учет как особенностей конкретной территории, так и специфику ее экономической и социальной сфер, а также более точно устанавливать связь между источниками загрязнения и зонами их влияния;

3) учет фактора динамики, позволяющий, в частности, анализировать возможность накопления загрязнения во времени с учетом возможного разложения вредных веществ в воде и рассеивания в воздухе, требования не ухудшения качественного состояния водной и воздушной среды в каждом ареале с течением времени, переноса загрязнения по течению рек и по воздуху, очередность проведения рекультивационных работ с учетом видов хозяйственного использования восстановленных земель и др.;

4) отражение требований охраны ОС на региональном и местном уровнях осуществляется с учетом многообразных (а не только отраслевых) связей, возникающих между различными элементами ОС и хозяйством территории в процессе его формирования, включая совместное использование трудовых и локальных природных ресурсов, объектов энергетической, транспортной, социально-бытовой и экологической инфраструктуры и т.д., а также природоохранных мероприятий;

5) конкретность предмета исследования, включая источники негативного воздействия на ОС (производственные объекты, элементы инфраструктуры и т.д.), локальные производственные системы и эколого-экономические взаимосвязи, отражающие специфику экологических проблем в отдельном регионе, структуру производства и масштабы развития хозяйства той или иной территории;

6) анализ разного рода эколого-экономических потерь (включая экономический ущерб от загрязнения ОС) в результате возможных негативных воздействий на ОС – загрязнения водных объектов и атмосферного воздуха; создания водохранилищ, трансформации компонентов или процессов природы и др.;

7) прогнозирование качества воды в водохранилищах каскада ГЭС при различных компоновках возможных гидроузлов и др.

Предложенные оптимизационные модели хорошо вписываются в требования стратегий и программ, поскольку содержат в себе формулирование цели (критерий оптимальности), постановку задач (условия и ограничения модели, параметры и переменные), формирование системы природоохранных мероприятий (объекты, варианты, и т. д.), связи между объектами, возможность построения множества допустимых вариантов решения. Они позволяют имитировать различные ситуации, которые могут сложиться на территории при тех или иных условиях в пределах области выбора и тем самым дать более обоснованную базу для анализа и принятия управленческих решений с позиций формирования экологической ситуации.

7. С использованием предложенного экономико-математического аппарата выполнена серия сценарных расчетов на материалах Нижнего Приангарья, результаты которых позволили выявить «узкие» места в регионе с экологических позиций, проанализировать полученные результаты и высказать рекомендации по рационализации природоохранной деятельности в регионе.

Опыт освоения Нижнего Приангарья свидетельствует о том, что реализуемые здесь начиная с 2006 г. инвестиционные проекты характеризуются (при всех их плюсах) целым рядом слабых моментов с позиций учета экологических требований:

1) не имеют необходимого экологического обоснования и не содержат программ по охране ОС;

2) слабо ориентированы на комплексное развитие территории;

3) сохраняют исключительно сырьевую направленность;

4) демонстрируют отсутствие увязки реализуемых инвестиционных проектов с финансовыми интересами и возможностями территории, прежде всего в социальной и экологической сферах;

5) не предусматривают сбалансированного пространственного развития;

6) повторяют многие негативные тенденции, характерные для строительства гидроэлектростанций на реках Ангара и Енисей;

7) не создают стимулов для развития малого и среднего бизнеса и условий для повышения качества жизни местного населения.

Проведенная серия сценарных расчетов по прогнозированию эколого-экономического развития территории Нижнего Приангарья позволила учесть ряд отмеченных экологических пробелов инвестиционных проектов и выявить его болевые точки с экологических позиций, а также высказать ряд рекомендаций по формированию хозяйственного комплекса при условии соблюдения экологических требований. К их числу относятся, в частности, необходимость пересмотра масштабов размещаемых и будущих объектов в сторону снижения единичных мощностей отдельных предпри-

ятий-загрязнителей; выхода на новые эколого-ориентированные технологии производства; деконцентрации производства по территории с целью лучшего использования адаптационных механизмов ОС; более тщательного обоснования числа предполагаемых к размещению в пределах региона промышленных предприятий и их возможной концентрации по промузлам; учета факторов накопления и естественного переноса загрязнения; отказа от объектов-гигантов и разгрузки узлов (Богучанского и Кодинского); учета негативных последствий создания водохранилищ; предотвращения возможного экономического ущерба; учета экологической совместимости намечаемых производств (эффекты синергизма и аддитивности); предупреждения ухудшения качественного состояния воды в нижнем течении р. Ангара; разработки адекватной эколого-ориентированной инновационной политики и др.

Освоение Нижнего Приангарья требует комплексного подхода, обеспечивающего его развитие с позиций увязки экономических, социальных и экологических приоритетов на основе формирования высокотехнологичного производства, создания энергоэффективных и экологически чистых предприятий. От этого будет во многом зависеть развитие данной территории в более отдаленной перспективе – останется ли оно преимущественно сырьевым или акценты будут делаться на комплексное развитие территории и на диверсификацию хозяйства в целом, создавая предпосылки для долгосрочного устойчивого развития. С рассмотренных позиций Нижнее Приангарье могло бы стать модельным регионом по отработке подхода к освоению и развитию, основанного на инновационных принципах.

8. В рамках предложенного методического подхода к анализу последствий создания водохранилищ при сооружении каскада ГЭС выполнена постановка задачи по анализу возможных последствий создания водохранилищ каскада ГЭС при различных компоновках возможных гидроузлов с учетом перспектив хозяйственного развития, разработана соответствующая методика и проанализированы полученные результаты ее использования на материалах региона, охватывающего территорию среднего течения реки Енисей и нижнего течения реки Ангара.

Основное внимание уделено выявлению роли потенциальных и существующих водохранилищ Ангаро-Енисейского каскада ГЭС по двум взаимосвязанным направлениям: прогнозирование формирования возможного хозяйственного комплекса (в том числе энергоемких и водоемких производств, прежде всего целлюлозно-бумажных комбинатов) и оценка состояния качества воды в водохранилищах с учетом процессов изменения концентраций примесей в воде водохранилищ и в донных отложениях. Выполненные расчеты позволили сравнить различные варианты компоновки каскадов ГЭС с точки зрения возможного формирования загрязнения воды и оценить возможное влияние ЦБК на качество воды в водохранилищах, а также показать, как будет меняться концентрация вредных веществ в динамике в зависимости от сезонного регулирования водохранилищ и периода их наполнения. Высказаны предложения по возможным направлениям совершенствования предложенной методики и использования полученных результатов расчетов.

9. Разработанная методика учета влияния факторов ОС на здоровье людей в районе размещения и функционирования крупных ТЭС строится на поэтапном решении следующих задач:

1) установление количественных зависимостей между заболеваемостью детского населения и факторами, влияющими на нее;

2) учет рассеивания вредных выбросов на отдельной территории в зависимости от климатических условий в ее пределах, размещения производственных объектов и характеристик выбросов;

3) на основе объединения полученных расчетов на первых двух этапах определяются варианты прогноза заболеваемости детского населения в Лесосибирском промузле.

В результате реализации предложенного подхода установлены количественные зависимости между заболеваемостью детского населения и определяющими ее факторами; проведены вариантные расчеты по определению концентраций вредных веществ на территории рассматриваемого узла с учетом изменений условий очистки выбросов предприятий теплоэнергетики.

10. В рамках предложенного подхода к учету требований рекультивации земель в районе формирования угле-энергетического комплекса на базе открытой добычи бурого угля разработана специальная оптимизационная экономико-математическая модель, отражающая проведение рекультивационных работ на нарушенных землях в условиях создания и функционирования нескольких угольных разрезов и вовлечения восстановленных земель в хозяйственный оборот для различных нужд.

Данный подход позволяет рассматривать вопросы рекультивации земель в совокупности с вопросами размещения и функционирования угольных месторождений и других объектов угле-энергетического комплекса в отдельном регионе; наилучшего использования земельных ресурсов; определения затрат на осуществление работ по восстановлению нарушенных земель; выбора вариантов масштабов и структуры проведения рекультивационных работ и направлений их последующего использования и др. Реализация данного подхода на материалах конкретного региона (район Делич в Германии) позволила решить задачу определения наилучшего варианта проведения рекультивации в зависимости от процесса изъятия земель в ходе открытой разработки ряда месторождений угля в тесной связи с особенностями развития и функционирования угольно-энергетического комплекса.

Расчеты показали, что основными факторами, под влиянием которых определяется структура рекультивации по видам хозяйственного использования восстановленных земель, являются: транспортное положение тех или иных разрезов по отношению к разрезам, поставляющим вскрышные породы и гумусовый слой для проведения рекультивации; наличие вскрышных пород и собственных ресурсов гумусового слоя на разрезах, проводящих рекультивацию; наличие территорий, готовых к проведению рекультивации в те или иные моменты времени; требование соблюдения допустимых сроков хранения гумусового слоя в складированном состоянии; очередность проведения во времени разных видов рекультивации на разных разрезах и динамика масштабов изъятия земель; структура рекультивированных угодий по видам хозяйственного использования восстановленных земель (в целом по району); характер транспортных связей между разрезами по использованию вскрышных пород и гумуса.

Параметрический анализ ограничений на проведение рекультивации на отдельных разрезах выявил зависимость величины транспортных затрат от степени равномерности и структуры проведения рекультивации по разрезам, а также позволил определить влияние разброса заданий на выполнение рекультивационных работ на величину суммарных затрат на создание и функционирование угле-энергетического комплекса.

11. Предложенный подход по оптимизации системы природоохранных мероприятий при формировании ТЭК (на примере Шарыповского промузла КАТЭКа) включает экономическую постановку соответствующей задачи, разработку экономико-математической модели по оптимизации природоохранной деятельности и осуществление серии расчетов. Практическая реализация данного подхода и анализ полученных результатов позволили высказать рекомендации по комплексу мер, направленных на сохранение ОС и рационализацию использования локальных природных ресурсов в Шарыповском промузле.

Специфика предложенной модели заключается в детальном отражении системы природоохранных мероприятий для объектов ТЭК; учете организации утилизации отходов угольного разреза и ТЭС; формировании мощностей очистных сооружений в процессе решения задачи; отражении вопросов рекультивации земель; учете комбинаций вредных веществ (например, NO_x и SO_2); отражении количественных и качественных аспектов организации водообеспечения и сброса сточных вод с учетом раздельного представления водоисточников, служащих местом водозаборов и сброса сточных вод, а также потребностей в воде для разбавления сбрасываемых сточных вод; включении условий формирования дохода от проведения системы природоохранных мероприятий, в том числе от утилизации отходов и рекультивации нарушенных земель.

В целом проведенное исследование показало, что формирование ШПУ на базе крупных топливно-энергетических объектов может привести к напряженной экологической ситуации. Это связано в первую очередь с химическим и тепловым загрязнением данными объектами водоемов и атмосферы, воздействием открытых горных разработок на ландшафт, ограниченными возможностями территории узла с точки зрения обеспечения производства и населения локальными природными ресурсами (в том числе достаточными объемами воды для разбавления отводимых сточных вод), существующими параметрами эффективности функционирования очистного оборудования, часто не обеспечивающего требуемую степень обезвреживания вредных выбросов и др. Поэтому осуществление комплекса ПОМ, направленных на предотвращение возможного негативного воздействия топливно-энергетических объектов на ОС, представляется необходимым условием формирования рассмотренного промузла.

В целом накопленный опыт исследований по прогнозированию экологических последствий хозяйственной деятельности и практическая реализация предложенных подходов на материалах конкретных территорий свидетельствуют о возможности использования предложенного подхода для целей анализа влияния хозяйственной деятельности на состояние ОС в регионе и позволяет устанавливать экологические возможности выполнения задаваемых производственных программ на той или иной территории и соответственно выявлять требуемые варианты и масштабы природоохранных мероприятий. Практическая реализация предложенных путей анализа выбора направлений природоохранной деятельности в регионе позволила осуществить как комплексный охват его экологических проблем, так и детальное отражение отдельных проблем.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

Книги и статьи

1. **Абалкина И.Л.** Страхование экологических рисков (из практики США). – М.: ИНФРА-М, 1998. – 88 с.
2. **Аганбегян А.Г.** Нужно переходить к новой экономической политике // Мир новой экономики. – 2014. – № 4. – С. 6–12.
3. **Аганбегян А.Г.** Почему экономика России топчется на месте? // Проблемы теории и практики управления. – 2018. – № 3. – С. 11–26.
4. **Айзард В., Ван Зеле Р., Канисс Ф.** Потенциальные возможности и проблемы экономико-экологических моделей управления многорегиональными системами. – В кн.: Современные проблемы географии. – М.: Наука, 1976. – С. 123–141.
5. **Акимова Т.А., Хаскин В.В.** Экономика Природы и Человека. – М.: Экономика, 2006. – 333 с.
6. **Акиншин А.С.** Экологическая политика зарубежных стран и Россия: Учебное пособие. – Волгоград: Изд-во ВолГУ. – 2003. – 228 с.
7. **Акулов С.И.** Принятие решений в экологических проблемах на предприятии. // Маркетинг в России и за рубежом. – 2015. – № 1. – С.28–36.
8. **Алексеев В.В., Зубков К.И., Килин А.П., Широгоров В.В.** Зарубежный опыт региональной антидепрессивной политики. – Екатеринбург: Наука, 1992. – 155 с.
9. **Ангаро-Енисейский кластер.** – URL: http://pda.fedpress.ru/pda_tags_news/73591.
10. **Ангаро-Енисейский кластер** для китайских болванчиков? – URL: http://npriangarie.ru/2012/1196/.
11. **Ангаро-Енисейский кластер** пойдет ТОРом. – URL: http://kras.mk.ru/article/2014/03/05/993763-angaroeniseyskiy-klaster-poydet-torom.html.
12. **Ангарский каскад** ГЭС. – Википедия. – https://ru.wikipedia.org/.
13. **Арский Ю.М., Данилов-Данильян В.И., Залиханов М.Ч., Кондратьев К.Я., Котляков В.М., Лосев К.С.** Экологические проблемы: что происходит, кто виноват и что делать? – М.: МНЭПУ, 1997. – 330 с.
14. **Артоболевский С.С.** Региональная политика России: обзор современного состояния // Регион. – 1999. – №3. – С. 21–37.
15. **Аткиссон А.** Как устойчивое развитие может изменить мир: пер. с англ. – М.: Бином. Лаб. знаний, 2012. – 455 с.
16. **Ахмедов С.Н., Громов Б.С., Ланкин В.П., Пак Р.В., Козлов В.А.** К вопросу об оптимальной производственной мощности при строительстве алюминиевых заводов // Цветные металлы. – 2002. – №12. – С. 4–7.
17. **Ахмедов С.Н., Громов Б.С., Ланкин В.П., Пак Р.В., Козлов В.А.** Финансово-экономическая оптимизация производственной мощности при строительстве алюминиевых заводов. – URL: http://www.alcorus.ru/articles/6.ru.html.
18. **Ачкасов Е.Е.** Экология человека и промышленное загрязнение окружающей среды. – URL: http://www.docme.ru/doc/512377/kafedra-gospital._noj-hirurgii.
19. **Бабкин В.И.** О регулировании стока на Енисее и его притоках. – http://www.plotina.net/regulirovanie-stoka-na-enisee/.
20. **Бабина Ю.В.** Экономический механизм природопользования и охраны окружающей среды. – М.: Изд-во МНЭПУ, 2003. – 175 с.
21. **Байкал** и ГЭС: узковедомственный подход доминирует над национальными интересами. – URL: http://www.plotina.net/bassovet-shapkhaev-2015/.
22. **Дубовик О.Л.** Экологическая преступность в Российской Федерации: состояние, тенденции и связи с транснациональной, коррупционной и организованной преступностью // Криминологический журнал. БГУЭП. – 2010. – № 1. – С. 27.
23. **Балацкий О.Ф.** Экономика защиты воздушного бассейна. – Харьков: Вища школа, 1976. – 99 с.

24. **Бандман М.К.** Территориально-производственные комплексы: теория и практика предплановых исследований. / отв. ред. А.Г. Аганбегян; ИЭОПП СО АН СССР. – Новосибирск: Наука. Сибирское отделение, 1980. – 255 с.
25. **Бедный О.П.** Нарушения при проведении экологической экспертизы. // Экология производства. – 2007. – № 3. – С. 41–46.
26. **Безруков Л.А.** Проблема компенсации ущерба от сооружения БоГЭС // Исток: Эколого-географическая газета Байкальского региона. – 2012. – № 2 (89). – С. 4–5.
27. **Безруков Л.А., Никольский А.Ф.** Экономическая оценка ущерба от негативного воздействия Ангарского каскада ГЭС и водохранилищ на природу, хозяйство и население Иркутской области // География и природные ресурсы. – 1995. – № 1. – С. 125–134.
28. **Белкина С.В.** Прогнозирование синергизма мутагенных, канцерогенных и летальных эффектов при взаимодействии различных факторов окружающей среды. Дисс. на соиск. уч. ст. канд. биол. наук. – Обнинск, 2007. – 163 с.
29. **Белокрылова Е.А, Уаге М.Б.** Наилучшие доступные технологии в экологическом праве Российской Федерации: Проблемы и перспективы // Вестник Удмуртского университета: экономика и право. – 2014. – Т. 24. – Вып. 4. – С. 119–123.
30. **Бобров А.Л.** Развитие системы экологического менеджмента в России. // Экологический ежегодник. – 2007. – № 1. – С. 34–45.
31. **Бобылев С.Н.** Методические рекомендации по разработке и внедрению индикаторов устойчивого развития регионального уровня / С.Н. Бобылев, С.В. Соловьева. – М.: ERM, 2003. – 36 с.
32. **Бобылев С.** Россия на пути антиустойчивого развития? // Вопросы экономики. – 2004. – № 2. – С. 43–54.
33. **Бобылев С.Н.** Устойчивое развитие и "зеленая" экономика // Энергия: экономика, техника, экология. – 2015. – № 8. – С.16–20.
34. **Бобылев С.Н., Аверченков А.А., Соловьева С.В., Кирюшин П.А.** Энергоэффективность и устойчивое развитие. – М.: Институт устойчивого развития / Центр экологической политики России, 2010. – 148 с.
35. **Бобылев С.Н., Гирусов Э.В., Перелет Р.А.** Экономика устойчивого развития. – М.: Ступени, 2004. – 266 с.
36. **Бобылев С.Н., Захаров В.М.** «Зеленая» экономика и модернизация. Эколого-экономические основы устойчивого развития. На пути к устойчивому развитию России. – URL: http://www.ecopolicy.ru/upload/File/Bulletins/B_60.pdf.
37. **Бобылев С.Н., Захаров В.М.** Кризис: экономика и экология. – М.: ООО «Типография ЛЕВКО», Институт устойчивого развития. / Центр экополитики России, 2009. – 84 с.
38. **Боголюбов С.А.** Актуальные проблемы экологического права. – М.: Издательство Юрайт, 2011. – 607 с.
39. **Боголюбов С.** Известные основные направления экологической политики... // Зеленый мир. – 2008. – № 11–12. – С.17.
40. **Богучанская** ГЭС на р. Ангаре. Вариант гидроузла с отметкой НПУ водохранилища 173,0 м. Экспертная оценка. Т.1. Пояснительная записка. Гидропроект им. С.Я. Жука. – М., 1991.
41. **Богучанская** ГЭС на р. Ангаре. Вариант гидроузла с отметкой НПУ водохранилища 183,0 м. Экспертная оценка. Т.1. Пояснительная записка. Гидропроект им. С.Я. Жука. – М., 1991.
42. **Богучанская** ГЭС на р. Ангаре. Проект первой очереди с отметкой НПУ водохранилища 185 м. Раздел «Оценка воздействия на окружающую среду. Охрана окружающей среды». Сводный отчет. Гидропроект, 2004 г. (ОВОС 185).
43. **Богучанская** ГЭС мощностью 3000 МВт. Предварительная социальная и экологическая оценка в рамках подготовки банковского ТЭО. – М.: «Эколайн», SE Solution, 2006. – 120 с.
44. **Богучанская** ГЭС – завершение строительства. – URL: http://snip1.ru/newconstruction/bokuchinskaya-ges-zavershenie-stroitelstva/.
45. **Боравская Т.В.** Социально-экологическая ответственность бизнеса. – URL:http://www.rospromeco.com/zakonodatelstvo/27-analytic/zakonodatelstvo/60-zakonodatelstvo-2.

46. **Бородкина В.В., Карпычева О.В., Рыжкова О.В., Улас Ю.В.** Природно-ресурсный потенциал северных территорий Красноярского края. // Международные научные исследования. – № 3. –2015. – С. 64–71.
47. **Боске Бенуа.** Экологизация налоговой системы в России. http://www.wwf.ru/data/economy/benuat.pdf.
48. **Братск** – самый загрязненный город в Иркутской области/ – URL: http://www.ecoindustry.ru/news/view/22906.html.
49. **Братск** – самый грязный город среди грязных городов России. – URL:http://baikal24.ru/text/26-12-2009/bratsk/.
50. **Бринчук М.М.** Благоприятная окружающая среда – важнейшая категория права // Журнал российского права. – 2008. – № 9. – С. 37–52.
51. **Бринчук М.М.** Благоприятная окружающая среда как конституционное право. Проблемы правового регулирования платы за негативные воздействия на окружающую среду // Бизнес-адвокат. – 2006. – № 1. – С. 34–50.
52. **Бринчук М.М.** Экологическое право (право окружающей среды). – М.: Юристъ, 1998. – URL: http://www.bibliotekar.ru/ecologicheskoe-pravo-3/index.htm.
53. **Бурматова О.П.** Экологический менеджмент как инструмент управления: возможности, проблемы, перспективы //Вестник НГУЭУ. – 2018. – № 2. – С. 33–45.
54. **Бурматова О.П.** Возможности и ограничения развития Нижнего Приангарья с позиций экологического императива. // Реки Сибири. Материалы VI Международной конференции «Реки Сибири». – Красноярск: 2011. – С.18–21.
55. **Бурматова О.П.** Выбор варианта природоохранных мероприятий при прогнозировании Черненковского промышленного узла КАТЭКа // Территориально-производственные комплексы: предплановые исследования / Отв. ред. М.К. Бандман, Б.П. Орлов. – Новосибирск: Наука, 1988. – С.97–132.
56. **Бурматова О.П.** Выбор варианта производственной структуры Черненковского промузла как объекта первоочередного освоения // Гигиенические основы решения территориальных задач (на примере КАТЭКа). – Новосибирск: Наука, 1987. – С.235–248.
57. **Бурматова О.П.** Выбор варианта хозяйственных решений с учетом загрязнения окружающей среды // Труды Междунар. науч.-практич. конф. "Математические методы и информационные технологии макроэкономического анализа и экономической политики", посвящ. 80-летию акад. НАН РК А.А. Ашимова, 11–12 апр. 2017 г., г. Алматы. – Алматы: НЦ НТИ, 2017. – С. 80–85.
58. **Бурматова О.П.** Индикаторы состояния окружающей среды региона // Вестник НГУ. Т.2. – Вып.2. – 2003. – С. 98–110.
59. **Бурматова О.П.** Инвестиционные проекты в Нижнем Приангарье в контексте устойчивого развития. – URL: http://www.myshared.ru/slide/3027.
60. **Бурматова О.П.** Инновационные аспекты экологической безопасности развития региона в условиях финансово-экономического кризиса // Российский регион: управление инновационным развитием в условиях мирового финансового кризиса. Всероссийская научно-практическая конференция. – Волгоград: ВАГС, 2010. – С.481–484.
61. **Бурматова О.П.** Инструментарий оптимизации природоохранной деятельности при прогнозировании развития экономики региона. Препринт. – Новосибирск: ИЭОПП СО РАН, 2009. – 76 с.
62. **Бурматова О.П.** Использование SWOT-анализа в региональных стратегических разработках // Проблемы регионального и муниципального управления / Под ред. А.С. Новоселова. – Новосибирск: ИЭОПП СО РАН, 2011. – С. 332–356.
63. **Бурматова О.П.** Интеграция экологических требований в стратегию социально-экономического развития региона // Поиск инновационных элементов развития анализа и бухгалтерского учета экономических процессов. Сб. материалов конференции. – Новосибирск: НГУЭУ, 2009. – С. 308–314.
64. **Бурматова О.П.** Методические аспекты диагностики функционирования региона с позиций устойчивого развития // Инновационный потенциал современного региона: проблемы региональной безопасности и внутрирегиональной интеграции на постсоветском пространстве. Материалы Всероссийской научно-практической конференции. – Волгоград: ВАГС, 2011. – С.7–16.

65. **Бурматова О.П.** Методические аспекты оптимизации функционирования отраслей по утилизации отходов // Экологическая безопасность и современные технологии. – Миасс, 2009. – С.14–31.

66. **Бурматова О.П.** Моделирование атмосфероохранной деятельности в регионе // Труды Гранберговской конференции. 10–13 окт. 2016 г. Сб. докладов Междунар. конф., посвящ. 80-летию со дня рождения акад. А.Г. Гранберга "Пространственный анализ социально-экономических систем: история и современность" / под ред. В.И. Суслова, Л.В. Мельниковой; ИЭОПП СО РАН. – Новосибирск: ИЭОПП СО РАН, 2017. – С. 162–171.

67. **Бурматова О.П.** Моделирование охраны водного бассейна в регионе // Проблемы функционирования и развития территориальных социально-экономических систем: Материалы VI Всероссийской науч.-практич. internet-конференции. В 2-х частях. Часть I. – Уфа: ИСЭИ УНЦ РАН, 2012. – 268 с. – С.133–138.

68. **Бурматова О.П.** Моделирование регионального развития с учетом экологического фактора // Проблемы функционирования и развития региональных социально-экономических систем. Сб. ст. II Всерос. науч.-практич. internet-конференции. В 3-х томах / Ин-т соц.-экон. исслед., Уфимский науч. центр РАН. – Уфа, 2008. – Т. II. – С. 35–40.

69. **Бурматова О.П.** Моделирование эколого-экономических взаимодействий в регионе // Поиск инновационных элементов развития анализа и бухгалтерского учета экономических процессов. Сб. материалов конференции. – Новосибирск: НГУЭУ, 2009. – С. 315–323.

70. **Бурматова О.П.** Модель выбора варианта хозяйственных решений в регионе с учетом их экологических последствий // Проблемы инновационного управления экономикой регионов Сибири / Под ред. А.С. Новоселова, В.Е. Селиверстова. – Новосибирск: ИЭОПП СО РАН, 2015. – С. 270–282.

71. **Бурматова О.П.** Модернизация инструментов экологической политики и проблемы их внедрения // Регион: экономика и социология. – 2011. – № 3. – С. 170–194.

72. **Бурматова О.П.** Нижнее Приангарье: экологическая ситуация и стратегия охраны окружающей среды. Препринт. – Новосибирск: ИЭ и ОПП СО РАН, 1994. – 48 с.

73. **Бурматова О.П.** Оптимизация пространственной структуры ТПК. Экологический аспект. – Новосибирск: Наука, 1983. – 226 с.

74. **Бурматова О.П.** Основы территориального природопользования: Учебно-методический комплекс. – Новосибирск: НГАЭиУ, 2002. – 131 с.

75. **Бурматова О.П.** Особенности формирования экологической политики в Российской Федерации. // VII Всероссийская науч.-практич. конф. «Социально-экономическое развитие России в XXI веке». – Пенза, 2008. – С.16–19.

76. **Бурматова О.П.** Оценка состояния окружающей среды в регионе (на примере Новосибирской области) // Новосибирская область: проблемы управления пространственным развитием / Под ред. А.С. Новоселова. – Новосибирск: ИЭОПП СО РАН, 2005 – С. 216–243.

77. **Бурматова О.П.** Оценка экологических факторов развития региона с использованием SWOT-анализа // Социально-экономическая политика государства и возможности ее реализации в современных условиях. Сб. статей XI Междунар. науч.-практич. конф. – Пенза: Приволжский Дом знаний, 2011. – С.161–164.

78. **Бурматова О.П.** Предотвращение негативного воздействия открытых горных работ на литосферу // Окружающая природная среда и экологическое образование и воспитание. Сб. статей XI Международной науч.-практич. конференции. – Пенза: Приволжский Дом знаний, 2011. – С.123–125.

79. **Бурматова О.П.** Природоохранная стратегия социально-экономического развития региона // Регион: экономика и социология. – 2014. – № 3. – С.219–245.

80. **Бурматова О.П.** Природопользование: УМК. – Новосибирск, СибАГС, 1999. – 130 с.

81. **Бурматова О.П.** Природопользование: Учебно-методический комплекс для дистанционного обучения. – Новосибирск, СибАГС, 2002. – 172 с.

82. **Бурматова О.П.** Проблемы и перспективы в области финансирования природоохранной деятельности. // Вестник НГУ. Серия Социально-экономические науки. – 2005. – Т.5. – Вып.2. – С.36 – 48.

83. **Бурматова О.П.** Проблемы разработки региональной природоохранной стратегии. // Конкурентоспособность и стратегические направления развития региона / Под ред. А.С. Новоселова. – Новосибирск: ИЭОПП СО РАН, 2008. – С. 451–487.

84. **Бурматова О.П.** Прогнозирование качества воды в водохранилищах каскада ГЭС при различных компоновках будущих гидроузлов // Вестник НГУЭУ. – 2016. – № 3. – С. 187–202.

85. **Бурматова О.П.** Прогнозирование природоохранной деятельности при формировании топливно-энергетического комплекса (на примере КАТЭКа) // Оценка и прогноз природопользования в развитии регионов: материалы рабочего международного совещания по теме 1.3 СЭВ, Москва-Вильнюс, октябрь 1987 г. – М., 1988. – С. 111–120.

86. **Бурматова О.П.** Реализация инвестиционных проектов в регионе с позиций экологического императива (на примере Нижнего Приангарья) // Проблемы управления социально-экономическим развитием регионов Сибири / Под ред. А.С. Новоселова. – Новосибирск: ИЭОППСОРАН, 2013. – С. 269–284.

87. **Бурматова О.П.** Региональная экономика и природопользование: Словарь-справочник. – Новосибирск: СибАГС, 2000. – 328 с.

88. **Бурматова О.П.** Региональная экологическая диагностика как механизм устойчивого развития региона (на примере Новосибирской области) // Сибирь в XXI веке: альтернативы и прогнозы развития: Материалы научно-практ. конференции. – В 2-х частях. Часть 1. – Красноярск: Красноярский гос. ун-т, 2003. – С. 269–279.

89. **Бурматова О.П.** Рекультивация земель при открытых горных разработках // Интерэкспо ГЕО-Сибирь-2015. XI Международный научный конгресс, 13–25 апреля 2015 г., Междунар. науч. конф. «Экономическое развитие Сибири и Дальнего Востока. Экономика природопользования, землеустройство, лесоустройство, управление недвижимостью»: сб. материалов в 4-х томах. – Т. 1. – Новосибирск: СГУГиТ, 2015. – С. 61–64.

90. **Бурматова О.П.** Социально-экономическое развитие и новая парадигма природоохранной деятельности // Экономика, социология, право: новые вызовы и перспективы. Междунар. науч.-практич. конф. 10–15 мая 2010 г.: в 2-х томах. – Том 1. – М., 2010. – С. 89–93.

91. **Бурматова О.П.** Стратегические аспекты природоохранной деятельности в регионе. – Новосибирск: ИЭОПП СО РАН, 2011. – 72 с.

92. **Бурматова О.П.** Стратегические направления экологической политики // Сибирское экономическое обозрение: информационно-аналитический выпуск (тенденции экономического и социального развития, финансового состояния, региональные рейтинги). Стратегия социально-экономического развития Новосибирской области (прогнозно-аналитические материалы). Вып. 8 (специальный). – Новосибирск: Нонпарель. – 2007. – С. 53–56.

93. **Бурматова О.П.** Тенденции трансформации механизма управления природоохранной деятельностью в России и её регионах. // Регион: экономика и социология. – 2010. – № 1. – С. 216–234.

94. **Бурматова О.П.** Управление воздействием отраслей экономики на окружающую среду: Учебное пособие. – Новосибирск: НГУ, 2006. – 174 с.

95. **Бурматова О.П.** Управление эколого-экономическими взаимосвязями в регионе // Субъекты Федерации и города Сибири в системе государственного и муниципального управления / Под ред. А.С. Новоселова. Новосибирск: ИЭОПП, 2005. – С. 289–337.

96. **Бурматова О.П.** Утилизация отходов как один из путей экологизации производства // Интерэкспо ГЕО-Сибирь-2014. X Междунар. науч. конгресс, 8 – 18 апреля 2014 г., Междунар. науч. конф. «Экономическое развитие Сибири и Дальнего Востока. Экономика природопользования, землеустройство, лесоустройство, управление недвижимостью»: сб. материалов в 2-х томах. Т. 1. – Новосибирск: СГГА, 2014. – С. 69–73.

97. **Бурматова О.П.** Формирование системы региональных эколого-экономических индикаторов // Воспроизводственный потенциал региона. Материалы IV Международной научно-практической конференции. – Ч.II. / Отв. ред. К.Н. Юсупов. – Уфа: РИЦ БашГУ, 2010. – С. 30–39.

98. **Бурматова О.П.** Экологизация производства в свете инновационного развития // Регион: экономика и социология. – 2012. – № 4. – С. 257–277.

99. **Бурматова О.П.** Экологическая обстановка в Нижнем Приангарье // Нижнее Приангарье: социально-экономическое развитие региона. – Новосибирск: ИЭ и ОПП СО РАН, 1993. – С. 155–164.

100. **Бурматова О.П.** Экологическая стратегия как функция управления природоохранной деятельностью в регионе // Субфедеральная экономическая политика: проблемы разработки и реализации в Сибирском федеральном округе / Под ред. А.С. Новоселова. – Новосибирск: ИЭОПП СО РАН, 2012. – С. 223–262.

101. **Бурматова О.П.** Экологические аспекты стратегических разработок в регионе // Экономика, финансы и управление в современных условиях. Сб. науч. статей. – Самара, 2010. – С. 39–49.

102. **Бурматова О.П.** Экологический сценарий развития региона (на примере Новосибирской области) // Управление регионом: тенденции, закономерности, проблемы. Материалы VII межрегиональной науч.-практич. конф. с междунар. участием, 28 июня – 1 июля, 2010 г., г. Горно-Алтайск / Отв. ред. Р.Т. Адарина. – Горно-Алтайск, РИО ГАГУ, 2010. – С. 31–38.

103. **Бурматова О.П.** Эколого-ориентированный механизм регионального развития. // Региональное и муниципальное управление социально-экономическим развитием Сибирского федерального округа / Под ред. А.С. Новоселова. – Новосибирск: ИЭОПП СО РАН, 2014. – С. 341–358.

104. **Бурматова О.П.** Эколого-экономическая диагностика в регионе // Поиск инновационных элементов развития анализа и бухгалтерского учета экономических процессов. Сб. материалов конференции. – Новосибирск: НГУЭУ, 2008. – С. 156–164.

105. **Бурматова О.П.** Эколого-экономические индикаторы в системе управления регионом // Стратегическое управление пространственным развитием субъектов Федерации и городов Сибири / Под ред. А.С. Новоселова. – Новосибирск: ИЭОППСОРАН, 2009. – С. 248–268.

106. **Бурматова О.П., Мкртчян Г.М.** Экономика природопользования. Словарь-справочник. – Новосибирск: НГУ, 2009. – 162 с.

107. **Бурматова О.П., Сумская Т.В.** Взаимосвязь состояния природной среды и здоровья населения. // Интерэкспо ГЕО-Сибирь-2016. XII Междунар. науч. конгресс. Междунар. науч. конф. "Экономическое развитие Сибири и Дальнего Востока. Экономика природопользования, землеустройство, лесоустройство, управление недвижимостью": сб. материалов в 3-х т. – Новосибирск: СГУГиТ, 2016. – Т. 1. – С. 94 – 97.

108. **Бурматова О.П., Сумская Т.В.** Влияние выбросов крупных теплоэлектростанций на здоровье людей // Роль социальных, медико-биологических и гигиенических факторов в формировании здоровья населения. VIIIМеждунар. науч.-практич. конф. – Пенза: Приволжский Дом знаний, 2010. – С. 17–19.

109. **Бурматова О.П., Сумская Т.В.** Прогнозирование заболеваемости населения в условиях загрязнения атмосферного воздуха//Регион: экономика и социология. – 2017. – № 2. – С. 287–307.

110. **Бурматова О.П., Сумская Т.В.** Финансовые аспекты обеспечения эколого-ориентированного развития // Мир экономики и управления. – 2016. – № 2. – С. 44–56.

111. **Бурматова О.П.** Формирование системы государственного экологического регулирования // Региональная экономическая политика субъекта Федерации: принципы, формы и методы реализации. / Под ред. А.С. Новоселова. – Новосибирск: ИЭОПП СО РАН, 2010. – С. 412–452.

112. **Бурматова О.П.** Стратегические разработки в районе нового освоения // Актуальные проблемы экономики и права. – 2018. – Т. 12. – № 2. – С. 221–240.

113. **Бурматова О.П.** Вызовы в области формирования благоприятной экологической ситуации в России и пути их преодоления // Мир экономики и управления. – 2017. – Т. 17, № 3. – С. 19–34.

114. **Бурматова О.П.** Формирование системы государственного экологического регулирования // Региональная экономическая политика субъекта Федерации: принципы, формы и методы реализации. / Под ред. А.С. Новоселова. – Новосибирск: ИЭОПП СО РАН, 2010. – С. 412–452.

115. **Бурматова О.П.** Актуальные направления совершенствования управления экологической сферой // Могущество Сибири будет прирастать? Материалы междунар. науч. форума «Образование и предпринимательство в Сибири: направления взаимодействия и развитие регионов» (Новосибирск, 12–13 октября 2017 г.). – Новосибирск: НГУЭУ, 2017. – С. 166–167.

116. **Бурматова О.П.** Эколого-экономические взаимодействия на территории Сибирского федерального округа // Могущество Сибири будет прирастать? Материалы междунар. науч. форума «Образование и предпринимательство в Сибири: направления взаимодействия и развитие регионов». (Новосибирск, 12–13 октября 2017 г.). – Новосибирск: НГУЭУ, 2017. – С. 124–125.

117. **Бурматова О.П.** Стратегические аспекты экологического регулирования регионального развития // XIII Международный научный конгресс и выставка "Интерэкспо ГЕО-Сибирь-2017". Междунар. науч. конф. "Экономическое развитие Сибири и Дальнего Востока. Экономика природопользования, землеустройство, лесоустройство, управление недвижимостью": сб. материалов в 2-х т. / М-во обр. и науки РФ, Сиб. гос. ун-т геосистем и технологий. – Новосибирск: СГУГиТ, 2017. – Т. 1. – С. 196–200.

118. **Бурматова О.П.** Инновационный вектор экологизации производства // IX Международная научно-практическая конференция "Инновационное развитие российской экономики". В 6 т. Т. 6: Регионально-отраслевой потенциал инновационной экономики / М-во обр. и науки РФ, Рос. экон. ун-т им. Г.В. Плеханова, РГНФ. – М.: РЭУ им. Г.В. Плеханова, 2016. – С. 166–170.

119. **Бюджетные** ассигнования федерального бюджета по разделу «Охрана окружающей среды». – URL: http://protown.ru/information/hide/6375.html.

120. **Василенко А.В.** Инновации в ресурсном обеспечении природоохранных мероприятий. – URL: http://www.ogbus.ru/authors/Rodionova/Vasilenko_2.pdf.

121. **Василенко В.А.** Устойчивое развитие регионов: подходы и принципы. / под ред. А.С. Новоселова. Новосибирск: ИЭОПП СО РАН, 2008. – 208 с.

122. **Вендров С.Л.** Запросы народного хозяйства к изучению и эксплуатации водохранилищ в связи с задачами комплексного использования и охраны водных ресурсов // Материалы науч.-техн. совещания по изучению Куйбышевского водохранилища. – Куйбышев, 1963. – Вып. 1. – С. 36–48.

123. **Вендров С.Л.** Каскад: реальность и проекты. – URL: http://www.vokrugsveta.ru/vs/article/5001/.

124. **Вернадский В.И.** Биосфера и ноосфера. М.: Наука, 1989. – 181 с.

125. **Вернадский В.И.** Научная мысль как планетное явление. – М.: Наука, 1991. – 272 с.

126. **Вершило Н.Д., Вершило Т.А.** Целевые экологические программы и экологические фонды как инструменты планирования и финансирования в области охраны окружающей среды // Экологическое право. 2009. № 1. С. 18–24.

127. **Веселов А.** Сфера охраны окружающей среды России… // Зеленый мир. – 2009. – № 5 – 6. – С.2.

128. **Веселова К.А.** Наилучшие доступные технологии: реализация комплексного подхода // Экология производства. – 2010. – № 12. – С. 88–90.

129. **Ветерков В.** Экология и инновации. – URL: http://ecamir.ru/experts/Ekologiya-i-innovatsii.html.

130. **В Красноярском** крае разработан инвестиционный проект «Ангаро-Енисейский кластер» стоимостью 272 млрд. рублей. – URL: http://gnkk.ru/news/in-the-krasnoyarsk-region-developed-an-investment-project-angara-yenisei-cluster-value-272-billion-r.html.

131. **В лесном** законодательстве много пробелов. – URL: http://prodmagazin.ru/2017/03/03/minselhoz-predlozhil-unichtozhat-vsyu-produktsiyu-neizvestnogo-proishozhdeniya/.

132. **Возняк В.** Общественное развитие и экология: взаимосвязь, противоречия, кризисы // Вопросы экономики. – 2009. – № 2. – С. 129–136.

133. **Восьмая** Конференция министров «Окружающая среда для Европы». Перечень возможных мер для «зеленой» экономики. – Батуми, Грузия 8–10 июня 2016 года.

134. **Временная** типовая методика определения экономической эффективности осуществления природоохранных мероприятий и оценки экономического ущерба, причиняемого народному хозяйству загрязнением окружающей среды. – М.: Экономика, 1986. – 96 с.

135. **Временная** методика определения предотвращенного экологического ущерба (утв. Госкомэкологией РФ 09.03.1999). – М.: Госкомэкология РФ, 1999. – URL: http://aquagroup.ru/normdocs/1406.

136. **Вспоминаем** 2016: Экология Братска. – URL:- http://1line.info/irkutskaya-oblast/stati/item/63275-vspominaem-bratsk.

137. **Гайденок Н.Д., Чмаркова Г.М., Шапхаев С.Г.** Изменение гидрологических свойств Ангары и Енисея в результате возведения каскада ГЭС // Глобальные и региональные проблемы устойчивого развития мира. Материалы международной конференции ЮНЕСКО. – Улан-Удэ, 2010. – 391с.

138. **Генеральная** схема развития объектов электроэнергетики до 2020 года. – М.: Гидропроект, 2008. – 260 с. (одобрена распоряжением Правительства РФ от 22.02.2008 № 215-р).

139. **Генеральный** план г. Лесосибирска. Т. 1. Пояснительная записка. Архитектурно-планировочное решение. – Красноярск, 2008. – 185 с.

140. **Гильмундинов В.М., Казанцева Л.К., Тагаева Т.О., Кугаевская К.С.** Загрязнение природной среды и общественное здоровье в России // Вестник НГУ. Серия: Социально-экономические науки. – 2012. – Т. 12, вып. 3. – С. 63–74.

141. **Гильмундинов В.М., Казанцева Л.К., Тагаева Т.О.** Состояние здоровья населения России и причины его ухудшения // ЭКО. 2009. – № 2. – С. 125–143.

142. **Главные** законы, которые необходимы России: Экологическое законодательство. – URL: http://www.zelife.ru/ekoplanet/stateeco/15746-mainzeco.html.

143. **Гладкий Ю.Н., Чистобаев А.И**. Основы региональной политики. Учебник. – СПб, 1998. – 659 с.

144. **Голованов А.И., Зимин Ф.М., Козлов Д.В. и др.** Природообустройство. – М: «КолосС», 2008. – 551 с.

145. **Голуб А.А., Струкова Е.Б.** Экономика природопользования. – М.: «Аспект-пресс»,1995. – 188 с.

146. **Гармонизация** экологических стандартов (ГЭС) II – Россия. Заключительный отчет. Блок деятельности 9. Платежи за загрязнение окружающей среды. – М., 2008. – 234 с.

147. **Горстко А.Б.** Введение в моделирование эколого-экономических систем. / Отв. ред. Г. С. Маркман; Рост.гос. ун-т. – Ростов-на-Дону: Изд-во Рост. ун-та, 1990.

148. **Горстко А.Б.** Математическое моделирование и проблемы использования водных ресурсов региона. – Ростов-на-Дону, 1976. – 64 с.

149. **ГОСТ** 17.5.3.04-83 «Охрана природы. Земли. Общие требования к рекультивации земель».

150. **ГОСТ** 17.5.1.02-85 «Охрана природы. Земли. Классификация нарушенных земель для рекультивации».

151. **ГОСТ** 17.5.1.01-83. (СТ СЭВ 3848-82) Рекультивация земель. Термины и определения.

152. **ГОСТ** 17.4.3.02-85. ОХРАНА ПРИРОДЫ. ПОЧВЫ. Требования к охране плодородного слоя почвы при производстве земляных работ.

153. **Государственная** программа Российской Федерации «Охрана окружающей среды» на 2012 – 2020 годы. – URL: http://www.mnr.gov.ru/regulatory/detail.php?ID=142844.

154. **Государственный** доклад «О состоянии озера Байкал и мерах по его охране в 2011 году». – Иркутск: Сибирский филиал ФГУНПП «Росгеолфонд», 2012. – 445 с.

155. **Государственный** доклад «О состоянии санитарно-эпидемиологического благополучия населения в Новосибирской области в 2015 году». – Новосибирск, 2016. – 250 с.

156. **Государственная** стратегия устойчивого развития Российской Федерации. Проект // Зеленый мир. – 2002. – № 13 – 14. – С. 1, 5–27.

157. **Гофман К.Г.** Переход к рынку и экологизация налоговой системы России // Экономика и математические методы. – 1994. – Том 30. – Вып.4. – С. 17–32.

158. **Громов В.В., Малинина Т.А.** Перспективы экологизации налоговой системы Российской Федерации. – М.: Издательский дом «Дело» РАНХиГС, 2015. – 84 с.

159. **Гусев А.А.** Проблемы совместного прогнозирования и охраны атмосферы // Экономика и математические методы. – 1979. – Т. XV, Вып. 1. – С. 31–44.

160. **Гусев А.А.** Основные принципы, механизмы и инструменты формирования экологической политики Европейского союза. – URL: http://jurnal.org/articles/2008/polit10.html/ и др.

161. **Гусева Т.В., Перелет Р.А.** Экологический аудит как современный инструмент менеджмента организации. // Менеджмент в России и за рубежом. – 2008. – № 5. – С. 117–130.

162. **ГЭС** на Нижней Ангаре. – http://blog.rushydro.ru/?p=8081.

163. **Данилов-Данильян В.И.** Об экологии, власти и капитале (к двадцатилетию природоохранной системы в России) // Зеленый мир. – 2008. – № 19 – 20. – С. 5–6.

164. **Данилов-Данильян В.И.** Сохранение среды обитания человека // К программе социально-экономического развития России 2008–2016. Научный доклад. – М.: Институт экономики РАН, 2008. – С. 117–129.

165. **Данилов-Данильян В.И**. Устойчивое развитие (теоретико-методологический анализ) // Экономика и математические методы. – 2003. – Т.39. – Вып. 2. – С. 123–135.

166. **Данилов-Данильян В.И., Залиханов М.Ч., Лосев К.С.** Экологическая безопасность. Общие принципы и российский аспект. М.: МНЭПУ, 2001. – 330 с.

167. **Данилов-Данильян В.И., Лосев К.С.** Экологический вызов и устойчивое развитие. – М.: Прогресс-Традиция, 2000. – 416 с.

168. **Данные** Минфина РФ (Структура расходов. Распределение основных видов расходов консолидированного бюджета РФ по уровням бюджетной системы, 2009–2015 гг.). – URL: http://info.minfin.ru/kons_rash.php.

169. **Данные** Министерства финансов Российской Федерации и Федерального казначейства – URL: http://info.minfin.ru/fbrash.php.

170. **Данные** Счетной палаты Российской Федерации. – URL: http://www.budgetrf.ru/Publications/Schpalata/Zakluchenia/ACH_ZAKL200911041925/ACH_ZAKL200911041925_p_008.htm.

171. **Джангиров В. А.** Развитие КАТЭК – одна из альтернатив обеспечения энергоресурсами. – URL: http://leg.co.ua/arhiv/raznoe-arhiv/razvitie-kltek-odna-iz-alternativ-obespecheniya-energoresursami.html.

172. **Джанкар-Уэбстер Б.** Проблемы и перспективы охраны окружающей среды в условиях рынка: опыт США // Вестник Московского университета. Серия 6. Экономика. – 1992. – № 5. – С. 37–45.

173. **Диксон Д., Скура Л., Карпентер Р., Шерман П.** Экономический анализ воздействия на окружающую среду. / Пер. с англ. А.Н. Сальникова, С.С. Шалыпиной; под науч. ред. С.Н. Бобылева, Т.Г. Леоновой, М.И. Сметаниной. – М.: Вита-Пресс, 2000. – 272 с.

174. **Доклад** об оздоровлении экологической обстановки в Российской Федерации // Зеленый мир. – 2003. – № 13–14. – С. 6–14.

175. **Дружинин П.В., Шкиперова Г.Т., Морошкина М.В.** Влияние развития экономики на окружающую среду: моделирование и анализ расчетов / Институт экономики КарНЦ РАН. Под общей ред. П.В. Дружинина. – Петрозаводск: Карельский научный центр РАН, 2010. – 119 с.

176. **Дружинин П.В., Морошкина М.В., Шкиперова Г.Т.** Моделирование влияния развития экономики на окружающую среду / Под общей ред. П.В. Дружинина. – Петрозаводск: Карельский научный центр РАН, 2009. – 96 с.

177. **Дружинин П.В., Шкиперова Г.Т.** Эколого-экономические модели и прогнозы в системе регионального управления // Проблемы прогнозирования. – № 1. – 2012. – С. 88–97.

178. **Дмитриева О.Г.** Региональная экономическая диагностика. – СПб.: Издательство Санкт-Петербургского университета экономики и финансов, 1992. – 272 с.

179. **Дубовик О.Л.** Экологическая преступность в Российской Федерации: состояние, тенденции и связи с транснациональной, коррупционной и организованной преступностью // Криминологический журнал. БГУЭП. – 2010. – № 1. – С. 27.

180. **Думова И.И.** Социально-экономические основы управления природопользованием в регионе. – Новосибирск: Наука, 1996. – 165 с.

181. **Думова И.И.** Механизмы управления региональным природопользованием. Новосибирск: Изд-во «Гуманитарные технологии», 2001. – 208 с.

182. **Ежегодные** Государственные доклады о состоянии и об охране окружающей природной среды Российской Федерации. – URL: http: //www.mnr.gov.ru.

183. **Ежегодные** Государственные доклады о состоянии окружающей среды Новосибирской области. – URL: http://dproos.nso.ru.

184. **Елин О.Ю.** Роль земельного фактора в формировании промышленных комплексов Красноярского края // Вестник ТГУ. – 2010. – Т. 15. – Вып. 5. – С. 1592–1594.

185. **Жданова О.В., Зиновьева И.С.** «Пробелы» в лесном законодательстве по обеспечению охраны лесов от пожаров // Современные наукоемкие технологии. – 2013. – № 10-2. – С. 285–287. – URL: http://www.scienceforum.ru/2013/64/78.

186. **Жигалова Л.Н., Юрин К.С.** Экологический менеджмент как инструмент повышения конкурентоспособности транспортного предприятия // Современные проблемы науки и образования. – 2015. – № 1-1.

187. **Жихаревич Б.С.** Территориальное стратегическое планирование: теория и практика // Регион: экономика и социология. – 2013. – №3 (79). – С. 303–306.

188. **Забелин С.** Модернизация через экологию // Мировая энергетика. – 2008. – №10. – С.12–14.

189. **Затраты** на охрану окружающей среды в РФ в 2010 году выросли на 8,44%. – РИА Новости http://ria.ru/eco/20110630/395681989.html#ixzz476gariSO.

190. **Заявление**, ставшее политическим завещанием академика Яблокова. – URL: http://ecodelo.org/rossiyskaya_federaciya/42756-zayavlenie_stavshee_politicheskim_zaveshchaniem_akademika_yablokova.

191. **Злотникова Т.** Природоохрана в России 20 лет. И к чему пришли? // Зеленый мир. – 2008. – № 19-20. – С. 7–9.

192. **Зубков М.Н.** Алгоритм терапии острых и хронических инфекций верхних и нижних дыхательных путей // Российский медицинский журнал. – 2009. – Т. 17. – № 2. – С. 123–131.

193. **Зуева С.В.** Зарубежный опыт социально-экономического развития территорий // Вестник НГИЭИ. – 2012. – № 1. – С. 51–59.

194. **Ивантер В.В.** Прогноз технологического развития экономики России с учетом новых мировых интеграционных процессов. – М., ИНП РАН, 2006.

195. **Изард У.** (Айзард У.) Методы регионального анализа. – М.: Прогресс, 1966. – 660 с.

196. **Израэль Ю.А.** Экологически устойчивое развитие // Использование и охрана природных ресурсов в России. – 2005. – № 6. – С. 82–83.

197. **Инвестиционный** проект «Комплексное развитие Нижнего Приангарья». – URL: http://www.sibarea.ru/investment/investment_projects/id/5/.

198. **Индикаторы** устойчивого развития России (эколого-экономические аспекты) / Под. ред. С.Н. Бобылева и П.А. Макеенко. – М.: ЦПРП, 2001. – 220 с.

199. **Индикаторы** устойчивого развития Кемеровской области. – Кемерово, Новокузнецк. – 2004. – 28 с.

200. **Индикаторы** устойчивого развития Томской области. – Вып.2. – Томск: Печатная мануфактура, 2004. – 46 с.

201. **Инструкция** по рекультивации земель, нарушенных и загрязненных при аварийном и капитальном ремонте магистральных нефтепроводов. РД 39-00147105-006-97.

202. **Информация** официального сайта Министерства финансов Российской Федерации. – URL: http://minfin.ru/ru/document/?id_4=64713&area_id=4&page_id=2104&popup=Y#ixzz3xxXdFtDR.

203. **Июдина Е.П.** Экологически приемлемое развитие промышленности. – М.: ИЭ РАН, 2010. – 226 с.

204. **Йоханнесбургская** декларация по устойчивому развитию. Принята на Всемирной встрече на высшем уровне по устойчивому развитию (Йоханнесбург, Южная Африка, 26 августа – 4 сентября 2002 года). – URL: http://www.un.org/ru/documents/decl_conv/declarations/decl_wssd.shtml.

205. **Казанцева Л.К., Тагаева Т.О.** История современных экологических отношений в России: монография. – Новосибирск: ИГАСУ (Сибстрин), 2009. – 179 с.

206. **Камберленд Дж., Корбач Р.** Региональная модель межотраслевых взаимодействий с окружающей средой // Новые идеи в географии. Т.1. – М.: Прогресс, 1976.

207. **Каскад** ГЭС убьет Ангару. – URL: http://baikal-info.ru/friday/2010/16/008001.html.

208. **Клоченко Л.Н.** Страхование ответственности за загрязнение окружающей среды // Юридическая и правовая работа в страховании. – 2009. – № 2. – С. 29–46.

209. **Клисторин В.И.** Модели пространственного анализа и прогнозирования // Регион: экономика и социология. – 2016. – № 3 (91). – С. 269–281.

210. **Клюев Н.Н.** Экологические последствия российских реформ // Проблемный анализ и государственное управленческое проектирование: политология, экономика, право. – 2014. – №1. – С. 88–100.

211. **Ковалева Е.Л.** Единая госэкспертиза проектной документации: новое в Градостроительном кодексе РФ // Экология производства. – 2006. – № 10. – С.16–18.

212. **Коваленко В.С., Штейнцайг Р.М., Голик Т.В.** Рекультивация нарушенных земель на карьерах. Ч.1. Основные требования к рекультивации нарушенных земель. – М., 2012. – 65 с.

213. **Кокин А.В., Кокин В.Н., Игнатов В.Г., Урсул А.Д., Пермяков Р.С., Бодров С.С.** Основы государственного управления природопользованием. – Ростов-на-Дону: Март, 2011. – 447 с.

214. **Кокотов Б.В.** Экологическая экспертиза: что день грядущий нам готовит? // Экология производства. – 2007. – № 3. – С. 26–30.

215. **Колбасов О.С.** Концепция экологической безопасности (юридический аспект) // Советское государство и право. – 1988. – № 12. – С. 47–55.

216. **Колесникова К.В.** Проблемы разработки и финансирования целевых программ в области экологического развития // Общество и право. – 2009. – № 4. – С. 94–96.

217. **Колесникова К. В.** Правовое регулирование бюджетного финансирования охраны окружающей среды и природопользования: Автореф. на соиск. уч. ст. канд. юр. наук. – Ставрополь, 2011. – 272 с.

218. **Колесникова К.В.** О формах бюджетного финансирования охраны окружающей среды и экологических фондах // Альманах современной науки и образования. – 2014. – № 2 (81). – С. 83-86.

219. **Количество** и качество угля в Канско-Ачинском бассейне. – URL: http://promtu.ru/dobyicha-resursov/ugol-v-kansko-achinskom-basseyne/.

220. **Комбинированное** (комплексное) действие ядов. – URL: http://www.neonatology.narod.ru/toxicology/kompl_deistvie_jadov.html.

221. **Коммонер Б.** Замыкающийся круг. Природа, человек, технология. – Л.: Гидрометеоиздат, 1974. – 279 с.

222. **Кондратьев К.Я.** Поворотная точка: конец парадигмы роста // Известия РГО. – 1999. – Вып.2. – С. 1–14.

223. **Концепция** охраны окружающей среды Новосибирской области на период до 2015 года. Утверждена распоряжением Губернатора Новосибирской области от 17.11.2009 № 283-р.

224. **Коптюг В.А.** Конференция ООН по окружающей среде и развитие. Рио-де-Жанейро, 1992 г., июнь. Информационный обзор. Новосибирск: СО РАН, 1992. – 22 с.

225. **Коптюг В.А.** Земля ищет равновесия // Советская Россия, 24 апреля 1993 г. – С. 3–5.

226. **Коптюг В.А.** Концепция устойчивого развития и социально-политические движения // Наука из первых рук. – 2011. – № 2. – С.38–49.

227. **Коптюг В.А., Матросов В.М., Левашов В.К., Демянко Ю.Г.** Устойчивое развитие цивилизации и место в ней России. – М.-Новосибирск, 1996. – 75 с.

228. **Корб Б., Начилхаут П.** Экономические стимулы охраны окружающей среды США // Экономика и математические методы. – 1992. – Т. 28. – Вып. 5–6. – С. 754–760.

229. **Коренева И.Б.** К вопросу о паритете экономики и экологии в условиях глобального финансово-экономического кризиса. – URL: http://www.koreneva.com/1127212016.php.

230. **Корытный Л.М.** ГЭС Восточной Сибири и их водохранилища. – URL: http://moi-goda.ru/leonid-koritniy/echo-ekologo-ekonomicheskich-skandalov--glava-5-ges-vostochnoy-sibiri-i-ich-vodochranilischa.

231. **Корытный Л.М.** Эхо эколого-экономических скандалов. – Новосибирск: Изд-во СО РАН, 2011. – 327 с.

232. **Котляков В.М., Тишков А.А.** Стратегия устойчивого развития России в начале XXI века: инновационные векторы и место географического прогноза. // Инновации. – 2009. – № 9. – С.74–81.

233. **Коуз Р.** Фирма, рынок и право / пер. с англ. Б. Пинскера. – М.: Дело ЛТД, 1993. – 192 с.

234. **Краснова И.Н.** Экологическое право и управление в США. – М., 1992. – 240 с.

235. **Краснопольский Б.Х.** Американский опыт стратегических инноваций в экологическом управлении: региональный аспект // Пространственная экономика. – 2006. – № 3. – С. 178–182.

236. **Краснопольский Б.Х.** Опыт пространственной организации управления природопользованием в США // Пространственная экономика. – 2005. – № 1. – С.163–168.

237. **Краснопольский Б.Х.** Государственное управление природопользованием: опыт США / отв. ред. П.А. Минакир; Росс. акад. наук, Дальневост. отд-ние, Ин-т экон. исследований. – Хабаровск: РИОТИП, 2008. – 224 с.

238. **Краснопольский Б.Х.** Институциональное обеспечение внедрения инноваций в управление природопользованием: опыт США и российская практика. // Недвижимость и инвестиции. Правовое регулирование. – 2008. – № 1 (34), апрель. – http://dpr.ru/journal/journal_32_17.htm.

239. **Краснопольский Б.Х., Муравых А.И.** Управление природопользованием в США. – М.: Изд-во РАГС, 2007. – 176 с.

240. **Кричевский Н.** Чем стало государственно-частное партнерство в России. – URL: http://www.mk.ru/economics/article/2009/11/10/382824-chem-stalo-gosudarstvennochastnoe-partnerstvo-v-rossii.html.

241. **Круглов В.В., Гаевская Е.Ю.** Об эффективности мер уголовной ответственности в области охраны окружающей среды, использования и охраны природных ресурсов в РФ // Российский юридический журнал. – 2011. – № 4. – С. 194–200.

242. **Крюков В., Севастьянова А., Шмат В.** Утопическая идея или реальная надежда? Оценка возможностей для создания и деятельности специальных финансовых фондов сырьевых территорий в России и анализ зарубежного опыта. – Новосибирск: Ассоциация Банки Сибири, 1996. – 94 с.

243. **Кузнецова О.В., Кузнецов А.В.** Системная диагностика экономики региона. – М.: КомКнига, 2006.

244. **Кулешов В.В.** Современные вызовы социально-экономическому развитию России // ЭКО. – 2014. – № 12. – С. 5–14.

245. **Кутузова М.В.** Оценка влияния состояния окружающей среды на уровень жизни населения региона (на материалах Омской области) // Фундаментальные исследования: Экономические науки. – № 10. – 2013. – С. 636–640.

246. **Ламихова М.** Изменения в Федеральном законе от 10.01.2002 № 7-ФЗ «Об охране окружающей среды»: что ждет экологию в России? // Справочник эколога. – 2014. – № 11. – С. 25–35.

247. **Лапшин В.Ф., Уманец Т.Р.** Профилактика острых респираторных заболеваний верхних дыхательных путей у детей // Therapia. – 2006. – № 2.

248. **Ларина Н.И.** Государственное регулирование регионального развития: Мир, Россия, Сибирь / под ред. А.С. Новосёлова. – Новосибирск: Изд-во ИЭОПП СО РАН, 2005. – 512 с.

249. **Лебедева А.Н., Лаврик О.Л.** Природоохранное законодательство развитых стран: Аналитический обзор. В 3-х частях. Ч.2. Защита окружающей среды от загрязнения: методы контроля и регулирования. – Новосибирск, 1992. – 360 с.

250. **Лебедева А.Н., Лаврик О.Л.** Природоохранное законодательство развитых стран: Аналитический обзор. В 3-х частях. Ч.3. Экологическая политика. – Новосибирск, 1993. – 256 с.

251. **Лексин В.Н.** Региональная диагностика: сущность, предмет и метод, специфика применения в современной России (вводная лекция предлагаемого учебного курса). // Российский экономический журнал. – 2003. – № 9–10. – С. 64–86.

252. **Лемешев М.Я.** Эколого-экономическая модель природопользования. // Всесторонний анализ окружающей природной среды. – М..: Гидрометеоиздат, 1976. – С. 266–276.

253. **Леонтьев В., Форд Д.** Межотраслевой анализ воздействия структуры экономики на окружающую среду // Экономика и математические методы. – 1972. – Т. 8(3). – С. 370–399.

254. **Лосев К.С.** Экологические проблемы и перспективы устойчивого развития в России в XXI веке. – М.: Космосинформ, 2001. – 400 с.

255. **Лукьянчиков Н.Н.** Ноосферный путь развития России. М.: Тройка, 1995. – 48 с.

256. **Лукьянчиков Н.Н., Потравный И.М.** Экономика и организация природопользования. 4-е изд., перераб. и доп. – М.: ЮНИТИ-ДАНА, 2011. – 687 с.

257. **Львов Д.С.** Экономика развития. – М.: «Экзамен», 2002. – 512 с.

258. **Лысцов В.Н., Скотникова О.Г.** О возможности взаимного усиления вредных воздействий загрязняющих агентов окружающей среды // Журнал Всесоюзного Химического Общества им. Д.И. Менделеева. – 1991. – № 1. – С. 61–65.

259. **Любовный В.Я., Зайцев И.Ф., Воякина А.Б., Пчелинцев О.С., Герцберг Л.Я., Шим Г.А.** Целевые программы развития регионов: рекомендации по совершенствованию разработки, финансированию и реализации. – М.: ГУ ИМЭИ при Минэкономики России, 2000. – 114 с. – URL: http://vasilievaa.narod.ru/ru/stat_rab/book/ZPR_reg/ZPR_1.6.html.

260. **Максименко Л.В.** Социально-гигиенические аспекты охраны окружающей среды: социально-гигиенический мониторинг. 29 сентября 2014. – URL: http://www.docme.ru/doc/544377/lekciya--gigienicheskie-aspekty.

261. **Маликова О.И.** Управление охраной окружающей среды в Федеративной Республике Германии // Вестник Московского университета. Сер. 6. Экономика. – 2001. – № 1.

262. **Малов В.Ю.** Теоретические обоснования региональных стратегий: нужны ли они? // Мир новой экономики. – 2016. – № 1. – С. 55–68.
263. **Мартынов А.** Из тени – в свет // Мировая энергетика. – 2008. – № 2–3.
264. **Марфенин Н.Н.** Устойчивое развитие человечества: Учебник. – М.: Изд-во МГУ, 2006. – 624 с.
265. **Марьин Е. В.** Финансирование охраны окружающей среды и рационального природопользования: бюджетно-правовые и налоговые механизмы // Финансовое право. – 2012. – № 6. – URL: http://www.center-bereg.ru/i399.html.
266. **Маслов Б.С.** Еще раз о воде и Водном кодексе // Природно-ресурсные ведомости. – 2009. – № 8 (347). – URL: http://www.priroda.ru/reviews/detail.php?ID=9545.
267. **Математическое** моделирование абиотических процессов качественного изменения воды в водохранилищах: Методические рекомендации / АН УССР. Ин-т гидробиологии; Сост.: В. И. Лаврик, А. Д. Андреев, А. Н. Билык, Н. А. Никифорович; Отв. ред. В. И. Лаврик. – Киев: Наукова думка, 1986. – 28 с.
268. **Матковская И.П.** Финансирование охраны окружающей среды в Российской Федерации // Финансы. – 2003. – № 1. – С. 17–19.
269. **Медоуз Д.Х., Медоуз Д.Л, Рандерс Й., Беренс В.III.** Пределы роста. Доклад по проекту Римского клуба «Сложные положения человечества». – М.: Изд-во МГУ, 1991. – 207 с.
270. **Медоуз Д.К., Медоуз Д.Л., Рандерс Й.** За пределами роста. – М.: Пангея, 1994. – 304 с.
271. **Медоуз Донелла, Рандерс Иорген, Медоуз Денис.** Пределы роста. 30 лет спустя. / Пер. с англ. – М.: ИКЦ «Академкнига», 2008. – 342 с.
272. **Методика** определения предотвращенного экологического ущерба. – М.: Госкомэкология, 1999. – 72 с.
273. **Методика** оценки вероятностного ущерба от вредного воздействия вод и оценки эффективности осуществления превентивных водохозяйственных мероприятий – ФГУП «ВИЭМС». – Москва, 2006.
274. **Методика** расчета концентраций в атмосферном воздухе вредных веществ, содержащихся в выбросах предприятий / ГГО им. А.И. Воейкова Госкомгидромета (ОНД-86). – Л.: Гидрометеоиздат, 1987. – 93 с.
275. **Методические** указания по разработке Государственной программы освоения Нижнего Приангарья на период до 2005 г. Новосибирск: ИЭ и ОПП СО АН СССР. / Науч. ред. В.В. Кулешов, М.К. Бандман; ИЭОПП СО АН СССР. В 2-х частях. (Приложение 4: Табличные материалы). – Новосибирск, 1990. – Ч. 1. – 70 с. – Ч. 2. – 48 с. – 48 с.
276. **Минц А.А.**Экономическая оценка естественных ресурсов. – М.: Мысль, 1972. – 303 с.
277. **Мкртчян Г.М., Эдер Л.В., Филимонова И.В.** Эффективность управления компаниями нефтегазовой отрасли России в условиях кризиса // Менеджмент в России и за рубежом. – 2016. – № 2. – С. 48–57.
278. **Мкртчян Г.М., Пляскина Н.И.** Экономические и правовые вопросы регулирования охраны окружающей среды (на примере Новосибирской области). – Новосибирск: НГУ, 2000. – 153 с.
279. **Мкртчян Г.М., Пляскина Н.И.** Топливно-энергетический комплекс и окружающая среда: экономические и правовые аспекты. / Под ред. И.И. Думовой. – Новосибирск: ИЭОПП СО РАН, 2002. – 340 с.
280. **Моисеев Н.Н.** Судьба цивилизации. Путь разума. – М.: Языки русской литературы, 2000. – 223 с.
281. **Моисеев Н.Н.** Человек и ноосфера. – М.: Молодая гвардия, 1990. – 351 с.
282. **Мукашева Г.М.** Финансовый механизм охраны окружающей среды. URL: http://www.konspekt.biz/index.php?text=217.
283. **Муравых А.И.** Вопросы национальной безопасности и социально-экономического развития России // Национальная безопасность России: проблемы и пути обеспечения. Под общ. ред. Смульского С.В. – 2012. – Выпуск 5 (14).
284. **Навстречу** «зеленой» экономике: пути к устойчивому развитию и искоренению бедности – обобщающий доклад для представителей властных структур. ЮНЕП, 2011.
285. **Настоящее** и будущее Красноярского края. – URL: http://iz.ru/news/265030.

286. **Наше** общее будущее: Доклад Всемирной комиссии по вопросам окружающей среды и развития. ООН, 1987. – 412 с.

287. **Нижнее** Приангарье: логика разработки и основные положения концепции программы освоения региона. – Новосибирск: ИЭ и ОПП СО РАН, 1996. – 231 с.

288. **Нижнее** Приангарье на новом этапе освоения: возможности формирования промышленных кластеров: Воробьева В.В., Есикова Т.Н., Ионова В.Д., Малов В.Ю. – Новосибирск: ИЭОПП, 2007 – 82 с.

289. **Новая** парадигма развития России (Комплексные исследования проблем устойчивого развития). / Под ред. В.А. Коптюга, В.М. Матросова, В.К. Левашова. – 2-е изд. – М.: Academia, 2000. – 460 с.

290. **Новоселов А.С., Маршалова А.С.** Проблемы стратегического управления социально-экономическим развитием региона: методологический аспект // Экономика Востока России. – 2016. – № 1. – С. 5–15.

291. **Новый** взгляд на богатство народов. Индикаторы устойчивого развития. / Дж. Диксон, Ж. Бэккес, К. Гамильтон, А. Кант, Э. Латц, С. Петжтола, Ж. Хи. / Пер.с англ. С.Н. Бобылева, В.И. Сидоренко. – 2-е изд. – М.: Весь мир, 2003. – 128 с.

292. **Обзор** «Состояние загрязнения объектов окружающей среды на территории Красноярского края, Республик Хакасия и Тыва в 2009 г.» – Красноярск, 2010. – 98 с.

293. **Овинников** В.**А., Федоров Н.В.** Экономические предпосылки создания межпроизводственных комплексов на базе угольных предприятий КАТЭКа // Горный информационно-аналитический бюллетень. – 2008 – № 3. – С. 23–28.

294. **Олдак П.Г.** Колокол тревоги: пределы бесконтрольности и судьбы цивилизации. – М.: Политиздат, 1990. – 198 с.

295. **О необходимости** воссоздания в России природоохранного органа в системе федеральной исполнительной власти // Зеленый мир. – 2006. – № 11–12. – С. 2.

296. **О реализации** Федеральной целевой программы освоения Нижнего Приангарья: Постановление Правительства РФ от 19.01.98 г. № 66. – Собрание законодательства Российской Федерации, 26.01.98, № 4, СТ. 487.

297. **Основы** государственной политики в области экологического развития Российской Федерации на период до 2030 года (утв. Президентом РФ 30.04.2012). – URL: http://www.kremlin.ru/events/president/news/15177.

298. **Острые** заболевания верхних дыхательных путей. Научно-информационный материал. – М.: Медицинский ун-т им. Н.И. Пирогова, 2011. – 193 с.

299. **Оценка** влияния хозяйства на природу: воздействие – изменение – последствия: Международная монография. / Под ред. В.С. Преображенского, В. Ворачека. – В 2-х томах. Том 1. – Брно. – 1985. – С. 12–20, 62–70. – 404 с.

300. **ОЭСР** призывает мировое сообщество встать на путь «зеленого роста». – URL: http://trade.ecoaccord.org/bridges/0411/7.htm.

301. **Папенов К.** Экономика природопользования. – М.: Изд-во МГУ, 2008.

302. **Паппэ Я.Ш.** Природно-экологические проблемы в современном экономическом и социально-политическом контексте. // Проблемы прогнозирования. – 1997. № 3 – С. 105–118.

303. **Паспорт** инвестиционного проекта «Комплексное развитие Нижнего Приангарья». – URL: http://www.krdc.ru/.

304. **Пахомова Н. В., Смирнов С. А.** Инновационная экономика: структурные приоритеты и индикаторы // Вестник Санкт-Петербургского университета. – 2011. – Сер. 5. – Вып. 4. – С. 3–21.

305. **Переход** к устойчивому развитию: глобальный, региональный и локальный уровни. Зарубежный опыт и проблемы России / Под ред. В.М. Котлякова. – М., 2002. – С. 127–168.

306. **Петин В.Г., Сынзыныс Б.И.** Комбинированное действие факторов окружающей среды на биологические системы. – Обнинск: ИАТЭ, 1998. – 73 с.

307. **Перспективы** достижения бездефицитного бюджета в 2015 году. – URL: http://opec.ru/1408382.html.; О федеральном бюджете на 2014 год и на плановый период 2015 и 2016 годов – http://base.consultant.ru/cons/cgi/online.cgi?req=doc;base=LAW;n=172899;fld=134;dst=154968,0;rnd=0.6127354214460937.

308. **Петрова Т.В.** Финансирование в сфере охраны окружающей среды: новые и традиционные подходы // Экологическое право. – 2010. – № 6. Спец. вып. «Экологический кодекс Российской Федерации». – С. 28–33.

309. **Петрунин В.В.** Проблемы рентных платежей за пользование природными ресурсами // Финансы. – 2005. – № 3. – С. 62–65.

310. **Петрунин В.В.** Система рентных платежей за пользование природными ресурсами // Финансы. – 2005. – № 4. – С. 21–25.

311. **Печчеи А.** Человеческие качества. – М.: Прогресс, 1980. – 302 с.

312. **Пигу А.** Экономическая теория благосостояния. В 2-х т. / Пер. с англ. – М. Прогресс, 1985. – Т. 1. – 512 с.; Т. 2. – 454 с.

313. **Пискулова Н.** Развитие мировой экономики: экологический вектор // Мировая экономика и международные отношения. – 2010. – № 12. – С. 28–37.

314. **Пискулова Н.** «Зеленые» технологии в глобальной экономике – URL: http://russiancouncil.ru/author_profile/index.php?author_id_4=136.

315. **План** выполнения решений Всемирной встречи на высшем уровне по устойчивому развитию. – 89 с. – URL: http://www.un.org/ru/events/pastevents/pdf/plan_wssd.pdf.

316. **Пляскина Н.И.** Формирование рыночных отношений в сфере природопользования и тенденции развития энергетической политики в условиях реализации Киотского протокола // Вестник НГУ. Серия: Социально-экономические науки. Том 5. Вып.1 – 2005. – С. 24–40.

317. **Поддубный С.А., Сухова Э.В.** Моделирование влияния гидродинамических и антропогенных факторов на распределение гидробионтов в водохранилищах: Руководство для пользователей. – Рыбинск: Изд-во ОАО «Рыбинский дом печати», 2002. – 120 с.

318. **Пономарева Л.С.** К вопросу о плате за загрязнение водных объектов // Водоснабжение и санитарная техника. – 2010. – № 9. – С. 20–30.

319. **Порфирьев Б.Н.** Природа и экономика: риски взаимодействия (эколого-экономические очерки). – М.: Анкил, 2011. – 352 с.

320. **Порфирьев Б.Н.** «Зелёная» экономика: новые тенденции и направления развития мирового хозяйства // Научные труды: Институт народнохозяйственного прогнозирования РАН. – 2012. – Т. 10. – С. 9–33.

321. **Порфирьев Б.Н.** «Зелёная» экономика: общемировые тенденции развития и перспективы // Вестник Российской академии наук. – 2012. – Т. 82. – № 4. – С. 323–333.

322. **Порфирьев Б.Н.** Альтернативная энергетика как фактор эколого-энергетической безопасности: особенности России // Экономика региона. – 2011. – № 2. – С. 137–144.

323. **Пределы** роста. Доклад по проекту Римского клуба «Сложное положение человечества» / Медоуз Д.Х., Медоуз Д.Л., Рандерс Й., Бернс В. – М.: Изд-во Московского университета, 1991. – 207 с.

324. **Приваловская Г.А., Волкова И.Н.** Социально-экономические предпосылки рисков устойчивого развития регионов России // Известия Российской академии наук. Серия географическая. – 2100. – № 3. – С. 8–20.

325. **Приоритеты** национальной экологической политики России / Под ред. В.М. Захарова. М.: ООО «Типография ЛЕВКО», Институт устойчивого развития / Центр экологической политики России, 2009. – 152 с.

326. **Проблемы** окружающей среды и природных ресурсов. Обзорная информация. – 1994. – № 7. – С. 2–15.

327. **Проблемы** функционирования экологического менеджмента на современных российских предприятиях. – URL: http://mosi.ru/ru/conf/articles/problemy-funkcionirovaniya-ekologicheskogo-menedzhmenta-na-sovremennyh-rossiyskih.

328. **Программа** защиты окружающей среды ООН и Государственная стратегия и политика в области более чистого производства, 1994 г.

329. **Программа** реиндустриализации экономики Новосибирской области до 2025 года (раздел «Экологические инновационные технологии»), утверждена постановлением Правительства Новосибирской области от 01.04.2016 № 89-п. – URL: https://www.nso.ru/page/15755.

330. **Программа** социально-экономического развития Новосибирской области до 2015 г. – Новосибирск, 2009 г. – URL: http://economy.newsib.ru/files/99713.pdf. – Раздел II.7. Политика в сфере охраны окружающей среды. – С. 7–40.

331. **Протасов В.Ф.** Экология, здоровье и охрана окружающей среды в России: Учеб. и справ. пособие. – М.: Финансы и статистика, 1999. – 672 с.

332. **Прохоров Б.Б.** Экология человека: Понятийно-терминологический словарь. – М.: Изд-во МНЭПУ, 2000. – 364 с.

333. **Пусенкова Н.Н., Солнцева Е.А.** – Экологическая ответственность российского бизнеса: мифы и реальность. // National Export Today/ – 2006. – № 4. – URL: https://www.google.ru/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=5&ved=0ahUKEwiewfigrMvSAhWD6CwKHaqiCroQFgg7MAQ&url=https%3A%2F%2Fwww.wwf.ru%2Fdata%2Fsustainability%2Fno31_74-80.pdf&usg=AFQjCNGZS6q5DWZQcCHoL2hDcNKuC_KWAg&bvm=bv.149093890,d.bGg&cad=rjt.

334. **Путин В.В.** Об оздоровлении экологической обстановки в Российской Федерации. Вступительное слово Президента Российской Федерации на заседании Президиума Госсовета РФ) // Вестник экологического образования в России. – 2003. – № 2.

335. **Путь** в XXI век (стратегические проблемы и перспективы российской экономики). Под ред. Д.С. Львова. – М.: Экономика, 1999. – 793 с.

336. **Пчелинцев О.С.** Региональная экономика в системе устойчивого развития. – М.: Наука, 2004. – 258 с.

337. **Распоряжение** Правительства РФ от 27 января 2015 г. N 98-р «О плане первоочередных мероприятий по обеспечению устойчивого развития экономики и социальной стабильности в 2015 г. (с изменениями и дополнениями)». – URL:http://base.garant.ru/70852914/#ixzz4vjlN7AAa.

338. **Редникова Т. В.** Понятие «наилучшая существующая технология» в праве зарубежных стран // Экологическое право. – 2009. – № 4. – С. 25–28.

339. **Резолюция** Генеральной Ассамблеей ООН, принятая 25 сентября 2015 года. – https://documents-dds-ny.un.org/doc/UNDOC/GEN/N15/291/92/PDF/N1529192.pdf?OpenElement.

340. **Реймерс Н. Ф.** Природопользование: словарь справочник. – М.: Мысль, 1990. – 637 с.

341. **Реймерс Н.Ф., Яблоков А.В.** Словарь терминов и понятий, связанных с охраной живой природы. – М.: Наука, 1982. – 144 с.

342. **Рейтинг** самых грязных городов России. – http://www.bst.bratsk.ru/news/17066.

343. **Рекомендации** парламентских слушаний от 27.03.08. Совет Федерации Федерального Собрания Российской Федерации // Зеленый мир: Экология и право. – 2009. – № 9–10. – С.40–41.

344. **Римский** клуб. История создания, избранные доклады и выступления, официальные материалы / Под ред. Д.М. Гвишиани. – М.: УРСС, 1997. – 384 с.

345. **Родионова И.А., Липина С.А.** Зеленая экономика в России: модель и прогнозы развития. // Фундаментальные исследования. – 2015. – № 2–24. – С. 5462–5466.

346. **Росстат** назвал самые грязные города России. – URL: http://www.regnum.ru/news/1418207.html/.

347. **Рунова Т. Г., Волкова И.Н., Нефедова Т.Г.** Территориальная организация природопользования. – М.: Наука, 1993. – 208 с.

348. **Рюмина Е.В.** Анализ эколого-экономических взаимодействий. – М.: Наука, 2000. – 158 с.

349. **Рюмина Е.В.** Экономический анализ ущерба от экологических нарушений. – М.: Наука, 2009. – 331 с.

350. **Садовничий В.А., Акаев А.А., Коротаев А.В., Малков С.Ю.** Моделирование и прогнозирование мировой динамики / Научный совет по Программе фунд. исслед. Президиума Российской академии наук «Экономика и социология знания». – М.: ИСПИ РАН, 2012 (Экономика и социология знания). – 360 с.

351. **Самые** экологически грязные города России. Топ-60. – http://topmira.com/goroda-strany/item/47-samye-grjaznye-goroda-russia-2013.

352. **Сбор** платежей за негативное воздействие на окружающую среду в России. – URL: http://ecolusspb.ru/articles/osobennosti-platyi-za-negativnoe-vozdeystvie-na-okruzhayushhuyu-sredu-v-rossii/.

353. **Селиверстов В.Е.** Региональное стратегическое планирование: от методологии к практике. / отв. ред. В.В. Кулешов. – Новосибирск: ИЭОПП СО РАН, 2013. – 435 с.

354. **Селиверстов В.Е.** Стратегические разработки и стратегическое планирование в Сибири: опыт и проблемы / Отв. ред. В.В. Кулешов. – Новосибирск: Изд-во ИЭОПП СО РАН, 2010. – 495 с.

355. **Семенова Л.Н.** Современная экологическая политика: этапы, принципы, направления. – URL: http://www.greensalvation.org/old/Russian/Publish/05_rus/05_09.htm.

356. **Семенова Л.** Экологическая политика, экологическое законодательство, экологическое право. – URL: // www.greensalvation.org/.

357. **Сметанин В. И.** Рекультивация и обустройство нарушенных земель. – М.: Колос, 2000. – 96 с.

358. **Соколов В.И.** Природопользование в США и Канаде: экономические аспекты. – М., 1990.

359. **Соколов В.И.** На пути к устойчивому развитию. // США – Экономика, политика, идеология. – 1997. – № 9. – С. 84–96.

360. **Сорокин Н.Д.** Рекультивация нарушенных земель. – СПб: Библиотека «Интеграла», 2014. – 151 с.

361. **Социально-экологические** итоги первого этапа инвестиционного проекта "Комплексное развитие Нижнего Приангарья", Красноярск, 2013. – 30 с. – URL: http://www.plotina.net/publ/NP2013.pdf.

362. Средне-Ениссейская ГЭС на реке Енисей, ТЭО, I этап: выбор схемы использования участков рек Ангары в нижнем течении и Енисей в среднем течении. Сводная записка. – М., 1979. – 276 с.

363. **Степанов С.Г., Исламов С.Р., Пальшин М.В., Силкин С.Н.** Энерготехнологическое использование канско-ачинских углей // Уголь. – 2003. – № 7. – С. 39–44.

364. **Стратегия** социально-экономического развития Новосибирской области на период до 2025 года. – Новосибирск, 2007 г. (от 03.12.2007 № 474) – URL: https://www.nso.ru/sites/test.new.nso.ru/wodby_files/files/migrate/activity/Socio-Economic_Policy/strat_plan/Documents/1654.pdf – Раздел 8.4. Обеспечение экологической безопасности и охраны окружающей среды. – С.173-179.

365. **Стратегия** и проблемы устойчивого развития России в XXI веке / под ред. А.Г. Гранберга, В.И. Данилова-Данильяна, М.М. Циканова, Е.С. Шопхоева. – М.: ЗАО «Издательство «Экономика», 2002. – 414 с.

366. **Стратегия** социально-экономического развития Сибири до 2020 года (Раздел IV. Приоритетные межотраслевые направления развития Сибири – Решение экологических проблем) – Утверждена распоряжением Правительства Российской Федерации от 5 июля 2010 г. № 1120-р. – URL: http://www.sibfo.ru/strategia/strdoc.php.

367. **Строительство** ГЭС в Сибири и на Дальнем Востоке нарушает экологические права местного населения. – URL: http://bellona.ru/2015/07/24/1437729362-94/.

368. **Сумская Т.В.** Эконометрика: учебно-методический комплекс. – Новосибирск: НГУЭУ, 2007. – 138 с.

369. **Суслов В.И.** Имидж Сибири: экономика с историческим уклоном // Регион: экономика и социология. – 2014. – № 1. – С. 86–103.

370. **Суспицын С.А.** Методы и модели координации долгосрочных решений в системе "национальная экономика – регионы" / под ред. В.В. Кулешова; ИЭОПП СО РАН. – Новосибирск: Изд-во ИЭОПП СО РАН, 2017. – 295 с.

371. **Схема** комплексного использования и охраны водных объектов по бассейну реки Ангара. В 6-ти книгах. Книга 2. Оценка экологического состояния и ключевые проблемы водных объектов бассейна реки Ангара. – Красноярск: КРОМАЭП, 2008.

372. **Счетная** палата РФ обеспокоена крайне низким финансированием охраны окружающей среды. – URL: http://www.ecoindustry.ru/news/view/27068.html.

373. **Тагаева Т.О.** Совершенствование механизма экологических платежей с использованием результатов прогноза эколого-экономического развития РФ // Проблемы прогнозирования. – 2011. – № 3. – С. 143–153.

374. **Тагаева Т.О., Казанцева Л.К.** Экологическая политика РФ: проблемы и перспективы // Экологический вестник России. – 2014. – № 5. – С. 48–52.

375. **Тагаева Т.О., Казанцева Л.К.** Использование экономических инструментов в российской природоохранной политике // Экологический вестник России. – 2015. – № 10. – С. 48–53.

376. **Татаркин А.И.** Региональная стратегия устойчивого социально-экономического роста. – Екатеринбург, 1998. 83 с.
377. **Тимонина И.Л.** Япония: экономика и окружающая среда. – М.: Наука, 1988. – 152 с.
378. **Тимонина И.Л.** Япония: опыт регионального развития. – М.: Наука, 1992. – 125 с.
379. **Тимонина И.Л.** Использование экономических инструментов в экологическом регулировании: опыт Японии // Проблемы теории и практики управления. – 2001. – № 6. – С. 54–58.
380. **Титенберг Т.** Экономика природопользования и охрана окружающей среды / Пер. с англ. К.В. Папенова; под ред. А.Д. Думнова и И.М. Потравного. – М.: ОЛМА-ПРЕСС, 2001. – 591 с.
381. **Травина И. Г.** Уголовно-правовые и криминологические аспекты борьбы с незаконной рубкой лесных насаждений: Автореф. ... канд. юрид. наук. – М., 2007. – С. 3.
382. **Угольная** промышленность Германии – история и современное состояние. – http://brd.su/ugolnaya-promyshlennost-germanii/.
383. **Унифицированная** программа расчета загрязнения атмосферы «Эколог». Версия 3.0. Руководство пользователя. – Санкт-Петербург, 2003. – 61 с.
384. **Унтура Г.А.** Инновационное развитие регионов России: неравномерность кооперация и конкуренция // Регион: экономика и социология. – 2015. – № 1. – С. 275–304.
385. **Управление** качеством поверхностного стока с помощью математического моделирования процессов самоочищения. / В. И. Лаврик, В. Н. Боголюбов // Гидробиологический журнал. – 2006. – Т. 42. – № 1.
386. **Управление** охраной окружающей среды в России: состояние, направления развития и задачи. – Всемирный банк, 28 июля 2004 г. – 73 с.
387. **Урсул А.Д.** Переход России к устойчивому развитию. Ноосферная стратегия. – М.: Издательский дом Ноосфера, 1998. – 500 с.
388. **Урсул А.Д.** Государство в стратегии устойчивого развития. – М.: РАГС, 2000. – 271 с.
389. **Устойчивое** природопользование: постановка проблемы и региональный опыт. / Под ред. В.М. Захарова. – М.: Институт устойчивого развития / Центр экологической политики России, 2010. – 192 с.
390. **Устойчивое** развитие в России. / Под ред. С. Бобылева и Р. Перелета. – Берлин – Санкт-Петербург, 2013. – 220 с.
391. **Ушаков Е.П., Закиров Н.К.** и др. Экономические проблемы оптимизации водоохранной деятельности. – М.: Наука, 1987. – 176 с.
392. **Ушаков Е.П.** Методологические основы долгосрочной оптимизации природоохранной деятельности. Диссер. д.э.н.. – М., 1984. – 426 с.
393. **Ушаков Е.П.** Экологически чистые технологии в преодолении экономического кризиса: модельный анализ // Экономическая наука современной России. – 2009. – № 4 (47). – С. 54–64.
394. **Ушаков Е.П.** Модели и методы прогноза и воспроизводства водных ресурсов. Охрана окружающей среды (модели социально-экономического прогноза). – М.: Экономика, 1982.
395. **Федеральная** служба государственной статистики: Окружающая среда. – URL: http://www.gks.ru/wps/wcm/connect/rosstat_main/rosstat/ru/statistics/environment/#.
396. **Федоров М.П., Музалевский А.А.** Индикаторы и индексы в моделировании природно-технических систем // Биосфера. – 2013. – № 3. – Т. 5. – С. 15–26.
397. **ФЦП** «Охрана озера Байкал и социально-экономическое развитие Байкальской природной территории на 2012–2020 годы». – URL: http://www.mnr.gov.ru/regulatory/detail.php?ID=132375.
398. **Форрестер Дж.** Мировая динамика: пер. с англ. – М.: АСТ; СПб.: TerraFantastica, 2003. – 384 с.
399. **Фурман Р.Х.** Выбор экономической политики в программе охраны окружающей среды США // Экономика и математические методы. – 1992. – Т. 28. – Вып. 5–6. – С. 695–701.
400. **Характеристики** основных загрязнителей окружающей среды. – URL: http://www.projects.uniyar.ac.ru/publish/ecostudy/toxic2.html#0.
401. **Хильченко Н.В., Белова Л.П.** Приоритеты государственного регулирования инновационного экологически безопасного развития территории // Журнал экономической теории. – 2009. – № 3. – С.147–159.

402. **Чепурных Н.В., Новоселов А.Л.** Инвестиционное проектирование в региональном природопользовании. – М.: Наука, 1997. – 253 с.

403. **Чибрик Т.С.** Основы биологической рекультивации: Учеб. пособие. Екатеринбург: Изд-во Урал. ун-та, 2002. – 172 с.

404. **Чуркин Н.П.** Основные проблемы федерального законодательства Российской Федерации в области охраны окружающей среды. – http://rospromeco.com/expertnoe-mnenie/28-analytic/expertnoe-mnenie/375-.

405. **Шварц Е.А., Аверченков А.А., Бобылев С.Н., Герасимчук И.В.** Экологическая политика и международная конкурентоспособность российской экономики // Общественные науки и современность. – 2009. – № 4. – С. 58–70.

406. **Экологическая** безопасность р. Ангары: технические, социальные, экономические оценки строительства Богучанской ГЭС (Экспертиза БоГЭС). Заключительный отчет. КНЦ СО РАН / Руководитель А.М Мартынова. – Красноярск, 1993. – 140 с.

407. **Экологические** затраты и их характеристика. – URL: http://b-energy.ru/biblioteka/ekologiya-konspekt-lekcii/359-ekologicheskie-zatraty-i-ih-harakteristika.html.

408. **Экологические** проблемы России требуют решения! Заявление представителей неправительственных экологических организаций. – URL: http://www.dopotopa.com/ecologicheskie_problemy_rossii_trebujut_reshenija.html.

409. **Экологический** рейтинг городов России 2014. – URL: http://www.statdata.ru/russia_eco_raiting.

410. **Экологическое** оздоровление экономики / Возняк В.Я., Фейтельман Н.Г., Арбатов А.А. и др. – М.: Наука, 1994. – 224 с.

411. **Экология** и экономика природопользования: Учебник для вузов. / Э.В. Гирусов, С.Н. Бобылев и др. – М.: Закон и право, ЮНИТИ, 1998. – С. 51–80.

412. **Эндрес А., Квернер И.** Экономика природных ресурсов. 2-е изд. – СПб.: Питер, 2004. – 256 с.

413. **Энергетики** нацелились на КАТЭК в Красноярском крае. – URL: http://www.dela.ru/news/ehnergetiki-nacelilis-na-katek/.

414. **Этот** антиэкологический бюджет // Зеленый мир. – 1996. – № 26. – С. 1.

415. **Эффективность** строительства и эксплуатации крупных ГЭС – сравнение выгод и ущербов. Составители обзора: С.И. Забелин, В.В. Семикашев, А.С. Мартынов, Е.В. Лебедева. – URL: http://solex-un.ru/energo/reviews/gidroenergetika-sravnenie-vygod-i-ushcherba.

416. **Яблоков Алексей**: «России необходим переход к экологически-ориентированному госуправлению»/ – http://www.bellona.ru/articles_ru/articles_2014/1401364167.14.

417. **Яблоков А. В.** Россия: здоровье природы и людей. – М., 2007. – 224 с.

418. **Яндыганов Я.Я.** Экономика природопользования. – М.: КноРус, 2005.

419. **Яшалова Н.Н.** «Зелёная» экономика как основа эколого-экономического устойчивого развития регионов. //Вестник УрФУ. Серия экономика и управление. – 2013. – № 2. – С. 81–94.

420. **Яшалова Н.Н.** Механизмы поддержки и активизации экологических инноваций // Экономика природопользования. – 2012. – № 4. – С. 57–64.

421. **Яшалова Н.Н.** Необходимость структурных изменений в налогообложении в направлении его экологизации // Финансы и кредит. – 2015. – №. 2. – С. 38–46.

422. **Ayres U., Kneese A. Production**, Consumption and Externalities // American Economic Review. – 1969. – No.3. (Vol. 59). – P. 282–297.

423. **Burmatova Olga**. Conceptual foundations of creating sustainable development strategy of smart cities: environmental aspect. // Smart Grid Analytics for Sustainability and Urbanization. – Warsaw: IGI Global, 2018.

424. **Burmatova Olga**. Environmental and economic diagnostics in the context of sustainable development. // Smart Grid Analytics for Sustainability and Urbanization. – IGI Global, 2018.

425. **Burmatova Olga**. Strategy for sustainable development of the region: environmental scenarios. // The 6th Central European Conference in Regional Science: Engines of Urban and Regional Development in September 2017, in Banská Bystrica. – Banská Bystrica, 2017.

426. **Burmatova O.P.** Tools of impact of the human activity on the water environment. // Sciences of Europe. – 2016. – Vol. 2. – No.3. – P. 10–22.

427. **Burmatova O.P.** Environmental and Economic Diagnostics of the Local Production Systems. // Functioning of the local production systems in Bulgaria, Poland and Russia theoretical and economic policy issues. /Edited by Aleksandra Nowakowska. Part I. – Lodz: Łódź University Press, 2015. – P. 59–82.

428. **Burmatova O.P.** Estimation of the environmental situation at the level of LPS // Regionenunter den Bedingungentektonischer Verschiebungenimeuropaischen Wirtschaftsraum. / Ed. W. Trillenberg (Hrg.), A. Krysovatyy, M. Riemann, Ye. Savelyevu. a. – Reiche: "Europaischen Integration. Grundfragen der Theorie und Politik", Nr. 38/2014. – Berlin: Forschunginstitut der Internationalen Wissenschaftlichen Vereinigung Weltwirtschaft und Weltpolitik e. V. – Berlin, 2014. – P.185–206.

429. **Burmatova O.P.** Modelling of impact of regional economy on the state of the water bodies // Local production systems: Analysis and Forecasting of Regional Economic Development: [collection of papers] / ed. by A.S. Novoselov, V.E. Seliverstov; Russian academy of sciences, Siberian branch, Institute of economics and industrial engineering, University of national and world economy, Ternopil national economic university, University of Lodz. – Novosibirsk-Sofia-Ternopil-Lodz-BanskaBystrica: IEIE SB RAS, 2015. – P. 182–203.

430. **Cumberland J.H.** Environmental Implications of Regional Development // Regional Poverty and Change. Canadian Council on Rural Development. – 1976. – P. 259–279.

431. **Cumberland J.H., Korbach R.J.** Regional Interindustry Environmental Model // Regional Science Association Papers. – 1973. – V. 30. – P. 61–75.

432. **Cumberland J.H., Korbach R.J.** Regional Interindustry Environmental Model // Regional Science Association Papers. – 1973. – V. 30. – P. 61–75.

433. **Cumberland J.H.** A regional interindustry Model for analysis of development objectives, Papers of the regional Science Association, vol. XVII, 1966, pp. 65–94.

434. **Daly H.E., Farley J.** Ecological Economics: Principles and Applications. 2nd ed. – Island Press, Washington, DC, 2010. – 544 p.

435. Decoupling natural resource use and environmental impacts from economic growth. – UNEP, 2011. – URL: www.unep.org/resourcepanel/decoupling/.../decoupling _report_english.pdf.

436. **Environmentally** Sustainable Economic Development: Building on Brundtland. – UNESCO, 1991. – 100 p.

437. **Forrester J.W.** World Dynamics. – Cambridge, Massachusetts, Wright-Allen Press; 2nd edition. – 1973; – 144 p.

438. **Forrester J. W.** System dynamics – the next fifty years // System Dynamics Review. – 2007. – 23 (2-3). – P. 359–370.

439. **Invention** and Transfer of Environmental Technologies. OECD, 2011.

440. **Isard W.** Activity-Industrial Complex Analysis for Environmental Management // Regional Science Association Papers. – 1974. – Vol. 33. – P. 127–140.

441. **Isard W.** a.o. Ecologic-Economic Analysis for Regional Development. – New York, 1972 – 270 p.

442. **Kohn R.E.** Industrial Location and Air Pollution Abatement. // Journal of Regional Science. – 1974. – Vol. 14. – P. 55–63.

443. **Kohn R.E.** Optimal Air Quality Standarts // Econometrica. – 1971. – Vol. 39. – No 2. – P. 983–995.

444. **Leontief W.** Environmental Repercussions and the Economic Structure – An Input-Output Approach // Review of Economics and Statistics. – 1970. – P. 262–271.

445. **Leontief Wassily W.** Input-Output Economics. 2nd ed., New York: Oxford University Press, 1986. – 436 p.

446. **Mathur V.K., Yamada H**. An Economic Theory of Pollution Control // Regional Science Association Papers. – 1972. – Vol. 28. – P. 223–235.

447. **Meadows D.H., Meadows D.L., Randers J., Behrens W.W.** The Limits to Growth. A Report for the Club of Rome´s Project on the Predicament of Mankind. – N.Y., Universal Books, 1972. – 211 p.

448. **Meadows D.H., Meadows D. L., Randers J.** Beyond the Limits. Chelsea Green Publishing Company, Post Mills, Vermont. – 1992. – 320 p.

449. **Meadows, D. H., Meadows D. L., Randers J.** Limits to Growth: The Thirty-Year. – Update. Chelsea-Green, White-RiverJunction, Vermont. – 2004. – 368 p.

450. **Mesarovic M., Pestel E.** Mankind at the Turning Point. – N.Y.: Dutton. – 1974. – 210 p.

451. **Muller F.** An Operational Mathematical Programming Model for the Planning of Economic Activities in Relation to the Environment // Socio-Economic Planning Sciences. – 1973. – Vol.7. – P. 123–138.

452. **Muller F.** An Integrated Regional Environmental-Economic Model // Environmental Economics.- 1976. – Vol. 2. – P. 1–18.

453. **Nijkamp P.** Environmental Policy Analysis. Operational Methods and Models. – Chichester – N.Y. – Brisbane – Toronto: John Wiley and Sons. – 1980. – 283 p.

454. **Parvin M., Grammas G.W.** Optimization Models for Environmental Pollution Control: A Synthesis. // Journal of Environmental Economics and Management. – 1976. – Vol. 3. – No 2. – P. 327–344.

455. **Rose A.** A Simulation Model for the Economic Assessment of Alternative Air Pollution Regulations. // Journal of Regional Science. – 1977. – Vol.17, No 3. – P. 327–344.

456. **Schmidheiny S.** Changing Course: A Global Business Perspective on Development and the Environment. – Cambridge: The MIT Press. – 1992. – 448 p.

457. **The Future** We Want. – 49 p. – URL: http://www.slideshare.net/uncsd2012/the-future-we-want-rio20-outcome-document.

458. **Thoth R.** Application on mathematical models of regional environmental policy in the Federal Republic of Germany. Preprint. Prepared for the Committee for Space Economy and Regional Planning (Polish Academy of Sciences). – 1975. – 15 p.

459. **Turner G.A.** Comparison of «The Limits to Growth» with Thirty Years of Reality. Commonwealth Scientific and Industrial Research Organisation (CSIRO). 2008. – 49 p. – URL: http://www.docstoc.com/docs/136772853/A-Comparison-of-_The-Limits-to-Growth_-with-Thirty-Years-of-Reality.

460. **Turner R.K.** Sustainability: principles and practice // Sustainable Environmental Economics and Management: Principles and Practice. Chichester: Wiley. – 1993. – P. 3–36.

461. **Turner R.K., Pearce D., Bateman I.** Environmental Economics. Harvester Wheatsheaf, 1994.

462. **Van Zele R.** Industrial Air Pollution Coefficients. – Marginal Pollution Analysis for Long Range Forecasts Report to U.S. EPA. – 1974. – July. – P. 197–204.

463. **Weizsaecker E., Wijkman A.** Come On! Capitalism, Short-termism, Population and the Destruction of the Planet. – Springer, 2018. – 220 p.

464. **Young F.W.** Environmental quality in the U.S. States // Soc. Indic. Res. – 1999. – Vol. 46, № 2. – P. 205–224.

Нормативные и правовые акты

Федеральные законы

465. **Водный** кодекс Российской Федерации от 03.06.2006 № 74-ФЗ (ред. от 24.04.2020) (с изм. и доп., вступ. в силу с 14.06.2020).
466. **Градостроительный** кодекс Российской Федерации от 29.12.2004 № 190-ФЗ (ред. от 27.12.2019).
467. **Лесной** кодекс Российской Федерации от 04.12.2006 № 200-ФЗ (ред. от 24.04.2020).
468. **Об охране** окружающей среды Федеральный закон. № 7-ФЗ от 10 января 2002 г.
469. **Об охране** окружающей среды Федеральный закон № 7-ФЗ. с изменениями на 28 декабря 2016 года) (редакция, действующая с 1 марта 2017 года).
470. **Об охране** окружающей среды: Федеральный закон от 10.01.2002 № 7-ФЗ (ред. от 27.12.2019).
471. **Об экологической** экспертизе: Федеральный закон от 23.11.1995 г. № 174-ФЗ (ред. от 27.12.2019).
472. **О стратегическом** планировании в Российской Федерации: Федеральный закон Российской Федерации от 28.06.2014 № 172-ФЗ.

Указы Президента РФ

473. **О концепции** перехода Российской Федерации к устойчивому развитию: Указ Президента РФ от 1 апреля 1996 г. // Собрание законодательства РФ. – 1996. – № 15. – Ст. 1572.
474. **О некоторых** мерах по повышению энергетической и экологической эффективности российской экономики: Указ Президента Российской Федерации от 4 июня 2008 г. № 889 // Российская газета. – 2008. – 7 июня.
475. **О структуре** федеральных органов исполнительной власти: Указ Президента РФ № 867. – 17.05.2000 г.
476. **Стратегия** экологической безопасности Российской Федерации на период до 2025 года: Указ Президента РФ от 19.04.2017 № 176.

Постановления Правительства РФ

477. **Стратегия** инновационного развития Российской Федерации на период до 2020 года (утв. распоряжением Правительства РФ от 08.12.2011 № 2227-р).
478. **Стратегия** социально-экономического развития Сибири до 2020 года (утв. распоряжением Правительства РФ от 05.07.2010 № 1120-р).
479. **Об одобрении** Экологической доктрины РФ: Распоряжение Правительства РФ № 1225-р от 31.08.2002 г.
480. **Об утверждении** государственной программы Российской Федерации "Охрана окружающей среды" на 2012–2020 годы: Постановление Правительства РФ от 15 апреля 2014 г. № 326.
481. **О Министерстве** природных ресурсов и экологии Российской Федерации. – Постановление Правительства РФ от 29 мая 2008 г. № 404.
482. **О нормативах** платы за выбросы в атмосферный воздух загрязняющих веществ стационарными и передвижными источниками, сбросы загрязняющих веществ в поверхностные и подземные водные объекты, размещение отходов производства и потребления: Постановление Правительства РФ № 344 от 12.06.2003.
483. **О порядке** организации и проведения государственной экспертизы проектной документации и результатов инженерных изысканий (с изменениями на 29 декабря 2007 года): Постановление Правительства Российской Федерации от 29.12.2007 года № 970.
484. **О рекультивации** земель, снятии, сохранении и рациональном использовании плодородного слоя почвы: Постановление Правительства РФ от 23.02.1994 № 140.
485. **Положение** об организации и осуществлении государственного мониторинга окружающей среды (государственного экологического мониторинга): Постановление Правительства Российской Федерации от 31.03.2003 № 177.

486. **Положение** об организации и проведении государственной экспертизы проектной документации и результатов инженерных изысканий: Постановление Правительства Российской Федерации от 5 марта 2007 года № 145.

487. **Экологическая** доктрина Российской Федерации (одобрена распоряжением Правительства РФ № 1225-р от 31.08.2002 г. – URL: http://www.mnr.gov.ru/regulatory/detail.php?ID= 133908.

488. **Энергетическая** стратегия России на период до 2030 г. Утверждена распоряжением Правительства Российской Федерации от 13 ноября 2009 г. № 1715-р.

Нормативные акты министерств и ведомств

489. **О внесении** изменений в Методику исчисления размера вреда, причиненного водным объектам вследствие нарушения водного законодательства: Приказ Минприроды России от 13.04.2009 № 87.

490. **Положение** об оценке воздействия на окружающую среду в Российской Федерации: Приказ Минприроды России № 222 от 18.06.1994 г.

491. **Об экологическом** аудировании в системе Госкомэкологии России: Приказ Госкомэкологии РФ № 181 от 30.03.98 г.

492. **Об утверждении** положения об оценке воздействия намечаемой хозяйственной и иной деятельности на окружающую среду в Российской Федерации: Приказ Госкомэкологии Российской Федерации № 372 от 16.05.2000 г.

493. **Временные** рекомендации по оценке экологической опасности производственных объектов (утв. Госкомэкологии Российской Федерации 15.03.2000 г.).

494. **О процедуре** организации и проведения государственной экологической экспертизы: Приказ МПР Российской Федерации № 648 от 27.09.2001 г.

495. **Положение** об оценке воздействия намечаемой хозяйственной и иной деятельности на окружающую среду в Российской Федерации: Приказ МПР Российской Федерации № 372 от 16.05.2000 г.

496. **О внесении** изменений в Методику исчисления размера вреда, причиненного водным объектам вследствие нарушения водного законодательства: Приказ Минприроды России № 365 от 26.08.2015 г.

СПИСОК СОКРАЩЕНИЙ

Используемые сокращения	Расшифровка
БГРЭС	Березовская государственная районная электростанция
ГОК	Горно-обогатительный комбинат
ГЭС	Гидроэлектростанция
ГЭЭ	Государственная экологическая экспертиза
ЕГСЭМ	Единая государственная система экологического мониторинга
ИЗА	Индекс загрязнения атмосферы
ИП КРНП	Инвестиционный проект «Комплексное развитие Нижнего Приангарья»
КАТЭК	Канско-Ачинский топливно-энергетический комплекс
КЭР	Комплексное экологическое разрешение
ЛПВ	Лимитирующий показатель вредности
МПР РФ (Минприроды России)	Министерство природных ресурсов и экологии Российской Федерации
НДТ	Наилучшая доступная технология
НПУ	Нормальный подпорный уровень
НСО	Новосибирская область
НСТ	Наилучшая существующая технология
ОС	Окружающая среда
ООПТ	Особо охраняемые природные территории
ПДК	Предельно-допустимая концентрация
ПДВ	Предельно-допустимые выбросы
ПДС	Предельно-допустимые сбросы
ПЗА	Потенциал загрязнения атмосферы
Плата за НВОС	Плата за негативное воздействие на окружающую среду
ПОМ	Природоохранные мероприятия
СЭМ	Система экологического менеджмента
ЭМ	Экологический менеджмент
ТЭК	Топливно-энергетический комплекс
ТЭЭС	Территориальные эколого-экономические системы
УР	Устойчивое развитие
ШПУ	Шарыповский промышленный узел
ФЦП	Федеральная целевая программа
ЦБК	Целлюлозно-бумажный комбинат
ЭП	Экологическая политика

Приложение 1

НИЖНЕЕ ПРИАНГАРЬЕ:
ИСХОДНЫЕ ДАННЫЕ И НЕКОТОРЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ РАСЧЕТОВ

1. Исходные данные к расчетам

Таблица 1

Возможные варианты мощностей, сроков строительства и размещения новых производственных объектов по рассматриваемым промузлам Нижнего Приангарья

Объекты	Условные обозначения	Годовая мощность	Единицы измерения	Сроки строительства	Варианты размещения по промузлам	
					Кодинский промузел	Богучанский промузел
Тагарский ГОК	ТГОК	2,7	Млн т	t=3	X	
Алюминиевые заводы	АЛЗ1 АЛЗ2 АЛЗ3	500 250 250	Тыс. т Тыс. т Тыс. т	t=2,3 t=1,3 t=1,3	X X X	X X X
Гидролизно-дрожжевой завод	ГДЗ	100	Тыс.т	t=1,2	X	
Целлюлозно-бумажные комбинаты	ЦБК1 ЦБК2 ЦБК3	580 290 290	Тыс. т Тыс. т Тыс. т	t=1,3 t=1,2 t=1,2	X X X	X X X
ТЭЦ	ТЭЦ1 ТЭЦ2	800 800	МВт МВт	t=1,2 t=1,2	X	 X

Таблица 2

Возможные показатели инвестиций в зависимости от выбираемых вариантов природоохранных мероприятий (млрд руб.)

Объекты	Инвестиции				
	Всего	В т.ч. природоохранного назначения по вариантам			
		I	II	III	IV
ТГОК	230-267	52	68	89	-
АЛЗ 1	850-1090	340	440	580	-
АЛЗ 2	440-566	180	234	306	-
АЛЗ 3	450-580	190	250	320	-
ГД 3	300-340	50	65	85	90
ЦБК 1	802-1020	320	410	480	540
ЦБК 2	410-530	410	220	260	290
ЦБК 3	420-550	180	230	270	310
ТЭЦ 1	365-450	108	140	182	194
ТЭЦ 2	300-600	90	116	150	162

Таблица 3

Возможные объемы сбросов рассматриваемых промышленных объектов в водную среду Кодинского промузла (т/год)

Объект	Способ	Взвешенные вещества (ВЗВ)	Фенолы (ФЕН)	Хлориды (ХЛО)	Нефтепродукты (НЕФ)	БПКп (БПК)
ТГОК	1	43,3	–	–	–	7,6
	2	28,4	–	–	–	4,9
	3	6,8	–	–	–	1,9
АЛЗ1	1	57,7	–	0,42	35,1	15,6
	2	34,3	–	0,31	28,9	8,6
	3	10,9	–	0,23	22,6	1,6
АЛЗ2	1	23,2	–	0,2	17,1	7,4
	2	14,1	–	0,14	13,6	4,1
	3	5,1	–	0,1	10,2	0,7
АЛЗ3	1	20,4	–	0,18	16,8	7,0
	2	12,7	–	0,1	13,2	3,8
	3	4,5	–	0,08	9,8	0,6
ГДЗ	1	491,6	2,45	40,8	–	110,0
	2	311,8	1,43	28,6	–	80,4
	3	155,9	0,72	22,5	–	62,7
	4	131,9	0,41	16,3	–	57,4
ЦБК1	1	2016,0	10,0	6300,0	7,6	316,0
	2	1260,0	5,17	3780,0	6,3	252,0
	3	882,0	2,71	2520,0	5,1	190,0
	4	504,0	0,25	1260,0	4,2	110,0
ЦБК2	1	980,0	4,8	3000,0	3,5	142,0
	2	600,0	2,4	1800,0	3,0	120,0
	3	420,0	1,26	1200,0	2,4	92,0
	4	240,0	0,12	600,0	1,9	50,0
ЦБК3	1	950,0	4,5	2900,0	3,2	134,0
	2	580,0	2,2	1700,0	2,9	110,0
	3	400,0	1,15	1125,0	2,2	84,0
	4	220,0	1,0	550,0	1,8	46,0
ТЭЦ1	1	8,82	0,013	0,19	6,3	1,3
	2	5,7	0,006	0,13	4,2	1,0
	3	4,1	0,003	0,09	3,1	0,8
	4	2,5	0,0006	0,06	0,38	0,5
ТЭЦ2	1	7,0	0,01	0,15	4,0	0,75
	2	4,5	0,005	0,1	3,0	0,6
	3	2,2	0,003	0,08	2,0	0,5
	4	2,0	0,0005	0,05	1,0	0,25

Таблица 4

Возможные объемы выбросов рассматриваемых промышленных объектов в атмосферу Кодинского промузла (тыс. т/год)

Объект	Способ	Пыль (ПЫЛЬ)	Сернистый ангидрид (СЕРА)	Окислы азота (АЗОТ)	Окись углерода (УГЛР)	Бенз(а)-пирен (БЕНЗ)	Фтористый водород (ФТОР)	Плохо растворимые фториды (ПРФТ)
ТГОК	1	1,8	4,0	0,4	0,28	–	–	–
	2	1,4	3,1	0,3	0,2	–	–	–
	3	1,05	2,4	0,23	0,15	–	–	–
АЛЗ1	1	5,73	2,2	0,1	34,1	0,0015	0,9	1,22
	2	4,58	1,72	0,08	27,3	0,0012	0,7	0,974
	3	3,44	1,3	0,06	20,5	0,0009	0,5	0,73
АЛЗ2	1	3,1	1,05	0,05	16,5	0,0007	0,42	0,61
	2	2,25	0,84	0,04	13,2	0,0006	0,32	0,48
	3	1,8	0,63	0,03	9,9	0,0004	0,25	0,36
АЛЗ3	1	2,9	1,0	0,04	15,8	0,00064	0,38	0,58
	2	2,2	0,8	0,03	12,8	0,0005	0,3	0,46
	3	1,7	0,6	0,02	8,4	0,00035	0,23	0,39
ЦБК1	1	45,7	17,6	3,6	2,7	–	–	–
	2	36,5	14,0	2,83	2,1	–	–	–
	3	27,4	10,5	2,12	1,6	–	–	–
	4	18,3	7,0	1,41	1,1	–	–	–
ЦБК2	1	23,0	8,0	1,8	1,3	–	–	–
	2	18,0	6,4	1,4	1,0	–	–	–
	3	13,5	4,8	1,1	0,8	–	–	–
	4	9,0	3,6	0,7	0,5	–	–	–
ЦБК3	1	21,2	7,6	1,6	1,2	–	–	–
	2	17,0	6,0	1,2	0,9	–	–	–
	3	12,7	4,5	0,9	0,7	–	–	–
	4	8,5	3,0	0,6	0,45	–	–	–
ТЭЦ1	1	4,8	1,5	0,8	5,3	–	–	–
	2	3,7	1,1	0,6	4,1	–	–	–
	3	2,8	0,9	0,45	3,1	–	–	–
	4	1,9	0,6	0,3	2,1	–	–	–
ТЭЦ2	1	3,8	1,2	0,8	4,5	–	–	–
	2	3,0	0,9	0,5	2,6	–	–	–
	3	2,3	0,7	0,32	2,7	–	–	–
	4	1,5	0,45	0,25	1,8	–	–	–

Таблица 5

Показатели удельных экономических ущербов от загрязнения водоемов и атмосферы по промышленным узлам (тыс. руб./т)

Виды загрязнения	Удельные ущербы от загрязнения по промузлам		Величины плат за сверхнормативный выход загрязнений по промузлам	
	Кодинский	Богучанский	Кодинский	Богучанский
Водной среды:				
– ВЗВ	1,56	1,54	7,8	7,7
– ФЕН	2118	1920	10590	9600
– ХЛО	21,96	19,8	109,8	99
– НЕФ	24,5	23,4	122,5	117
– БПК	0,7	0,68	3,5	3,4
Воздушной среды:				
– ПЫЛЬ	0,64	0,56	3,2	2,8
– СЕРА	0,36	0,25	1,8	1,25
– АЗОТ	0,59	0,48	2,95	2,4
– УГЛР	0,039	0,02	0,195	0,1
– БЕНЗ	907,2	726	4536	3630
– ФТОР	14,26	11,28	71,3	56,4
– ПРФТ	3,24	2,52	16,2	12,6

Таблица 6

Натуральные показатели возможных потерь в связи с созданием водохранилища при различных отметках НПУ ГЭС

Виды потерь	Обозначения	I	II	III
Сельское хозяйство (тыс. га)	СХ			
– пашня	ПАШНЯ	10,2	6,2	4,8
– сенокосы	СЕНО	19,4	12,0	9,0
Рыбное хозяйство (т)	РХ			
– осетровые виды рыб	РЫБА1	21,0	13,0	10,0
– прочие виды рыб	РЫБА2	110,0	66,0	52,0
Лесопокрытая площадь (тыс. га)	ЛХ			
	ЛЕС1	34,0	18,6	13,8
	ЛЕС2	79,2	43,4	32,2
Переселение людей (тыс. чел.)	НАС	12,2	7,2	5,4

2. Некоторые результаты расчетов

Рис. 1. Размещение промышленных объектов
на территории Кодинского и Богучанского промузлов (по результатам решений)

Таблица 7

Выбираемые по результатам решения объекты и варианты технологий очистки

Объекты	Варианты технологий очистки (и НПУ)				Промузлы	
					Кодинский	Богучанский
ТАГ	1	2	(3)		(X)	
АЛЗ1	1	2	3		X	X
АЛЗ2	1	2	(3)		(X)	X
АЛЗ3	1	2	(3)		(X)	X
ГДЗ	1	2	3	(4)	(X)	
ЦБК1	1	2	3	4	X	X
ЦБК2	1	2	3	(4)	X	(X)
ЦБК3	1	2	3	(4)	X	(X)
ТЭЦ1	1	2	3	(4)		(X)
ТЭЦ2	1	2	3	(4)	(X)	
БГЭС	1	2	(3)		(X)	

Примечание: кружочком отмечены варианты, выбранные по результатам решения.

Таблица 8

Формирование уровня загрязнения водоемов и атмосферы по промузлам

Загрязняющие вещества	Период (t)	Объем выхода загрязнений по промузлам					
		Кодинский			Богучанский		
		допус-тимый	общий	сверхнор-мативный	допус-тимый	общий	сверхнор-мативный
Сброс в воду (т/год)							
– ВЗВ	1	817	234,24	0	876	326,2	0
	2	600	254,62	0	646	504,2	0
	3	470	285,12	0	508	550,5	42,5
– ФЕН	1	0,6	0,453	0	0,7	0,695	0
	2	0,5	0,568	0,068	0,6	1,184	0,584
	3	0,38	0,695	0,315	0,5	1,182	0,682
– ХЛО	1	90	49,5	0	100	438,5	338,5
	2	80	79,65	0	90	816,23	726,23
	3	70	81,6	11,6	81	893,5	812,5
– НЕФ	1	18	6,74	0	20	7,5	0
	2	16	5,3	0	18	8,26	0
	3	14	10,43	0	16	30,65	14,65
– БПК	1	90	143,4	53,4	100	103,21	3,21
	2	80	77,2	0	90	53,2	0
	3	70	99,45	29,45	80	114,89	34,89
Выброс в атмосферу (тыс.т/год)							
– ПЫЛЬ	1	15	11,2	0	20	21,5	1,5
	2	14	6,98	0	17	28,65	11,65
	3	12	8,54	0	15	31,43	16,43
– СЕРА	1	3,7	1,65	0	4	5,12	1,12
	2	3,4	1,53	0	3,9	8,11	4,21
	3	3,1	4,22	1,12	3,5	8,18	4,68
– АЗОТ	1	3,5	1,35	0	4	2,65	0
	2	3,2	0,34	0	3,6	1,98	0
	3	3	0,75	0	3,2	1,98	0
– УГЛР	1	5,2	4,7	0	6	3,54	0
	2	4,8	9,2	4,4	5,5	4,56	0
	3	4,2	18,35	14,15	5	6,32	1,32
– БЕНЗ	1	0,0002	0,0008	0,0006	0,00032	0,00052	0,0002
	2	0,00018	0,00048	0,0003	0,0003	0,0003	0
	3	0,00015	0,00083	0,00068	0,00028	0,00019	0
– ФТОР	1	0,23	0,114	0	0,3	0,175	0
	2	0,21	0,183	0	0,27	0,112	0
	3	0,2	0,32	0,12	0,25	0,096	0
– ПРФТ	1	0,48	0,245	0	0,62	0,168	0
	2	0,44	0,297	0	0,57	0,175	0
	3	0,41	0,51	0,1	0,54	0,326	0

Источник: расчеты автора.

Таблица 9

Величины экономических ущербов от загрязнения водной и воздушной среды и плата за сверхнормативный выход загрязнений (млн руб.)

Наименование показателей	Период времени	Промышленные узлы		Всего по промузлам
		Кодинский	Богучанский	
Ущерб от загрязнения водоемов и плата: за весь период	t = 1,3	30393	159496	189889
– по отдельным периодам	1	7348	35126	42474
	2	10531	61245	71776
	3	12514	63125	75639
Ущерб от загрязнения атмосферы и плата: за весь период	t = 1,3	166	96,6	262,6
– по отдельным периодам	1	45	32,5	77,5
	2	57	24,3	81,3
	3	64	39,8	103,8
Суммарная величина ущерба и платы: за весь период	t = 1,3	30559	159592,6	190151,6
– по отдельным периодам	1	7393	35158,5	42551,5
	2	10588	61269,3	71857,3
	3	12578	63164,8	75742,8

Источник: расчеты автора.

Приложение 2

ИСХОДНАЯ ИНФОРМАЦИЯ К ЗАДАЧЕ ПО ВОДОХРАНИЛИЩАМ

1. Представление водохранилищ

Водохранилища в задаче представлены показателями объема (*V*), стока воды через плотину ($q_{пп}$), забора воды для хозяйственных целей $(q_в)$, площадью дна (S_1), в том числе мелководных и глубоководных участков $(S_2\ и\ S_3)$.

Предполагается, что параметры $V, q_{пп}, S_1, S_3$ меняются в зависимости от сезона года (и от года, если рассматривается период наполнения водохранилища). Параметры $q_в\ и\ S_2$ предполагаются не зависящими от сезона. $I=\overline{1,4}$ – индекс сезона; $m=\overline{1,7}$ – индекс водохранилищ.

Выделяются сезоны следующей длительности: I=1 – зимний ледостав: SL(I) = 230 суток; I=2 – весеннее половодье: SL(I) = 20 суток; I=3 – летняя межень: SL(I) = 75 суток; I=4 – осенний сезон: SL(I) = 40 суток. Данные об объектах V_m^I приведены в табл. 1.

Таблица 1

Параметры объемов водохранилищ

№ водохранилища	Максимальный годовой объем, (км^3)	Среднесезонные объемы (тыс м^3), V^I_m			
		I=1	I=2	I=3	I=4
1 Средне-Енисейская ГЭС в Абалаковском створе на р. Енисей	13,8	11,1	13,8	12,45	11,775
2 Мотыгинская ГЭС в створе «Выдумский Бык» на р. Ангара	12,0	11,6	12,0	11,8	11,7
3 Предивинская ГЭС на р. Енисей	6,4	6,2	6,4	6,3	6,25
4 Средне-Енисейская ГЭС в Абалаковском створе на р. Енисей	73,4	70,7	73,4	72,05	71,375
5 Нижнебогучанская ГЭС в створе «Шивера Косая»	1,4	1,3	1,4	1,35	1,325
6 Средне-Енисейская ГЭС в Савинском створе на р. Енисей	26,5	25,7	26,5	26,1	25,9
7 Стрелковская ГЭС в Плехановском створе на р. Ангара	55,7	55,7	55,7	54,35	53,675

Источник: [362].

Максимальный объем достигается в сезон весеннего половодья (I=2), минимальный – в зимний период. Разница между максимальным и минимальным объемами равняется полезному объему сработки (см. таблицу 5.2, Глава 5). Среднесуточное изменение объема в зависимости от сезона рассчитывается по следующей формуле (характер изменения считается линейным):

$$\Delta V_m^{i(сут)} = \frac{V_m^{i+1} - V_m^i}{SL(I)}, \qquad V_m^{i(сут\,j)} = V_m^{i(сут\,j-1)} + \Delta V_m^{i(сут)},$$

где $j=\overline{1, SL(I)}$ – индекс суток.

Данные об объемах стока водохранилищ приведены в табл. 2.

Таблица 2

Объемы стоков водохранилищ по сезонам

Водохранилища						
1	2	3	4	5	6	7
Среднемноголетний сток (км3/год)*						
248,2	103,4	117,7	248,2	119,9	105,0	145,0
Сток по сезонам (тыс м^3/сезон)						
зима – 35 % годового стока						
86870000	36190000		86870000	39165000	36750000	50750000
весна – 20 % годового стока						
49640000	20680000		49640000	22980000	21000000	29000000
лето – 25 % годового стока						
62050000	25850000		62050000	27975000	26250000	36250000
осень – 20% годового стока						
49640000	20680000		49640000	22380000	21000000	29000000
Среднесуточный сток (1/365 годового стока, тыс м3/сутки)						
680000	283287		680000	306575	287671	397260

Объемы годового водопотребления из каждого водохранилища находились путем суммирования годового водопотребления всех объектов Нижнего Приангарья, предполагаемых к строительству на берегах того или иного водохранилища. Перечень объектов по промузлам региона и объемы их водопотребления взяты из наших расчетов (Глава 4). При определении объектов, попадающих на берега определенного водохранилища, учитывалось взаимное расположение створов ГЭС и промузлов. Предполагается, что водопотребление происходит равномерно в течение года, суточное водопотребление рассчитывалось путем деления на количество дней в году, сезонное – пропорционально длительности сезонов. Значения объемов водопотребления $q_в^{im}$ приведены в табл. 3 (тыс. м^3).

Таблица 3

Объемы годового водопотребления из водохранилищ

Водохранилища						
1	2	3	4	5	6	7
годовое водопотребление (тыс. м^3)						
938200	505100	0,0	938200	505100	170020	919100
среднесуточное водопотребление						
25070	1384	0,0	2570	1384	466	2518
сезонное: 1) зима						
591193	310721	0,0	591193	310721	108336	579158
сезонное: 2) весна						
51409	27019	0,0	51409	27019	9316	50362
сезонное: 3) лето						
192781	54038	0,0	192781	54038	33736	188857
сезонное: 4) осень						
102817	113322	0,0	102817	113322	18632	100723

Примечание: Поскольку водохранилище 3 ни при одном из возможных вариантов размещения предприятий не взаимодействует с промышленными объектами региона, то в дальнейшем оно исключается из рассмотрения и данные для него не рассчитываются.

Площадь дна S1 вычислялась приближенно в предположении, что сечение водохранилища по ширине в каждой точке имеет прямоугольную форму, а глубина везде одинакова и равна средней глубине: $S_1 = S_{зеркала} + \frac{V}{S_{зеркала}} \times L$, где L – длина водохранилища, $h = V / S_{зеркала}$ – средняя глубина. Площадь дна мелководья S2 оценивалась от 20 до 30% общей площади дна – для водохранилищ, расположенных в нижнем течении, коэффициент принят равным 0,3 (равнина местность), для водохранилищ в среднем течении – 0,2 (более гористая местность и более крутой уклон берегов).

Площадь дна глубоководья S3: S3 = S1 + S2.. При этом S2 предполагалась неизменной во всех сезонах, а изменение по сезонам общей площади дна S1 рассчитывалось в зависимости от изменения объема водохранилища по сезонам: $\Delta V = \Delta h \times L \times n$ в предположении о прямоугольной форме сечения, здесь L – длина водохранилища, $n = S_{зеркала} / L$ – средняя ширина, $\Delta S = 2 \times \Delta h \times L$, Δh – снижение уровня (изменение средней глубины).

$$\frac{\Delta V}{\Delta S} = \frac{\Delta h \times L \times n}{2 \times \Delta h \times L} = \frac{n}{2}, \quad \text{откуда } \Delta S^i = \frac{2 \times \Delta V^i}{n}. \qquad S^i_{сезона} = S_{\max} - \Delta S_{сезона\ i}$$

Площадь глубоководья по сезонам рассчитывалась путем вычитания из общей площади дна в разных сезонах условно-неизменной площади мелководья. Значения $S_1^{im}, S_2^{im}, S_3^{im}$ приведены в табл. 4.

Таблица 4

Площадь дна глубоководья и мелководья по сезонам (тыс. м2).

Сезоны	Водохранилища					
	1	2	4	5	6	7
S_1 – общая площадь дна по сезонам						
зима	1387627,3	800247,8	3885216,7	243943	1529918,6	2687593,4
весна	1388750,0	800500,0	3885950,0	244015	1530134,0	2688280,0
лето	1388188,7	800373,9	3885583,4	243979	1530026,3	2687936,7
осень	1387908,0	800310,9	3885400,0	243961	1529972,5	2687765,0
S2 – площадь мелководья, независимая от сезона						
	417000	160000	1166000	49000	459000	538000
S3 – площадь дна глубоководья по сезонам						
зима	970624,3	640247,8	2719216,7	194943	1070918,6	2149593,4
весна	971750,0	640500,0	2719950,0	195015	1071134,0	2150280,0
лето	971188,7	640373,9	2719583,4	194979	1071026,3	2149936,7
осень	970908,0	640310,9	2719400,0	194961	107092,5	2149765,0

2. Варианты размещения предприятий по промузлам

Информация о вариантах размещения предприятий по промузлам региона взята из наших расчетов (Глава 4, пп. 2 и 3) – табл. 5 и 6. Представляется целесообразным рассмотреть в первую очередь в качестве загрязнителей целлюлозно-бумажные комбинаты, так как им принадлежит основная доля в общих хозяйственных стоках, и их сточные воды отличаются высокой токсичностью. По результатам решения задачи по оптимизации пространственной структуры хозяйства с учетом загрязнения водного бассейна ЦБК могут располагаться в следующих промузлах (табл. 5).

Таблица 5

Возможные варианты размещения ЦБК

	I	II
ЦБК 1,2	(1) Кодинский ПУ	(2) Мотыгинский ПУ
ЦБК 3	(3) Абалаковский	(1) Лесосибирский
ЦБК 4	(3) Лесосибирский	(1) Абалаковский
ЦБК 5	(4) Богучанский	

При строительстве комбината в Лесосибирском ПУ его стоки не попадают ни в одно из водохранилищ каскада, поскольку они сбрасываются ниже плотины. Поэтому из рассмотрения имеет смысл исключить ЦБК 4, который в большинстве вариантных расчетов располагается в Лесосибирском промузле (в скобках дано количество вариантов оптимизации, подтверждающих расположение в данном промузле). При расположении в Кодинском ПУ стоки ЦБК попадают в водохранилище Богучанской ГЭС. Водохранилища Енисейского каскада становятся приемниками стоков ЦБК при расположении ЦБК в Богучанском, Мотыгинском, Абалаковском ПУ (табл. 6).

Таблица 6

Привязка предприятий к водохранилищам

Промузел, где располагается ЦБК	№ водохранилищ каскада, которые могут принимать стоки в случае такого расположения
Богучанский ПУ – ЦБК 5	2, 5, 7
Мотыгинский ПУ – ЦБК 1,2	1, 4, 7
Абалаковский ПУ – ЦБК 3	1, 4, 6

Данные о годовых объемах сточных вод ЦБК с учетом сезонов корректируются в соответствии с предположением о равномерном функционировании комбинатов. Сезонные объемы определялись пропорционально длинам сезонов, среднесуточные – путем деления годовых на количество дней в году. Данные об объемах стоков приведены в табл. 7.

Таблица 7

Годовые объемы сточных вод ЦБК по сезонам

q_k^i, м^3	ЦБК 1	ЦБК 2	ЦБК 3
Годовой объем стоков	252 000	109 900	126 000
ообъем сточных вод по сезонам			
зима	15 8785	69 248	79 392
весна	13 810	6 023	6 905
лето	51 786	22 584	25 893
осень	27 619	12 045	13 810
среднесуточный объем сточных вод			
	690	301	345

Для характеристики токсичности стоков взяты данные о содержании пяти вредных веществ и групп вредных веществ в стоках завода беленой сульфатной целлюлозы (табл. 8).

Таблица 8

Характеристика стоков ЦБК

Вещества	Концентрация в стоках, г/тыс.м^3	ПДК $\frac{мг/л}{г/тыс.м^3}$	ЛПВ	ρ (г/см3)	% растворимости
фенолы	73	0,001/1	органолептический	1,06	8,2% при 15 град.С
нефтепродукты	50	0,05/50		легче воды	н/раств
метилтеркаптан	162	0,0002/0,2		–	–
диметилдисульфат	560	0,04/40		1,332	н/раств
фурфурол	940	1/1000		1,1594	–

Коэффициент неконсервативности органических веществ, сбрасываемых ЦБК (скорости естественного разложения γ^i_n) взяты по данным ВНИИВОД ГЕО. Скорость разложения при температуре 0 град.С принята для зимнего сезона, при 20 град.С – для летнего сезона. Предполагается, что при повышении температуры воды на 10 град.С скорость окисления возрастает в 1,6 раза. Значения скорости естественного разложения приведены в табл. 9 (γ^i_n (сут –1) при основании логарифма е).

Таблица 9

Скорости естественного разложения вредных веществ (γ^i_n)

Вещество, n	Сезон (i) и температура воды			
	зима, 0 град.С	весна, 10 град.С	лето, 20 град.С	осень, 10 град.С
нефтепродукты	0,0096	0,0153	0,0245	0,0153
фенолы	0,114	0,0182	0,292	0,182
фурфурол	0,214	0,353	0,550	0,343
диметилдисульфат	0,01506	0,025	0,040	0,025
метилтеркаптан	0,01953	0,03125	0,050	0,03125

Значения скорости седиментации приняты в соответствии с данными, в которых указано время, необходимое для выпадения частицы на 1 м в зависимости от ее размера и плотности[1]. Эти данные были пересчитаны в скорость выпадения (м/сут). Для рассматриваемых в задаче веществ приняты следующие скорости выпадения (ω_n, м/сут) в соответствии с их плотностью (независимо от сезона). Коэффициент взмучивания βn ($0 \le \beta_n \le 1$) был принят условно в зависимости от плотности вещества с тем расчетом, что чем плотнее вещество, тем быстрее оно оседает и тем труднее взмучивается (табл. 10).

Таблица 10

Скорость выпадения вредных веществ и коэффициенты взмучивания (β_n)

Вещество	Время выпадения на 1м	Скорость выпадения м/сут	βn (доля)
нефтепродукты	2 400 часов	0,01	0.9
фенолы	16,8 часа	1,4328	0.2
фурфурол	4,4 часа	5,4545	0.1
диметилдисульфат	2,4 часа	10,0	0.01
метилтеркаптан	23105 часа	0,10367	0.25

Исходная информация к задаче взята из источников: Генеральная схема развития объектов электроэнергетики до 2020 года. – М.: Гидропроект, 2008. – 260 с. (одобренная распоряжением Правительства РФ от 22.02.2008 № 215-р); Средне-Енисейская ГЭС на реке Енисей, ТЭО, I этап: выбор схемы использования участков рек Ангары в нижнем течении и Енисей в среднем течении. Сводная записка. – М., 1979. – 276 с.

[1] Чибов А.В. Особенности современных водохранилищ» // Охрана водоемов и методы очистки среды. – Киев, Изд-во АН УССР, 1962. – С. 29–37; Поддубный С.А., Сухова Э.В. Моделирование влияния гидродинамических и антропогенных факторов на распределение гидробионтов в водохранилищах: Руководство для пользователей. – Рыбинск: Изд-во ОАО «Рыбинский дом печати», 2002. – 120 с.

Приложение 3

НЕКОТОРЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ РАСЧЕТОВ ЗАДАЧИ ПО ВЗАИМОДЕЙСТВИЮ ВОДОХРАНИЛИЩ С ХОЗЯЙСТВОМ РЕГИОНА

1. Расчеты по загрязнению воды по вариантам водохранилищ

Таблица 1

Данные о максимальных и минимальных концентрациях вредных веществ

Вещества	Концентрации вредных веществ	Водохранилища					
		1. Средне-Енисейская ГЭС в Абалако-вском створе при НПУ-103	2. Мотыгинская ГЭС	3. Средне-Енисейская ГЭС в Абалаковском створе при НПУ-127	4. Нижне-богучанская ГЭС	5. Средне-Енисейская ГЭС в Савинском створе	6. Стрелковская ГЭС
1	C_1	0,06228	0,04328	0,03572	0,05381	0,02774	0,05534
	max C_2	0,00065	0,00045	0,00038	0,0056	0,00029	0,00059
	C_3	0,00060	0,00041	0,000333	0,00054	0,00026	0,00052
	C_1	0,05075	0,03046	0,02143	0,05061	0,01701	0,032221
	min C_2	0,00021	0,00012	0,00008	0,00021	0,00007	0,00012
	C_3	0,00027	0,00017	0,00013	0,00026	0,00010	0,00020
2	C_1	0,01823	0,00913	0,00504	0,03123	0,00405	0,00731
	max C_2	0,22843	0,11457	0,06329	0,39171	0,05088	0,09179
	C_3	0,22683	0,11432	0,06312	0,39101	0,05076	0,09149
	C_1	0,01154	0,00517	0,00266	0,02399	0,00218	0,000377
	min C_2	0,05640	0,02533	0,01301	0,11741	0,01067	0,01844
	C_3	0,05676	0,02536	0,01303	0,11765	0,01068	0,01847
3	C_1	0,08710	0,04542	0,02514	0,16904	0,02000	0,03677
	max C_2	2,21787	1,15677	0,64010	4,30497	0,50929	0,93622
	C_3	2,21843	1,15576	0,63954	4,30217	0,50882	0,93552
	C_1	0,06185	0,02914	0,01516	0,13632	0,01232	0,02168
	min C_2	0,61269	0,28869	0,15025	1,35076	0,12208	0,21472
	C_3	0,61475	0,28889	0,15034	1,35192	0,12213	0,21491
4	C_1	0,03767	0,02283	0,01367	0,06981	0,01055	6,02064
	max C_2	25,0117	15,1586	9,07503	46,35698	7,00574	13,70575
	C_3	24,4491	14,84482	8,87979	45,38922	6,86724	13,40676
	C_1	0,03685	0,02206	0,01308	0,06896	0,01014	0,01968
	min C_2	9,21252	5,51367	3,27077	17,23991	2,53371	4,92006
	C_3	9,90694	5,93467	3,52432	18,50774	2,72913	5,30461
5	C_1	0,15289	0,09394	0,06462	0,15613	0,05119	0,09660
	max C_2	0,78662	0,48315	0,33385	0,79937	0,26391	0,50116
	C_3	0,75918	0,47425	0,32546	0,79055	0,25800	0,48587
	C_1	0,112556	0,05886	0,03475	0,13991	0,02819	0,05028
	Min C_2	0,22286	0,11731	0,06909	0,27967	0,05610	0,09974
	C_3	0,23783	0,12702	0,07717	0,29095	0,06231	0,11238

Примечание: 1 – нефтепродукты, 2- фенолы, 3 - фурфурол, 4 – диметилдисульфат, 5 – метилмеркаптан

Источник: расчеты автора

Таблица 2

Концентрация загрязнений по водохранилищам 1 (Средне-Енисейская ГЭС в Абалаковском створе при НПУ-103)) и 4 (Средне-Енисейская ГЭС при НПУ-127)

ПДК, г/тыс. м^3	Водохранилища	Максимальные значения концентраций (г/тыс. м^3)			Соотношение расчетных максимальных концентраций с ПДК (%)		
		C_1	C_2	C_3	C_1/ПДК	C_2/ПДК	C_3/ПДК
1. Нефтепродукты							
5,0	Водохранилище 1	0,06228	0,00065	0,0085	0,1245	существенно ниже ПДК	
2. Фенолы							
1,0	Водохранилище 1	0,03123	0,39171	0,39101	3,123	39,171	39,101
	Водохранилище 1	0,01823	0,22843	0,22683	1,823	22,843	22,683
3. Фурфурол							
1000,0	Водохранилище 4	0,16904	4,30497	4,30217	0,0169	0,4305	0,4302
	Водохранилище 1	0,08710	2,21787	2,21843	0,0087	0,2217	0,22185
4. Диметилдисульфид							
40,0	Водохранилище 4	0,06981	46,35698	45,38922	0,1745	115,89	113,47
	Водохранилище 1	0,03767	25,01170	24,45398	0,09417	62,53	61,135
5. Метилмеркаптан							
0,2	Водохранилище 4	0,15613	0,79937	0,79055	78,065	399,685	395,275
	Водохранилище 1	0,15289	0,78662	0,75918	76,645	393,31	379,59

Источник: расчеты автора

Таблица 3

Содержание вредных веществ в стоках ЦБК, г/тыс.м3

Вредное вещество	Завод беленой сульфатной целлюлозы	Завод растворимой целлюлозы	Вектор концентраций, используемый в расчетах
1 Нефтепродукты	50	50	50
2 Фенолы	73	21	73
3 Фурфурол	-	940	940
4 Диметилдисульфид	560	207	560
5 Метилмеркаптан	162	168	168

2. Расчеты концентраций отдельных вредных веществ по водохранилищам

Заполненное водохранилище испытывает **сезонные колебания объема**, при этом концентрации вредных веществ в нем изменяются синусоидально в течение года, испытывая годовую цикличность (таблицы 4-21 и рисунки 1-9). Максимальные значения концентраций наблюдаются в период зимнего ледостава, минимальные – в период летней межени. Это объясняется тем, что зимой объем водохранилища срабатывается, а скорость разложения вредных веществ замедляется вследствие низких температур. В период половодья имеет место интенсивное обновление воды, большой приток чистых талых вод, а летом повышается температура воды и убыстряется процесс естественного саморазложения загрязнителей.

Графики изменения концентраций загрязняющих веществ на мелководье и глубоководье (C_2 и C_3- соответственно) являются весьма близкими по значениям (рисунки 1-9 данного Приложения 3), но значения C_3 изменяются в более узком интервале, чем значения C_2. При этом концентрации в воде (C_1) и на мелководье колеблются во времени достаточно синхронно, а концентрации на глубоководье достигают максимумов и минимумов с некоторым запаздыванием. Особенно сильное запаздывание наблюдается у диметилдисульфида (max и min C_1 и C_2 приходятся на начало зимы и начало лета, а max и min C_3 – на конец зимы и конец лета, соответственно) и у метилмеркаптана (max и min C_1 – начало зимы и середина лета, max и min C_2 – начало зимы и начало лета, max и min C_3– на конец зимы и конец лета по водохранилищам 1 и 4 (таблицы 4-15). Такое запаздывание связано с тем, что данные вещества являются биологически жесткими с низкой скоростью естественного разложения. Поэтому, в то время как концентрация вещества в воде (C_1) достаточно быстро снижается вследствие интенсивной обновляемости воды сразу после весеннего половодья, концентрация же названных веществ на дне существенно снижается лишь в конце лета, когда вода прогревается и скорость саморазложения возрастает. Для зимнего сезона, наоборот, концентрация жидкой фазы достаточно быстро реагирует на снизившийся объем свежего притока, замедлившийся водообмен, быстро возрастает и достаточно скоро стабилизируется на новом, высоком уровне. Концентрация же на дне вследствие замедленной скорости разложения в зимний период, при низкой температуре, продолжает накапливаться всю зиму, вплоть до наступления весеннего половодья, приводящего к интенсивному водообмену.

Все рассматриваемые вещества относятся к классу неконсервативных, поэтому не происходит их накопления от года к году, все изменения носят лишь сезонный характер при годовой цикличной повторяемости значений в случае стационарного режима водообмена в наполненном водохранилище. Кусочно-линейный, неплавный вид графиков (особенно графика C_2) имеет место по причине некоторых упрощений, принятых в модели. Это, во-первых, дискретное изменение по сезонам коэффициентов саморазложения веществ, а во-вторых, условное предположение о постоянной величине площади мелководья без учета «превращения» площади дна из мелководной в глубоководную и обратно при повышении и снижении уровня водохранилища (рисунки 1–9).

Таблица 4

Водохранилище 1 – Концентрации нефтепродуктов и фенолов

Объём водо-хранилища	№ суток	Нефтепродукты			Фенолы		
		$C_1(t)$	$C_2(t)$	$C_3(t)$	$C_1(t)$	$C_2(t)$	$C_3(t)$
Конец осеннего сезона							
11452173.0	29	0,06194	0,00065	0,00039	0,01823	0,22843	0,22457
11804347.0	59	0,06228	0,00065	0,00045	0,01804	0,22613	0,22683
12156521.0	89	0,06210	0,00065	0,00050	0,01786	0,22388	0,22472
12508695.0	119	0,06185	0,00064	0,00054	0,01769	0,22167	0,22250
12860860.0	149	0,06159	0,00064	0,00056	0,01751	0,21951	0,22033
13213042.0	179	0,06134	0,00064	0,00058	0,01735	0,21739	0,21819
13565216.0	209	0,06109	0,00063	0,00060	0,01718	0,21531	0,21610
Конец зимнего ледостава							
13395000.0	5	0,05946	0,00036	0,00059	0,01456	0,11138	0,2147
12990000.0	11	0,05833	0,00037	0,00057	0,01435	0,11294	0,15794
12585000.0	17	0,05770	0,00037	0,00055	0,01452	0,11462	0,12801
Конец весеннего половодья							
12396000.0	5	0,05516	0,00021	0,00051	0,01174	0,05640	0,07352
12342000.0	11	0,05330	0,00021	0,00047	0,01154	0,05649	0,05958
12288000.0	17	0,05217	0,00021	0,00044	0,01156	0,05663	0,05708
12234000.0	23	0,05150	0,00021	0,00041	0,01159	0,05677	0,05676
12180000.0	29	0,05111	0,00021	0,00038	0,01162	0,05692	0,05682
12126000.0	35	0,05089	0,00021	0,00036	0,01165	0,05706	0,05695
12072000.0	41	0,05079	0,00021	0,00034	0,01167	0,05721	0,05709
12018000.0	47	0,05075	0,00021	0,00032	0,01170	0,05736	0,05724
11964000.0	53	0,05075	0,00021	0,00030	0,01173	0,05750	0,05739
11910000.0	59	0,05078	0,00021	0,00029	0,01176	0,05765	0,05753
11856000.0	65	0,05082	0,00021	0,00028	0,01180	0,05780	0,05768
11802000.0	71	0,05087	0,00021	0,00027	0,01183	0,05795	0,05783
Конец летней межени							
11673750.0	5	0,05293	0,0038	0,00027	0,01466	0,11856	0,08854
11572500.0	11	0,05461	0,0038	0,00028	0,0151	0,11907	0,10794
11471250.0	17	0,05572	0,0038	0,00028	0,01519	0,11954	0,11536
11370000.0	23	0,05648	0,0038	0,00029	0,0152	0,12001	0,11822
11268750.0	29	0,05700	0,0038	0,00030	0,01531	0,12048	0,11949
11167500.0	35	0,05737	0,0038	0,00031	0,01537	0,12095	0,12023

Примечание: $C_1(t)$, $C_2(t)$, $C_3(t)$ – концентрации вредных веществ в воде, на мелководье и глубоководье

Таблица 5

Водохранилище 1 – Концентрации фурфурола и диметилдисульфида

Объём а	№ суток	Фурфурол			Диметилдисульфид		
		$C_1(t)$	$C_2(t)$	$C_3(t)$	$C_1(t)$	$C_2(t)$	$C_3(t)$
Конец осеннего сезона							
11452173.0	29	0,08710	2,21787	2,21843	0,03767	25,01170	17,26385
11804347.0	59	0,08648	2,20219	2,20491	0,03765	25,00021	20,07713
12156521.0	89	0,08588	2,18673	2,18942	0,03763	24,98797	21,86363
12508695.0	119	0,08528	2,17148	2,17415	0,03762	24,97728	22,99652
12860860.0	149	0,08469	2,15645	2,15910	0,03760	24,96581	23,71335
13213042.0	179	0,08411	2,14162	2,14424	0,03758	24,95358	24,16544
13565216.0	209	0,08353	2,12700	2,12960	0,03756	24,94214	24,44910
Конец зимнего ледостава							
13395000.0	5	0,07253	1,115231	1,33877	0,03724	14,89510	23,43964
12990000.0	11	0,07324	1,16498	1,18254	0,03726	14,90691	22,24997
12585000.0	17	0,07406	1,17794	1,17373	0,03729	14,91874	21,22765
Конец весеннего половодья							
12396000.0	5	0,06185	0,61269	0,65437	0,03685	9,21252	18,80016
12342000.0	11	0,06195	0,61390	0,61503	0,03686	9,21398	16,75441
12288000.0	17	0,06207	0,61512	0,61475	0,03686	9,21533	15,14556
12234000.0	23	0,06219	0,61635	0,61592	0,03687	9,21690	13,88036
12180000.0	29	0,06232	0,61758	0,91714	0,03687	9,21825	12,88543
12126000.0	35	0,06244	0,61881	0,61838	0,03688	9,21982	12,10310
12072000.0	41	0,06257	0,62005	0,61961	0,03688	9,22117	11,48802
12018000.0	47	0,06269	0,62130	0,62086	0,03689	9,22274	11,00448
11964000.0	53	0,06282	0,62255	0,62211	0,03690	9,22410	10,62443
11910000.0	59	0,06294	0,62380	0,62336	0,03690	9,22567	10,32579
11856000.0	65	0,06307	0,62506	0,62462	0,03691	9,22714	10,09119
11802000.0	71	0,06320	0,62632	0,62588	0,03691	9,22849	9,90694
Конец летней межени							
11673750.0	5	0,07596	1,20821	1,08602	0,03736	14,94544	10,42836
11572500.0	11	0,07624	1,21168	1,19431	0,03737	14,94841	11,05774
11471250.0	17	0,07646	1,21515	1,21124	0,03738	14,95139	11,59986
11370000.0	23	0,07668	1,21869	1,21645	0,03739	14,95435	12,06689
11268750.0	29	0,07690	1,22217	1,22018	0,03739	14,95734	21,46928
11167500.0	35	0,07712	1,22571	1,22373	0,03740	14,96032	12,81603

Таблица 6

Водохранилище 1 – Концентрации метилмеркаптан

Объём	№ суток	Метилмеркаптан		
		$C_1(t)$	$C_2(t)$	$C_3(t)$
Конец осеннего сезона				
11452173.0	29	0,15269	0,78662	11452173.0
11804347.0	59	0,15289	0,78147	11804347.0
12156521.0	89	0,15198	0,77638	12156521.0
12508695.0	119	0,15101	0,77136	12508695.0
12860860.0	149	0,15005	0,76640	12860860.0
13213042.0	179	0,14910	0,76151	13213042.0
13565216.0	209	0,14816	0,75668	13565216.0
Конец зимнего ледостава				
13395000.0	5	0,41434	0,71526	13395000.0
12990000.0	11	0,41859	0,66856	12990000.0
12585000.0	17	0,42295	0,62816	12585000.0
Конец весеннего половодья				
12396000.0	5	0,12399	0,22286	0,53656
12342000.0	11	0,11775	0,22324	0,45988
12288000.0	17	0,11474	0,22365	0,40081
12234000.0	23	0,11334	0,22406	0,35597
12180000.0	29	0,11274	0,22448	0,32227
12126000.0	35	0,11256	0,22490	0,29713
12072000.0	41	0,11257	0,22533	0,27846
12018000.0	47	0,11269	0,22575	0,26467
11964000.0	53	0,11285	0,22618	0,25453
11910000.0	59	0,11304	0,22661	0,24711
11856000.0	65	0,11325	0,22705	0,24172
11802000.0	71	0,11346	0,22748	0,23783
Конец летней межени				
11673750.0	5	0,12217	0,43306	0,25692
11572500.0	11	0,21827	0,43424	0,28171
11471250.0	17	0,13178	0,43542	0,30480
11370000.0	23	0,13386	0,4366	0,32542
11268750.0	29	0,13516	0,43778	0,34341
11167500.0	35	0,13603	0,43896	0,35890

Таблица 7

Водохранилище 2 – Концентрации нефтепродуктов и фенолов

Объём	№ суток	Нефтепродукты			Фенолы		
		$C_1(t)$	$C_2(t)$	$C_3(t)$	$C_1(t)$	$C_2(t)$	$C_3(t)$
Конец осеннего сезона							
11652173.0	29	0,04065	0,00045	0,00025	0,00913	0,11457	0,11165
11704347.0	59	0,04245	0,00045	0,00030	0,00912	0,11432	0,11432
11756521.0	89	0,04306	0,00045	0,00034	0,00910	0,11407	0,11417
11808695.0	119	0,04324	0,00045	0,00036	0,00908	0,11383	0,11393
11860869.0	149	0,04328	0,00045	0,00039	0,00906	0,11358	0,11368
11913043.0	179	0,04326	0,00045	0,00040	0,00904	0,11334	0,11344
11965217.0	209	0,04321	0,00045	0,00041	0,00902	0,11310	0,11320
Конец зимнего ледостава							
11940000.0	5	0,04206	0,00024	0,00041	0,00743	0,05504	0,08264
11880000.0	11	0,04099	0,00024	0,00040	0,00708	0,05511	0,06518
11820000.0	17	0,04015	0,00024	0,00039	0,00704	0,05527	0,05865
Конец весеннего половодья							
11792000.0	5	0,03779	0,00012	0,00036	0,00541	0,02538	0,03513
11784000.0	11	0,03584	0,00012	0,00033	0,00519	0,02533	0,02727
11776000.0	17	0,03438	0,00012	0,00030	0,000517	0,02534	0,02569
11768000.0	23	0,03330	0,00012	0,00028	0,00518	0,02535	0,02540
11760000.0	29	0,03249	0,00012	0,00026	0,00518	0,02536	0,02536
11752000.0	35	0,03189	0,00012	0,00024	0,00518	0,02537	0,02537
11744000.0	41	0,03144	0,00012	0,00023	0,00518	0,02539	0,02538
11736000.0	47	0,03111	0,00012	0,00021	0,00519	0,02540	0,02539
11728000.0	53	0,03087	0,00012	0,00020	0,00519	0,02541	0,02540
11720000.0	59	0,03069	0,00012	0,00019	0,00519	0,02542	0,02541
11712000.0	65	0,03056	0,00012	0,00018	0,00519	0,02544	0,02542
11704000.0	71	0,03046	0,00012	0,00017	0,0520	0,02545	0,02544
Конец летней межени							
11685000.0	5	0,03164	0,00024	0,00017	0,00667	0,05555	0,03942
11670000.0	11	0,03283	0,00024	0,00018	0,00702	0,05568	0,04936
11655000.0	17	0,03376	0,00024	0,00018	0,00708	0,05573	0,05343
11640000.0	23	0,03451	0,00024	0,00018	0,00709	0,05578	0,05494
11625000.0	29	0,03509	0,00024	0,00019	0,0071	0,05582	0,05550
11610000.0	35	0,03556	0,00024	0,00019	0,00711	0,05587	0,05572

Таблица 8

Водохранилище 2 – Концентрации фурфурола и диметилдисульфида

Объём	№ суток	Фурфурол			Диметилдисульфид		
		$C_1(t)$	$C_2(t)$	$C_3(t)$	$C_1(t)$	$C_2(t)$	$C_3(t)$
Конец осеннего сезона							
11652173.0	29	0,04542	1,15677	1,15576	0,02283	15,15860	10,42016
11704347.0	59	0,04535	1,15493	1,15527	0,02283	15,15662	12,14226
11756521.0	89	0,04528	1,15310	1,15345	0,02282	15,15460	13,23762
11808695.0	119	0,04521	1,15128	1,15162	0,02282	15,15260	13,93408
11860869.0	149	0,04514	1,14946	1,14980	0,02282	15,15063	14,37665
11913043.0	179	0,04507	1,14765	1,14799	0,02281	15,14861	14,65756
11965217.0	209	0,04500	1,14584	1,14618	0,02281	15,14664	14,83565
Конец зимнего ледостава							
11940000.0	5	0,03728	0,58944	0,70572	0,02250	8,99882	14,22452
11880000.0	11	0,03717	0,59080	0,60521	0,02250	8,00079	13,49680
11820000.0	17	0,03726	0,59221	0,59328	0,02251	9,00276	12,87063
Конец весеннего половодья							
11792000.0	5	0,02920	0,28869	0,31418	0,02206	5,51367	11,38749
11784000.0	11	0,02914	0,28878	0,28971	0,02206	5,51390	10,13431
11776000.0	17	0,02919	0,28890	0,28889	0,02206	5,51414	9,14845
11768000.0	23	0,02917	0,28901	0,28897	0,02206	5,51437	8,37299
11760000.0	29	0,02918	0,28913	0,28908	0,02206	5,51460	7,76305
11752000.0	35	0,02919	0,28924	0,28920	0,02206	5,51484	7,28330
11744000.0	41	0,02920	0,28936	0,28931	0,02206	5,51507	6,90597
11736000.0	47	0,02921	0,28947	0,28943	0,02206	5,51530	6,60920
11728000.0	53	0,02922	0,28959	0,28954	0,02206	5,51553	6,37580
11720000.0	59	0,02923	0,28970	0,28966	0,02206	5,51577	6,19225
11712000.0	65	0,02925	0,28982	0,28977	0,02206	5,51600	6,04791
11704000.0	71	0,02926	0,28993	0,28989	0,02206	5,51623	5,93442
Конец летней межени							
11685000.0	5	0,03727	0,05937	0,52298	0,02251	9,00718	6,24838
11670000.0	11	0,03749	0,059577	0,58600	0,02252	9,00768	6,63255
11655000.0	17	0,03751	0,059613	0,59468	0,02252	9,00818	6,96340
11640000.0	23	0,03754	0,059649	0,59611	0,02252	9,00867	7,24824
11625000.0	29	0,03756	0,059685	0,59660	0,02252	9,00916	7,49347
11610000.0	35	0,03758	0,059721	0,59698	0,02252	9,00965	7,70461

Таблица 9

Водохранилище 2 – Концентрации метилмеркаптан

Объём	№ суток	Метилмеркаптан			Площадь дна
		$C_1(t)$	$C_2(t)$	$C_3(t)$	
Конец осеннего сезона					
11652173.0	29	0,08999	0,48315	0,30069	800281
11704347.0	59	0,09332	0,48235	0,37677	800314
11756521.0	89	0,09333	0,48152	0,42255	800347
11808695.0	119	0,09334	0,48070	0,44849	800379
11860869.0	149	0,09381	0,47987	0,46275	800412
11913043.0	179	0,09366	0,47905	0,47036	800445
11965217.0	209	0,09350	0,47824	0,47425	800478
Конец зимнего ледостава					
11940000.0	5	0,08869	0,24254	0,44887	800462
11880000.0	11	0,08473	0,24311	0,41946	800424
11820000.0	17	0,08204	0,24370	0,39329	800387
Конец весеннего половодья					
11792000.0	5	0,07378	0,11734	0,33421	800369
11784000.0	11	0,06795	0,11731	0,28412	800337
11776000.0	17	0,06436	0,11731	0,24465	800359
11768000.0	23	0,06216	0,11733	0,21396	800354
11760000.0	29	0,06082	0,11736	0,19033	800349
11752000.0	35	0,06000	0,11740	0,17229	800344
11744000.0	41	0,05950	0,11744	0,15859	800339
11736000.0	47	0,05920	0,11748	0,14859	800334
11728000.0	53	0,05903	0,11753	0,14045	800329
11720000.0	59	0,05893	0,11758	0,13462	800324
11712000.0	65	0,05888	0,11763	0,13026	800319
11704000.0	71	0,05886	0,11768	0,12702	800314
Конец летней межени					
11685000.0	5	0,06360	0,24490	0,13596	800002
11670000.0	11	0,06765	0,24510	0,14872	800292
11655000.0	17	0,07046	0,24529	0,16115	80022,6
11640000.0	23	0,07241	0,24547	0,17272	800273
11625000.0	29	0,07376	0,24564	0,18321	800264
11610000.0	35	0,07471	0,24581	0,19253	800254

Таблица 10

Водохранилище 3 – Концентрации нефтепродуктов и фенолов

Объём	№ суток	Нефтепродукты			Фенолы		
		$C_1(t)$	$C_2(t)$	$C_3(t)$	$C_1(t)$	$C_2(t)$	$C_3(t)$
Конец осеннего сезона							
71052160.0	29	0,03012	0,00038	0,00018	0,00504	0,06329	0,06141
71404336.0	59	0,03280	0,00038	0,00022	0,00503	0,06311	0,06312
71756512.0	89	0,03427	0,00038	0,00025	0,00502	0,06294	0,06301
72108688.0	119	0,03505	0,00038	0,00028	0,00501	0,06276	0,06284
72460864.0	149	0,03546	0,00037	0,00030	0,00499	0,06259	0,06266
72813040.0	179	0,03565	0,00037	0,00032	0,00498	0,06241	0,06249
73165216.0	209	0,03572	0,00037	0,00033	0,00496	0,06224	0,06232
Конец зимнего ледостава							
72994992.0	5	0,03477	0,00018	0,00033	0,00403	0,02934	0,04533
72590000.0	11	0,03378	0,00018	0,00032	0,00378	0,02927	0,03532
72184992.0	17	0,03294	0,00018	0,00031	0,00374	0,02934	0,03143
Конец весеннего половодья							
71996000.0	5	0,03074	0,00008	0,00029	0,00282	0,01312	0,01858
71941984.0	11	0,02881	0,00008	0,00027	0,00267	0,01302	0,01416
71887984.0	17	0,02723	0,00008	0,00024	0,00266	0,01301	0,01323
71833984.0	23	0,02595	0,00008	0,00023	0,00266	0,01302	0,01305
71779948.0	29	0,02490	0,00008	0,00021	0,00266	0,01303	0,01303
71725984.0	35	0,02405	0,00008	0,00019	0,00266	0,01303	0,01303
71671984.0	41	0,02336	0,00008	0,00018	0,00266	0,01304	0,01303
71617984.0	47	0,02280	0,00008	0,00017	0,00266	0,01305	0,01304
71563984.0	53	0,02235	0,00008	0,00016	0,00267	0,01306	0,01305
71509948.0	59	0,02198	0,00008	0,00015	0,00267	0,01306	0,01306
71455984.0	65	0,02168	0,00008	0,00014	0,00267	0,01307	0,01306
71401984.0	71	0,02143	0,00008	0,00013	0,00267	0,01308	0,01307
Конец летней межени							
71273744.0	5	0,02210	0,00018	71273744.0	0,00348	0,02939	0,02038
71172480.0	11	0,02292	0,00018	71172480.0	0,00371	0,02958	0,02586
71071232.0	17	0,02362	0,00018	71071232.0	0,00376	0,02964	0,02823
70969984.0	23	0,02423	0,00018	70969984.0	0,00377	0,02967	0,00291
70868736.0	29	0,02476	0,00018	70868736.0	0,00378	0,02970	0,00295
70767488.0	35	0,02521	0,00018	70767488.0	0,00378	0,02973	0,00296

Таблица 11

Водохранилище 3 – Концентрации фурфурола и деметилдисульфида

Объём	№ суток	Фурфурол			Диметилдисульфид		
		$C_1(t)$	$C_2(t)$	$C_3(t)$	$C_1(t)$	$C_2(t)$	$C_3(t)$
Конец осеннего сезона							
71052160.0	29	0,02514	0,64010	0,63954	0,01367	9,07503	6,22193
71404336.0	59	0,02509	0,63879	0,63906	0,01366	9,07363	7,25881
71756512.0	89	0,02503	0,63749	0,63775	0,01366	9,07226	7,91826
72108688.0	119	0,02498	0,63619	0,63646	0,01366	9,07083	8,33746
72460864.0	149	0,02493	0,63490	0,63516	0,01366	9,06944	8,60376
72813040.0	179	0,02488	0,63361	0,63387	0,01366	9,06804	8,77274
73165216.0	209	0,02483	0,63233	0,63259	0,01365	9,06665	8,87798
Конец зимнего ледостава							
72994992.0	5	0,02005	0,31572	0,38461	0,01343	5,36636	8,51305
72590000.0	11	0,01992	0,31655	0,32521	0,01342	5,36782	8,07500
72184992.0	17	0,01997	0,31749	0,31807	0,01342	5,36928	8,69796
Конец весеннего половодья							
71996000.0	5	0,01522	0,15025	0,16515	0,01310	3,27077	6,80702
71941984.0	11	0,01516	0,15027	0,15083	0,01308	3,27095	6,05272
71887984.0	17	0,01517	0,15034	0,15034	0,01308	3,27113	5,45917
71833984.0	23	0,01518	0,15042	0,15039	0,01309	3,27130	4,99230
71779948.0	29	0,01519	0,15049	0,15046	0,01309	3,27148	4,26508
71725984.0	35	0,01519	0,15056	0,15053	0,01309	3,27166	4,33626
71671984.0	41	0,01520	0,15064	0,15061	0,01309	3,27184	4,10910
71617984.0	47	0,01521	0,15071	0,15068	0,01309	3,27202	3,93045
71563984.0	53	0,01522	0,15078	0,15075	0,01309	3,27219	3,78996
71509948.0	59	0,01522	0,15086	0,15083	0,01309	3,27237	3,67948
71455984.0	65	0,01523	0,15093	0,15090	0,01309	3,27255	3,59261
71401984.0	71	0,01524	0,15010	0,15097	0,01309	3,27273	3,52432
Конец летней межени							
71273744.0	5	0,01992	0,31955	0,27708	0,01341	5,37255	3,71140
71172480.0	11	0,02013	0,31989	0,31395	0,01343	5,37292	3,94252
71071232.0	17	0,02015	0,32013	0,31923	0,01343	5,37328	4,14176
70969984.0	23	0,02016	0,32037	0,32012	0,01343	5,37364	4,31331
70868736.0	29	0,02018	0,32062	0,32045	0,01343	5,37402	4,46101
70767488.0	35	0,02019	0,32086	0,32070	0,01344	5,37438	4,58819

Таблица 12

Водохранилище 3 – Концентрации метилмеркаптана

Объём	№ суток	Метилмеркаптан			Площадь дна
		$C_1(t)$	$C_2(t)$	$C_3(t)$	
Конец осеннего сезона					
71052160.0	29	0,05839	0,33385	0,18771	3885312.0
71404336.0	59	0,06275	0,33323	0,24333	3885408.0
71756512.0	89	0,06419	0,33241	0,28001	3885503.0
72108688.0	119	0,06460	0,33153	0,30220	3885599.0
72460864.0	149	0,06462	0,33063	0,31493	3885695.0
72813040.0	179	0,06452	0,32972	0,32189	3885790.0
73165216.0	209	0,06437	0,32881	0,32546	3885886.0
Конец зимнего ледостава					
72994992.0	5	0,06090	0,15432	0,30835	3885839.0
72590000.0	11	0,05781	0,15463	0,28804	3885729.0
72184992.0	17	0,05550	0,15500	0,26974	3885619.0
Конец весеннего половодья					
71996000.0	5	0,04920	0,06993	0,22857	3885568.0
71941984.0	11	0,04444	0,06959	0,19346	3885553.0
71887984.0	17	0,04121	0,06937	0,16542	3885539.0
71833984.0	23	0,03903	0,06923	0,14328	3585524.0
71779948.0	29	0,03756	0,06915	0,12595	3885509.0
71725984.0	35	0,03656	0,06911	0,11249	3885495.0
71671984.0	41	0,03589	0,06909	0,10209	3885480.0
71617984.0	47	0,03545	0,06910	0,09411	3885465.0
71563984.0	53	0,03515	0,06911	0,08800	3885451.0
71509948.0	59	0,03495	0,06913	0,08336	3885436.0
71455984.0	65	0,03483	0,06916	0,07983	3885422.0
71401984.0	71	0,03475	0,06919	0,07717	3885407.0
Конец летней межени					
71273744.0	5	0,03759	0,15486	0,08187	3885372.0
71172480.0	11	0,04027	0,15523	0,08923	3885345.0
71071232.0	17	0,04231	0,15554	0,09661	3885317.0
70969984.0	23	0,04388	0,15581	0,10370	3885290.0
70868736.0	29	0,04508	0,15605	0,11033	3885262.0
70767488.0	35	0,04600	0,15627	0,11640	3885235.0

Таблица 13

Водохранилище 4 – Концентрации нефтепродуктов и фенолов

Объём	№ суток	Нефтепродукты			Фенолы		
		$C_1(t)$	$C_2(t)$	$C_3(t)$	$C_1(t)$	$C_2(t)$	$C_3(t)$
Конец осеннего сезона							
1313043.0	29	0,05381	0,00056	0,00047	0,03123	0,39171	0,38335
1326086.0	59	0,05379	0,00056	0,00050	0,03117	0,39099	0,39101
1339130.0	89	0,05377	0,00056	0,00051	0,03111	0,39026	0,39049
1352173.0	119	0,05375	0,00056	0,00052	0,03106	0,38954	0,38978
1365217.0	149	0,05373	0,00056	0,00053	0,03100	0,38882	0,38906
1378260.0	179	0,05370	0,00056	0,00054	0,03094	0,38810	0,38834
1391304.0	209	0,05368	0,00056	0,00054	0,03089	0,38739	0,38763
Конец зимнего ледостава							
11940000.0	5	0,05278	0,00024	0,00041	0,02781	0,21770	0,28911
11880000.0	11	0,05251	0,00024	0,00040	0,02778	0,21836	0,24196
11820000.0	17	0,05248	0,00024	0,00039	0,02786	0,21903	0,22647
Конец весеннего половодья							
1348000.0	5	0,05112	0,00021	0,00046	0,02405	0,11741	0,14455
1346000.0	11	0,05071	0,00021	0,00043	0,02399	0,11748	0,12218
1344000.0	17	0,05062	0,00021	0,00040	0,02400	0,11754	0,11832
1342000.0	23	0,05061	0,00021	0,00037	0,02401	0,11761	0,11771
1340000.0	29	0,05061	0,00021	0,00035	0,02403	0,11767	0,11765
1338000.0	35	0,05062	0,00021	0,00033	0,02404	0,11774	0,11770
1336000.0	41	0,05062	0,00021	0,00031	0,02405	0,11781	0,11776
1334000.0	47	0,05063	0,00021	0,00030	0,02407	0,11787	0,11783
1332000.0	53	0,05064	0,00021	0,00029	0,02408	0,11794	0,11789
1330000.0	59	0,05065	0,00021	0,00027	0,02409	0,11801	0,11796
1328000.0	65	0,05065	0,00021	0,00027	0,02411	0,11807	0,11802
1326000.0	71	0,05066	0,00021	0,00026	0,02412	0,11814	0,11809
Конец летней межени							
1321250.,0	5	0,05201	0,00034	0,00026	0,02793	0,22053	0,17516
1317500.0	11	0,05244	0,00034	0,00027	0,02808	0,22070	0,20524
1313750.0	17	0,05255	0,00034	0,00027	0,02811	0,22087	0,21556
1310000.0	23	0,05258	0,00034	0,00028	0,02813	0,22104	0,21914
1306250.0	29	0,05259	0,00034	0,00029	0,02815	0,22121	0,22045
1302500.0	35	0,05260	0,00034	0,00029	0,02817	0,22138	0,22100

Таблица 14

Водохранилище 4 – Концентрации фурфурола и диметилдисульфида

Объём	№ суток	Фурфурола			Диметилдисульфид		
		$C_1(t)$	$C_2(t)$	$C_3(t)$	$C_1(t)$	$C_2(t)$	$C_3(t)$
Конец осеннего сезона							
1313043.0	29	0,16904	4,30497	4,30217	0,06981	46,35698	32,10583
1326086.0	59	0,16879	4,29860	4,29961	0,06981	46,35210	37,28500
1339130.0	89	0,16854	4,29225	4,29327	0,06980	46,34872	40,57965
1352173.0	119	0,16829	4,28593	4,28694	0,06979	46,34238	42,67477
1365217.0	149	0,16805	4,27961	4,28062	0,06978	46,33749	44,00659
1378260.0	179	0,16780	4,27331	4,27433	0,06978	46,33267	44,85254
1391304.0	209	0,16755	4,26703	4,26805	0,06977	46,32780	45,38922
Конец зимнего ледостава							
11940000.0	5	0,15348	2,43883	2,77593	0,06943	27,77260	43,53445
11880000.0	11	0,15385	2,44485	2,48522	0,06944	27,77744	41,33916
11820000.0	17	0,15423	2,45091	2,45337	0,06946	27,78226	39,45032
Конец весеннего половодья							
1348000.0	5	0,13632	1,35076	1,42569	0,06896	17,23991	34,95955
1346000.0	11	0,13636	1,35139	1,35396	0,06896	17,24049	31,17854
1344000.0	17	0,13644	1,35202	1,35192	0,06896	17,24107	28,20442
1342000.0	23	0,13650	1,35265	1,35245	0,06897	17,24165	25,86502
1340000.0	29	0,13657	1,35328	1,35208	0,06897	17,24223	24,02492
1338000.0	35	0,13663	1,35392	1,35371	0,06897	17,24280	22,97755
1336000.0	41	0,13670	1,35455	1,35434	0,06897	17,24339	21,43913
1334000.0	47	0,13676	1,35518	1,35498	0,06898	17,24399	20,54375
1332000.0	53	0,13682	1,35581	1,35561	0,06898	17,24455	19,83952
1330000.0	59	0,13689	1,35645	1,35624	0,06898	17,24513	19,28572
1328000.0	65	0,13695	1,35708	1,35688	0,06898	17,24571	18,85019
1326000.0	71	0,13702	1,35772	1,35751	0,06899	17,24631	18,50774
Конец летней межени							
1321250.,0	5	0,15510	2,46463	2,25168	0,06948	27,79311	19,47095
1317500.0	11	0,15521	2,46617	2,43829	0,06949	27,79433	20,63007
1313750.0	17	0,15530	2,46770	2,46346	0,06949	27,79553	21,62790
1310000.0	23	0,15540	2,46924	2,46802	0,06949	27,79677	22,46692
1306250.0	29	0,15550	2,47079	2,46994	0,06949	27,79794	23,22644
1302500.0	35	0,15559	2,47233	2,47153	0,06950	27,79916	23,86313

Таблица 15

Водохранилище 4 – Концентрации метилмеркаптана

Объём	№ суток	Метилмеркаптан			Площадь дна
		$C_1(t)$	$C_2(t)$	$C_3(t)$	
Конец осеннего сезона					
1313043.0	29	0,15613	0,79937	0,58384	243952,4
1326086.0	59	0,15602	0,79880	0,67929	243961,8
1339130.0	89	0,15591	0,79823	0,73217	243071,1
1352173.0	119	0,15580	0,79767	0,76135	243980,9
1365217.0	149	0,15569	0,79710	0,77734	243989,9
1378260.0	179	0,15557	0,79653	0,78599	243999,3
1391304.0	209	0,15546	0,79596	0,79055	244008,7
Конец зимнего ледостава					
11940000.0	5	0,15045	0,47611	0,74814	243462,2
11880000.0	11	0,14922	0,47671	0,70209	243424,4
11820000.0	17	0,14913	0,47731	0,66365	243386,6
Конец весеннего половодья					
1348000.0	5	0,14192	0,27967	0,57198	243977,6
1346000.0	11	0,14019	0,27969	0,49670	243976,1
1344000.0	17	0,13992	0,27976	0,44054	243974,6
1342000.0	23	0,13991	0,27983	0,39888	243973,2
1340000.0	29	0,13993	0,27990	0,36803	243971,8
1338000.0	35	0,13997	0,27997	0,34519	243970,3
1336000.0	41	0,14000	0,28004	0,32828	243968,9
1334000.0	47	0,14004	0,28011	0,31528	243967,4
1332000.0	53	0,14007	0,28018	0,30654	243966,0
1330000.0	59	0,14011	0,28025	0,29921	243964,6
1328000.0	65	0,14014	0,28032	0,29466	243963,1
1326000.0	71	0,14018	0,28039	0,29095	243961,7
Конец летней межени					
1321250.,0	5	0,14729	0,47866	0,31456	243958,3
1317500.0	11	0,14919	0,47881	0,34203	243955,6
1313750.0	17	0,14957	0,47896	0,36531	243952,9
1310000.0	23	0,14968	0,47911	0,38472	243950,2
1306250.0	29	0,14974	0,47926	0,40085	243947,5
1302500.0	35	0,14979	0,47941	0,41426	243944,8

Таблица 16

Водохранилище 5 – Концентрации нефтепродуктов и фенолов

Объём	№ суток	Нефтепродукты			Фенолы		
		$C_1(t)$	$C_2(t)$	$C_3(t)$	$C_1(t)$	$C_2(t)$	$C_3(t)$
Конец осеннего сезона							
25804336.0	29	0,02379	0,00029	0,00016	0,00405	0,05088	0,04942
25908688.0	59	0,02576	0,00029	0,00019	0,00405	0,05076	0,05076
26013040.0	89	0,02680	0,00029	0,00021	0,00404	0,05065	0,05070
26117376.0	119	0,02733	0,00029	0,00023	0,00403	0,05054	0,05059
26221728.0	149	0,02759	0,00029	0,00024	0,00402	0,05043	0,05048
26326080.0	179	0,02770	0,00029	0,00025	0,00401	0,05032	0,05037
26430432.0	209	0,02774	0,00029	0,00026	0,00400	0,05021	0,05026
Конец зимнего ледостава							
26380000.0	5	0,02701	0,00014	0,00026	0,00326	0,02388	0,0366
26260000.0	11	0,02624	0,00014	0,00025	0,00307	0,02382	0,0286
26140000.0	17	0,02560	0,00014	0,00025	0,00304	0,02387	0,02552
Конец весеннего половодья							
26084000.0	5	0,02392	0,00007	0,00023	0,00230	0,01075	0,01513
26068000.0	11	0,02244	0,00007	0,00021	0,00219	0,01068	0,01158
26052000.0	17	0,02125	0,00007	0,00019	0,00218	0,01067	0,01084
26036000.0	23	0,02029	0,00007	0,00018	0,00218	0,01068	0,01070
26020000.0	29	0,01951	0,00007	0,00016	0,00218	0,01068	0,01068
26004000.0	35	0,01889	0,00007	0,00015	0,00218	0,01069	0,01068
25988000.0	41	0,01838	0,00007	0,00014	0,00218	0,01069	0,01069
25972000.0	47	0,01798	0,00007	0,00013	0,00218	0,01070	0,01069
25956000.0	53	0,01765	0,00007	0,00012	0,00218	0,01070	0,01070
25940000.0	59	0,01739	0,00007	0,00012	0,00219	0,01071	0,01070
25924000.0	65	0,01718	0,00007	0,00011	0,00219	0,01071	0,01071
25908000.0	71	0,01701	0,00007	0,00011	0,00219	0,01072	0,01071
Конец летней межени							
25870000.0	5	0,01756	0,01756	0,00010	0,00284	0,0239	0,01668
25840000.0	11	0,01822	0,01822	0,00010	0,00302	0,02402	0,02108
25810000.0	17	0,01878	0,01878	0,00011	0,00305	0,02406	0,02296
25780000.0	23	0,019253	0,019253	0,00011	0,00306	0,02408	0,02368
25750000.0	29	0,01967	0,01967	0,00011	0,00307	0,0241	0,02395
25720000.0	35	0,02002	0,02002	0,00011	0,00307	0,02412	0,02405

Таблица 17

Водохранилище 5 – Концентрации фурфурола и диметилдисульфида

Объём	№ суток	Фурфурола			Диметилдисульфид		
		$C_1(t)$	$C_2(t)$	$C_3(t)$	$C_1(t)$	$C_2(t)$	$C_3(t)$
Конец осеннего сезона							
25804336.0	29	0,02000	0,50929	0,50882	0,01055	7,00574	4,97195
25908688.0	59	0,01997	0,50849	0,50864	0,01055	7,00492	5,71110
26013040.0	89	0,01994	0,50768	0,50784	0,01055	7,00411	6,18125
26117376.0	119	0,01990	0,50688	0,50704	0,01055	7,00331	6,48018
26221728.0	149	0,01987	0,50608	0,50624	0,01055	7,00249	6,67015
26326080.0	179	0,01984	0,50528	0,50544	0,01054	7,00168	6,79077
26430432.0	209	0,01981	0,50448	0,50464	0,01054	7,00088	6,86724
Конец зимнего ледостава							
26380000.0	5	0,01613	0,25441	0,3081	0,01038	4,14951	6,58067
26260000.0	11	0,01604	0,25494	0,26171	0,01038	4,15036	6,24216
26140000.0	17	0,01608	0,25554	0,25607	0,01038	4,15121	5,95082
Конец весеннего половодья							
26084000.0	5	0,01236	0,12208	0,13373	0,01014	2,53371	5,26256
26068000.0	11	0,01232	0,12209	0,12253	0,01014	2,53382	4,68041
26052000.0	17	0,01233	0,12214	0,12213	0,01014	2,53392	4,22239
26036000.0	23	0,01233	0,12218	0,12216	0,01014	2,53402	3,86211
26020000.0	29	0,01233	0,12223	0,12221	0,01014	2,53413	3,57873
26004000.0	35	0,01234	0,12228	0,12226	0,01014	2,53423	3,35583
25988000.0	41	0,01234	0,12232	0,12231	0,01014	5,53434	3,18052
25972000.0	47	0,01235	0,12237	0,12235	0,01014	2,53444	3,04264
25956000.0	53	0,01235	0,12242	0,12240	0,01014	2,53454	2,93420
25940000.0	59	0,01236	0,12247	0,12245	0,01014	2,53465	2,84892
25924000.0	65	0,01236	0,12251	0,12249	0,01014	2,53475	2,78186
25908000.0	71	0,01237	0,12256	0,12254	0,01014	2,53486	2,72913
Конец летней межени							
25870000.0	5	0,01604	0,25683	0,22368	0,01037	4,15312	2,87375
25840000.0	11	0,01617	0,25705	0,25248	0,01038	4,15333	3,05182
25810000.0	17	0,01619	0,25720	0,25653	0,01038	4,15355	3,20525
25780000.0	23	0,01620	0,25735	0,25718	0,01038	4,15376	3,33734
25750000.0	29	0,01620	0,25751	0,2574	0,01038	4,15397	3,45106
25720000.0	35	0,01621	0,25766	0,25756	0,01039	4,15418	3,54896

Таблица 18

Водохранилище 5 – Концентрации метилмеркаптана

Объём	№ суток	Метилмеркаптан			Площадь дна
		$C_1(t)$	$C_2(t)$	$C_3(t)$	
Конец осеннего сезона					
25804336.0	29	0,04669	0,26391	0,15094	1529947.0
25908688.0	59	0,04990	0,26353	0,19466	1529975.0
26013040.0	89	0,05090	0,26302	0,22310	1530003.0
26117376.0	119	0,05117	0,26248	0,24015	1530031.0
26221728.0	149	0,05119	0,26192	0,24988	1530059.0
26326080.0	179	0,05112	0,26137	0,25522	1530087.0
26430432.0	209	0,05103	0,26081	0,25800	1530115.0
Конец зимнего ледостава					
26380000.0	5	0,04831	0,26192	0,24446	1530101.0
26260000.0	11	0,04589	0,26137	0,22838	1530069.0
26140000.0	17	0,04410	0,26081	0,21391	1530036.0
Конец весеннего половодья					
26084000.0	5	0,03917	0,05665	0,18134	1530021.0
26068000.0	11	0,03547	0,05642	0,15357	1530017.0
26052000.0	17	0,03300	0,05627	0,13144	1530013.0
26036000.0	23	0,03134	0,05618	0,11400	1530009.0
26020000.0	29	0,03024	0,05613	0,10038	1530004.0
26004000.0	35	0,02950	0,05611	0,08982	1530000.0
25988000.0	41	0,02901	0,05610	0,08169	1529996.0
25972000.0	47	0,02868	0,05610	0,07546	1529992.0
25956000.0	53	0,02847	0,05611	0,07071	1529987.0
25940000.0	59	0,02833	0,05613	0,06710	1529983.0
25924000.0	65	0,02824	0,05615	0,06437	1529979.0
25908000.0	71	0,02819	0,05617	0,06231	1529975.0
Конец летней межени					
25870000.0	5	0,03049	0,12431	0,06620	1529964.0
25840000.0	11	0,03263	0,12455	0,07219	1529956.0
25810000.0	17	0,03424	0,12474	0,07817	1529948.0
25780000.0	23	0,03546	0,12492	0,08390	1529940.0
25750000.0	29	0,03637	0,12507	0,08922	1529932.0
25720000.0	35	0,03707	0,12521	0,09407	1529924.0

Таблица 19

Водохранилище 6 – Концентрации нефтепродуктов и фенолов

Объём	№ суток	Нефтепродукты			Фенолы		
		$C_1(t)$	$C_2(t)$	$C_3(t)$	$C_1(t)$	$C_2(t)$	$C_3(t)$
Конец осеннего сезона							
53352160.0	29	0,04552	0,00059	0,00030	0,00020	0,09179	0,08898
53704336.0	59	0,04997	0,00059	0,00035	0,00020	0,09143	0,09149
54056512.0	89	0,05254	0,00059	0,00040	0,00020	0,09108	0,09123
54408688.0	119	0,05400	0,00058	0,00044	0,00021	0,09073	0,09088
54760864.0	149	0,05479	0,00058	0,00047	0,00021	0,09038	0,09053
55113040.0	179	0,05519	0,00058	0,00049	0,00021	0,09004	0,09019
55465216.0	209	0,05534	0,00058	0,00052	0,00020	0,08969	0,08984
Конец зимнего ледостава							
55294992.0	5	0,05389	0,00027	0,00051	0,00579	0,04173	0,06526
54890000.0	11	0,05234	0,00027	0,00050	0,00540	0,04175	0,05068
54484992.0	17	0,05101	0,00027	0,00048	0,00534	0,04193	0,04498
54296000.0	5	0,04756	0,00012	0,00045	0,00401	0,01853	0,02654
Конец весеннего половодья							
54241984.0	11	0,04449	0,00012	0,00041	0,00379	0,01844	0,02012
54187984.0	17	0,04196	0,00012	0,00038	0,00377	0,01844	0,01876
54133984.0	23	0,03987	0,00012	0,00035	0,00377	0,01845	0,01850
54079984.0	29	0,03815	0,00012	0,00032	0,00377	0,01847	0,01847
54025984.0	35	0,03673	0,00012	0,00030	0,00377	0,01848	0,01847
53917984.0	41	0,03557	0,00012	0,00028	0,00378	0,01850	0,01848
53917984.0	47	0,03461	0,00012	0,00026	0,00378	0,01851	0,01850
53863984.0	53	0,03382	0,00012	0,00024	0,00378	0,01853	0,01851
53809984.0	59	0,03317	0,00012	0,00023	0,00378	0,01854	0,01853
53755984.0	65	0,03264	0,00012	0,00022	0,00379	0,01856	0,01854
53701984.0	71	0,03221	0,00012	0,00021	0,00379	0,01857	0,01856
Конец летней межени							
53573744.0	5	0,03314	0,00028	0,00020	0,00496	0,04222	0,02899
53472480.0	11	0,03433	0,00028	0,00020	0,00531	0,04243	0,03691
53371232.0	17	0,03537	0,00028	0,00020	0,00539	0,04252	0,0404
53269984.0	23	0,03629	0,00028	0,00021	0,00541	0,04259	0,04178
53168736.0	29	0,03710	0,00028	0,00021	0,00542	0,04265	0,04231
53067488.0	35	0,03782	0,00028	0,00021	0,00543	0,04270	0,04253

Таблица 20

Водохранилище 6 – Концентрации фурфурола и диметилдисульфида

Объём	№ суток	Фурфурола			Диметилдисульфид		
		$C_1(t)$	$C_2(t)$	$C_3(t)$	$C_1(t)$	$C_2(t)$	$C_3(t)$
Конец осеннего сезона							
53352160.0	29	0,03677	0,93622	0,93552	0,02064	13,70575	9,38657
53704336.0	59	0,03666	0,93355	0,93410	0,02064	13,70275	10,95611
54056512.0	89	0,03656	0,93089	0,93144	0,02063	13,69977	11,95401
54408688.0	119	0,03645	0,92824	0,92879	0,02063	13,69674	12,58805
54760864.0	149	0,03635	0,92561	0,92615	0,02062	13,69371	12,99048
55113040.0	179	0,03625	0,92300	0,92354	0,02062	13,69065	13,24553
55465216.0	209	0,03615	0,92040	0,92093	0,02061	13,68767	13,40676
Конец зимнего ледостава							
55294992.0	5	0,02893	0,45458	0,55752	0,02025	8,08822	12,85213
54890000.0	11	0,02870	0,45631	0,46910	0,02023	8,09138	12,18914
54484992.0	17	0,02881	0,45819	0,45875	0,02023	8,09453	11,61848
Конец весеннего половодья							
54296000.0	5	0,02178	0,21472	0,23692	0,01972	4,09201	10,27169
54241984.0	11	0,02168	0,21480	0,21563	0,01968	4,92044	9,13035
54187984.0	17	0,02169	0,21494	0,21491	0,01968	4,92083	8,23210
54133984.0	23	0,02170	0,21508	0,21502	0,01968	4,92121	7,52558
54079984.0	29	0,02172	0,21522	0,21517	0,01969	4,92160	6,96989
54025984.0	35	0,02173	0,21537	0,21531	0,01969	4,92198	6,53286
53917984.0	41	0,02175	0,21551	0,21545	0,01969	4,92236	6,18915
53917984.0	47	0,02176	0,21566	0,21560	0,01969	4,92275	5,91886
53863984.0	53	0,02178	0,21580	0,21574	0,01969	4,92313	5,70633
53809984.0	59	0,02179	0,21594	0,21588	0,01969	4,92352	5,53923
53755984.0	65	0,02181	0,21609	0,21603	0,01970	4,92390	5,40786
53701984.0	71	0,02182	0,21623	0,21617	0,01970	4,92429	5,30461
Конец летней межени							
53573744.0	5	0,02878	0,46237	0,39893	0,02022	8,10162	5,58649
53472480.0	11	0,02912	0,46298	0,45393	0,02025	8,10241	5,93624
53371232.0	17	0,02916	0,46347	0,46201	0,02026	8,10320	6,23796
53269984.0	23	0,02919	0,46395	0,46349	0,02026	8,10399	6,49780
53168736.0	29	0,02922	0,46444	0,46410	0,02026	8,10477	6,72155
53067488.0	35	0,02925	0,46493	0,46460	0,02026	8,10557	6,91425

Таблица 21

Водохранилище 6 – Концентрации метилмеркаптана

Объём	№ суток	Метилмеркаптан			Площадь дна
		$C_1(t)$	$C_2(t)$	$C_3(t)$	
Конец осеннего сезона					
53352160.0	29	0,08619	0,50116	27485	2687682.0
53704336.0	59	0,09333	0,49996	0,35888	2687772.0
54056512.0	89	0,09583	0,49781	0,41525	2687861.0
54408688.0	119	0,09655	0,49590	0,44978	2687951.0
54760864.0	149	0,09660	0,49396	0,46968	2688041.0
55113040.0	179	0,09638	0,49203	0,48048	2688130.0
55465216.0	209	0,09606	0,49010	0,48587	2688220.0
Конец зимнего ледостава					
55294992.0	5	0,09078	0,22537	0,46018	2688177.0
54890000.0	11	0,08608	0,22619	0,42978	2688074.0
54484992.0	17	0,08253	0,22710	0,40235	2687971.0
Конец весеннего половодья					
54296000.0	5	0,07300	0,10064	0,34076	2687923.0
54241984.0	11	0,06571	0,10024	0,28818	2687909.0
54187984.0	17	0,06070	0,09999	0,24611	2687895.0
54133984.0	23	0,05727	0,09985	0,21279	2687882.0
54079984.0	29	0,05491	0,09977	0,18665	2687868.0
54025984.0	35	0,05330	0,09974	0,16627	2687854.0
53917984.0	41	0,05220	0,09975	0,15049	2687840.0
53917984.0	47	0,05146	0,09978	0,13833	2687826.0
53863984.0	53	0,05096	0,09982	0,12901	2687813.0
53809984.0	59	0,05063	0,09988	0,12189	2687799.0
53755984.0	65	0,05042	0,09994	0,11648	2687785.0
53701984.0	71	0,05028	0,10001	0,11238	2687771.0
Конец летней межени					
53573744.0	5	0,05441	0,22783	0,11899	2687739.0
53472480.0	11	0,05837	0,22841	0,12958	2687713.0
53371232.0	17	0,06144	0,22893	0,14026	2687687.0
53269984.0	23	0,06383	0,22940	0,15059	2687661.0
53168736.0	29	0,06569	0,22984	0,16032	2687636.0
53067488.0	35	0,06715	0,23025	0,16927	2687610.0

2. Динамика концентраций вредных веществ в водохранилище Нижнебогучанской ГЭС в течение года

Рис. 1. Нефтепродукты

Рис. 2. Фенолы

Рис. 3. Фенолы

Рис. 4. Фурфурол

Рис. 5. Фурфурол

Рис. 6. Диметилдисульфид

Рис. 7. Диметилдисульфид

Рис. 8. Метилмеркаптан

Рис. 9. Метилмеркаптан

3. Расчеты концентраций по годам наполнения водохранилища

Наряду с моделированием стационарного водного режима водохранилищ были проведены расчеты для четырехлетнего периода наполнения водохранилищ. Данные этих расчетов приведены в табл. 22-23 для двух наиболее загрязненных водохранилищ 1 и 4 (Средне-Енисейского в Абалаковском створе при НПУ-103 и Нижнебогучанского соответственно). Целью данных расчетов являлось выявление ситуации с загрязнением воды в первые годы наполнения водохранилищ при условии, что промышленность региона начнет функционировать раньше, чем будут построены плотины ГЭС. Естественно ожидать, что в первые годы, когда объем водохранилища еще небольшой, но обмен воды уже замедлен, загрязненность воды будет наиболее сильной (поскольку объем загрязнений, поступающих в воду, постоянен). Как показывает анализ табл. 22, концентрация загрязнений в первый год наполнения превышает концентрацию в последний, четвертый год наполнения от нескольких процентов до двух и более раз. Наиболее сильное различие между первым и четвертым годом наблюдается по фурфуролу – в 2,29 раза и по диметилдисульфиду – в 2,34 раза по воде, и в 3,78 раза в придонном слое глубоководья.

Табл. 23 показывает соотношения максимального расчетного уровня загрязнения и ПДК в первый год наполнения. При сравнении табл. 22 и 23 видно, что в первый год концентрация диметилдисульфида в придонном слое водохранилищ 1 и 4 превышает ПДК в 1.46 и 1.7 раза, а после наполнения снижается до уровня ПДК. Концентрации метилдимеркаптана в придонном слое обоих водохранилищ (1 и 4), а также диметилдисульфида в придонном слое водохранилища 4 устойчиво превышаются во все годы существования водохранилища - и в период наполнения и в стационарном режиме. В толще воды концентрация ни по одному из веществ не превышает ПДК, но по метилмеркаптану приближается в первый год наполнения к предельному уровню: 85% от ПДК по водохранилищу 4 и 97% по водохранилищу 1.

Таблица 22

Изменение максимальных значений концентраций по годам наполнения водохранилища (г/тыс. м3)

Вещество	Год	Водохранилище 1			Водохранилище 4		
		C_1	C_2	C_3	C_1	C_2	C_3
Нефтепродукты	1	0,06801	0,00071	0,00087	0,05511	0,00057	0,00163
	2	0,06622	0,00069	0,00067	0,05467	0,00057	0,00054
	3	0,06425	0,00067	0,00062	0,05424	0,00056	0,00053
	4	0,06228	0,00065	0,00060	0,05381	0,00056	0,00052
$C_{год\ 1}/C_{год\ 4}$		1,091	1,092	1,298	1,024	1,017	3,134
Фенолы	1	0,03622	0,45399	0,60370	0,04964	0,62265	0,65957
	2	0,02725	0,34153	0,33998	0,04149	0,52038	0,51969
	3	0,02184	0,27372	0,27163	0,03564	0,44697	0,44629
	4	0,01823	0,22838	0,22620	0,03123	0,39171	0,39107
$C_{год\ 1}/C_{год\ 4}$		1,989	1,986	2,668	1,589	1,590	1,685
Фурфурол	1	0,19872	5,06025	5,05596	0,34059	8,67390	8,61382
	2	0,13924	3,54553	3,54886	0,25450	6,48136	6,48036
	3	0,10716	2,72874	2,73080	0,20315	5,17359	5,17218
	4	0,08710	2,21781	2,21928	0,16904	4,30496	4,30348
$C_{год\ 1}/C_{год\ 4}$		2,287	2,280	2,274	2,011	2,016	2,002

Продолжение табл. 22

Вещество	Год	Водохранилище 1			Водохранилище 4		
		C1	*C2*	*C3*	*C1*	*C2*	*C3*
Диметилдисульфид	1	0,08805	58,46533	68,17697	0,14957	99,31497	101,9774
	2	0,06090	40,43726	39,94810	0,10832	71,92671	71,05025
	3	0,04655	30,90669	30,43077	0,08491	56,37941	55,55339
	4	0,03767	25,01173	24,58397	0,06981	46,35696	45,61491
$C_{год\ 1}/C_{год\ 4}$		2,340	2,336	2,779	2,159	2,144	2,244
Метилмеркаптан	1	0,19414	0,99329	0,96309	0,17041	0,87255	0,85673
	2	0,17865	0,91320	0,88979	0,16537	0,84671	0,83881
	3	0,16528	0,84514	0,81982	0,16062	0,82236	0,81413
	4	0,15358	0,78666	0,76011	0,15613	0,79937	0,79086
$C_{год\ 1}/C_{год\ 4}$		1,267	1,263	1,267	1,089	1,091	1,083

Источник: расчеты автора

Таблица 23

Соотношение максимальных расчетных уровней концентраций загрязнителей в первый год наполнения водохранилищ с ПДК (% от ПДК)

Вещества	ПДК, г/тыс.м^3	Водохранилище 1			Водохранилище 4		
		C_{1C}	C_2	C_3	C_1	C_2	C_3
Нефтепродукты	50,0	0,136	0,0014	0,0167	0,1102	0,001145	0,00326
Фенолы	1,0	3,625	45,39	60,37	4,96	62,27	65,96
Фурфурол	1000,0	0,0198	0,506	0,505	0,034	0,8675	0,861
Диметилдисульфат	40,0	0,22	146,15	170,425	0,3725	248,275	254,925
Метилмеркаптан	0,2	97,0	496,0	481,5	85,2	436,%	428,3

Источник: расчеты автора

Приложение 4

РЕЗУЛЬТАТЫ ПАРАМЕТРИЗАЦИИ ОГРАНИЧЕНИЙ НА ПРОВЕДЕНИЕ РЕКУЛЬТИВАЦИИ

Для выявления влияние разброса заданий на осуществление рекультивационных работ (на величину суммарных затрат на создание и функционирование угле-энергетического комплекса) был проведен параметрический анализ ограничений на проведение рекультивации отдельными разрезами (табл. 1–3 и рис. 1–4)[1]. Анализу подвергались три различные варианта параметризации значений ограничений задачи. Суть их заключалась в следующем.

Вариант 1. Для каждого из шести разрезов исследовалась зависимость суммарной величины затрат на создание и функционирование комплекса от увеличения доли данного разреза в выполнении общего задания на рекультивацию, при равномерном распределении оставшейся части общего задания району между остальными пятью разрезами. Тем самым определялась степень «выгодности» данного разреза с точки зрения проведения в его пределах рекультивации (табл. 1 и рис. 1).

Таблица 1

Результаты варианта параметризации 1

Значение заданий, одинаковых для остальных пяти разрезов	Значение ограничения по параметризируемому разрезу	Значения целевой функции по параметризируемым разрезам					
		SW	BR	RS	DS	FR	G
0	2656	2996070	–	–	–	–	–
40	2456	2984687	2982043	2983649	2985530	4812189	2749229
80	2256	3004418	2998647	2998964	3005878	4648831	2791241
120	2056	3024149	3015625	3015892	3026261	4486550	2834244
160	1856	3044524	3038214	3032990	3046799	4324293	2877246
200	1656	3064995	3061008	3050810	3067646	4162036	2920474
240	1456	3085849	3083955	3068630	3088493	4000244	2963704
280	1256	3106879	3106929	3086507	3109429	3839831	3007213
320	1056	3129500	3130010	3104467	3131566	3681945	3052312
360	856	3152798	3153161	3124784	3153969	3524533	3099749
400	656	3176102	3176312	3161637	3176372	3367798	3148661
440	456	3199519	3199518	3198593	3199518	3211474	3197793
Точка равных заданий – 442.6	442.6	3200024	3200024	3200024	3200024	3200024	3200024
480	256	3223555	3226171	3235733	3222803	3055424	3246123
520	56	3248552	3259642	3273158	3248163	2899821	3296678
Полный интервал измерения ЦФ (△ЦФ)		263865	277599	289509	262633	–1921368	547449

Примечание: $\triangle ЦФ = F_{max} - F_{min} = |F(56) - F(2456)|$
Источник: расчеты автора.

[1] Параметрический анализ позволяет выяснить, как изменяется оптимальное значение целевой функции при изменении ее коэффициентов или правых частей ограничений. При этом предполагается, что изменяемые величины зависят от некоторого параметра, и требуется найти, как от этого же параметра зависит оптимальное значение целевой функции.

Рис. 1. Результаты варианта параметризации 1

Источник: расчеты автора.

Вариант 2. Заранее выбирался допустимый интервал разброса заданий отдельным разрезам. Минимальные и максимальные разрешенные масштабы проведения рекультивации на разрезах менялись в процессе параметризации, но величина интервала сохранялась неизменной. Масштабы рекультивации на отдельных разрезах могли по результатам решения принимать любые значения в пределах границ данного интервала. Была найдена зависимость величины суммарных затрат и оптимальных масштабов рекультивации на тех или иных разрезах от значений максимальных и минимальных разрешенных масштабов проведения рекультивации (верхние и нижние границы разрешенных масштабов изменяются на каждом шаге параметризации, оставаясь едиными для всех разрезов, и с сохранением величины интервала между ними) – табл. 2 и рис. 2.

Вариант 2. Заранее выбирался допустимый интервал разброса заданий отдельным разрезам. Минимальные и максимальные разрешенные масштабы проведения рекультивации на разрезах менялись в процессе параметризации, но величина интервала сохранялась неизменной. Масштабы рекультивации на отдельных разрезах могли по результатам решения принимать любые значения в пределах границ данного интервала. Была найдена зависимость величины суммарных затрат и оптимальных масштабов рекультивации на тех или иных разрезах от значений максимальных и минимальных разрешенных масштабов проведения рекультивации (верхние и нижние границы разрешенных масштабов изменяются на каждом шаге параметризации, оставаясь едиными для всех разрезов, и с сохранением величины интервала между ними) – табл. 2 и рис. 2.

Вариант 3. Параметризируемой величиной выступает ширина интервала возможного изменения заданий. Находится зависимость значения суммарных затрат на создание и функционирование комплекса, масштабов проведения рекультивации на отдельных разрезах, положения интервала (т.е. значений максимальных и минимальных масштабов проведения рекультивации на разрезах) от величины интервала возможного изменения заданий (т.е. от разницы между максимальными и минимальными разрешенными масштабами рекультивации) – табл. 3 и рисунки 3 и 4.

Таблица 2

Результаты варианта параметризации 2

Положение интервала ширины 300	Изменение масштабов проведения рекультивации на отдельных разрезах в пределах интервала заданной ширины и поведение целевой функции (ЦФ) при изменении положения интервала						
	REC_{SW}	REC_{BR}	REC_{RS}	REC_{DS}	REC_{FR}	REC_{G}	ЦФ
160–460	460	460	460	460	356	460	3153380
180–480	480	480	480	480	256	480	3075597
200–500	500	500	500	456	200	500	3027058
220–520	520	520	520	356	220	520	3028796
240–540	540	540	540	256	240	540	3033655
260–560	560	456	560	260	260	560	3045221
280–580	551	384	580	280	280	580	3059988
300–600	466	383	600	300	300	600	3075628
320–620	398	377	620	320	320	620	3091406
340–640	356	340	640	340	340	640	3107332
360–660	360	360	556	360	360	660	3126140
380–680	380	380	456	380	380	680	3145936
400–700	400	400	400	400	400	656	3167618
420–720	420	420	420	420	420	556	3192135
440–740	440	440	440	440	440	456	3217408
142(6)–442(6)	442,(6)	442,(6)	442,(6)	442,(6)	442,(6)	442,(6)	
442(6)–742(6)	442,(6)	442,(6)	442,(6)	442,(6)	442,(6)	442,(6)	3220621

Примечание: REC_i – обозначение ограничения на масштабы рекультивации на разрезе *i*.

Источник: расчеты автора.

Рис. 2. Результаты варианта параметризации 2

Пояснения к рис. 2: 1) ЦФ – зависимость целевой функции F от расположения интервала разброса заданий на рекультивацию отдельным разрезам; 2) F(RECi) – взаимное соответствие значений целевой функции F (RECi) и масштабов проведения рекультивации на конкретных разрезах (RECi), где минимальные и максимальные масштабы проведения рекультивации на отдельных разрезах отличаются не более, чем на заданную величину интервала разброса фиксированной ширины (300 га); 3) Масштабы проведения рекультивации на отдельных разрезах [i$\in$ {SW, BR, RS, DS, FR, G}] меняются в пределах интервала заданной ширины (300 га) при изменении положения интервала.

Источник: расчеты автора.

Параметрические расчеты показали, что разрезы «Гойтше» и «Реза–Сауседлиц» являются наиболее выгодным местом для проведения рекультивации, разрез «Фрайхайт» – наименее выгодным. Остальные разрезы занимают промежуточное положение. Разрез «Реза – Сауседлиц» полностью обеспечен собственными ресурсами для проведения рекультивации. Приоритетность разреза «Гойтше» при проведении рекультивации объясняется тем, что, хотя он и не располагает собственными ресурсами снятых вскрышных пород и гумусового слоя, но расположен в непосредственной близости от разреза «Реза–Сауседлиц», откуда получает необходимые ресурсы, а затраты на перевозку по этому направлению сопоставимы по величине с затратами на перевозку в пределах самого разреза «Реза–Сауседлиц». Невыгодность проведения рекультивации на разрезе «Фрайхайт» вызвана тем, что этот разрез уже не располагает достаточными собственными ресурсами для проведения рекультивации, а его транспортное положение не является менее благополучным, чем у разреза «Гойтше».

Графики, построенные по варианту параметризации 1 (см. рис. 1), показывают характер изменения суммарных затрат при постепенном увеличении доли одного из разрезов в выполнении общего задания району на проведение рекультивации. Для пяти разрезов – «Делич–Юго–Запад», «Брайтенфельд», «Реза–Сауседлиц», «Делич–Юг», «Гойтше» – суммарные затраты на проведение рекультивации по району в целом снижаются при увеличении нагрузки по выполнению общего задания, приходящейся на один из названных разрезов. Это происходит за счет снижения суммарных транспортных затрат на перевозку вскрышных пород и гумусового слоя к местам осуществления рекультивации. И лишь для разреза «Фрайхайт» наблюдается обратная закономерность изменения суммарных затрат. Объясняется это тем, что на разрезе «Фрайхайт» уже не имеется в достаточном количестве собственных ресурсов рекультивации, а транспортное положение разреза по отношению к поставщикам ресурсов несколько менее выгодное, чем у прочих разрезов, использующих привозные ресурсы (к примеру, разрез «Гойтше»).

Таблица 3

Результаты варианта параметризации 3

Расположение значения REC_i внутри интервала						Ширина интервала (га)	Положение центра интервала (га)	Расположение интервала на допустимом отрезке [0;2656]	Значение целевой функции (тыс. у.е.)	Величина изменения целевой функции (тыс. у.е.)
SW	BR	RS	DS	FR	G					
U	U	U	U	L	U	116	404.0	346–462	3125634	65015
U	U	U	U	L	U	216	370.0	262–478	3060619	64879
U	U	U	U	L	U	316	337.0	179–495	2995740	64810
U	U	U	U	L	U	416	304.0	96–512	2930930	53640
BS	U	U	U	L	U	516	290.0	32–548	2877290	16661
L	U	U	U	L	U	616	340.0	32–648	2860629	16647
L	BS	U	BS	L	U	716	390.0	32–748	2843982	12979
L	BS	U	BS	L	U	816	440.0	32–848	2831003	9449
L	BS	U	BS	L	U	916	490.0	32–948	2821554	8494
L	BS	U	BS	L	U	1016	540.0	32–1048	2813060	5555
L	BS	BS	BS	L	U	1116	590.0	32–1148	2807505	5220
L	BS	BS	BS	L	U	1216	640.0	32–1246	2802285	5220
L	BS	BS	BS	L	U	1316	690.0	32–1348	2797065	5220
L	BS	BS	BS	L	U	1416	740.0	32–1448	2791845	5220
L	BS	BS	L	L	U	1516	790.0	32–1548	2786625	5220
L	BS	BS	L	L	U	1616	840.0	32–1648	2781405	5220
L	BS	BS	L	L	U	1716	890.0	32–1748	2776185	5220
L	BS	BS	L	L	U	1816	940.0	32–1848	2770965	5164
L	BS	BS	L	L	U	1916	990.0	32–1948	2765801	5100
L	BS	BS	L	L	U	2016	1040.0	32–2048	2760701	5068
L	BS	BS	L	L	U	2116	1090.0	32–2148	2755633	4864
L	BS	BS	L	L	U	2216	1140.0	32–2248	2750769	4626
L	BS	BS	L	L	U	2316	1183.07	25,07–2341,07	2746134	4572
L	BS	BS	L	L	U	2416	1222.54	14,54–2430,54	2741571	4563
L	BS	BS	L	L	U	2516	1262.01	4,01–2520,01	2737008	

Обозначения:

UL(U) – значение масштабов проведения рекультивации на разрезе выходит на верхнюю границу интервала.

LL(L) – значение масштабов проведения рекультивации на разрезе выходит на нижнюю границу интервала.

BS – значение масштабов проведения рекультивации на разрезе находится во внутренней области интервала.

Рис. 3. Результаты варианта параметризации 3
(зависимость суммарных затрат от степени интенсивности процесса рекультивации на разных разрезах)

Источник: расчеты автора.

Рис. 4. Результаты варианта параметризации 3
(зависимость положения интервала разброса заданий на масштабы рекультивации отдельным разрезам и шириной интервала допустимого разброса заданий на рекультивацию)

Источник: расчеты автора.

Снижение суммарных затрат на осуществление рекультивации при увеличении ее масштабов в отдельности на каждом из разрезов: «Делич–Юго-Запад», «Брайтенфельд», «Реза–Сауседлиц», «Делич–Юг», «Гойтше», происходит отчасти за счет снижения затрат на перевозки. Поскольку концентрация рекультивационных работ на определенном разрезе предполагает, что проведению рекультивации предшествовали соответствующие масштабы изъятия земель, то это означает, как правило, что данный разрез располагает достаточным количеством собственных ресурсов вскрышных пород и гумусового слоя. Ввиду этого он не нуждается в привозных ресурсах. К тому же, так как масштабы рекультивации на остальных разрезах в данном случае не очень велики, вывоз вскрышных пород и гумуса с разреза, осуществляющего основную часть рекультивации, для покрытия потребностей этих разрезов производится в небольших объемах (или не производится совсем.)

ПРИЛОЖЕНИЕ 4
РЕЗУЛЬТАТЫ ПАРАМЕТРИЗАЦИИ ОГРАНИЧЕНИЙ НА ПРОВЕДЕНИЕ РЕКУЛЬТИВАЦИИ

Возможность снижения транспортных затрат на перевозку вскрышных пород и гумусового слоя при неравномерном проведении рекультивации на разных разрезах влияет на видовую структуру рекультивации в целом по району: снижаются суммарные затраты на проведение самого дорогостоящего вида рекультивации – сельскохозяйственной – за счет снижения затрат на доставку гумусового слоя к местам ее проведения. Поэтому возрастает приоритетность сельскохозяйственной рекультивации.

Так, расчеты показали следующее: если увеличивать долю сельскохозяйственной рекультивации в общем объеме восстановительных работ при равномерном распределении общего задания по рекультивации между разрезами, то функционал возрастает[1]. Если же распределение задания на рекультивацию между разрезами заранее не фиксируется, то значение функционала, наоборот, снижается при увеличении доли сельскохозяйственной рекультивации. Это происходит потому, что при неравномерном распределении масштабов рекультивации уровень транспортных затрат ниже (о чем уже говорилось выше). Выгоднее становится повышать долю сельскохозяйственной рекультивации, а это, в свою очередь, приводит к увеличению денежного выражения дополнительной продукции, так как сельскохозяйственные угодья дают наибольший в денежном выражении объем продукции с единицы площади.

Таким образом, разность суммарных затрат на рекультивацию и суммарного денежного выражения продукции при неравномерном проведении рекультивации по разрезам (2735,3 млн у.е.) почти на 15% (на 483,6 тыс. у.е.) ниже, чем при той же структуре рекультивации по видам, но при равномерном распределении общего задания между разрезами (3218,8 млн у.е.). Данная разница получена, в том числе за счет снижения транспортных затрат на 322,8 млн у.е., что составляет значительную часть общей величины разницы и соответствует 10% от большего значения функционала – 3218,8 млн у.е. Таким образом, получаем существенную экономию.

В целом, во всех параметрических расчетах прослеживается одна общая тенденция: значение суммарных затрат на осуществление рекультивации в районе снижается при возрастании величины разброса заданий на масштабы рекультивации отдельным разрезам (за счет снижения транспортных издержек). Но неравномерность проведения рекультивации на разных разрезах имеет определенные временные и пространственные пределы. Как скоро масштабы рекультивации определяются масштабами предшествовавшего изъятия земель, неравномерность осуществления рекультивации на отдельных разрезах будет соответствовать степени неравномерности развития этих разрезов во времени, той степени, которая будет признана допустимой. Поэтому вариант параметризации 2 предназначен для определения оптимального соотношения заданий отдельным разрезам в пределах разброса заданий, не превышающего заранее зафиксированную величину. Задавая эту величину разброса, по результатам решения можно выбрать то положение интервала разброса, которому соответствуют минимальные затраты.

Расчеты проводились для интервала возможного изменения значений заданий разрезам величиной 300 га (табл. 2). Поскольку в сумме по шести разрезам они должны составлять 2656 га – величину общего задания району на рекультивацию, – то минимальное значение верхней границы указанного интервала не может быть меньше 1/6 общего задания району, а максимальное значение нижней его границы, аналогично, не может быть больше 1/6 от 2656 га. Когда задания всем шести разрезам одинаковы, суммарные затраты на создание разрезов и осуществление рекультивационных мероприятий составляют 3,2 млрд у.е. По данному варианту параметризации суммарные затраты минимальны в случае, когда задания разрезам на проведение рекультивации находятся в пределах от 200 до 500 га в течение пятнадцатилетнего периода и равны 3,03 млрд у.е. При большем, чем 300 га, разбросе значений заданий могут быть достигнуты еще меньшие значения суммарных затрат, как уже указывалось. Поэтому играет большую роль то обстоятельство, насколько значительное опережение процесса рекультивации на одних разрезах по сравнению с другими может быть допущено в реальности.

Расчеты по варианту параметризации 3 (табл. 3, рис. 3 и 4) дают представление о том, как изменяются суммарные затраты на создание и функционирование угле-энергетического комплекса и осуществление рекультивации при изменении величины интервала разброса заданий на рекультивацию отдельным разрезам. Иными словами, они показывают изменение суммарных затрат в зависимости от того, насколько сильно различается по степени интенсивности процесс рекультивации на разных разрезах.

---

[1] Напомним, что функционал представляет собой разность между суммарными затратами на освоение разрезов и рекультивационные мероприятия, с одной стороны, и денежным выражением дополнительной продукции, полученной с рекультивированных земель, вновь возвращенных в хозяйственный оборот, – с другой.

ПРИЛОЖЕНИЕ 4
РЕЗУЛЬТАТЫ ПАРАМЕТРИЗАЦИИ ОГРАНИЧЕНИЙ НА ПРОВЕДЕНИЕ РЕКУЛЬТИВАЦИИ

С возрастанием неравномерности проведения рекультивации по разрезам (табл. 3, рис. 3) суммарные затраты монотонно снижаются: с 3,1 млрд у.е. при наименьшем различии масштабов рекультивации на разрезах (116 га) до 2,7 млрд у.е. при наибольшем их различии – 2516 га (т.е. когда практически весь предполагаемый объем рекультивационных работ проводится на одном разрезе). Но не все полученные по варианту параметризации 3 решения имеют практический смысл, поскольку для каждого разреза существует определенный предел размеров территории, которая может быть в течение пятнадцатилетнего периода нарушена открытыми разработками, а затем восстановлена. И этот предел, естественно, намного меньше, чем величина общего задания району на проведение рекультивации. По этой же причине оказывается неосуществимым вышеописанный вариант расчетов, в котором достигается наибольшая величина денежного выражения продукции за счет структуры рекультивации по видам и раннего проведения рекультивации во времени.

Расчеты по варианту параметризации 3 позволяют также выявить зависимость между шириной интервала допустимого разброса и оптимальным положением интервала (определяемыми значениями его верхней и нижней границы) для каждого значения его ширины. График расположения центра интервала разброса в зависимости от его ширины представляет собой ломаную линию из нескольких отрезков прямых (см. рис. 4). Сначала центр интервала смещается из точки, где задания всем отрезкам одинаковы – по 4442,6 га – а ширина его равна нулю, в сторону начала координат (наименьшее значение центра интервала равно 290 га, а ширина его – величина разброса заданий отдельным разрезам – при этом составляет 516 га), а затем значение центра интервала начинает увеличиваться до тех пор, пока не достигнет середины области допустимых значений, т.е. значения 1328 га, а ширина интервала при этом достигает максимального возможного значения – 2656 га (это величина общего задания району на рекультивацию, а, следовательно, максимальный возможный разброс заданий отдельным разрезам). Это означает, что вначале сокращение целевой функции достигается в основном за счёт уменьшения масштабов рекультивации на тех разрезах, на которых проведение её обходится дороже – «Фрайхайт», «Делич-Юго-Запад» – поскольку нижняя граница интервала разброса при этом понижается, достигая 32 га (см. табл. 3). Затем значение нижней границы стабилизируется и долгое время остаётся на уровне 32 га. Интервал при этом расширяется за счёт повышения верхней границы, а суммарные транспортные затраты снижаются в этом случае как из-за увеличения масштабов рекультивации на разрезах с благоприятными транспортными условиями или обеспеченных собственными ресурсами – «Гойтш»е, «Брайтенфельд», «Реза–Сауседлиц», – так и по причине уменьшения масштабов рекультивации на разрезах, где хуже обеспеченность ресурсами – «Делич–Юг», «Фрайхайт», «Делич–Юго-Запад».

Анализу подвергалась также зависимость изменения суммарных затрат, связанных с созданием и функционированием рассматриваемого комплекса, от изменения лимитов капитальных вложений. Исходная постановка задачи предусматривает наличие для каждого подпериода ограничений по капитальным вложениям. Кроме того, один из вариантов расчётов осуществлялся при следующих допущениях: не учитывались ограничения в каждом подпериоде на максимальный объём капиталовложений, выделяемых на развитие комплекса, и ограничения на площадь территории, отводимой под разрезы. Соответствующие ограничения учитывались лишь для всего периода в целом – по капиталовложениям (в объеме 1,7 млрд у.е.) и по площади территории, отводимой под разрезы (в размере 5370 га). При таких условиях капиталовложения по подпериодам распределились следующим образом: в первом подпериоде – 207,5 млн у.е. (14,6 % от использованного объёма средств), во втором – 98,6 млн у.е. (6,9 %), а в третьем – 1118,7 млн. у.е. (78,5 %), т.е. большая часть всех использованных средств. (Всего за период по всем вариантам расчётов используется 1424,8 млн у.е., а неиспользуемые резервы капиталовложений составляют около 310,2 млн у.е., или 17,9 % от выделенного комплексу объёма капиталовложений).

Подобное распределение капиталовложений при отсутствии ограничений на них по подпериодам объясняется следующим: основная часть капиталовложений предназначена для мероприятий, связанных с изъятием земель. По данному варианту большая часть территории подвергается открытой разработке в последнем пятилетии, и, следовательно, большая часть средств используется в этом подпериоде. Такой неравномерный режим развития разрезов во времени существенно отличается от предусмотренного в базовом варианте задачи. Его выбор в процессе решения задачи обусловлен тем, что значительно сокращаются (по сравнению с базовым) затраты на хранение плодородного слоя в буртах (на 105,4 тыс. у.е. – с 1087,5 до 982,1 тыс. у.е.) и вскрышных пород на отвалах разрезов (на 2409,6 тыс. у.е. – с 8138,9 до 5729,3 тыс. у.е.) в целом за пятнадцатилетний период.

Но следует помнить, что здесь учитываются затраты на хранение лишь в течение рассматриваемого в задаче периода. При этом большое скопление гумуса в буртах, вызванное форсированным изъятием земель в конце периода либо окажется невозможным по причине нехватки площадей, отведённых под бурты, либо приведёт за пределами планового периода, не рассматриваемом в модели, к большим потерям гумуса в связи с его разрушением, поскольку сельскохозяйственная рекультивация не обязательно будет проводиться в заплановом периоде достаточно быстро и в значительных масштабах, чтобы использовать весь снятый гумусовый слой не позднее, чем истечёт допустимый срок его хранения.

Параметрический анализ ограничений на лимиты капиталовложений по периодам показал, что при увеличении капиталовложений, отведённых для третьего подпериода (и, соответственно, при уменьшении таковых для первого) значение суммарных затрат на развитие комплекса сократилось (что связано, как уже отмечалось, со снижением суммарных за период затрат на хранение гумуса и вскрыши, а также с уменьшением потерь от неиспользования нарушенных угодий в хозяйственном обороте). Поскольку в данном варианте расчётов основная часть угодий нарушается в последнем пятилетии, то в пределах рассматриваемого периода земли не используются сравнительно недолго. Поэтому потери от их неиспользования составили лишь 32,8 млн у.е., что на 13,9 млн у.е. (или на 29,73 %) меньше, чем по базовому варианту расчётов, где они составляли 46,7 млн у.е. Хотя значение суммарных затрат за период уменьшилось, однако при этом не учитывалась ситуация, которая может сложиться в последующий период, когда могут проявиться отрицательные последствия неравномерного развития в течение периода, исследуемого в задаче. Именно за счёт такой неравномерности и достигалось некоторое снижение затрат в рассматриваемом периоде.

Тенденция полного использования всех капиталовложений, отведённых для третьего подпериода, прослеживается в большей части расчётов по модели (по вышеуказанной причине снижения затрат на хранение гумуса в целом за пятнадцатилетний период). Капиталовложения, предназначенные для второго пятилетия, используются, как правило, в наименьшей степени. Это объясняется, главным образом, следующими факторами: во-первых, рекультивированные во втором пятилетии земли не обеспечивают до конца периода такого количества продукции, как в случае, если бы они были рекультивированы в первом пятилетии; во-вторых, экономия на издержках хранения вскрыши и гумуса, снятых в результате открытых разработок во втором подпериоде, получается не такой большой, как в случае проведения основного объёма вскрышных работ в третьем пятилетии, т.е. в конце периода; в-третьих, потери от неиспользования в хозяйстве нарушенных угодий тем больше, чем раньше земли изъяты из оборота и чем позже они восстановлены. Потери от неиспользования угодий, изъятых во втором периоде, исчисляются большими суммами, чем угодий, нарушенных в конце периода.

В результате выгоднее направлять большую часть капиталовложений в первый и третий подпериоды для форсированного развития разрезов и проведения рекультивации. Что касается первого пятилетия, то с увеличением ресурсов капиталовложений появляются большие возможности для раннего проведения рекультивации и получения затем с восстановленных земель продукции не менее, чем на протяжении десяти лет до конца исследуемого периода. Так, в случае полного использования всех 613 млн у.е. капиталовложений, предназначенных для первого подпериода, в этом пятилетии было проведено 859 га сельскохозяйственной рекультивации, что на 77 га больше, чем в базовом варианте расчётов, где лимит капиталовложений первого пятилетия не использовался полностью. Лесной рекультивации по варианту III проведено 165 га в первом и 785 во втором подпериодах, что, соответственно на 57 и 154 га больше, чем в тех же подпериодах в базовом варианте I. Поэтому и суммарное за период денежное выражение дополнительной продукции с восстановленных земель было больше по варианту III, в случае более раннего восстановления нарушенных угодий – 29,6 млн у.е. против 28 млн у.е. по базовому варианту расчётов (данные за вычетом затрат на проведение рекультивации).

В целом, результаты анализа показали, что вариант I, выбранный в качестве базового, удовлетворяет основным требованиям, предъявленным к ходу развития угольно-энергетического комплекса, включая минимизацию затрат на создание и функционирование комплекса при обеспечении равномерности развития разрезов и равномерности проведения рекультивационных работ на всех разрезах; нарастающие к середине и снижающиеся к концу периода темпы проведения рекультивации; определение видовой структуры и последовательности проведения во времени рекультивации, обеспечивающей получение возможно большего денежного выражения продукции от использования в течение рассматриваемого периода восстановленных земель разных видов.

Приложение 5

МОДЕЛЬ ОПТИМИЗАЦИИ ПРИРОДООХРАННЫХ МЕРОПРИЯТИЙ ПРИ ФОРМИРОВАНИИ ОБЪЕКТОВ ТЭК

Перечень включаемых в задачу объектов исследования и вариантов их создания и функционирования. Прежде чем перейти к формулированию экономико-математической модели, реализующей предложенную постановку задачи, представляется полезным привести обобщающую характеристику включаемых в задачу объектов исследования и вариантов их функционирования. Такая характеристика, на наш взгляд, может рассматриваться как переходная форма от качественного описания постановки задачи к ее формальному представлению в терминах экономико-математического моделирования. Давая подобную характеристику, становится возможным в значительной мере облегчить последующие восприятие формальной записи модели, имеющей довольно сложную и громоздкую структуру.

Все рассматриваемые в задаче объекты исследования можно условно подразделить на несколько групп:

– предприятия топливно-энергетического комплекса и связанные с ними объекты;
– предприятия прочих отраслей промышленности;
– объекты инфраструктуры (включая природоохранные объекты);
– трудовые ресурсы;
– локальные природные ресурсы;
– объемы образующихся промышленных и бытовых сточных вод;
– объемы выбросов загрязнений в воздушный и водный бассейн.

В свою очередь, выделяемые в задаче предприятия топливно-энергетического комплекса и связанные с ними объекты (в том числе природоохранного значения) объединяются в следующие подгруппы.

Угольные разрезы;

1) непосредственно разрез и отвал вскрышных пород;

2) транспорт для внутренних, т.е. в пределах КАТЭКа перевозок угля:

а) конвейерный, б) железнодорожный, в) автомобильный, г) трубопроводный;

3) сооружения по очистке дренажных и карьерных вод, промышленных и хозяйственно-фекальных стоков.

ГРЭС:

1) непосредственно теплоэлектростанция;
2) гидроузел с прудом-охладителем;
3) золошлакоотвал;
4) система локальных очистных сооружений;
5) оборудование для охлаждения воды;
6) дымовые трубы;
7) линии электропередач;

Углеперерабатывающие предприятия:

1) энерготехнологические комбинаты;
2) заводы по производству искусственного жидкого топлива;
3) заводы термоугля.

Объекты по утилизации отходов угольных разрезов и ГРЭС:

1) золошлакоперерабатывающее предприятие;
2) объекты-утилизаторы тёплых вод электростанций;
3) предприятия по утилизации вскрышных пород угольных разрезов.

Очистные сооружения по обезвреживанию бытовых сточных вод:

1) городские (предназначенные для совместной очистки промышленных и бытовых сточных вод);
2) районные (по обработке бытовых сточных вод).

Варианты, определяющие область выбора оптимального решения. Поскольку набор объектов топливно-энергетического назначения на территории рассматриваемого промышленного узла в значительной степени предопределён, размещение их задано, то для таких объектов постановкой задачи

предусматривается рассмотрение различных вариантов, характеризующихся разной экологичностью возможных способов функционирования задаваемых объектов исследования, вариантов проведения мероприятий по охране окружающей среды.

Соответственно этому, область принятия решения для выделяемых в задаче объектов исследования определяется выбором из множества вариантов, отличающихся прежде всего показателями воздействия рассматриваемых объектов не окружающую природную среду с учетом проведения мероприятий по предотвращению возможного негативного влияния на среду включаемых в задачу объектов, показателями функционирования природоохранных объектов и способов борьбы с загрязнением, а также показателями, характеризующими эффективность природоохранных мероприятий.

Для всех включаемых в задачу предприятий не топливно-энергетических отраслей промышленности предусматривается исследование возможностей либо включения в состав производств рассматриваемого промышленного узла, либо выноса за его пределы в случае формирования на территории узла таких масштабов концентрации производства и населения, при которых экологические последствия хозяйственной деятельности выходят за пределы допустимого. Варианты же создания и функционирования данных предприятий на территории узла дифференцируются показателями эффективности пылегозоулавливания на атмосферозащитном оборудовании, которым могут быть оснащены изучаемые предприятия, показателями степени предприятия, показателями степени обезвреживание вредных веществ в сточных водах, а также возможными связями предприятий с очистными сооружениями различных типа и разной пропускной способности.

В целом, условиями задачи предусматриваются следующие группы вариантов, определяющие область выбора оптимального решения.

I. Варианты, характеризующие совершенствование основных технологических процессов на тепловых электростанциях путем сжигания:

1) рядового угля.

2) продуктов энерготехнологической переработки угля.

II. Варианты, характеризующие совершенствование природоохранных технологий:

1) атмосферозащитное оборудование с различной степенью очистки пылегазовых выбросов: (а) пылеулавливающее и пылеподавляющее оборудование; (б) газопылерассеивающее оборудование: дымовые трубы высотой 379 м и высотой 400–420 м; (в) электрофильтры;

2) сооружения по очистке промышленных и бытовых сточных вод, различающиеся применяемыми методами обезвреживания сточных вод: (а) механическими, (б) биологическими, (в) физико-химическими, (г) сочетаниями различных методов.

3) сооружения по очистке сточных вод, различающиеся типами и мощностями: (а) сооружения для очистки промышленных сточных вод, (б) сооружения для бытовых сточных вод, (в) сооружения для совместной очистки промышленных и бытовых сточных вод;

4) сооружения по очистке сточных вод, различающиеся степенью улавливания загрязняющих веществ.

III. Варианты транспортировки угля (от разрезов до потребителя в пределах рассматриваемого комплекса) с использованием:

1) магистрального конвейера: (а) без галереи, (б) с галереей;

2) железнодорожного транспорта: (а) без проведения мероприятий по пылеподавлению, (б) с проведением мероприятий по пылеподавлению;

3) автомобильного транспорта: (а) без очистки выхлопных газов автомобилей, (б) с очисткой выхлопных газов автомобилей;

4) пульпопровода.

IV. Варианты утилизации отходов:

1) вскрышных пород угольных разрезов: (а) для производства строительных материалов, (б) для заполнения выработанного пространство поля угольного разреза;

2) золы и шлака: (а) для производств строительных материалов, (б) для улучшения качества кислых почв в сельском хозяйстве, (в) для автодорожного строительства, (г) для заполнения выработанного пространство поля угольного разреза;

3) тепловых выбросов сточных водах ГРЭС для организации: (а) парникового хозяйства, (б) рыбокомплексов.

V. Варианты проведения рекультивационных работ на нарушенных открытыми разработками угля землях:

1) по видам рекультивации: (а) сельскохозяйственная, (б) лесная и водная;

2) по категориям земель: (а) сельскохозяйственных угодья: пашни, сенокосы, пастбища, (б) прочие территории;

3) по направлениям использования восстановленных земель: (а) для сельскохозяйственных нужд, (б) для промышленного строительства, (в) для создания рекреационных водоемов.

VI. Варианты организации промышленного и хозяйственно-питьевого водоснабжения:

1) подземных вод;

2) поверхностных источников: (а) без регулирования, (б) с годовыми регулированием;

3) очищенных дренажных и карьерных вод для промышленного водоснабжения;

4) водных ресурсов, перебрасываемых из рек: (а) Чулыма, (б) Енисея;

5) водохранилища ГРЭС для организации водоснабжения: (а) на угольных разрезах; (б) на тепловых станциях, в) на прочих промышленных предприятиях.

VII. Варианты организации водоотведения:

1) сброс очищенных сточных вод в водоем при условии наличия в нем необходимого количества воды для разбавления;

2) перенос места сброса сточных вод с учетом гидрологических условий отдельных участков земли и их фонового загрязнения.

VIII. Варианты обслуживания промышленных производств и населения строительными базами.

IX. Варианты способов учета в модели загрязнений, выделяемых Березовской ГРЭС-I (на Берешской площадке) в атмосферу, при следующих условиях:

1) выполнение требования обязательного обезвреживания дымовых газов до уровня, удовлетворяющего нормам ПЛК по отдельным ингредиентам в газовых выбросах (с учетом фонового загрязнения и возможных выбросов от других объектов на данной площадке);

2) задание различной степени очистки газовых выбросов (без требований обязательного достижения норм ПДК вредных веществ в воздухе) и определение суммы экономического ущерба от загрязнения атмосферы, соответствующей выбрасываемым в воздушный бассейн объемам загрязнений.

X. Варианты размещения промышленных предприятий (не принадлежащих непосредственно к топливно-энергетическому комплексу):

1) размещение на территории рассматриваемого комплексного узла;

2) вынос предприятий за пределы узла по условиям: (а) загрязнения атмосферы, (б) загрязнения водоемов, (в) недостатка того или иного вида локальных природных ресурсов.

XI. Варианты обслуживания промышленных предприятий очистными сооружениями:

1) локальными (создаваемыми на каждом из предприятий загрязнителей водоёмов);

2) общим (обслуживающими несколько предприятий узла).

XII. Варианты формирования доходов, являющихся результатом реализации продукции, получаемой в процессе утилизации отходов:

1) вскрышных пород угольных резервов;

2) золошлаков и тёплых вод, образующихся при функционировании ГРЭС.

XIII. Варианты создания для отдельных объектов-загрязнителей атмосферы санитарно–защитных зон различного диаметра (как одно из дополнительных мероприятий по борьбе с загрязнением воздуха).

В результате решения поставленной задачи предполагается выявить:

● экологические возможности исследуемой территории для создания и функционирования рассматриваемых объектов топливно-энергетического комплекса и связанных с ними элементов инфраструктуры;

● систему природоохранных мероприятий, обеспечивающих их функционирование при условии соблюдения требований охраны окружающей природной среды;

● нагрузку на локальные природные ресурсы; сумму затрат экологического назначения, необходимую для осуществления природоохранной деятельности в пределах изучаемой территории КАТЭКа;

● возможности для дальнейшего наращивания здесь промышленного производства и роста населения с точки зрения сохранения заданного качества окружающей природной среды.

Предложенная модель включает следующие группы условий и ограничений:

1. Условия создания объектов топливно-энергетического комплекса и прочих отраслей промышленности, ограничения на их мощность или интенсивность функционирования.
2. Условия возможного выноса промышленных предприятий за пределы рассматриваемой территории в случае превышения заданных экономических стандартов или дефицита локальных природных ресурсов.
3. Ограничения на интенсивность функционирования способов транспортировки продукции и ресурсов в пределах комплекса.
4. Условия распределения и утилизации образующихся отходов (золы и шлака, теплых сбросных вод ГРЭС, вскрышных пород угольного разреза).
5. Ограничения на интенсивность функционирования или мощность объектов-утилизаторов (предприятий по переработке вскрышных пород и золошлаковых отходов, объектов по утилизации теплых вод электростанции).
6. Ограничения на интенсивность функционирования способов использования золошлаковых отходов для заполнения выработанного пространства поля угольного раздела, для автодорожного строительства и для раскисления почв.
7. Ограничения на возможный выброс тепла в открытые водоемы.
8. Ограничения на возможную мощность золошлакоотвала, на мощность оборудования по охлаждению отработанных теплых вод электростанций, на интенсивность функционирования пруда-охладителя.
9. Условия формирования дохода от реализации продукции, получаемой в результате утилизации отходов.
10. Условия создания систем локальных очистных сооружений на объектах топливно-энергетического комплекса и других промышленных предприятий.
11. Условия распределения и использования продукции строительных баз для нужд промышленного и гражданского строительства и ограничения на мощность строительных организаций.
12. Условия обеспечения потребностей промышленных предприятий и других объектов трудовыми ресурсами и ограничения на резерв местных трудовых ресурсов.
13. Условия распределения территории для промышленного и гражданского строительства и ограничения на возможные размеры использования земли различных категорий по задаваемым направлениям использования.
14. Условия проведения различных видов рекультивационных работ на нарушенных открытыми горными разработками землях и вовлечения их в хозяйственный оборот для целей промышленного строительства и создания рекреационных зон.
15. Условия обеспечения водой производства и населения с учетом возможного пополнения запасов водных ресурсов в том или ином промузле путем их распределения из других районов.
16. Условия формирования потребностей в свежей воде для разбавления промышленных и бытовых сточных вод.
17. Ограничения на возможный объем водозабора из различных источников для организации хозяйственно-питьевого и промышленного водоснабжения и для разбавления сточных вод.
18. Условия образования промышленных и бытовых сточных вод.
19. Условия формирования мощностей очистных сооружений по обработке бытовых сточных вод, а также сооружений по совместной очистке промышленных и бытовых стоков.
20. Ограничения на интенсивность функционирования очистных сооружений и условия выбора одного из типов сооружений для обезвреживания бытовых сточных вод.
21. Ограничения на допустимое загрязнение водоемов и атмосферы.
22. Условия выхода вредных веществ с дымовыми газами тепловых электростанций.
23. Условия формирования величины экономического ущерба от загрязнения атмосферы выбросами ГРЭС.

В качестве критерия оптимальности принимается требование минимизации совокупных приведенных затрат на создание и функционирование всех рассматриваемых объектов исследования,

включая затраты на проведения задаваемой условиями задачи системы природоохранных мероприятий, направленных на обеспечение принятых экологических требований.

Создание и функционирование объектов экологической инфраструктуры, проведение прочих природоохранных мероприятий связано и с необходимостью обеспечения их потребностей в различных ресурсах, продукции и услугах элементов инфраструктуры. Поэтому в модели все объекты и мероприятия природоохранного назначения наряду с другими объектами-потребителями ресурсов и услуг проходят через соответствующие балансовые условия:

1) наличия и распределения продукции и услуг элементов производственной инфраструктуры (строительных организаций, систем водоснабжения и водоотведения и т. д.);

2) обеспечения трудовыми ресурсами;

3) распределения территории и воды;

В зависимости от этого происходит формирование мощностей строительных организаций в пределах исследуемой территории, устанавливается нагрузка на системы водообеспечения, а также уточняется численность населения, определяются требуемые площади территорий для строительства с учетом природоохранной деятельности.

Ниже приводятся обозначения и полная **экономико-математическая запись модели**, предложенной для целей выбора варианта системы природоохранных мероприятий при формировании промышленного узла на базе объектов топливно-энергетического комплекса.

Для представления экономико-математической записи модели введем следующие обозначения.

ИНДЕКСЫ И МНОЖЕСТВА

i – индекс предприятий и локальных очистных сооружений на предприятиях, $i \in I$, $I = I_1 \cup I_1^y \cup I_2 \cup I_2^z \cup I_2^T \cup I_3 \cup I_4$, где I – множество всех рассматриваемых предприятий комплекса, I_1 – подмножество угольных разрезов, I_1^y – подмножество предприятий, утилизирующих отходы (вскрышные породы) угольных разрезов, I_2 – подмножество ГРЭС, $I_2^k \subset I_2$, где I_2^k – подмножество ГРЭС, размещаемых в одном ареале k, I_2^z – подмножество предприятий, утилизирующих золошлаковые отходы ГРЭС, I_2^T – подмножество предприятий, утилизирующих тепловые выбросы ГРЭС (со сточными водами), $I_2^T = \{1,2\}$, где 1 – тепличные комбинаты, 2 – рыбокомплексы, I_3 – подмножество предприятий по переработке угля (термической, автоклавной, энерготехнологической, гидрогенизационной), I_4 – подмножество прочих предприятий (т.е. предприятий, не относящихся непосредственно к объектам топливно-энергетического комплекса),

s – индекс очистных сооружений по обезвреживанию бытовых сточных вод, $s \in J^Б, J^Б = J_1^Б \cup J_k^Б$, где $J^Б$ – множество сооружений по очистке бытовых сточных вод; $J_1^Б$ – подмножество районных очистных сооружений по обезвреживанию только бытовых сточных вод; $J_k^Б$ – подмножество городских очистных сооружений, предназначенных для совместной очистки бытовых и промышленных стоков ареалов k, $k \in K_1$, где K_1 – подмножество ареалов, обслуживаемых одним районным очистным сооружением s $\left(s \in J_k^Б\right)$;

l – индекс прудов-охладителей;

ξ – индекс оборудования для охлаждения отработанных вод ГРЭС;

j – индекс общих очистных сооружений, обслуживающих несколько предприятий;

p – индекс видов продукции, получаемых в результате утилизации отходов угольных разрезов и ГРЭС, $p \in P, P = P_1 \cup P_2$, где P – множество видов продукции, получаемой в результате утилизации отходов угольных разрезов и ГРЭС; P_1 – подмножество видов продукции, получаемой в результате

утилизации вскрышных пород угольных разрезов; P_2 – подмножество видов продукции, получаемой в результате утилизации отходов ГРЭС, $P_2 = P_2^z \cup P_2^T$, где P_2^z – подмножество видов продукции, получаемой в результате золошлаковых отходов ГРЭС, P_2^T – подмножество видов продукции, получаемой в результате утилизации отработанных теплых вод ГРЭС;

$\overline{\lambda}$ – индекс маршрутов линий электропередач сверхвысокого напряжения;

r – индекс вариантов технологий основного производства на предприятиях комплекса и видов транспорта, используемых для перевозки угля в пределах ТПК, $r \in R$, $R = R^Э \cup R^T \cup R_1^y \cup R_2^z \cup R_2^T \cup R_3 \cup R_4$, где R – множество вариантов технологий основного производства на предприятиях комплекса, $R^Э$ – подмножество вариантов технологий сжигания угля на тепловых электростанциях; R^T – подмножество видов транспорта, используемых для перевозки угля с угольных разрезов до ГРЭС и углеперерабатывающих предприятий в пределах ТПК, $R^T = \{1,2,3,4\}$, где 1 – конвейерный, 2 – железнодорожный, 3 – автомобильный, 4 – трубопроводный вид транспорта; R_1^y – подмножество вариантов функционирования объектов по переработке вскрышных пород угольных разрезов; R_2^z – подмножество вариантов функционирования объектов, утилизирующих золошлаковые отходы ГРЭС; R_2^T – подмножество вариантов функционирования объектов, утилизирующих тепловые отходы ГРЭС; R_3 – подмножество вариантов переработки угля на углеперерабатывающих предприятиях; R_4 – подмножество вариантов функционирования предприятий, не относящихся непосредственно к объектам топливно-энергетического комплекса;

ρ – индекс вариантов природоохранных технологий на промышленных предприятиях и природоохранных технологий на объектах комплекса; $\rho \in P$, $P = P_1^A \cup P_1^{AT} \cup P_2^A \cup \left(\bigcup_{i=1}^{n} P_i^W\right) \cup P_B^W \cup P_j^W$, где P – множество вариантов природоохранных технологий на объектах комплекса; P_1^A – множество вариантов функционирования атмосфероохранного и пылеподавляющего оборудования на угольных разрезах,

P_1^{AT} – подмножество вариантов функционирования транспортных средств, используемых для перевозки угля в пределах комплекса и отличающихся воздействием на атмосферу,

P_2^A – подмножество вариантов технологической очистки и рассеивания дымовых выбросов ГРЭС в атмосферу,

$P_1^W\left(P_2^W, P_3^W, P_4^W\right)$ – подмножество вариантов технологий очистки сточных вод на локальных очистных сооружениях, обслуживающих угольные разрезы (ГРЭС, углеперерабатывающие предприятия, прочие объекты),

P_j^W – подмножество вариантов технологий очистки сточных вод на общих очистных сооружениях, обслуживающих несколько промышленных предприятий,

P_S^W – подмножество вариантов технологий очистки сточных вод на сооружениях по обеззараживанию бытовых стоков либо вариантов мощностей очистных сооружений данного типа;

k – индекс промышленных площадок или ареалов; $k \in \{K, \overline{K}\}$, $K_1 \subset K$, где K – множество всех ареалов комплекса, K_1 – подмножество ареалов, обслуживаемых одним городским очистным сооружением s $\left(s \in J_k^Б\right)$;

$\overline{K}$ – множество площадок возможного выноса производственных объектов за пределы рассматриваемого комплекса;

h – индекс строительных баз, $h \in \{H, H_{\overline{K}}\}$; $H = H^{П} \cup H^{Г}$, где H – множество строительных баз комплекса; $H^{П}(H^{Г})$ – подмножество строительных баз, выполняющих строительно-монтажные работы в промышленном (гражданском) строительстве; $H_{\overline{K}}$ – множество строительных баз, обслуживающих расположенные за пределами комплекса площадки возможного выноса производственных объектов;

τ – индекс видов рекультивации земель, $\tau = \{1,2,3\}$, где 1 – сельскохозяйственная, 2 – лесная, 3 – водная рекультивация;

n – индекс категории использования земли под строительство, $n = \{1,2,3,4\}$, где 1 – пашня, 2 – сенокосы, 3 – пастбища, 4 – прочие территории;

ν – индекс направлений использования восстановленных в результате рекультивации земель, $\nu = \{1,2,3\}$, где 1 – использование рекультивированных земель для нужд сельского хозяйства, 2 – для отведения под промышленное строительство, 3 – для создания рекреационных зон;

m – индекс водоисточников, $m \in \{Q, Q_{\overline{K}}\}$; $Q = Q^{Г} \cup Q^{K} \cup Q^{P} \cup Q^{D} \cup Q^{I_2}$, где Q – множество всех водоисточников; $Q^{Г}$ – подмножество источников подземных вод; Q^{K} – подмножество пополнения водных ресурсов комплекса путем строительства каналов, водоводов и т.п. из источников, расположенных за пределами рассматриваемой территории; Q^{P} – подмножество источников поверхностных вод (рек или их отдельных участков); Q^{D} – подмножество источников дренажных вод угольных ресурсов; Q^{J_2} – подмножество водохранилищ ГРЭС; $Q_{\overline{K}}$ – множество водоисточников, расположенных за пределами комплекса на площадках возможного выноса производственных объектов.

По целевому использованию водных ресурсов множество Q может быть представлено следующим образом: $Q = \overline{Q}_{Н} \cup Q_{ПП} \cup \hat{Q}_{у} \cup \tilde{Q}_{Э}$, где $\overline{Q}_{Н}$ – подмножество водоисточников, используемых для организации хозяйственно-питьевого водоснабжения; $Q_{ПП}$ – подмножество водоисточников, из которых возможна организация промышленного водоснабжения (за исключением ГРЭС и угольных разрезов); $Q_{у}(\tilde{Q}_{Э})$ – подмножество водоисточников возможной организации водоснабжения для угольных разрезов (ГРЭС). При этом $\overline{Q}_{Н} = Q^{Г} \cup Q^{K} \cup Q^{P}$; $Q_{ПП} = Q^{Г} \cup Q^{K} \cup Q^{P} \cup Q^{I_2}$; $\hat{Q}_{у} = Q^{P} \cup Q^{D}$; $\tilde{Q}_{Э} = Q^{P} \cup Q^{I_2}$.

С точки зрения возможностей организации забора воды и сброса сточных вод множество рассматриваемых водоисточников может быть представлено как $Q = Q^{z} \cup Q^{zc}$, где Q^{z} – подмножество источников, служащих местом только заборы воды, $Q^{z} = Q^{Г} \cup Q^{K} \cup Q^{D}$; Q^{zc} – подмножество водоемов, служащих местом забора воды и сброса сточных вод, $Q^{zc} = Q^{P} = Q^{I_2}$;

μ – индекс вариантов водозабора из того или иного водоисточника,

q – индекс видов загрязнения в сточных водах;

λ – индекс лимитирующего показателя вредности (ЛПВ), предъявляемого к веществам, входящим в состав сточных вод; $\lambda = \{1,2,3\}$, где 1 – органолептический, 2 – общесанитарный, 3 – санитарно-токсикологический ЛПВ,

g – индекс видов вредных веществ в газовых выбросах, $g \in D$, $D = D_1 \cup D_2$, где
D – множество рассматриваемых вредных веществ, входящих в состав атмосферных выбросов,
$D_1(D_2)$ – подмножества вредных веществ, не обладающих (обладающих) свойством суммации их действия.

КОЭФФИЦИЕНТЫ МАТРИЦЫ

$A_i^r(\overline{A}_i^r)$ – годовой объем использования угля на ГРЭС $i, i \in I_2$, (углеперерабатывающих предприятиях $i, i \in I_3$) при технологии сжигании угля $r, r \in R^Э$ $(r \in R_3)$;

d_i – удельный объем вскрышных пород (на один млн. т угля), образующихся на разрезе i $(i \in I_1)$;

Π_i^r – годовой объем вскрышных пород, поступающий на объект i $(i \in I_1^y)$ по переработке вскрышных пород угольных разрезов при варианте функционирования r $(r \in R_1^y)$;

$\widetilde{\Pi}_i$ – годовой объем вскрышных пород, используемый для заполнения поля разреза i $(i \in I_1)$;

A_{pi} – объем производства продукции вида p $(p \in P_1)$ на предприятии i $(i \in I_1^y)$ в результате вскрышных пород угольных разрезов;

E_p – цена единицы продукции вида p $(p \in P_1)$;

$D_i^{r\rho}$ – годовой объем золошлаковых отходов, образующихся на ГРЭС i $(i \in I_2)$ при использовании технологии сжигания угля r $(r \in R^Э)$ и варианта технологии очистки дымовых газов ρ $(\rho \in P_2^A)$;

$\overline{\Pi}_i^r$ – годовой объем золы и шлака, перерабатываемый на предприятии i $(i \in I_2^z)$ по варианту r $(r \in R_2^z)$;

Π_i – объем золошлаковых отходов ГРЭС, требуемых для ежегодного заполнения поля разреза i $(i \in I_1)$;

$\overline{\Pi}_i$ – годовой объем золошлаковых отходов ГРЭС i $(i \in I_2^K)$ используемых для раскисления почв в сельском хозяйстве;

T_i^r – количество тепла, выделяемое ГРЭС i $(i \in I_2)$ с отработанными водами при использовании технологии сжигания угля r $(r \in R^Э)$;

$t_{ii'}$ – количество тепла, поступающее с отработанными водами ГРЭС i $(i \in I_2)$ на объекты i' $(i' \in I_2^T)$;

$\bar{t}_{il}$ – количество тепла, выделяемое ГРЭС i $(i \in I_2)$ и улавливаемое путем создания пруда-охладителя l;

$\overline{A}_{pi}(\widetilde{A}_{pi})$ – объем производства на предприятии i, $(i \in I_2^z)$ $((i \in I_2^T))$ продукции вида p, $(p \in P_2^z)$ $((p \in P_2^T))$ получаемой в результате утилизации золошлаковых отходов (отработанных теплых вод) ГРЭС;

$\overline{E}_p(\tilde{E}_p)$ – цена единицы продукции вида *p*, получаемой в результате утилизации золошлаковых отходов ГРЭС $\left(p \in P_2^z\right)$ /отработанных теплых вод ГРЭС $\left(p \in P_2^T\right)$/;

$d_{gi}^{r\rho}$ – годовой абсолютный выброс в атмосферу вещества *g* с дымовыми газами ГРЭС *i* $\left(i \in I_2\right)$ при использовании технологии сжигания угля *r* $\left(r \in R^Э\right)$ и технологии очистки и рассеивания дымовых выбросов ρ $\left(\rho \in \mathrm{P}_2^A\right)$; $g = \{1,2,3\}$, где 1 – летучая зола, 2 – окись азота, 3 – сернистый ангидрид;

D_g – величина полного удельного ущерба от выброса в атмосферу вещества *g*; $D_g = \sum_{\varphi} D_g^{\varphi}$, где D_g^{φ} – удельный ущерб вида φ от выброса 1 т вещества *g*; $\varphi = \{1,2,3\}$ где 1 – ущерб здравоохранению, 2 – коммунальному хозяйству, 3 – лесному и сельскому хозяйству;

η – удельная норма отведения бытовых сточных вод (на 1 тыс. человек);

ε – коэффициент пересчета трудовых ресурсов в население;

M_s^{ρ} – годовая мощность районного очистного сооружения *s*, $\left(s \in J_1^Б\right)$ по очистке бытовых сточных вод при варианте ρ $\left(\rho \in \mathrm{P}_s^W\right)$;

$\tilde{M}_s^{\rho}$ – годовая мощность городского очистного сооружения *s* $\left(s \in J_k^Б\right)$ по варианту ρ $\left(\rho \in \mathrm{P}_s^W\right)$;

η_{ls} – объем сточных вод, отводимых с предприятий *i* $\left(i \in I_3 \cup I_4\right)$ для обезвреживания на очистное сооружение *s* $\left(s \in J_k^Б\right)$;

σ_l – удельная потребность в строительно-монтажных работах для создания угольного разреза *i* $\left(i \in I_1\right)$;

$\sigma_{(ii')}^{rp}$ – потребность в СМР для организации транспортировки угля от угольного разреза *i* $\left(i \in I_1\right)$ до потребителя i' $\left(i' \in I_2 \cup I_3\right)$ с использованием транспортного средства *r* $\left(r \in R^T\right)$ при варианте его функционирования ρ $\left(\rho \in \mathrm{P}_1^{AT}\right)$;

$\sigma_i^r\left(\overline{\sigma}_i^r\,\tilde{\sigma}_i^r\right)$ – потребность в СМР для создания объектов *i* $\left(i \in I_1^y\right)$, утилизирующих отходы угольных разрезов по варианту *r* $\left(r \in R_1^y\right)$ (золошлакоперерабатывающих предприятий) *i* $\left(i \in I_2^z\right)$ по варианту *r* $\left(r \in R_2^z\right)$ объектов *i* $\left(i \in I_2^T\right)$, утилизирующих тепловые сбросы ГРЭС по способу *r* $\left(r \in R_2^T\right)$;

$\sigma_i^{r\rho}$ – потребность в СМР для создания ГРЭС *i* $\left(i \in I_2\right)$ при варианте технологии снижения угля *r* $\left(r \in R^Э\right)$ и варианте технологии очистки и рассеивания дымовых газов ρ $\left(\rho \in \mathrm{P}_2^A\right)$;

$\hat{\sigma}_i^r$ – потребность в СМР для создания предприятий *i* $\left(i \in I_3 \cup I_4\right)$ по способу *r* $\left(r \in R_3 \cup R_4\right)$;

$\Delta_i^{\rho}\left(\overline{\Delta}_i^{\rho}\right)$ – потребность в СМР для создания локальных очистных сооружений на угольном разрезе *i* $\left(i \in I_1\right)$ по варианту ρ $\left(\rho \in \mathrm{P}_1^W\right)$ (на ГРЭС *i* $\left(i \in I_2\right)$ по способу ρ $\left(\rho \in \mathrm{P}_2^W\right)$);

$\overline{\sigma}_k$ – удельная потребность в СМР для создания золошлакоотвала в ареале *k* $\left(k \in K\right)$;

$\tilde{\sigma}_l$ – потребность в СМР для создания пруда-охладителя *l*;

$\sigma_{(kk')}^{\bar{\lambda}}$ – потребность в СМР для создания ЛЭП (kk') по маршруту $\bar{\lambda}$;

Θ_i^{ρ} – потребность в СМР для создания локальных очистных сооружений на предприятиях i $(i \in I_3 \cup I_4)$ по способу ρ $(\rho \in \mathrm{P}_3^W \cup \mathrm{P}_4^W)$;

$\overline{\Theta}_j^{\rho}$ – потребность в СМР для создания общего очистного сооружения j по способу ρ $(\rho \in \mathrm{P}_j^W)$;

$\hat{\Theta}_s^{\rho}\left(\tilde{\Theta}_s^{\rho}\right)$ – потребность в СМР для создания городских (районных) сооружений s, $(s \in J_1^Б)$ и $(s \in J_k^Б)$) по очистке бытовых сточных вод по способу ρ $(\rho \in \mathrm{P}_s^W)$;

$\tilde{\Delta}_m^{\mu}\left(\hat{\Delta}_m^{\mu}\right)$ – потребность в СМР для организации промышленного (хозяйственного) водоснабжения из источника m по варианту μ;

σ – удельная потребность в СМР для гражданского строительства;

α_l – удельная потребность разреза i $(i \in I_1)$ в трудовых ресурсах;

$\alpha_{(ii')}^{rp}$ – потребность в трудовых ресурсах для организации транспортировки угля от угольного разреза i $(i \in I_1)$ до потребителя i' $(i' \in I_2 \cup I_3)$ с использованием транспортного средства r $(r \in R^T)$ при варианте его функционирования ρ $(\rho \in \mathrm{P}_1^{AT})$;

$\alpha_i^r\left(\overline{\alpha}_i^r \tilde{\alpha}_i^r\right)$ – потребность в трудовых ресурсах объектов i $(i \in I_1^y)$ утилизирующих по варианту r $(r \in R_1^y)$ вскрышные породы угольных разрезов (золошлакоперерабатывающих предприятий i $(i \in I_2^z)$ по варианту r $(r \in R_2^z)$ объектов i $(i \in I_2^T)$ утилизирующих тепловые сбросы ГРЭС по способу r $(r \in R_2^T)$);

$\alpha_i^{r\rho}$ – потребность ГРЭС i $(i \in I_2)$ в трудовых ресурсах при варианте технологии сжигания угля r $(r \in R^Э)$ и варианте технологии очистки дымовых газов ρ $(\rho \in \mathrm{P}_2^A)$;

$\hat{\alpha}_i^r$ – потребность в трудовых ресурсах предприятия i $(i \in I_3 \cup I_4)$ при варианте функционирования r $(r \in R_3 \cup R_4)$;

$\psi_i^{\rho}\left(\overline{\psi}_i^{\rho}\right)$ – потребность в трудовых ресурсах локальных очистных сооружений на угольном разрезе i $(i \in I_1)$ по варианту ρ $(\rho \in \mathrm{P}_1^W)$ (на ГРЭС i $(i \in I_2)$, по способу ρ $(\rho \in \mathrm{P}_2^W)$);

$\pi_i^{\rho}\left(\overline{\pi}_i^{\rho}\right)$ – потребность в трудовых ресурсах локального (общего) очистного сооружения i $(i \in I_3 \cup I_4)$ по способу ρ $(\rho \in \mathrm{P}_3^W \cup \mathrm{P}_4^W)$ $(j, \rho \in \mathrm{P}_j^W)$;

$\tilde{\pi}_s^{\rho}\left(\hat{\pi}_s^{\rho}\right)$ – потребность в трудовых ресурсах районных (городских) сооружений s, $(s \in J_1^Б)$(s $(s \in J_k^Б)$) по очистке бытовых сточных вод по способу ρ $(\rho \in \mathrm{P}_s^W)$;

$\overline{\alpha}_h$ – удельная потребность в трудовых ресурсах строительной базы h $(h \in H^П \cup H^Г)$;

β_l – удельная потребность в территории для размещения угольного разреза i $(i \in I_1)$;

$\beta_{(ii')}^r$ – потребность в территории для организации транспортировки угля от разреза i $(i \in I_1)$ до потребителя i' $(i' \in I_2 \cup I_3)$ видом транспорта r $(r \in R_2^T)$;

$\overline{\beta}_l$ – потребность в территории для размещения локального очистного сооружения на угольном разрезе i $(i \in I_1)$;

$\hat{\beta}$ – удельная потребность в территории для создания отвала вскрышных пород (100 га на 1 тыс.т.);

$\eta_k^{n\tau\upsilon}$ – доля земли категории n в ареале k, подвергаемая рекультивации вида τ и отводимая для использования по направлению υ; $\sum_{\tau}\sum_{\upsilon}\eta_k^{n\tau\upsilon}=1$ $(\forall k \in K; n)$.

$\hat{\beta}_l$ – потребность в территории для размещения предприятия i $(i \in I_3 \cup I_4)$;

$\beta_i^{r\rho}$ – потребность в территории для размещения ГРЭС i $(i \in I_2)$ при варианте технологии сжигания угля r $(r \in R^{Э})$ и варианте технологии очистки дымовых газов ρ $(\rho \in \mathrm{P}_2^A)$;

$\xi_i(\overline{\xi}_i, \widetilde{\xi}_i)$ – потребность в территории для объектов i $(i \in I_1^y)$ по переработке вскрышных пород угольных разрезов (золошлакоперерабатывающих предприятий i $(i \in I_2^z)$, объектов i $(i \in I_2^T)$ по утилизации тепловых сбросов ГРЭС);

$\overline{\beta}$ – удельная потребность в территории для размещения золоотвала (100 га на 1 млн т золошлаков);

$\widetilde{\beta}_l$ – потребность в территории для размещения пруда-охладителя l;

$\beta_{(kk')}^{\overline{\lambda}}$ – потребность в территории для проведения ЛЭП по маршруту $\overline{\lambda}$ на участке (kk');

$\beta_i^{\rho}\left(\overline{\beta}_i^{\rho}\right)$ – потребность в территории для размещения локальных очистных сооружений на ГРЭС i $(i \in I_2)$ по способу ρ $(\rho \in \mathrm{P}_2^w)$, (на предприятиях i $(i \in I_3 \cup I_4)$, по способу ρ $(\rho \in \mathrm{P}_3^w \cup \mathrm{P}_4^w)$)

ξ_j^{ρ} – потребность в территории для размещения общего очистного сооружения j по способу ρ $(\rho \in \mathrm{P}_j^w)$;

$\hat{\beta}_s^{\rho}\left(\widetilde{\beta}_s^{\rho}\right)$ – потребность в территории для размещения городского (районного) очистного сооружения s, $(s \in J_1^Б)$(s $(s \in J_k^Б)$) по обезвреживанию бытовых сточных вод по способу ρ $(\rho \in \mathrm{P}_s^w)$;

$\widetilde{\beta}$ – удельная потребность в территории для создания строительной базы(на 1 млн. руб. СМР);

β – удельная потребность в территории для гражданского строительства;

γ – объем водопотребления на 1 тыс. жителей;

$\widetilde{\gamma}_s^{\rho}\left(\hat{\gamma}_s^{\rho}\right)$ – объем потребления воды районным (городским) очистным сооружением () по способу ();

$\widetilde{\gamma}$ – удельный объем потребления воды стройорганизациями (на 1 млн. руб. СМР);

$\gamma_i^r\left(\overline{\gamma}_i^r\right)$ – объем водопотребления ГРЭС i $\left(i \in I_2\right)$ по способу r $\left(r \in R^Э\right)$(предприятиями i $\left(i \in I_3 \cup I_4\right)$ по способу r $\left(r \in R_3 \cup R_4\right)$);

$\psi_i^r\left(\overline{\psi}_i^r, \tilde{\psi}_i^r\right)$ – объем водопотребления на объектах i $\left(i \in I_1^y\right)$ по варианту r $\left(r \in R_1^y\right)$ (i $\left(i \in I_2^z\right)$ по варианту r $\left(r \in R_2^z\right)$ и i $\left(i \in I_2^T\right)$ по варианту r $\left(r \in R_2^T\right)$);

$\overline{\varphi}_i^\rho\left(\varphi_i^\rho\right)$ – объем водопотребления на локальных очистных сооружениях ГРЭС i $\left(i \in I_2\right)$ по способу ρ $\left(\rho \in \mathrm{P}_2^W\right)$(предприятий i $\left(i \in I_3 \cup I_4\right)$ по способу ρ $\left(\rho \in \mathrm{P}_3^W \cup \mathrm{P}_4^W\right)$);

$\tilde{\varphi}_j^\rho$ – объем водопотребления на общем очистном сооружении при варианте ρ $\left(\rho \in \mathrm{P}_j^W\right)$;

$\hat{\gamma}_i^\rho$ – объем водопотребления угольного разреза i $\left(i \in I_1\right)$ по способу ρ $\left(\rho \in \mathrm{P}_1^A\right)$;

φ_i – объем потребления воды на локальных очистных сооружениях угольных разрезов i $\left(i \in I_1\right)$;

k – коэффициент (кратность) разбавления свежей водой бытовых стоков;

$K_i\left(\overline{K}_i\right)$ – кратность разбавления свежей водой сточных вод угольных разрезов i $\left(i \in I_1\right)$ (ГРЭС i $\left(i \in I_2\right)$);

$\Omega_i\left(\overline{\Omega}_i\right)$ – объем очищаемых сточных вод, отводимых в водоемы с угольных разрезов i $\left(i \in I_1\right)$ (ГРЭС i $\left(i \in I_2\right)$);

$k_i\left(\tilde{K}_i\right)$ – кратность разбавления условно-чистых (очищенных) сточных вод отводимых с предприятий i $\left(i \in I_3 \cup I_4\right)$;

$\omega_i\left(\hat{\Omega}_i\right)$ - объем условно-чистых (подвергаемых очистке) сточных вод, отводимых с предприятий i $\left(i \in I_3 \cup I_4\right)$ в водоемы;

K_j – кратность разбавления промышленных стоков свежей водой после очистки их на общих очистных сооружениях j;

Ω_j – объем сточных вод, отводимых в водоем с общего очистного сооружения j;

a_{qi}^λ – выход (концентрация) относящегося к лимитирующему показателю вредности (ЛПВ) λ загрязнителя q в сточных водах угольного разреза i $\left(i \in I_1\right)$;

$a_{qi}^{\lambda r}\left(\overline{a}_{qi}^{\lambda r}\right)$ – выход относящегося к ЛПВ λ загрязнителя q в сточных водах ГРЭС i $\left(i \in I_2\right)$ по способу r $\left(r \in R^Э\right)$ предприятий i $\left(i \in I_3 \cup I_4\right)$ по способу r $\left(r \in R_3 \cup R_4\right)$;

$\tilde{e}_{qi}^{\lambda r}$ – конечный выход (с учетом очистки) относящегося к ЛПВ λ загрязнителя q в сточных водах объектов-утилизаторов i $\left(i \in I_1^y\right)$ вскрышных пород угольного разреза по способу r $\left(r \in R_1^y\right)$;

$\overline{e}_{qi}^{\lambda r}\left(e_{qi}^{\lambda r}\right)$ – конечный выход (с учетом очистки) загрязнителя q в сточных водах золошлакоперерабатывающих предприятий i $\left(i \in I_2^z\right)$ по способу r $\left(r \in R_2^z\right)$ (предприятий, утилизирующих тепловые выбросы ГРЭС i $\left(i \in I_2^z\right)$ по способу r $\left(r \in R_2^T\right)$);

$b_{gi}^{\lambda\rho}\left(\overline{b}_{gi}^{\lambda\rho}, \widetilde{b}_{gi}^{\lambda\rho}\right)$ – количество относящегося к ЛПВ λ загрязнителя q, обезвреживаемого на очистных сооружениях угольных разрезов i $\left(i \in I_1\right)$ по способу ρ $\left(\rho \in \mathrm{P}_1^W\right)$ (ГРЭС i $\left(i \in I_2\right)$ по способу ρ $\left(\rho \in \mathrm{P}_2^W\right)$; предприятиях i $\left(i \in I_3 \cup I_4\right)$ по способу ρ $\left(\rho \in \mathrm{P}_3^W \cup \mathrm{P}_4^W\right)$);

$\hat{b}_{gj}^{\lambda\rho}$ – количество относящегося к ЛПВ λ загрязнителя q улавливаемого на общих очистных сооружениях j при варианте технологии очистки ρ $\left(\rho \in \mathrm{P}_j^W\right)$;

$\Phi_{qs}^{\lambda\rho}\left(\widetilde{\Phi}_{qs}^{\lambda\rho}\right)$ – конечный выход относящегося к ЛПВ λ загрязнителя q в бытовых сточных водах с учетом очистки на районных (городских) очистных сооружениях s, $\left(s \in J_1^Б\right)$(s $\left(s \in J_k^Б\right)$) по способу ρ $\left(\rho \in \mathrm{P}_s^W\right)$;

F_{gi}^{ρ} – конечный выход (с учетом очистки по способу ρ $\left(\rho \in \mathrm{P}_1^A\right)$) загрязнителя g в выбросах в атмосферу на угольном разрезе i $\left(i \in I_1\right)$;

$P_{g(ii')}^{r\rho}$ – выход загрязнителя g при использовании для перевозки угля от разреза i $\left(i \in I_1\right)$ до потребителя i' $\left(i' \in I_3 \cup I_4\right)$ транспортного средства вида r $\left(r \in R^T\right)$ по варианту ρ $\left(\rho \in \mathrm{P}_1^{AT}\right)$;

$P_{gi}^{r\rho}$ – конечный выход вещества g в дымовых газах ГРЭС i $\left(i \in I_2\right)$ при варианте технологии сжигания угля r $\left(r \in R^Э\right)$ и варианте технологии очистки и рассеивания дымовых газов ρ $\left(\rho \in \mathrm{P}_2^T\right)$;

$P_{gi}^{r}\left(P_{gi}^{r}, \overline{P}_{gi}^{r}, \widetilde{P}_{gi}^{r}\right)$ – конечный выход вещества g в дымовых выбросах предприятий i $\left(i \in I_3 \cup I_4\right)$ при варианте r $\left(r \in R_3 \cup R_4\right)$ (i $\left(i \in I_1^y\right)$ по способу; по r $\left(r \in R_1^y\right)$; i $\left(i \in I_2^z\right)$ способу r $\left(r \in R_2^z\right)$; i $\left(i \in I_2^T\right)$ и по способу r $\left(r \in R_2^T\right)$).

v_i^y – удельный объем сточных вод, образующихся в результате функционирования угольного разреза i $\left(i \in I_1\right)$;

$\overline{v}_i^Э\left(\widetilde{v}_i^П\right)$ – объем сточных вод, образующихся в результате функционирования ГРЭС i $\left(i \in I_2\right)$ (прочих промышленных предприятий i $\left(i \in I_3 \cup I_4\right)$);

$\widetilde{v}_i\left(\overline{v}_i, v_i\right)$ – объем сточных вод, образующихся при функционировании объектов-утилизаторов вскрышных пород угольных разрезов i $\left(i \in I_1^y\right)$ (золошлаковых отходов ГРЭС i $\left(i \in I_2^z\right)$ и теплых вод ГРЭС i, $\left(i \in I_2^T\right)$);

K^{λ} – количество вредных веществ с лимитирующим показателем вредности λ, входящих в состав сточных вод.

η_{gk} – коэффициент, характеризующий степень рассеивания вредного вещества g $(g \in D)$ в атмосфере ареала k;

$\Gamma_i^{\rho}\left(\Gamma_i^{\kappa\rho}, \overline{\Gamma}_i^{\rho}\right)$ – объем газовоздушной смеси, выбрасываемой объектом $(i \in I_1)$ $(i \in I_2, i \in I_3 \cup I_4)$ при варианте атмосфероохранной технологии (ρ, r) для $(\rho \in \mathrm{P}_1^A)$ $(\rho \in \mathrm{P}_2^A, r \in R_3 \cup R_4)$.

ОГРАНИЧЕНИЯ

N_i – максимально возможная годовая мощность угольного разреза i $(i \in I_1)$;

M_k – максимально возможная мощность золошлакоотвала в ареале k;

T_k – максимально допустимый выброс тепла с отходящими водами ГРЭС в открытые водоемы ареала k $(k \in K)$;

$M_{i\xi}$ – максимально возможная мощность оборудования ξ для охлаждения отработанных вод ГРЭС i $(i \in I_2)$;

$\overline{N}_h$ – максимально возможный объем строительно-монтажных работ, выполняемых строительной базой h $(h \in H^{\Pi} \cup H^{\Gamma})$;

l_k – численность резерва местных трудовых ресурсов в ареале k;

L_k^n – размер территории категории n, отводимой в ареале k для угольного разреза;

L_k^n – размер территории категории n, отводимой в ареале k для промышленного и гражданского строительства;

$L_k^{n\tau}$ – размер территории категории n, подвергаемой в ареале k рекультивации вида τ;

B_{mk}^{μ} – максимально возможный объем забора воды в ареале k $(k \in K)$ из источника m $(m \in Q)$ при варианте водоснабжения μ;

B_{mk} – объем воды в источнике m $(m \in Q)$ ареала k $(k \in K)$, доступный для разбавления сточных вод;

G_q^{λ} – заданный уровень качества водного бассейна по загрязнителю q, относящегося к ЛПВ λ;

G_{gk} – заданный уровень качества воздушного бассейна по загрязнителю g $(g \in D_1 \cup D_2)$ в ареале k.

ПОКАЗАТЕЛИ ФУНКЦИОНАЛА

C_i^{ρ} – удельные приведенные затраты на добычу угля на разрезе i $\left(i \in I_1\right)$ при использовании варианта атмосфероохранной технологии ρ $\left(\rho \in \mathrm{P}_1^A\right)$;

$C_{ik}^{r\rho}$ – приведенные затраты на создание и функционирование ГРЭС i $\left(i \in I_2\right)$ при варианте технологии сжигания угля r $\left(r \in R^{Э}\right)$ и варианте технологии очистки и рассеивания дымовых выбросов в атмосферу ρ $\left(\rho \in \mathrm{P}_2^A\right)$ в ареале k;

C_{ik}^{r} – приведенные затраты на создание и функционирование предприятий i $\left(i \in I_3 \cup I_4\right)$ по способу ρ $\left(\rho \in \mathrm{P}_3^W \cup \mathrm{P}_4^W\right)$;

C – удельные затраты на транспортировку угля;

$C_{(ii')}^{r\rho}$ – приведенные затраты на организацию транспортировки угля от разреза i $\left(i \in I_1\right)$ до потребителя i $\left(i \in I_2 \cup I_3\right)$ при использовании транспортного средства вида r $\left(r \in R^T\right)$ и варианте его функционирования ρ $\left(\rho \in \mathrm{P}_1^{AT}\right)$;

$C_{ik}^{r}\left(\overline{C}_{ik}^{r}, \widetilde{C}_{ik}^{r}\right)$ – приведенные затраты на создание и функционирование в ареале k объектов, утилизирующих отходы угольных разрезов i $\left(i \in I_1^y\right)$ по способу r $\left(r \in R_1^y\right)$ (объектов по утилизации золошлаковых отходов ГРЭС i, $\left(i \in I_2^T\right)$ при $\left(r \in R_2^T\right)$ и тепловых выбросов i, $\left(i \in I_2^T\right)$ при $\left(r \in R_2^T\right)$);

$C_i\left(\overline{C}_k\right)$ – удельные приведенные затраты на отведение в окружающую среду вскрышных пород угольных разрезов i $\left(i \in I_1\right)$ (золошлаковых отходов ГРЭС в ареале k);

$З_i^{\rho}\left(\overline{З}_i^{\rho}\right)$ – приведенные затраты на создание локальных очистных сооружений на угольном разрезе i $\left(i \in I_1\right)$ по способу ρ $\left(\rho \in \mathrm{P}_1^W\right)$ (на ГРЭС i $\left(i \in I_2\right)$ по способу ρ $\left(\rho \in \mathrm{P}_2^W\right)$);

C_{ik}^{n} – удельные приведенные затраты на создание золошлакоотвала для ГРЭС i $\left(i \in I_2\right)$ в ареале k на землях категории n;

$\widetilde{C}_k\left(C_k\right)$ – приведенные затраты на транспортировку золошлаков для нужд автодорожного строительства (известкования кислых почв в сельском хозяйстве);

C_{ik} – приведенные затраты на заполнение поля разреза i $\left(i \in I_1\right)$ в ареале k золошлаковыми отходами ГРЭС;

$\overline{C}_{li}$ – приведенные затраты на создание пруда-охладителя l обслуживающего ГРЭС i $\left(i \in I_2\right)$;

$C_{i\xi}$ – удельные приведенные затраты на ликвидацию выделяемого ГРЭС i $\left(i \in I_2\right)$ тепла при использовании оборудования ξ;

$\overline{C}_{ik}$ – удельные приведенные затраты на отведения тепла от ГРЭС i в среду ареала k;

$З_{ik}^{\rho}$ – приведенные затраты на создание и функционирование в ареале *k* локальных очистных сооружений на предприятиях *i* $\left(i \in I_3 \cup I_4\right)$ по варианту технологии очистки ρ $\left(\rho \in \mathrm{P}_3^W \cup \mathrm{P}_4^W\right)$;

$\overline{З}_{jk}^{\rho}$ – приведенные затраты на создание и функционирование в ареале *k* общего очистного сооружения *j* по варианту ρ $\left(\rho \in \mathrm{P}_j^W\right)$;

$\hat{З}_{sk}^{\rho}\left(\tilde{З}_{sk}^{\rho}\right)$ – приведенные затраты на создание в ареале *k* районных (городских) очистных сооружений *s*, $\left(s \in J_1^Б\right)$(*s* $\left(s \in J_k^Б\right)$) по способу ρ $\left(\rho \in \mathrm{P}_s^W\right)$;

$C_k\left(\overline{C}_k\right)$ – удельные приведенные затраты на обустройство местных (привлекаемых) трудовых ресурсов в ареале *k*;

C_{hx} – удельные приведенные затраты на создание строительной базы *h* в ареале *k*;

$S_k\left(\overline{S}_k\right)$ – удельные приведенные затраты на отведение бытовых (промышленных) сточных вод в ареале *k*;

$S_k^n\left(S_k^n, \overline{S}_k^n\right)$ – приведенные затраты на освоение территории категории *n* в ареале *k* для нужд угольных разрезов (промышленного строительства; гражданского строительства);

$C_{(kk')}^{\overline{\lambda}}$ – приведенные затраты на создание ЛЭП СВН $\left(kk'\right)$, прокладываемую по маршруту $\overline{\lambda}$;

C_{gix} – приведенные затраты на создание на отведение пылегазовых выбросов вида *g* $\left(g \in D\right)$ на ГРЭС *i* $\left(i \in I_2\right)$ в ареале *k*;

$S_k^{n\tau}$ – удельные приведенные затраты на проведение рекультивационных работ вида τ на территории *n* категории в ареале *k*;

$U_{mk}^{\mu}\left(\overline{U}_{mk}^{\mu}\right)$ – удельные приведенные затраты на организацию в ареале *k* водоснабжения из источника *m* по варианту μ для нужд промышленности (населения);

U_{mk} – удельные приведенные затраты на отведение промышленных и бытовых вод, требующих разбавления, в водоем *m* $\left(m \in Q^{зс}\right)$ в ареале.

ПЕРЕМЕННЫЕ ВЕЛИЧИНЫ

x_i^{ρ} –- годовой объем добычи угля на разрезе *i* $\left(i \in I_1\right)$ при варианте атмосферной технологии ρ $\left(\rho \in \mathrm{P}_1^A\right)$;

$x_{ik}^{r\rho}$ – интенсивность функционирования а ареале *k* тепловой электростанции *i* $\left(i \in I_2\right)$ при варианте технологии сжигания угля *r* $\left(r \in R^Э\right)$ и варианте технологии очистки и рассеивания дымовых выбросов в атмосферу ρ $\left(\rho \in \mathrm{P}_2^A\right)$;

x_{ik}^{r} – интенсивность функционирования а ареале *k*, $k \in \left\{K, \overline{K}\right\}$ объектов *i* $\left(i \in I_3\right)$ по переработке угля по способу *r* $\left(r \in R_3\right)$;

x_{ik}^{r} – интенсивность функционирования а ареале *k*, $k \in \{K, \overline{K}\}$ предприятия *i* $(i \in I_4)$ по способу *r* $(r \in R_4)$;

X_i – годовой объем вывоза угля, добываемого на разрезе *i* $(i \in I_1)$, за пределы исследуемого комплекса;

$z_{(ii')}^{r\rho}$ – интенсивность функционирования способов транспортировки угля от разреза *i* $(i \in I_1)$ до потребителя i' $(i' \in I_2 \cup I_3)$ при использовании транспортных средств вида *r* $(r \in R^T)$ и вариантах их функционирования ρ $(\rho \in \mathrm{P}_1^{AT})$;

y_{ik}^{r} – интенсивность функционирования а ареале *k* объекта *i* $(i \in I_1^y)$ по переработке вскрышных пород угольных разрезов при варианте его функционирования *r* $(r \in R_1^y)$;

Y_i – объем вскрышных пород угольного разреза *i* $(i \in I_1)$ поступающих в окружающую среду;

$Э_k$ – годовой эффект (выручка) от реализации продукции, полученной в ареале *k* в результате утилизации вскрышных пород угольных разрезов;

f_i^{ρ} – интенсивность функционирования на угольном разрезе очистного сооружения *i* $(i \in I_1)$ при варианте технологии очистки сточных вод ρ $(\rho \in \mathrm{P}_1^{W})$;

$\overline{y}_{ik}^{r}$ – интенсивность функционирования а ареале *k* золошлакоперерабатывающего предприятия *i* $(i \in I_2^z)$ по варианту *r* $(r \in R_2^z)$;

Y_{ik}^{n} – объем золошлаковых отходов, поступающих от ГРЭС *i* $(i \in I_2)$ на золошлакоотвал, размещаемый в ареале *k* на землях категории;

y_{ik} – интенсивность функционирования способа заполнения поля угольного разреза *i* $(i \in I_1)$ его вскрышными породами или золошлаковыми отходами, образующимися в результате функционирования тепловых электростанций в ареале *k*;

y_k – интенсивность функционирования способа использования золошлаков для автодорожного строительства в ареале *k*;

$\overline{y}_k$ – интенсивность функционирования способа использования золошлаковых отходов для раскисления почв в ареале *k*;

$\overline{Y}_k$ – остаточный объем золошлаковых отходов, отводимых в окружающую среду ареала *k* ;

z_{ik}^{r} – интенсивность функционирования в ареале *k* объекта *i* $(i \in I_2^T)$, утилизирующего тепловые выбросы ГРЭС (со сточными водами) по способу *r* $(r \in R_2^T)$;

$\overline{z}_{li}$ – интенсивность функционирования пруда-охладителя *l* обслуживающего ГРЭС *i* $(i \in I_2)$;

$Z_{i\xi}$ – количество тепла, поступающее с ГРЭС *i* $(i \in I_2)$ для охлаждения на оборудование вида ξ ;

$\overline{Z}_{ik}$ – остаточное количество тепла, выделяемое ГРЭС *i* $(i \in I_2)$ и отводимое в окружающую среду ареала *k*;

$\overline{Э}_k\left(\widetilde{Э}_k\right)$ – головой эффект (доход) от реализации продукции, полученной в ареале *k* в результате утилизации золошлаковых отходов (отработанных теплых вод) ГРЭС;

$\Lambda_{(kk')}^{\overline{\lambda}}$ – интенсивность функционирования ЛЭП СВН (kk') прокладываемой по маршруту $\overline{\lambda}$;

$\overline{f}_i^{\rho}$ – интенсивность функционирования на ГРЭС систем локальных очистных сооружений *i* $(i \in I_2)$ при варианте технологии очистки ρ $\left(\rho \in \mathrm{P}_2^W\right)$;

Y_{gik} – конечный выход (с учетом улавливания на атмосферозащитных установках и с учетом самоочищающих способностей атмосферы) вредного вещества с дымовыми газами ГРЭС *i* $(i \in I_2)$ в ареале *k* (тыс. т/год);

y_{ik} – величина полного экономического ущерба от дымовых выбросов ГРЭС *i* $(i \in I_2)$ в атмосферу ареала *k* (тыс. руб./год);

f_{ik}^{ρ} – интенсивность функционирования в ареале *k* локального сооружения на предприятии *i* $(i \in I_3 \cup I_4)$ по варианту технологии очистки ρ $\left(\rho \in \mathrm{P}_3^W \cup \mathrm{P}_4^W\right)$;

$\overline{f}_{jk}^{\rho}$ – интенсивность функционирования варианта ρ $\left(\rho \in \mathrm{P}_j^W\right)$ общего очистного сооружения *j* в ареале *k*;

$\widetilde{f}_{sk}^{\rho}$ – интенсивность функционирования в ареале *k* районных сооружений *s* $\left(s \in J_1^Б\right)$ по очистке бытовых сточных вод по способу ρ $\left(\rho \in \mathrm{P}_s^W\right)$;

$\widetilde{f}_s^{\rho}$ – интенсивность функционирования по способу ρ $\left(\rho \in \mathrm{P}_s^W\right)$ городского очистного сооружения *s* $\left(s \in J_k^Б\right)$, обслуживающего население нескольких ареалов;

x_k – численность резерва местных трудовых ресурсов в ареале *k*;

$\overline{x}_k$ – численность трудовых ресурсов, привлекаемых в ареале *k*;

$w_к\,(\overline{w}_к)$ – объем бытовых (промышленных) сточных вод, образующихся в ареале *k*;

z_{hk} – объем строительно-монтажных работ, выполняемых стройбазой *h* в ареале *k*;

y_k^n – размер территории категории *n*, отводимой в ареале *k* для нужд угольных разрезов;

$\hat{y}_k^n$ – размер территории категории *n*, отводимой в ареале *k* для нужд промышленного строительства (кроме угольных разрезов);

$y_k^{n\tau}$ – размер территории категории *n*, подвергаемая в ареале *k* рекультивации вида;

$\overline{y}_k^n$ – размер территории категории *n*, отводимой в ареале *k* для нужд гражданского строительства;

$w_{mk}^m\left(\overline{w}_{mk}^m\right)$ – объем потребления воды в ареале *k* из источника *m* при варианте водозабора μ для нужд промышленности (населения);

V_{mk} – объем воды, требуемый из источника m $\left(m \in Q^{zc}\right)$ для разбавления промышленных и бытовых сточных вод в ареале k;

$\bar{y}_{gk}$ – выброс в атмосферу вещества g промышленными предприятиями ареала k.

В принятых обозначениях экономико-математическая модель задачи записывается следующим образом.

Найти неотрицательные значения переменных $x_i^{\rho}, x_{ik}^{r\rho}, x_{ik}^{r}, X_i, z_{(ii')}^{r\rho}, y_{ik}^{r}, Y_i, f_i^{\rho}, \bar{y}_{ik}^{r}, Y_{ik}^{n}, y_{ik}, y_k, \bar{y}_k, \bar{Y}_k, z_{ik}^{r}, \bar{z}_{li}, Z_{i\xi}, \bar{Z}_{ik}, Э_k, \bar{Э}_k, \tilde{Э}_k, \Lambda_{(kk')}^{\bar{\lambda}}, \bar{f}_i^{\rho}, f_{ik}^{\rho}, \bar{f}_{jk}^{\rho}, \tilde{f}_{sk}^{\rho}, \tilde{f}_s^{\rho}, Y_{gik}, y_{ik}, x_k, \bar{x}_k, W_k, \bar{W}_k, z_{hk}, y_k^n, \hat{y}_k^n, \bar{y}_k^n, y_k^{n\tau}, w_{mk}^{m}, \bar{w}_{mk}^{m}, V_{mk}, \bar{y}_{gk}$, удовлетворяющие следующим группам условий и ограничений.

I. ПРОМЫШЛЕННЫЕ ПРЕДПРИЯТИЯ И ОБСЛУЖИВАЮЩИЕ ИХ ОБЪЕКТЫ ЭКОЛОГИЧЕСКОЙ ИНФРАСТРУКТУРЫ

1. <u>Угольные разрезы</u>

1) Выход на проектную мощность угольных разрезов:

$$\sum_{p \in P_1^A} x_i^p = N_i \qquad (\forall i \in I_1) \tag{1}$$

2) Условия распределения и использования угля:

$$\sum_{p \in P_1^A} x_i^p - \sum_{i \in I_2} \sum_{k \in K} \sum_{r \in R^Э} \sum_{p \in P_2^A} A_i^r x_{ik}^{rp} - \sum_{i \in I_3} \sum_{k \in K} \sum_{r \in R_3} A_i^r x_{ik}^r - X_i = 0 \quad (\forall i \in I_1) \tag{2}$$

3) Ограничения на интенсивность функционирования способов транспортировки угля в пределах комплекса:

$$\sum_{r \in R^T} \sum_{p \in P_1^{AT}} z_{ii'}^{rp} \le 1 \qquad (\forall \text{ пар } (ii') \text{ таких, что } i \in I_1 \text{ и } i' \in I_2 \cup I_3) \tag{3}$$

$$z_{ii^1}^{zp} = \begin{cases} 1, \text{ если для перевозки угля на участке } (ii) \text{ используется транспортное} \\ \text{средство вида } r(r \in R^T) \text{ при варианте его функционирования } p(p \in P_1^{AT}) \end{cases}$$

4) Условия распределения и утилизация вскрышных пород угольного разреза:

$$\sum_{p \in P_1^A} d_i x_i^p - \sum_{i \in I_1^Y} \sum_{r \in R_1^Y} \sum_{k \in K} \Pi_i^r y_{ik}^r - \sum_{k \in K} \tilde{\Pi}_i y_{ik} - Y_i = 0 \qquad (\forall i \in I_1) \tag{4}$$

5) Условия создания объектов по переработке вскрышных угольных разрезов:

$$\sum_{k\in K}\sum_{r\in R_1^y} y_{ik}^r = 1 \qquad (\forall i \in I_1^y) \tag{5}$$

$$y_{ik}^r = \begin{cases} 1, \text{при размещении в ареале } k(k \in K) \text{ объекта } i(i \in I_1^y), \\ \text{функционирует по варианту } r\ (r \in R_1^y), \\ 0 - \text{в противном случае} \end{cases}$$

6) Условия формирования дохода от реализации продукции, получаемой в результате утилизации вскрышных пород угольных резервов:

$$\sum_{p\in P_1}\sum_{i\in I_1^y}\sum_{r\in R_1^y} A_{pi}E_p y_{ik}^r - Э_k = 0 \qquad (\forall k \in K) \tag{6}$$

7) Условия создания очистных сооружений на угольных разрезах:

$$\sum_{p\in P_1^w} f_i^p = 1 \qquad (\forall i \in I_1) \tag{7}$$

$$f_i^p = \begin{cases} 1, \text{при создании на разрезе } i\ (i \in J_1) \text{локальных очистных сооружений,} \\ \text{функционирующих по варианту технологии очистки } \rho(\rho \in P_1^w), \\ 0 - \text{в противном случае} \end{cases}$$

2. <u>Тепловые электростанции (ГРЭС)</u>

1) Условия создания ГРЭС на той или иной площадке комплекса:

$$\sum_{k\in K}\sum_{r\in R^Э}\sum_{p\in P_2^A} x_{ik}^{rp} = 1 \qquad (\forall i \in I_2) \tag{8}$$

$$x_{ik}^{rp} = \begin{cases} 1, \text{при размещении на промплощадке } k(k \in K) \text{электростанции } i\ (i \in J_2) \\ \text{по варианту технологии сжигания угля } r\ (r \in R^Э) \text{и варианту технологии} \\ \text{очистки и рассеивания дымовых газов ГРЭС } \rho(\rho \in P_2^A), \\ 0 - \text{в противном случае} \end{cases}$$

2) Условия распределения и утилизации золошлаковых отходов ГРЭС, образующихся в том или ином ареале:

$$\sum_{i\in I_2}\sum_{r\in R^Э}\sum_{p\in P_2^A} D_i^{rp} x_{ik}^{rp} - \sum_{i\in I_2^\gamma}\sum_{r\in R_2^\gamma} \overline{\Pi}_i \bar{y}_{ik} - \sum_{i\in I_2}\sum_{n} Y_{ik}^n - \sum_{i\in I_1} \Pi_i y_{ik} - \sum_{i\in I_2^\gamma} \overline{\Pi}_i y_k - \overline{Y}_k = 0 \tag{9}$$

$$(\forall k \in K)$$

3) Ограничения на интенсивность функционирования золошлакоперерабатывающих предприятий:

$$\sum_{k\in K}\sum_{r\in R_2^{\gamma}} \bar{y}_{ik}^{r} \le 1 \qquad (\forall i \in I_2^{\gamma}) \tag{10}$$

4) Ограничения на возможную мощность золошкалоотвалов:

$$\sum_{i\in I_2}\sum_{n} Y_{ik}^{n} \le M_k \qquad (\forall k \in K) \tag{11}$$

5) Ограничения на интенсивность функционирования способа:
а) заполнения поля угольного разреза вскрышными породами и золошлаковыми отходами ГРЭС:

$$y_{ik} \le 1 \quad (\forall i \in I_1 \text{ и } k \in K) \tag{12}$$

б) использования золошлаковых отходов ГРЭС для раскисления почв:

$$y_k \le 1 \quad (\forall k \in K) \tag{13}$$

$$y_{ik} = \begin{cases} 1, \text{если в ареале k поле разреза i } (i \in J_1) \text{заполняется золошлаковыми} \\ \text{отходами, образующимися при функционировании ГРЭС, расположенной} \\ \text{в даном ареале,} \\ 0 - \text{в противном случае} \end{cases}$$

6) Условия отведения и утилизации тепловых выбросов ГРЭС (со сточными водами):

$$\sum_{r\in R^{Э}}\sum_{p\in P_2^{A}} T_i^{r} x_{ik}^{rp} - \sum_{i'\in I_2^{T}}\sum_{r\in R_2^{T}} t_{ii'} Z_{ik}^{r} - \bar{t}_{i\ell}\bar{Z}_{\ell i} - \sum_{\xi} Z_{i\xi} - \bar{Z}_{ik} = 0$$

$$(\forall i \in I_2; k \in K; \ell) \tag{14}$$

7) Ограничения на возможный выброс тепла в открытые водоемы:

$$\sum_{i\in I_2} \bar{Z}_{ik} \le T_k \qquad (\forall k \in K) \tag{15}$$

8) Ограничения на интенсивность функционирования объектов, утилизирующих тепловые выбросы ГРЭС:

$$\sum_{r\in R_2^{T}} Z_{i'k}^{r} \le 1 \qquad (\forall i' \in I_2^{T}; k \in K) \tag{16}$$

$$Z_{ik=}^{r} \begin{cases} 1, \text{если в ареале } k\ (k \in K) \text{ создается объект } i\ (i \in J_2^{T}), \text{утилизирующий} \\ \text{тепловые выбросы ГРЭС по варианту } r\ (r \in R_2^{T}), \\ 0 - \text{в противном случае} \end{cases}$$

9) Ограничения на интенсивность функционирования пруда-охладителя:

$$\sum_{i\in I_2} \bar{Z}_{\ell i} \le 1 \qquad (\forall \ell) \tag{17}$$

$$\bar{Z}_{li} = \begin{cases} 1, \text{если для охлаждения отработанных вод ГРЭС } i (i \in J_2) \text{создается} \\ \text{пруд – охладитель } l, \\ 0 - \text{в противном случае} \end{cases}$$

10) Ограничения на возможную мощность оборудования, предназначенного для охлаждения отработанных теплых вод ГРЭС:

$$Z_{i\xi} \le M_{i\xi} \qquad (\forall i \in I_2; \xi) \tag{18}$$

11) Условия формирования дохода от реализации продукции, получаемой в результате утилизации отходов ГРЭС:
а) золы и шлака:

$$\sum_{i \in I_2^{\gamma}} \sum_{p \in P_2^{\gamma}} \sum_{r \in R_2^{\gamma}} \bar{A}_{pi} \bar{E}_p \bar{y}_{ik}^r - \bar{Э}_k = 0 \qquad (\forall k \in K) \tag{19}$$

б) отработанных теплых вод:

$$\sum_{i \in I_2^{T}} \sum_{p \in P_2^{T}} \sum_{r \in R_2^{T}} \tilde{A}_{pi} \tilde{E}_p Z_{ik}^r - \tilde{Э}_k = 0 \qquad (\forall k \in K) \tag{20}$$

12) Ограничения на интенсивность функционирования ЛЭП сверхвысокого напряжения:

$$\sum_{\bar{\lambda}} \Lambda_{(kk')}^{\bar{\lambda}} \le 1 \qquad (\forall пар(кк')) \tag{21}$$

13) Условия создания систем очистных сооружений на каждой ГРЭС:

$$\sum_{p \in P_2^{W}} \bar{f}_i^p = 1 \qquad (\forall i \in I_2) \tag{22}$$

14) Условия выхода (в тыс. т/год) вредных веществ с дымовыми газами ГРЭС:

$$\sum_{r \in R^{Э}} \sum_{p \in P_2^{A}} \alpha_{qi}^{rp} x_{ik}^{rp} - Y_{qik} = 0 \qquad (\forall q; i \in I_2; k \in K) \tag{23}$$

15) Условия формирования полного экономического ущерба от дымовых выбросов той или иной ГРЭС в атмосферу:

$$\sum_{q} D_q Y_{qik} - y_{ik} = 0 \qquad (\forall i \in I_2; k \in K) \tag{24}$$

3. <u>Прочие промышленные предприятия</u>

1) Условия создания новых и расширения мощности действующих предприятий:

$$\sum_{k \in K \cup \bar{K}} \sum_{r \in R_3 \cup R_4} x_{ik}^r = 1 \qquad (i \in I_3 \cup I_4) \tag{25}$$

$$x_{ik}^{r} = \begin{cases} 1, \text{при создании (или расширении) в ареале } k(k \in K) \text{ предприятия } i\ (i \in J_3 \cup J_4) \\ \text{по способу } r(r \in R_3 \cup R_4), \\ 0 - \text{в противном случае} \end{cases}$$

2) Условия технологической связи между вариантами функционирования промышленных предприятий и вариантами технологий очистки сточных вод на очистных сооружениях, обслуживающих данные предприятия:

$$x_{ik}^{r} - \delta_{ik}^{rp} f_{ik}^{p} - \bar{\delta}_{jk}^{rp'} f_{jk}^{p'} = 0 \tag{26}$$

$$(\forall i \in I_3 \cup I_4; k \in K; \xi; r \in R_3 \cup R_4; p \in P_3^w \cup P_4^w; p' \in P_j^w)$$

$$\delta_{ik}^{r\rho} = \begin{cases} 1, \quad \text{если варианту функционирования } r\ (r \in R_3 \cup R_4) \text{ предприятия } i(i \in J_3 \cup J_4) \\ \text{в ареале } k\ (k \in K) \text{ соответствует вариант технологии очистки } \rho\ (\rho \in P_3^w \cup P_4^w) \\ \text{на локальном очистном сооружении данного предприятия,} \\ 0 - \text{в противном случае} \end{cases}$$

$$\bar{\delta}_{jk}^{r\acute{\rho}} = \begin{cases} 1, \quad \text{если варианту функционирования } r(r \in R_3 \cup R_4) \text{ предприятия } i(i \in J_3 \cup J_4) \\ \text{в ареале } k(k \in K) \text{ соответствует вариант технологии очистки } \acute{\rho}\ (\rho \in \acute{P}_j^w) \\ \text{на общем очистном сооружении } j, \text{обслуживающем данное предприятие,} \\ 0 - \text{в противном случае} \end{cases}$$

II. СООРУЖЕНИЯ ПО ОЧИСТКЕ БЫТОВЫХ СТОЧНЫХ ВОД

1) Ограничения на интенсивность функционирования сооружений по очистке бытовых сточных вод:

а) районных:

$$\sum_{p \in P_3^w} \tilde{f}_{\zeta k}^{p} \le 1 \qquad (\forall \zeta \in y_1^{Б}; k \in K) \tag{27}$$

б) городских:

$$\sum_{p \in P_1^w} \tilde{f}_{\zeta}^{p} \le 1 \qquad (\forall \zeta \in y_k^{Б}) \tag{28}$$

2) Условия выбора в том или ином ареале одного типа очистных сооружений для обезвреживания бытовых стоков:

$$\sum_{p \in P_\zeta^w} \tilde{f}_{\zeta}^{p} - \delta_{\zeta\zeta'} \sum_{p \in P_\zeta^w} \tilde{f}_{\zeta k}^{p} = 0 \qquad (\forall \zeta \in y_k^{Б}; \zeta' \in y_1^{Б}; k \in K) \tag{29}$$

$$\delta_{s\acute{s}} = \begin{cases} 1, \text{если население ареала } k(k \in K) \text{ обслуживается районным} \\ \text{очистным сооружением } s(\acute{s} \in y_1^{Б}), \\ 0 - \text{если население ареала } k(k \in K) \text{ обслуживается городским} \\ \text{очистным сооружением } s(s \in y_k^{Б}) \end{cases}$$

3) Условия образования бытовых сточных вод в каждом ареале:

$$W_k - \eta\varepsilon(x_k + \bar{x}_k) = 0 \quad (\forall \kappa \in K) \tag{30}$$

4) Условия формирования мощности очистных сооружений:
а) районных:

$$\sum_{p \in P_\zeta^w} M_\zeta^p \tilde{f}_{\zeta\kappa}^p - W_k \geq 0 \qquad (\forall \zeta \in y_1^Б; k \in K) \tag{31}$$

б) городских:

$$\sum_{p \in P_\zeta^w} \tilde{M}_\zeta^p - \sum_{k \in K_\zeta} W_k - \sum_{i \in I_3 \cup I_4} \sum_{k \in K_3} \sum_{r \in R_3 \cup R_4} \eta_{i\zeta} x_{ik}^r \geq 0 \qquad (\forall \zeta \in y_k^Б) \tag{32}$$

III. СТРОИТЕЛЬНЫЕ БАЗЫ

1) Условия распределения услуг строительных организаций в пределах комплекса:

а) для нужд промышленного строительства:

$$Z_{hk}^1 - \sum_{i \in I_1} \sum_{p \in P_1^A} \sigma_i x_i^p - \sum_{i \in I_1} \sum_{i' \in I_2 \cup I_3} \sum_{r \in R^T} \sum_{p \in P_1^{AT}} \sigma_{(ii')}^{rp} Z_{(ii')}^{rp} - \sum_{i \in I_1^y} \sum_{r \in R_1^y} \sigma_i^r y_{ik}^r -$$
$$- \sum_{i \in I_1} \sum_{p \in P_1^w} \Delta_i^p f_i^p - \sum_{i \in I_2} \sum_{r \in R^Э} \sum_{p \in P_2^A} \sigma_i^{rp} x_{ik}^{rp} - \sum_{i \in I_3 \cup I_4} \sum_{r \in R_3 \cup R_4} \hat{\sigma}_i^r x_{ik}^r -$$
$$\sum_{i \in I_2^\gamma} \sum_{r \in R_2^\gamma} \bar{\sigma}_i^r \bar{y}_{ik}^r - - \sum_{i \in I_2} \sum_n \bar{\sigma}_k Y_{ik}^n - \sum_{i \in I_2^T} \sum_{r \in R_2^T} \tilde{\sigma}_i^r Z_{ik}^r - \sum_\ell \sum_{i \in I_2} \tilde{\sigma}_\ell \bar{Z}_{\ell i} -$$
$$\sum_{\bar{\lambda}} \sum_{\kappa'} \sigma_{(\kappa\kappa')}^{\bar{\lambda}} \Lambda_{(\kappa\kappa')}^{\bar{\lambda}} - - \sum_{i \in I_2} \sum_{p \in P_2^w} \bar{\Delta}_i^p \bar{f}_i^p - \sum_{i \in I_3 \cup I_4} \sum_{p \in P_3^w \cup P_4^w} \theta_i^p f_{ik}^p -$$
$$\sum_j \sum_{p \in P_j^w} \bar{\theta}_j^p \bar{f}_{jk}^p - \sum_{\zeta \in y_1^Б} \sum_{p \in P_3^w} \tilde{\theta}_\zeta^p \tilde{f}_{\zeta\kappa}^p - - \sum_{\zeta \in y_k^Б} \sum_{p \in P_3^w} \hat{\theta}_\zeta^p \tilde{f}_\zeta^p - \sum_{m \in Q} \sum_\mu \tilde{\Delta}_m^\mu w_{mk}^\mu -$$
$$\sum_{m \in Q} \sum_\mu \hat{\Delta}_m^\mu \overline{w}_{mk}^\mu = 0 \qquad (\forall h \in Н^П; k \in K) \tag{33}$$

б) для нужд гражданского строительства:

$$Z_{hk}^2 - \sigma_\varepsilon (x_\kappa + \bar{x}_\kappa) = 0 \qquad (\forall h \in Н^Г; k \in K) \tag{34}$$

2) Условия обеспечения услугами строительных баз производственных объектов в случае их выноса за пределы рассматриваемой территории:

$$Z^3_{hk} - \sum_{i \in I_3 \cup I_4} \sum_{r \in R_3 \cup R_4} \hat{\sigma}^r_i x^r_{ik} = 0 \qquad \left(\forall h \in \mathrm{H}_{\bar{k}}; k \in K\right) \tag{35}$$

3) Ограничения на мощность строительных баз:

$$\sum_{b=1}^{2} \sum_{k \in K} Z^b_{hk} \le \bar{N}_h \qquad \left(\forall h \in \mathrm{H}^{\Pi} \cup \mathrm{H}^{\Gamma}\right) \tag{36}$$

IV. ТРУДОВЫЕ РЕСУРСЫ

1) Условия обеспечения ареалов комплекса трудовыми ресурсами:

$$x_{\kappa} + \bar{x}_{\kappa} - \sum_{i \in I_1} \sum_{p \in P^A_1} \alpha_i x^p_i - \sum_{i \in I_1} \sum_{i \in I_2 \cup I_3} \sum_{r \in R^T} \sum_{p \in P^{AT}_1} \alpha^{rp}_{(ii')} Z^{rp}_{(ii')} - \sum_{i \in I^y_1} \sum_{r \in R^y_1} \alpha^r_i y^r_{ik} -$$
$$- \sum_{i \in I_1} \sum_{p \in P^w_1} \psi^p_i f^p_i - \sum_{i \in I_2} \sum_{r \in R^Э} \sum_{p \in P^A_2} \alpha^{rp}_i x^{rp}_{ik} - \sum_{i \in I_3 \cup I_4} \sum_{r \in R_3 \cup R_4} \hat{\alpha}^r_i x^r_{ik} -$$
$$\sum_{i \in I^{\gamma}_2} \sum_{r \in R^{\gamma}_2} \bar{\alpha}^r_i \bar{y}^r_{ik} - - \sum_{i \in I^T_2} \sum_{r \in R^T_2} \tilde{\alpha}^r_i Z^r_{ik} - \sum_{i \in I_2} \sum_{p \in P^w_2} \bar{\psi}^p_i \bar{f}^p_i - \sum_{i \in I_3 \cup I_4} \sum_{p \in P^w_3 \cup P^w_4} \pi^p_i f^p_{ik} -$$
$$\sum_j \sum_{p \in P^w_j} \bar{\pi}_j \bar{f}^p_{jk} - - \sum_{\zeta \in y^Б_1} \sum_{p \in P^w_{\zeta}} \tilde{\pi}^p_{\zeta} \tilde{f}^p_{\zeta\kappa} - \sum_{\zeta \in y^Б_k} \sum_{p \in P^w_{\zeta}} \hat{\pi}^p_{\zeta} \tilde{f}^p_{\zeta} - \sum_{h \in H} \bar{\alpha}_k Z_{hk} = 0$$
$$\left(\forall k \in K\right) \tag{37}$$

2) Условия обеспечения трудовыми ресурсами производственных объектов в случае их выноса за пределы рассматриваемой территории:

$$\bar{x}'_k - \sum_{i \in I_3 \cup I_4} \sum_{r \in R_3 \cup R_4} \hat{\alpha}^r_i x^r_{ik} = 0 \qquad \left(\forall \kappa \in \bar{K}\right) \tag{38}$$

3) Ограничения на резерв местных трудовых ресурсов в каждом ареале:

$$x_k \le z_k \qquad \left(\forall \kappa \in K\right) \tag{39}$$

V. ЗЕМЕЛЬНЫЕ РЕСУРСЫ

1) Условия распределения территории в пределах комплекса под промышленное строительство:

а) для нужд угольных резервов:

$$\sum_{n}\hat{y}_k^n-\sum_{i\in I_1}\sum_{p\in P_1^A}\beta_i x_i^p-\sum_{i\in I_1}\sum_{i'\in I_3\cup I_4}\sum_{r\in R^T}\sum_{p\in P_1^{AT}}\beta_{(ii')}^{rp}Z_{(ii')}^{rp}-\sum_{i\in I_1}\sum_{p\in P_1^W}\bar{\beta}_i f_i^p-\sum_{i\in I_1}\hat{\beta}Y_{i=0}\quad(\forall k\in K)\tag{40}$$

б) для нужд остальных промышленных предприятий:

$$\sum_{n}y_k^n-\sum_{n}\sum_{\tau=2}\sum_{\nu=2}\eta_\kappa^{n\tau\nu}y_\kappa^{n\tau}-\sum_{i\in I_3\cup I_4}\sum_{r\in R_3\cup R_4}\hat{\beta}_i x_{ik}^r-\sum_{i\in I_2}\sum_{r\in R^Э}\sum_{p\in P_2^A}\beta_i^{rp}x_{ik}^{rp}-$$
$$-\sum_{i\in I_2^\gamma}\sum_{r\in R_2^\gamma}\bar{\gamma}_i\bar{y}_{ik}^r-\sum_{i\in I_1^y}\sum_{r\in R_1^y}\gamma_i y_{ik}^r-\sum_{i\in I_2}\sum_{n}\bar{\beta}Y_{ik}^n-\sum_{i\in I_2^T}\tilde{\gamma}_i Z_{ik}^r-\sum_{\ell}\sum_{i\in I_2}\tilde{\beta}_\ell Z_{\ell i}-$$
$$-\sum_{\bar{\lambda}}\sum_{\kappa'}\beta_{(\kappa\kappa')}^{\bar{\lambda}}\Lambda_{(\kappa\kappa')}^{\bar{\lambda}}-\sum_{i\in I_2}\sum_{p\in P_2^W}\beta_i^p\bar{f}_i^p-\sum_{i\in I_3\cup I_4}\sum_{p\in P_3^W\cup P_4^W}\bar{\beta}_i^p f_{ik}^p-$$
$$-\sum_{j}\sum_{p\in P_j^W}\bar{\bar{\gamma}}_j^p\bar{f}_{jk}^p-\sum_{\zeta\in y_K^Б}\sum_{p\in P_3^W}\hat{\beta}_\zeta^p\tilde{f}_\zeta^p-\bar{\beta}\bar{Y}_\kappa-\sum_{h\in H}\tilde{\beta}Z_{hk}=0\quad(\forall\kappa\in K)\tag{41}$$

2) Условия обеспечения территорией производственных объектов в случае их выноса за пределы комплекса:

$$\sum_{n}y_\kappa^n-\sum_{i\in I_3\cup I_4}\sum_{r\in R_3\cup R_4}\hat{\beta}_i x_{ik}^r=0\quad(\forall\kappa\in \mathrm{K})\tag{42}$$

3) Условия распределения территории под гражданское строительство:

$$\sum_{n}\bar{y}_k^n+\sum_{n}\sum_{\tau=3}\sum_{\nu=3}\eta_k^{n\tau\nu}y_k^{n\tau}-\beta\varepsilon\left(x_\kappa+\bar{x}_\kappa\right)-\sum_{\zeta\in y_1^Б}\sum_{p\in P_\zeta^W}\tilde{\beta}_\zeta^p\tilde{f}_{\zeta\kappa}^p=0\quad(\forall\kappa\in \mathrm{K})\tag{43}$$

4) Условия проведения рекультивационных работ на нарушенных открытыми горными разработками землях:

$$\sum_{\nu}\eta_k^{n\tau\nu}y_k^{n\tau}=L_k^{n\tau}\quad\left(\forall\kappa\in \mathrm{K};n;\tau=\overline{1,3}\right),\ \text{где}\ \sum_{\tau}\sum_{\nu}\eta_\kappa^{n\tau\nu}=1\quad(\forall\kappa\in \mathrm{K};n)\tag{44}$$

5) Ограничения на возможные размеры использования земли по категориям:

а) для нужд угольных разрезов:

$$\hat{y}_k^n\le\hat{L}_k^n\quad(\forall\kappa\in K;n)\tag{45}$$

б) для промышленного и гражданского строительства:

$$y_k^n+\bar{y}_k^n\le L_k^n\quad(\forall\kappa\in \mathrm{K};n)\tag{46}$$

VI. ВОДНЫЕ РЕСУРСЫ

1) Условия распределения воды в пределах комплекса для нужд:

а) населения:

$$\sum_{m\in\bar{Q}_{Н}}\sum_{\mu}\bar{\omega}_{mk}^{\mu}-\gamma\varepsilon\left(x_k+\bar{x}_k\right)-\sum_{\zeta\in y_1^{Б}}\sum_{p\in P_{\zeta}^{w}}\tilde{\gamma}_{\zeta}^{p}\tilde{f}_{\zeta\kappa}^{p}-\sum_{\zeta\in y_{\kappa}^{Б}}\sum_{p\in P_{\zeta}^{w}}\hat{\gamma}_{\zeta}^{p}\tilde{f}_{\zeta}^{p}=0 \qquad \left(\forall\kappa\in \mathrm{K}\right) \tag{47}$$

б) промышленности (кроме угольных резервов и ГРЭС):

$$\sum_{m\in Q_{ПП}}\sum_{\mu}\omega_{mk}^{\mu}-\sum_{h\in \mathrm{H}}\tilde{\gamma}Z_{hk}-\sum_{i\in I_3\cup I_4}\sum_{r\in R_3\cup R_4}\bar{\gamma}_i^r x_{ik}^r-\sum_{i\in I_1^y}\sum_{r\in R_1^y}\psi_i^r y_{ik}^r-\sum_{i\in I_2^{\gamma}}\sum_{r\in R_2^{\gamma}}\bar{\psi}_i^r\bar{y}_{ik}^r-$$
$$-\sum_{i\in I_2^T}\sum_{r\in R_2^T}\tilde{\psi}_i^r Z_{ik}^r-\sum_{i\in I_3\cup I_4}\sum_{p\in P_3^w\cup P_4^w}\tau_i^p f_{ik}^p-\sum_j\sum_{p\in P_j^w}\tilde{\tau}_j^p\bar{f}_{j\kappa}^p=0 \qquad \left(\forall\kappa\in \mathrm{K}\right) \tag{48}$$

в) угольных разрезов:

$$\sum_{m\in\hat{Q}_y}\sum_{\mu}\omega_{mk}^{\mu}-\sum_{i\in I_1}\sum_{p\in P_1}\hat{\gamma}_i^p x_i^p-\sum_{i\in I_1}\sum_{p\in P_1^w}\tau_i f_i^p=0 \qquad \left(\forall\kappa\in \mathrm{K}\right) \tag{49}$$

г) ГРЭС:

$$\sum_{m\in\tilde{Q}_{Э}}\sum_{\mu}\omega_{mk}^{\mu}-\sum_{i\in I_2}\sum_{r\in R^{Э}}\sum_{p\in P_2^w}\gamma_i^r x_{ik}^{rp}-\sum_{i\in I_2}\sum_{p\in P_2^w}\bar{\tau}_i^p\bar{f}_i^p=0 \qquad \left(\forall\kappa\in \mathrm{K}\right) \tag{50}$$

2) Условия обеспечения водой производственных объектов в случае их выноса за пределы комплекса:

$$\sum_{m\in\bar{Q}_{\kappa}}\sum_{\mu}\omega_{mk}^{\mu}-\sum_{i\in I_3\cup I_4}\sum_{r\in R_3\cup R_4}\bar{\gamma}_i^r x_{ik}^r-\sum_{i\in I_3\cup I_4}\sum_{p\in P_3^w\cup P_4^w}\tau_i^p f_{ik}^p=0 \qquad \left(\forall\kappa\in \mathrm{K}\right) \tag{51}$$

3) Условия формирования потребности в воде для разбавления промышленных и бытовых сточных вод:

$$\sum_{m\in Q^{\text{ус}}}V_{mk}-(k-1)W_{\kappa}-\sum_{i\in I_1}\sum_{p\in P_1^w}\left(K_i-1\right)\Omega_i f_i^p-\sum_{i\in I_2}\sum_{p\in P_2^w}\left(\bar{K}_i-1\right)\bar{\Omega}_i\bar{f}_i^p-$$
$$-\sum_{i\in I_3\cup I_4}\sum_{p\in P_3^w\cup P_4^w}\left(\tilde{K}_i-1\right)\tilde{\Omega}_i f_{ik}^p-\sum_j\sum_{p\in P_j^w}\left(\hat{K}_j-1\right)\hat{\Omega}_j\bar{f}_{jk}^p-\sum_{i\in I_2^{\gamma}}\sum_{r\in R_2^{\gamma}}\left(k_i-1\right)\omega_i\bar{y}_{ik}^r=0 \qquad \left(\forall\kappa\in \mathrm{K}\right) \tag{52}$$

4) Ограничения на возможный объем водозабора из каждого источника:

$$\omega_{mk}^{\mu}+\bar{\omega}_{mk}^{\mu}\le \mathrm{B}_{mk}^{\mu} \qquad \left(\forall m\in Q;\mu;\kappa\in \mathrm{K}\right) \tag{53}$$

5) Ограничения на возможный объем воды, доступный для разбавления промышленных и бытовых сточных вод:

$$V_{mk}\le \mathrm{B}_{mk} \qquad \left(\forall m\in Q^{\text{ус}};\kappa\in \mathrm{K}\right) \tag{54}$$

VII. БОРЬБА С ЗАГРЯЗНЕНИЕМ

1) Условия образования промышленных сточных вод в каждом ареале:

$$\overline{W}_k - \sum_{i\in I_1}\sum_{p\in P_1^A} v_i^y x_i^p - \sum_{i\in I_2}\sum_{r\in R^Э}\sum_{p\in P_2^A} \bar{v}_i^Э x_{ik}^{rp} - \sum_{i\in I_1^y}\sum_{r\in R_1^y} \tilde{v}_i y_{ik}^r -$$

$$\sum_{i\in I_3\cup I_4}\sum_{r\in R_3\cup R_4} \tilde{v}_i^П x_{ik}^r - -\sum_{i\in I_2^\gamma}\sum_{r\in R_2^\gamma} \bar{v}_i \bar{y}_{ik}^r - \sum_{i\in I_2^T}\sum_{r\in R_2^T} v_i Z_{ik}^r \ge 0 \qquad (\forall \kappa \in \mathrm{K}) \tag{55}$$

2) Ограничения на допустимое загрязнение водоемов:

$$\sum_{i\in I_2}\sum_{r\in R^Э}\sum_{p\in P_2^A} \bar{v}_i^Э a_{qi}^{\lambda r} x_{ik}^{rp} - -\sum_{i\in I_2}\sum_{r\in R^Э}\sum_{p\in P_2^W} \bar{v}_i^Э \bar{b}_{qi}^{\lambda r} \bar{f}_i^p + \sum_{i\in I_3\cup I_4}\sum_{r\in R_3\cup R_4} \tilde{v}_i^П \bar{a}_{qi}^{\lambda p} x_{ik}^r -$$

$$\sum_{i\in I_3\cup I_4}\sum_{p\in P_3^W\cup P_4^W} \tilde{v}_i^П \tilde{b}_{qi}^{\lambda p} f_{ik}^p + \sum_{i\in I_1^y}\sum_{r\in R_1^y} \tilde{v}_i \tilde{e}_{qi}^{\lambda r} y_{ik}^r + \sum_{i\in I_2^\gamma}\sum_{r\in R_2^\gamma} \bar{v}_i \bar{e}_{qi}^{\lambda r} \bar{y}_{ik}^r + \sum_{i\in I_2^T}\sum_{r\in R_2^T} v_i e_{qi}^{\lambda r} Z_{ik}^r +$$

$$+\sum_{\zeta\in y_1^Б}\sum_{p\in P_3^W} \phi_{q\zeta}^{\lambda p} M_\zeta^p \tilde{f}_{\zeta\kappa}^p + \sum_{\zeta\in y_\kappa^Б}\sum_{p\in P_\zeta^W} \tilde{\phi}_{q\zeta}^{\lambda p} \tilde{M}_\zeta^p \tilde{f}_\zeta^p \le \frac{G_q^\lambda}{\mathrm{K}^\lambda}\left(V_{mk} + W + \overline{W}_k\right) \qquad \left(\forall q;\lambda;m\in Q^{ус};\kappa\in\mathrm{K}\right) \tag{56}$$

3) Ограничения на допустимое загрязнение атмосферы:

а) для отдельных вредных веществ:

$$\sum_{i\in I_1}\sum_{p\in P_1^A} F_{qi}^p x_i^p + \sum_{i\in I_1}\sum_{i'\in I_2\cup I_3}\sum_{r\in R^T}\sum_{p\in P_1^{AT}} \mathrm{P}_{q(ii')}^r Z_{(ii')}^{rp} + \sum_{i\in I_2}\sum_{r\in R^Э}\sum_{p\in P_2^A} \mathrm{P}_{qi}^{rp} x_{ik}^{rp} +$$

$$+\sum_{i\in I_3\cup I_4}\sum_{r\in R_3\cup R_4} \mathrm{P}_{qi}^r x_{ik}^r + \sum_{i\in I_1^y}\sum_{r\in R_1^y} \hat{\mathrm{P}}_{qi}^r y_{ik}^r + \sum_{i\in I_2^\gamma}\sum_{r\in R_2^\gamma} \overline{\mathrm{P}}_{qi}^r \bar{y}_{ik}^r + \sum_{i\in I_2^T}\sum_{r\in R_2^T} \tilde{\mathrm{P}}_{qi}^r Z_{ik}^r \le G_{qk} \qquad \left(\forall q\in D_1;\kappa\in\mathrm{K}\right) \tag{57}$$

б) для комбинаций вредных веществ в пылегазовых выбросах с учетом свойства аддитивности их вредного действия:

- условия образования пылегазовых выбросов:

$$\overline{y}_{qk} - \sum_{i\in I_1}\sum_{p\in P_1^A} F_{qi}^p x_i^p - \sum_{i\in I_2}\sum_{r\in R^Э}\sum_{p\in P_2^A} \mathrm{P}_{qi}^{rp} x_{ik}^{rp} - \sum_{i\in I_3\cup I_4}\sum_{r\in R_3\cup R_4} \mathrm{P}_{qi}^r x_{ik}^r \ge 0 \qquad \left(\forall q\in D_2;\kappa\in\right) \tag{58}$$

- ограничение на выброс комбинаций вредных веществ в атмосферу:

$$\sum_{q\in D_2} \frac{\overline{y}_{qk}}{G_q} \le 1 \qquad (\forall \kappa\in\mathrm{K}) \tag{59}$$

4) Объем вредного вещества, поступающего в воздушный бассейн в соответствии с санитарными нормами и с учетом условий рассеивания загрязнений в атмосфере каждого ареала:

$$\sum_{i\in I_1}\sum_{p\in P_1^A}\left[\left(1-\eta_{qk}\right)F_{qi}^{p}-G_q\Gamma_i^{p}\right]x_i^{p}+\sum_{i\in I_2}\sum_{r\in R^Э}\sum_{p\in P_2^A}\left[\left(1-\eta_{qk}\right)\mathrm{P}_{qi}^{rp}-G_q\Gamma_i^{rp}\right]x_{ik}^{rp}-$$

$$\sum_{i\in I_3\cup I_4}\sum_{r\in R_3\cup R_4}\left[\left(1-\eta_{qk}\right)\mathrm{P}_{qi}^{r}-G_q\overline{\Gamma}_i^{r}\right]x_{ik}^{r}\le 0 \qquad \left(\forall q\in D;\kappa\in \mathrm{K}\right) \tag{60}$$

VIII. ФУНКЦИОНАЛ

$$\Bigg\{\sum_{i\in I_1}\sum_{p\in P_1^A}c_i^{p}x_i^{p}+\sum_{i\in I_2}\sum_{\kappa\in \mathrm{K}}\sum_{r\in R^Э}\sum_{p\in P_2^A}c_{ik}^{rp}x_{ik}^{rp}+\sum_{i\in I_3\cup I_4}\sum_{r\in R_3\cup R_4}\sum_{\kappa}c_{ik}^{r}x_{ik}^{r}+\sum_{i\in I_1}cx_i+$$

$$+\sum_{i\in I_1}\sum_{i'\in I_2\cup I_3}\sum_{r\in R^T}\sum_{p\in P_1^{AT}}c_{(ii')}^{rp}Z_{(ii')}^{rp}+\sum_{i\in I_1}c_iY_i+\sum_{i\in I_1^y}\sum_{\kappa}\sum_{r\in R_1^y}\hat{c}_{ik}^{r}\bar{y}_{ik}^{r}-$$

$$-\sum_{\kappa\in \mathrm{K}}Э_k+\sum_{i\in I_1}\sum_{p\in P_1^w}З_i^{p}f_i^{p}+\sum_{i\in I_2^\gamma}\sum_{\kappa}\sum_{r\in R_2^\gamma}\overline{c}_{ik}^{r}\bar{y}_{ik}^{r}+\sum_{i\in I_2}\sum_{\kappa\in \mathrm{K}}\sum_{n}c_{ik}^{n}Y_{ik}^{n}+\sum_{\kappa\in \mathrm{K}}\widetilde{c}_k y_k+$$

$$+\sum_{\kappa\in \mathrm{K}}\hat{c}_{\kappa}\bar{y}_{\kappa}+\sum_{i\in I_1}\sum_{\kappa\in \mathrm{K}}c_{i\kappa}y_{i\kappa}+\sum_{\kappa\in \mathrm{K}}\overline{c}_{\kappa}\bar{Y}_{\kappa}+\sum_{i\in I_2^T}\sum_{\kappa\in \mathrm{K}}\sum_{r\in R_2^T}\widetilde{c}_{i\kappa}^{r}Z_{i\kappa}^{r}+\sum_{\ell}\sum_{i\in I_2}\overline{c}_{\ell i}\bar{Z}_{\ell i}+$$

$$+\sum_{i\in I_2}\sum_{\xi}c_{i\xi}Z_{i\xi}+\sum_{i\in I_2}\sum_{\kappa\in \mathrm{K}}\overline{c}_{i\kappa}\bar{Z}_{i\kappa}-\sum_{\kappa\in \mathrm{K}}\overline{Э}_{\kappa}-\sum_{\kappa\in \mathrm{K}}\widetilde{Э}_{\kappa}+\sum_{(\kappa\kappa')}\sum_{\overline{\lambda}}c_{(\kappa\kappa')}^{\overline{\lambda}}\Lambda_{(\kappa\kappa')}^{\overline{\lambda}}+$$

$$+\sum_{i\in I_2}\sum_{p\in P_2^w}\overline{З}_i^{p}\bar{f}_i^{p}+\sum_{i\in I_2}\sum_{\kappa\in \mathrm{K}}y_{i\kappa}+\sum_{q\in D}\sum_{i\in I_2}\sum_{\kappa\in \mathrm{K}}c_{qi\kappa}Y_{qi\kappa}+$$

$$+\sum_{i\in I_3\cup I_4}\sum_{\kappa\in \mathrm{K}}\sum_{p\in P_3^w\cup P_4^w}З_{i\kappa}^{p}f_{i\kappa}^{p}+\sum_{j}\sum_{\kappa\in \mathrm{K}}\sum_{p\in P_j^w}\overline{З}_{jk}^{p}\bar{f}_{jk}^{p}+\sum_{\zeta\in y_1^Б}\sum_{\kappa\in \mathrm{K}}\sum_{p\in P_\zeta^w}\hat{З}_{\zeta\kappa}^{p}\tilde{f}_{\zeta\kappa}^{p}+$$

$$\sum_{\zeta\in y_\kappa^Б}\sum_{p\in P_\zeta^w}\tilde{З}_{\zeta}^{p}\tilde{f}_{\zeta}^{p}+\sum_{\kappa\in \mathrm{K}\cup\overline{\mathrm{K}}}c_{\kappa}x_{\kappa}+\sum_{\kappa\in \mathrm{K}\cup\overline{\mathrm{K}}}\overline{c}_{\kappa}\overline{x}_{\kappa}+\sum_{\kappa\in \mathrm{K}}S_{\kappa}W_{\kappa}+\sum_{\kappa\in \mathrm{K}}\overline{S}_{\kappa}\overline{W}_{\kappa}+$$

$$+\sum_{h\in \mathrm{H}\forall \mathrm{H}_{\overline{\kappa}}}\sum_{\kappa\in \mathrm{K}\cup\overline{\mathrm{K}}}\hat{c}_{h\kappa}Z_{h\kappa}+\sum_{\kappa\in \mathrm{K}}\sum_{n}\hat{S}_{\kappa}^{n}\hat{y}_{\kappa}^{n}+\sum_{\kappa\in \mathrm{K}\cup\overline{\mathrm{K}}}\sum_{n}S_{\kappa}^{n}y_{\kappa}^{n}+\sum_{\kappa\in \mathrm{K}}\sum_{n}\overline{S}_{\kappa}^{n}\bar{y}_{\kappa}^{n}+$$

$$+\sum_{\kappa\in \mathrm{K}}\sum_{n}\sum_{\tau=1}^{3}S_{\kappa}^{n\tau}y_{\kappa}^{n\tau}+\sum_{m\in Q}\sum_{\kappa\in \mathrm{K}\cup\overline{\mathrm{K}}}\sum_{\mu}И_{m\kappa}^{\mu}\omega_{m\kappa}^{\mu}+\sum_{m\in Q}\sum_{\kappa\in \mathrm{K}\cup\overline{\mathrm{K}}}\sum_{\mu}\overline{И}_{m\kappa}^{\mu}\overline{\omega}_{m\kappa}^{\mu}+$$

$$+\sum_{m\in Q^{\text{ус}}}\sum_{\kappa\in \mathrm{K}}И_{m\kappa}V_{m\kappa}\Bigg\}\to \min \tag{61}$$

ОГЛАВЛЕНИЕ

Введение 3

Глава 1. МЕТОДОЛОГИЧЕСКИЕ И МЕТОДИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ ФОРМИРОВАНИЯ ПРИРОДООХРАННОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ В РЕГИОНЕ 9

1.1. Социально-экономическое развитие и новая парадигма природоохранной деятельности 9

1.2. Взаимодействия в социо-эколого-экономической системе 17

1.3. Направления учета экологических факторов при прогнозировании формирования хозяйства территории 23

Резюме 30

Глава 2. ФОРМИРОВАНИЕ МЕХАНИЗМА ГОСУДАРСТВЕННОГО УПРАВЛЕНИЯ ЭКОЛОГИЧЕСКОЙ СФЕРОЙ 32

2.1. Общие черты механизма экологической политики за рубежом 32

2.2. Система индикаторов структурной модернизации региона 37

2.3. Система государственного экологического регулирования в России 49

2.3.1. Становление государственной экологической политики в России 49

2.3.2. Причины и основные направления деэкологизации государственного управления 53

2.4. Финансовые аспекты обеспечения эколого-ориентированного развития 63

2.4.1. Цели и задачи финансового механизма охраны окружающей среды 63

2.4.2. Особенности финансового механизма охраны окружающей среды в России 64

2.5. Актуальные направления улучшения государственной экологической политики 69

2.5.1. Возможные пути совершенствования механизма экологического управления 69

2.5.2. Экологизация производства с учетом инновационных принципов развития 88

Резюме 92

Глава 3. ЭКОЛОГИЧЕСКАЯ СТРАТЕГИЯ КАК ФУНКЦИЯ УПРАВЛЕНИЯ ОХРАНОЙ ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ В РЕГИОНЕ 95

3.1. Региональные программы как средство увязки экономических, социальных и экологических целей развития территории 95

3.2. Место экологической подсистемы в структуре программ социально-экономического развития региона 100

3.3. Стратегирование эколого-экономического развития региона (на примере Новосибирской области) 106

3.3.1. Предпосылки разработки экологической стратегии 106

3.3.2. Анализ исходного состояния окружающей среды и основные проблемы 109

3.3.3. Вызовы в области формирования благоприятной экологической ситуации и экологический образ будущего Новосибирской области 125

3.3.4. Стратегические экологические цели, задачи, приоритеты и возможные варианты решения экологических проблем 128

3.3.5. Система целевых индикаторов и ожидаемые результаты реализации природоохранных мероприятий 134

3.4. Формирование условий реализации природоохранной стратегии 139

Резюме 142

Глава 4. ПОДХОД К ПРОГНОЗИРОВАНИЮ ЭКОЛОГО-ЭКОНОМИЧЕСКИХ ВЗАИМОДЕЙСТВИЙ ДЛЯ ЦЕЛЕЙ УПРАВЛЕНИЯ ТЕРРИТОРИАЛЬНЫМИ ПРОИЗВОДСТВЕННЫМИ СИСТЕМАМИ 145

4.1. Теоретические основы анализа эколого-экономических взаимодействий 145

4.2. Модель выбора варианта хозяйственных решений в регионе с учётом их экологических последствий 154

4.3. Нижнее Приангарье как регион приложения предложенного подхода 167

4.3.1. Стратегические аспекты развития территории 167

4.3.2. Анализ перспектив развития региона с позиций экологического императива 178

4.3.3. Рекомендации и выводы по результатам выполненных расчетов 188

Резюме 192

ОГЛАВЛЕНИЕ

Глава 5. МЕТОДИЧЕСКИЙ АППАРАТ РЕШЕНИЯ ОТДЕЛЬНЫХ ЭКОЛОГИЧЕСКИХ ПРОБЛЕМ КАК ДОПОЛНИТЕЛЬНЫЙ ИСТОЧНИК ИНФОРМАЦИОННОЙ БАЗЫ УПРАВЛЕНИЯ 195
5.1. Теоретические основы регионального устойчивого эколого-экономического развития 195
5.1.1. Исходные позиции методического подхода к учету влияния промышленных стоков на состояние воды в водохранилищах 195
5.1.2. Спецификация условий модели взаимодействия водохранилищ с хозяйством региона 200
5.1.3. Сравнение различных вариантов компоновки каскадов ГЭС с точки зрения возможного формирования загрязнения воды 207
5.2. Методика оценки влияния факторов окружающей среды на здоровье населения 214
5.2.1. Зависимость загрязнения окружающей среды и здоровья 214
5.2.2. Лесосибирский промышленный узел как территориальный объект исследования 216
5.2.3. Этапы исследования, используемый аппарат и получаемые результаты 219
Резюме 233

Глава 6. ПОДХОД К ОПТИМИЗАЦИИ РЕКУЛЬТИВАЦИОННЫХ РАБОТ В МЕСТАХ ОТКРЫТОЙ ДОБЫЧИ УГЛЯ 235
6.1. Возможные пути учета требований рекультивации 235
6.2. Постановка задачи по оптимизации рекультивационных работ для совокупности угольных разрезов 237
6.3. Модель оптимизации системы рекультивационных работ 244
6.4. Результаты анализа проведенных по модели вариантных расчетов 258
Резюме 274

Глава 7. ВЫБОР СИСТЕМЫ ПРИРОДООХРАННЫХ МЕРОПРИЯТИЙ ПРИ ФОРМИРОВАНИИ ТОПЛИВНО-ЭНЕРГЕТИЧЕСКОГО КОМПЛЕКСА (НА ПРИМЕРЕ ШАРЫПОВСКОГО ПРОМЫШЛЕННОГО УЗЛА КАТЭКа 275
7.1. Экологические аспекты формирования КАТЭКа и основные задачи исследования 275
7.2. Состав природоохранных мероприятий на основных объектах ТЭК (постановка задачи) 280
7.3. Характеристика аппарата оптимизации природоохранных мероприятий 302
7.4. Анализ выбранного варианта системы природоохранных мероприятий 305
7.4.1. Экологические резервы территории 305
7.4.2. Использование локальных природных ресурсов 313
7.4.3. Рекультивация земель 315
7.4.4. Направления утилизации отходов 318
7.5. Экономический эффект от осуществления природоохранной деятельности 327
Резюме 330

Заключение 332
Список литературы 341
Список сокращений 364
Приложения 365
1. Нижнее Приангарье: исходные данные и некоторые результаты расчетов 365
2. Исходная информация к задаче по водохранилищам 372
3. Некоторые результаты расчетов задачи по взаимодействию водохранилищ с хозяйством региона 377
4. Результаты параметризации ограничений на проведение рекультивации 402
5. Экономико-математическая модель оптимизации природоохранных мероприятий при формировании объектов ТЭК 411

План изданий ИЭОПП СО РАН, 2021 г.

Научное издание

Бурматова Ольга Петровна

МЕТОДОЛОГИЯ И ИНСТРУМЕНТАРИЙ АНАЛИЗА ЭКОЛОГО-ЭКОНОМИЧЕСКИХ АСПЕКТОВ РЕГИОНАЛЬНОГО РАЗВИТИЯ

Под редакцией
Александра Сергеевича Новоселова

Оформление обложки *А.С. Кузнецова*
Компьютерная вёрстка *С.А. Дучкова*

Подписано в печать 12 мая 2021 г.
Формат бумаги 60 × 84$^{1}/_{8}$. Гарнитура «Таймс».
Объём 55,25 п.л. Уч.-изд. л. 51 Тираж 500 экз. Заказ № 41.

Издательство ИЭОПП СО РАН.
Участок оперативной полиграфии ИЭОПП СО РАН.
630090, г. Новосибирск, проспект Академика Лаврентьева, 17.