

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

АКТУАЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ
ЭКОНОМИКИ И СОЦИОЛОГИИ

Сборник статей по материалам XXI Осенней конференции
молодых ученых в новосибирском Академгородке

Под редакцией
к.э.н. Ю.М. Слепенковой

Новосибирск
2025

Г.В. Бобылев

Институт экономики и организации промышленного производства СО РАН

**Открытая платформа агент-ориентированного моделирования:
новые горизонты пространственной экономики¹**

Аннотация

Актуальность исследования обусловлена необходимостью развития агент-ориентированного моделирования (АОМ) для создания комплексных моделей пространственной экономики России. В этой сфере остро стоят две проблемы: медленная разработка моделей и их недостаточная связь с реальными процессами. Наша работа направлена на решение этих вопросов.

Работа имеет комплексный характер и опирается на системный и структурный подходы. Она базируется на следующих направлениях научной литературы: развитие цифровых платформ, использование агент-ориентированных моделей в системах поддержки и принятия решений, цифровая и пространственная экономика, а также применение агент-ориентированной многорегиональной модели для анализа российской экономики (АОМММ).

В исследовании введено новое определение ОПАОМПЭ как инструментально-инфраструктурной цифровой платформы с открытой архитектурой, базирующейся на специализированном программном обеспечении для разработки агент-ориентированных моделей (АО моделей). Платформа предназначена для организации коллективной работы исследовательского сообщества над масштабными АО моделями российской экономики и предоставления услуг АОМ как сервиса.

Разработана концептуальная схема ОПАОМПЭ, интегрирующая взаимодействие с внешней средой, информационной инфраструктурой и ключевыми пользователями — представителями индустрии, экономической науки, образования и органов власти.

Представлено описание основных структурных компонентов платформы. Предложены направления развития АОМММ с применением ОПАОМПЭ. Перспективность применения ОПАОМПЭ обусловлена её потенциалом в решении широкого спектра научных и прикладных задач в области пространственной экономики.

Ключевые слова: агент-ориентированное моделирование, пространственная экономика, цифровая платформа, экономика региона

G.V. Bobylev

Institute of Economics and Industrial Engineering SB RAS,
Novosibirsk, Russia

**An Open Platform for Agent-Based Modeling:
New Horizons for Spatial Economics**

Abstract

The relevance of this research stems from the necessity to advance agent-based modeling (ABM) for developing comprehensive models of the spatial economy in Russia. Two critical challenges exist in this domain: the slow development of models and their insufficient alignment with real-world processes. This study is specifically aimed at addressing these issues.

¹ Автор благодарит доктора экономических наук Александра Анатольевича Цыплакова за ценные обсуждения ключевых положений этой работы

The research adopts an integrated approach, grounded in systemic and structural methodologies. It builds upon several key areas of scientific literature, including the development of digital platforms, the application of agent-based models in decision support systems, digital and spatial economics, and the implementation of agent-based multi-regional models (ABMRM) for analyzing the Russian economy.

The study introduces a novel definition of the Open Platform for Agent-Based Modeling of the Spatial Economy (OPABMSE) as an instrument-infrastructural digital platform with an open architecture. This platform is based on specialized software for developing agent-based models (ABMs) and is designed to:

Facilitate collaborative work among the research community on large-scale ABM models of the Russian economy

A conceptual framework of the OPABMSE has been developed, integrating interactions with the external environment and information infrastructure while providing ABM-as-a-service. Key stakeholders, including representatives from industry, economic science, education, and government authorities

The paper provides a detailed description of the platform's main structural components and proposes directions for the development of ABMRM using the OPABMSE. The platform's potential is particularly promising for addressing a wide range of scientific and applied challenges in the field of spatial economics.

Keywords: agent-based modeling, spatial economy, digital platform, regional economy

Введение. АОМ базируется на следующих фундаментальных положениях. В работе [Макаров, Бахтизин, Эпштейн, 2022] отмечается, что классическая АО модель представляет собой искусственное общество программных агентов, взаимодействующих в определённой среде — географическом ландшафте, организации или социальной сети. В работе [Цыплаков, Мельникова, 2021] определяют АО модели как системы, состоящие из компьютерных агентов и институциональной среды с заданными правилами взаимодействия.

В ИЭОПП СО РАН разрабатывается агент-ориентированная межотраслевая много-региональная модель «затраты-выпуск» (АОМММ) [Цыплаков, 2025, Суслов и др., 2023], учитывающая пространственное размещение агентов и транспортные расходы. АОМММ представляет собой комплексную систему, схожую по структуре с моделями общего равновесия, поскольку охватывает всю экономику в целом. В основе АОМММ лежит взаимодействие экономических агентов — фирм, домохозяйств и государственных предприятий — на товарных рынках [Цыплаков, 2025]. Ее развитие ограничено медленными темпами разработки и недостаточной связью с реальными процессами. Для преодоления этих барьеров была предложена открытая платформа агент-ориентированного моделирования пространственной экономики (ОПАОМПЭ). Реализация платформы будет содействовать привлечению независимых исследователей, ускорению разработки АО моделей экономики России, увеличив их детализацию и повысив связь с реальными процессами [Бобылев, 2024].

В работах ИЭОПП СО РАН платформа АОМ упоминалась без введения определения, структурной схемы и описания потребителей [Суслов и др., 2020]. Что ограничивало проведение дальнейших исследований в этом направлении.

В работе представлено определение ОПАОМПЭ, описана схема её элементов и взаимодействие ядра платформы с внешней средой и пользователями. Предложены направления развития АОМММ с использованием ОПАОМПЭ.

Важно учитывать запросы пользователей — органов власти федерального, регионального и муниципального уровней, так как их задачи напрямую влияют на архитектуру и функционал ОПАОМПЭ. Соответственно, особое внимание уделено анализу научно-прикладных задач, которые в перспективе можно будет решать с применением ОПАОМПЭ.

Методы и материалы. Работа носит синтетический характер и опирается на следующие направления научной литературы: АОМММ российской экономики [Цыплаков, 2025, Суслов и др., 2023], вопросы развития цифровых и программных платформ [Осипов и др., 2018, Гелисханов и др., 2018, Бабкин, Куратова, 2018, Tiwana, 2010, Hedges, 2023], применение АОМ в системах поддержки и принятия решений, цифровой и пространственной экономике [Цыплаков, Мельникова, 2021, Суслов и др., 2020, Tsyplakov, 2021, Макаров и др., 2016].

Определение ОПАОМПЭ и её концептуальная схема были рассмотрены в [Бобылев, 2024]. Концептуальная схема ОПАОМПЭ основывается на системных и структурных подходах. Основные элементы ОПАОМПЭ уже были описаны ранее в работах сотрудников ИЭОПП СО РАН [Суслов и др., 2020]. Анализ задач применения ОПАОМПЭ опирается на наши исследования и работы российских и зарубежных ученых [Tsyplakov, 2021, Макаров и др., 2016, Nasir A., Bozanta A., 2014, Tian, Qiao, 2014, Городецкий, Скобелев, 2017].

Результаты. Исходя из анализа определений инструментальных и инфраструктурных цифровых платформ, можно определить ОПАОМПЭ как инструментально-инфраструктурную цифровую платформу с открытой архитектурой, в основе которой находится программное обеспечение для разработки АО моделей [Бобылев, 2024]. Платформа предназначена для:

- а) совместной работы исследовательского сообщества над крупными экономическими моделями, основанными на пространственной АО модели экономики России;
- б) моделирования динамики экономической системы;
- в) настройки и проведения симуляционных экспериментов;
- г) предоставления услуг по использованию АО моделей как сервиса.

На рис. 1 представлена концептуальная схема ОПАОМПЭ [Бобылев, 2024]. На ней выделяются основной блок и вспомогательные. Основной блок – ОПАОМПЭ включает следующие элементы: а) ядро платформы; б) библиотеку платформы; в) руководство пользователя; г) научный совет. К вспомогательным блокам мы отнесли следующие элементы: а) подготовку входной информации для ядра ОПАОМПЭ; б) внешнюю среду; в) информационную инфраструктуру; г) инфраструктуру моделирования как сервис; д) потребителей и заказчиков: экономическую науку и образование; индустрию; органы власти.

Содержание блоков ОПАОМПЭ подробно рассмотрено в работе [Бобылев, 2024]. ОПАОМПЭ включает программную среду для разработки и тестирования АО моделей, библиотеку типовых цифровых АО моделей экономических агентов, руководство пользователя и научный совет, контролирующий развитие платформы.

Инфраструктура платформы объединяет геоинформационные, IoT и IIoT технологии для сбора пространственных данных и анализа активности экономических агентов.

Потребителями выступают органы власти, научное сообщество и индустрия. Ядро ОПАОМПЭ позволит анализировать социально-экономические решения, прогнозировать трудовую миграцию, решать задачи городского развития и др. Варианты задач рассмотрены нами на основе анализа [Tsyplakov, 2021, Макаров и др., 2016, Nasir A., Bozanta A., 2014, Бабенко, 2012, Tian, Qiao, 2014, Городецкий, Скобелев, 2017].

В образовании ОПАОМПЭ может быть, в том числе, использована для экономического моделирования в рамках выпускных квалификационных работ по финансам, региональной экономике, предпринимательству, менеджменту, рынку ценных бумаг и банковскому делу.

ОПАОМПЭ имеет потенциал для решения научных задач в экономике. Ядро платформы позволит анализировать сложные экономические системы, моделировать финансовые и отраслевые рынки, включая электроэнергетику, а также разрабатывать сценарии пространственного развития экономики с учётом транспортной инфраструктуры и освоения природных ресурсов.



Рисунок 1 – Концептуальная схема ОПАОМПЭ

Источник: подготовлена автором на основе [Бобылев, 2024].

АОМММ при наличии развитой инфраструктуры ОПАОМПЭ потенциально сможет значительно расширить свои возможности развития, поскольку большое сообщество исследователей, получив доступ к данной системе, сможет вносить вклад в развитие этой области. Отметим следующие перспективы развития АОМММ:

- Увеличение количества отраслей до более чем 30;
- Увеличение количества регионов – в переделе до количества 89 регионов России;
- Включение учёта мобильности – поведения по перемещению производительных сил;
- Увеличение числа агентов, ограниченное только производительностью вычислительных мощностей;
- Более детальный анализ пространства:
- ✓ Учет существующей транспортной инфраструктуры: железных и автомобильных дорог, а также маршрутов, соответствующих этой сети;
- ✓ Включение пространственной структуры, соответствующей расположению предприятий, которые уже функционируют в данном регионе.
- Совершенствование отдельных блоков АОМММ:
- ✓ Более детальный учет рынка труда;
- ✓ Фокус на инновационных аспектах, таких как деятельность технологических компаний;
- ✓ Уточнение структуры агентов финансового блока: включение страховых и финансовых компаний, фондового рынка и других элементов.

Все эти шаги открывают новые возможности для развития АОМММ и пространственных моделей экономики России в целом.

Выводы и рекомендации. ОПАОМПЭ направлена на преодоление ключевых проблем АОМММ, таких как низкая скорость разработки недостаточная связь с реальными процессами. Открытая архитектура платформы позволит привлекать независимые исследовательские группы для создания пространственной АО модели экономики России, что повысит её детализацию и практическую применимость. Предложено определение ОПАОМПЭ как инструментально-инфраструктурной цифровой платформы с открытым программным обеспечением для разработки АО моделей.

Разработана концептуальная схема ОПАОМПЭ, учитывающая взаимодействие ядра платформы с внешней средой, информационной инфраструктурой и пользователями. В основе ядра платформы может использоваться АОМММ, разработанная в ИЭОПП СО РАН. Концепция имеет потенциал для практической реализации. Определены ключевые группы пользователей: органы власти, научное сообщество и индустрия.

ОПАОМПЭ открывает новые горизонты для ускорения научных исследований, повышения качества экономического образования и поддержки решений в социальной и экономической сферах на региональном и федеральном уровнях, а также созданию многорегиональных пространственных моделей экономики России.

ЛИТЕРАТУРА

Бабкин А.В., Куратова А. (2018) Классификация и характеристика цифровых платформ в экономике. Вектор экономики, 12.

Бобылев Г.В. Открытая платформа агент-ориентированного моделирования пространственной экономики: концептуальные основы и практическое применение. – DOI:

10.18721/JE.17610 // *π-Economy*. – 2024. – Т. 17, № 6. – С. 165–180. ВАКк1. – URL: Электронный ресурс (pdf) (Дата обращения: 09.01.2025).

Гелисханов И.З., Юдина Т.Н., Бабкин А.В. (2018) Цифровые платформы в экономике: сущность, модели, тенденции развития. Научно-технические ведомости СПбГПУ. Экономические науки, 11 (6), 22–36. DOI: <https://doi.org/10.18721/JE.11602>

Городецкий В.И., Скобелев П.О. (2017) Многоагентные технологии для промышленных применений: Реальность и перспектива. Труды СПИИРАН, 6, 11–45. DOI: <https://doi.org/10.15622/sp.55.1>

Макаров В.Л., Бахтизин А.Р., Сушко Е.Д. (2016) Агент-ориентированные модели как инструмент апробации управленческих решений. Управленческое консультирование, 12, 16–25.

Макаров В.Л., Бахтизин А.Р., Эпштейн Дж.М. (2022) Агент-ориентированное моделирование для сложного мира. Часть 1. Экономика и математические методы, 58 (1), 5–26. DOI: <https://doi.org/10.31857/S042473880018970-6>

Осипов Ю.М., Юдина Т.Н., Гелисханов И.З. (2018) Цифровая платформа как институт эпохи технологического прорыва. Экономические стратегии, 5 (155), 22–29.

Суслов В.И. Новикова, Т.С., Цыплаков А.А. (2023) Моделирование поведения экономических агентов на базе моделей «Затраты–Выпуск». В книге: Модели и методы прогнозирования: Азиатская Россия в экономике страны (под ред. А.О. Баранова, В.И. Суслова), гл. 4.7, Новосибирск: Изд-во ИЭОПП СО РАН, 232–244.

Суслов В.И., Костин В.С., Иванов Е.Ю., Ибрагимов Н.М., Новикова Т.С., Цыплаков А.А. (2020) Проблемы создания мультиагентной системы поддержки принятия решений на субфедеральном уровне. Мир экономики и управления, 20 (3), 5–26. DOI: <https://doi.org/10.25205/2542-0429-2020-20-3-5-26>

Цыплаков А.А. Агентное моделирование многоотраслевой пространственной экономики / Институт экономики и организации промышленного производства Сибирского отделения Российской академии наук. – Новосибирск: Изд-во ИЭОПП СО РАН, 2025. – 488 с. – URL: Электронный ресурс (pdf) (Дата обращения: 08.09.2025). – ISBN 978-5-89665-397-4 ; DOI: 10.36264/978-5-89665-397-4-2025-030

Цыплаков А.А., Мельникова Л.В. (2021) Инвестиции в основной капитал и макроэкономическое агент-ориентированное моделирование. Мир экономики и управления, 21 (1), 5–28. DOI: <https://doi.org/10.25205/2542-0429-2021-21-1-5-28>

Hedges M. (2023) What is a software platform? [online] Available at: <https://citizenside.com/technology/what-is-a-software-platform/> [Accessed 5.04.2024]

Nasir A., Bozanta A. (2014) Usage of Agent-Based Modeling and Simulation in Marketing, Journal of Advanced Management Science, 2 (3), 240–245. DOI: <https://doi.org/10.12720/joams.2.3.240-245>

Tian G., Qiao Z. (2014) Modeling urban expansion policy scenarios using an agent-based approach for Guangzhou metropolitan region of China. Ecology and Society, 19 (3), art. no. 52. . DOI: <http://dx.doi.org/10.5751/ES-06909-190352>

Tiwana A., Konsynski B., Bush A. (2010) Research Commentary–Platform Evolution: Co-evolution of Platform Architecture, Governance, and Environmental Dynamics. Information Systems Research, 21 (4), 675–687. DOI: <https://doi.org/10.1287/isre.1100.0323>

Tsyplakov A.A., Melnikova L.V., Ibragimov N.I. (2021) Agent-Based Modeling of Spatial Economic Systems: a Review. Journal of Siberian Federal University. Humanities & Social Sciences, 14 (12), 1910–1919. DOI: <https://doi.org/10.17516/1997-1370-0869>