

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ  
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ  
УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ  
«СИБИРСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ  
ГЕОСИСТЕМ И ТЕХНОЛОГИЙ»  
(СГУГиТ)

XII Международные научный конгресс и выставка

## ИНТЕРЭКСПО ГЕО-СИБИРЬ-2016

Международная научная конференция

**ЭКОНОМИЧЕСКОЕ РАЗВИТИЕ СИБИРИ И ДАЛЬНЕГО  
ВОСТОКА. ЭКОНОМИКА ПРИРОДОПОЛЬЗОВАНИЯ,  
ЗЕМЛЕУСТРОЙСТВО, ЛЕСОУСТРОЙСТВО,  
УПРАВЛЕНИЕ НЕДВИЖИМОСТЬЮ**

Т. 1

Сборник материалов

Новосибирск  
СГУГиТ  
2016

## **ОБЕСПЕЧЕНИЕ РОССИЙСКОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ ВЫСОКОТЕХНОЛОГИЧНОЙ СЫРЬЕВОЙ ПРОДУКЦИЕЙ НА ОСНОВЕ ГИГАНТСКИХ МЕСТОРОЖДЕНИЙ АРКТИКИ – ТОМТОРСКОГО НИОБИЙ-РЕДКОЗЕМЕЛЬНОГО И ПОПИГАЙСКОГО СВЕРХТВЕРДОГО АБРАЗИВНОГО МАТЕРИАЛА**

### ***Валерий Анатольевич Крюков***

Институт экономики и организации промышленного производства СО РАН, 630090, Россия, г. Новосибирск, пр. Академика Лаврентьева, 17, член-корреспондент РАН, зам. директора, тел. (383)330-09-62, e-mail: valkryukov@mail.ru

### ***Александр Васильевич Толстов***

Институт геологии и минералогии им. В.С. Соболева СО РАН, 630090, Россия, г. Новосибирск, пр. Академика Коптюга, 3, доктор геолого-минералогических наук, зам. директора, тел. (383)330-30-08, e-mail: tols61@mail.ru

### ***Валентин Петрович Афанасьев***

Институт геологии и минералогии им. В.С. Соболева СО РАН, 630090, Россия, г. Новосибирск, пр. Академика Коптюга, 3, доктор геолого-минералогических наук, главный научный сотрудник, тел. (383)330-80-68, e-mail: avp-diamond@mail.ru

### ***Николай Юрьевич Самсонов***

Институт экономики и организации промышленного производства СО РАН, 630090, Россия, г. Новосибирск, пр. Академика Лаврентьева, 17, кандидат экономических наук, старший научный сотрудник, тел. 8-913-892-29-88, e-mail: samsonov@ngs.ru

### ***Яков Валерьевич Крюков***

Институт экономики и организации промышленного производства СО РАН, 630090, Россия, г. Новосибирск, пр. Академика Лаврентьева, 17, кандидат экономических наук, старший научный сотрудник, тел. (383)330-09-62, e-mail: zif\_78@mail.ru

Представлены основные условия, механизмы и результаты формирования мега-проекта изучения и подготовки к освоению гигантских месторождений Арктики Томторского ниобий-редкоземельного и Попигайского сверхтвердого абразивного материала.

**Ключевые слова:** Томтор, Попигай, ниобий, редкоземельные металлы, сверхтвердое абразивное сырье, импактные алмазы, Арктика, высокотехнологичная экономика.

## **ENSURING THE RUSSIAN HIGH-TECH INDUSTRY RESOURCES BY PRODUCTS BASED ON GIANT FIELDS OF THE ARCTIC – TOMTOR NIOBIUM-RARE-EARTH AND ULTRA-HARD ABRASIVE POPIGAI MATERIAL**

### ***Valeriy A. Kryukov***

Institute for Economics and Industrial Engineering, Siberian Branch of RAS, 630090, Russia, Novosibirsk, 17 Akademik Lavrentiev Prospect, Deputy Director, Corresponding Member of the RAS, D. Sc. (Economics), tel. (383)330-09-62, e-mail: valkryukov@mail.ru

***Alexander V. Tolstov***

VS Sobolev Institute of Geology and Mineralogy, Siberian Division of the RAS, 630090, Russia, Novosibirsk, 3, Akademik Koptyuga Prospect, Deputy Director, D. Sc. (Geology&Mineralogy), tel. (383) 330-30-08, e-mail: tols61@mail.ru

***Valentin P. Afanasiev***

VS Sobolev Institute of Geology and Mineralogy, Siberian Division of the RAS, 630090, Russia, Novosibirsk, 3, Akademik Koptyuga Prospect, Chief Researcher, D. Sc. (Geology&Mineralogy), tel. (383)330-80-68, e-mail: avp-diamond@mail.ru

***Nikolay Yu. Samsonov***

Institute for Economics and Industrial Engineering, Siberian Branch of RAS, 630090, Russia, Novosibirsk, 17 Akademik Lavrentiev Prospect, Ph. D. (Economics), Senior Researcher, tel. (913)892-29-88, e-mail: samsonov@ngs.ru

***Yakov V. Kryukov***

Institute for Economics and Industrial Engineering, Siberian Branch of RAS, 630090, Russia, Novosibirsk, 17 Akademik Lavrentiev Prospect, PhD (Economics), Senior Researcher, tel. (383)330-09-62, e-mail: zif\_78@mail.ru

Paper presents the basic conditions and mechanisms of formation of a mega-project study and preparation for the development of giant fields in the Arctic Tomtor niobium-rare earth and Popigai ultra-hard abrasive material.

**Key words:** Tomtor, Popigai, niobium, rare earth, ultra-hard abrasive material, impact diamonds, Arctic, high-tech economy.

Уникальные месторождения Арктики – Томторское редких земель и Попигайское высокоабразивного алмаз-лонсдейлитового сырья являются практически неисчерпаемыми источниками высоколиквидных видов минерального сырья для развития высокотехнологичной российской промышленности. Объекты находятся в единой промышленно-экономической зоне перспективного развития (северо-восток Красноярского края и северо-запад Якутии, расстояние между месторождениями около 150 км). Их промышленное освоение требует опережающего научно-методического сопровождения в области комплексных геологических, технологических и экономических исследований.

**Томторское ниобий-редкоземельное месторождение** позволит обеспечить Россию полным ассортиментом редкоземельной продукции и гарантирует реализацию стратегических интересов российской промышленности в ее инновационном развитии. Уникальные параметры томторской руды и оптимальная схема ее переработки позволяет переводить в товарную продукцию более 75% объема руды и получать продукцию первого передела (карбонаты РЗЭ), второго – индивидуальные оксиды и высокочистую продукцию – РЗМ (включая тяжелые, наиболее дорогостоящие лантаноиды) и их соединения. Разница между степенями передела колоссальна и значительно повышает добавочную стоимость и их экономическую эффективность. Рейтинг стоимости среди РЗМ на мировом рынке удерживают **скандий, европий, тербий, диспрозий, празео-**

**дим и неодим.** Уникальные природные концентрации руды позволяют из 1 тонны руды получить 0,5 кг скандия, 0,8 кг европия, 0,2 кг тербия, 1,5 кг диспрозия, 6 кг празеодима и более 20 кг неодима. Это наиболее дефицитные, дорогостоящие и высоколиквидные металлы на мировом рынке РЗМ.

Для полного обеспечения отечественной промышленности РЗМ потребуется добыча 10-50 тыс. тонн руды в год (а при необходимости экспортных поставок — вплоть до 100 тыс. тонн). Удаленность месторождения и полное отсутствие инфраструктуры, а также задаваемые по потребностям экономики объемы добычи уникальной по содержанию TR томторской руды дают основания для создания компактного горного предприятия с транспортировкой сырья в перспективные центры ее переработки (Железногорский ГХК – по р. Енисей, Приаргунский ГХК – по р. Лена).

Включение Томторского месторождения в поставки редкоземельной продукции на российский и внешний рынки позволит:

1) обеспечить на десятки и сотни лет в любом количестве отечественных высокотехнологичных предприятий стратегическим сырьем – ниобием, скандием и редкоземельными металлами, включая дефицитные и дорогостоящие тяжелые РЗЭ (Nd, Eu, Dy и др.), независимо от импорта и волатильности мировой конъюнктуры;

2) создать непрерывной технологической цепочки полного цикла: «добыча Nb–TR руд – переработка – выпуск концентратов – разделение РЗМ – получение чистых металлов и продукции, содержащей TR», опираясь только на отечественную сырьевую базу;

3) интегрировать Россию в мировой рынок РЗМ с конкурентоспособной РЗМ-продукцией любой степени переработки с учетом сбалансированного регулирования добычи, переработки и поставок редких элементов на экспорт для сохранения рынков и наилучших ценовых условий.

**Попигайское месторождение сверхтвердого алмаз-лонсдейлитового сырья)** — единственное в мире месторождение импактных алмазов расположено на севере на границе Красноярского края и Якутии.

Единственное в мире месторождение импактных алмазов – Попигайский метеоритный кратер (астроблема) расположен на севере на границе Красноярского края и Якутии. Сформировался 35,7 млн лет назад в результате удара об землю гигантского космического тела. Мгновенный переход кристаллического графита путем деформации решетки в алмаз-лонсдейлитовый композит обусловил агрегатное строение этого образования с размером зерен агрегата в десятки – первые сотни нанометров, т.е. импактные алмазы представляют собой наноразмерный композит алмазной и лонсдейлитовой фаз.

Попигайский кратер изучался на протяжении 15 лет – с момента открытия его метеоритной природы В.Л. Масайтисом в 1971 году по 1985 год, когда работы по изучению кратера и его алмазов были неожиданно прекращены, материалы изучения сданы в фонды с грифом «секретно». На первом этапе исследований было разведано месторождение Скальное – малый фрагмент Попигай-

ского кратера, все запасы импактных алмазов по этому месторождению, защищенные в ГКЗ, оценены в 140 млрд каратов при высочайших содержаниях импактных алмазов в руде (в среднем 23,23 карат на тонну, хотя встречаются участки с ураганными содержаниями до 100 карат на тонну).

Благодаря агрегатности и высокой дефектности в форме межзерновых границ импактные алмазы обладают абразивной способностью в 1,8 – 2,4 раза превосходящую абразивную способность обычных алмазов. Данная особенность определяет основное направление использования импактных алмазов как уникального высокотехнологичного абразивного материала для применения в самых разных отраслях промышленности.

Основные направления использования импактных алмазов определяются исходя из возможностей замещения ими природных технических и синтетических алмазов в тех же технологиях, учитывая технологическое преимущество импактных алмазов как абразивного материала. Два основных пути использования импактных алмазов:

1) в форме абразивных порошков разной размерности для разного применения; это наиболее емкий сегмент применения импактных алмазов, требующий, однако, невысокой, конкурентоспособной цены при больших объемах добычи;

2) в форме разнообразного инструмента для металлообработки, бурения, шлифовки и т.д.; высокая добавленная стоимость в данном случае компенсирует даже относительно высокую цену сырья при меньших объемах добычи.

Технология изготовления порошков разной размерности из импактных алмазов отработана, проведены очень успешные технологические испытания. Получены и испытаны первые образцы инструмента для металлообработки в форме спеков, выполненных при высоком давлении и температуре из порошка импактного алмаза на кремниевой связке; испытания показали преимущество данных спеков перед аналогичными изделиями из природных технических и синтетических алмазов (Институт сверхтвердых материалов НАН Украины, Киев — Институт геологии и минералогии СО РАН, Новосибирск). Разнообразие инструмента на основе алмазов и огромный рынок делают применение импактных алмазов в этом направлении весьма перспективным.

Выполненные укрупненные технико-экономические расчеты показали, что проект освоения месторождения Скальное при вариантах промышленной разработки (50 лет эксплуатации при мощности фабрики в 4,8 млн тонн руды в год и выпуске около 100 млн карат) и опытно-промышленной разработки (10 лет эксплуатации; 0,49 млн тонн и 10 млн карат алмазов в год) формирует существенный положительный чистый приведенный доход, а внутренняя норма доходности выше величины, требуемой инвестором нормы возврата капитальных вложений, при цене за карат импактных алмазов в 8-8,5 долларов. Проект показывает высокую устойчивость к капитальным затратам, но чувствителен к снижению стоимости карат алмаза, средним содержаниям в руде и к себестоимости производства.

В произошедших в последние полгода курсовых валютных изменениях освоение Попигайского месторождения может сохранять рентабельность и даже увеличить ее **и при более низких (ниже 8 долл. за карат) диапазонах долларовых цен на импактные алмазы**. Кроме того, возможно достичь снижения цены за счет внедрения эффективной технологии переработки руды, позволяющей обеспечивать более низкую себестоимость обогащения, а также при запуске новых производств и реализации технологичной и высокотехнологичной продукции, изготовленной из импактных алмазов.

Потребность российской промышленности в импактных алмазах не будет решающей, но те области промышленного производства, в которых требуется именно алмазное сырье с повышенной эффективностью, может обеспечиваться в значительной степени. В этом смысле рост внутреннего потребления импактного алмазного сырья стимулируется реализацией государственной промышленной и инновационной политики.

© В. А. Крюков, А. В. Толстов, В. П. Афанасьев,  
Н. Ю. Самсонов, Я. В. Крюков, 2016