

ПОПИГАЙСКОЕ МЕСТОРОЖДЕНИЕ АЛМАЗ-ЛОНСДЕЙЛИТОВОГО СВЕРХАБРАЗИВНОГО МАТЕРИАЛА — АРКТИЧЕСКИЙ ПРОЕКТ С ВЫСОКИМ ИННОВАЦИОННЫМ ПОТЕНЦИАЛОМ

Н. Ю. Самсонов, Я. В. Крюков

ФГБУН Институт экономики и организации промышленного производства Сибирского отделения РАН
(Новосибирск, Российская Федерация)

Статья поступила в редакцию 10 октября 2017 г.

Рассматриваются перспективы и подходы к встраиванию нового вида сырья – сверхабразивного алмаз-лонсдейлитового сырья Попигайского метеоритного кратера на северо-востоке Красноярского края и северо-западе Республики Саха (Якутия) – в наукоемкую экономику и современные технологические цепочки в контексте развития отечественных критических технологий, импортозамещения и расширения экспортного потенциала. Показано, что новое сырье по эффективности в соответствующих сферах превосходит существующие виды природного и синтетического технического алмазного сырья. Однако новое сырье не представлено на рынке, и требуется дополнительное изучение его свойств. Механизмом встраивания нового сырья в рыночную среду могло бы стать формирование межрегиональных технологических цепочек «север-юг» с конечным результатом в виде производства алмазных порошков и высокоэффективного алмазного инструмента.

Ключевые слова: Арктика, экономическое развитие, инновации, новые виды абразивного сырья, технологическая эффективность, региональное взаимодействие.

Введение

В экономической и политической повестке дня активно обсуждается тема укрепления позиций России в Арктике. Подчеркивается роль арктических и субарктических территорий в формировании стратегической ресурсной базы страны и ее освоения (в том числе для поддержки инновационного и научно-технологического развития экономики), а в политическом плане — необходимость закрепления за Россией геополитического паритета в арктическом регионе. При этом акцент делается на том, что гарантом национальной безопасности России в Арктике может стать только интенсивное социально-экономическое развитие макрорегиона на основе локализации и связанности якорных проектов и опорных зон.

Также растет актуальность воссоздания частично утраченных в последние десятилетия цепочек межрегиональных технологических связей уровня

«север-юг». Этим определяется растущая значимость реализации в Арктике проектов, сочетающих не только собственно традиционный сырьевой аспект, но и высокий инновационный потенциал получаемого после переработки добываемого сырья. Такое сочетание позволит не только придать импульс социально-экономическому развитию арктических территорий, но и вовлечь в цепочку межрегиональных связей другие регионы Сибири, что создаст дополнительные рыночные преимущества и возможности для формирования растущего спроса на продукцию высоких технологических переделов, производимую с использованием добываемого сырья.

Для российской экономики это означает стимулирование развития критических технологий, реализацию политики импортозамещения в высокотехнологичных сегментах и создание сильных конкурентных преимуществ, связанных с резким увеличением производительности в стратегически важных



Рис. 1. Место расположения Полигайского метеоритного кратера

промышленных сферах: нефтегазодобыче и горной добыче, металлообработке и материалобработке, оптико-механической промышленности, строительстве и других направлениях. Производство высокотехнологичной продукции позволяет создать дополнительный экспортный потенциал как наукоемкого сектора российской экономики, так и нового сырьевого материала, который может быть интегрирован в зарубежные технологические цепочки.

Важно отметить, что перспективы сверхабразивного сырья в наукоемких секторах экономики связаны с целями государственной программы Российской Федерации «Развитие промышленности и повышение ее конкурентоспособности до 2025 года» в части подпрограмм 5, 8, 7 и 14 (соответственно «Ускоренное развитие оборонно-промышленного комплекса», «Тяжелое машиностроение» (нефтебуровое оборудование), «Станкоинструментальная промышленность» и «Конструкционные и функциональные композиционные материалы нового поколения»). Кроме того, в 2017 г. была утверждена государственная программа «Социально-экономическое развитие Арктической зоны Российской Федерации», одним из ожидаемых результатов реализации которой является организация производства конкурентоспособной высокотехнологичной продукции для нужд геологоразведки, добычи и переработки минерального сырья. Это придает

дополнительную актуальность и важность проектам развития новых видов сверхабразивного сырья.

Арктическое месторождение природного абразивного материала

Полигайский метеоритный кратер (астроблема) расположен в северо-восточной части Красноярского края в пределах Таймырского Долгано-Ненецкого района (рис. 1), при этом на него приходится основная площадь объекта. Район полностью относится к территории Арктической зоны Российской Федерации (АЗРФ), он экономически не освоен [1].

В 1971 г. была доказана метеоритная природа Полигайской структуры, и в том же году в породах структуры (метеоритного кратера) был обнаружен необычный минерал, состоящий из углерода. Рентгеновские исследования показали, что по структурным особенностям он близок к алмазу, хотя имеет более сложный состав и поликристаллическое строение, поэтому с самого начала он был назван алмазом импактного (ударного) генезиса. Были установлены высокие содержания минерала (с названием «алмаз») в породах астроблемы. С учетом ее размеров (около 100 км в диаметре) предполагалось наличие неисчерпаемых запасов импактных алмазов. Это обусловило масштабные и совершенно засекреченные работы по изучению астроблемы и ее алмазов.

Таблица 1. Ключевые особенности Попигайского проекта

Характеристика	Описание
1. Вклад в экономическое развитие АЗРФ	Совместно с разработкой Томторского ниобий-редкоземельного месторождения формирует новый арктический горно-добычный кластер
2. Технологическая и инновационная составляющая	Технологическое перевооружение предприятий российского машиностроения и процессов воспроизводства, совершенствования применяемых технологий в обрабатывающем комплексе
3. Рыночный потенциал абразивной алмаз-лонсдейлитовой продукции	Замещение алмаз-лонсдейлитовым сырьем на мировом рынке синтетических алмазов составит до 1,5% (до 135—150 млн карат в год)
4. Рыночный потенциал инструментальной продукции нового типа	Замещение зарубежной инструментальной продукции на внутреннем рынке — до 600 млн долл. в год, или около 3% объема российского потребления. Экспорт инструментов нового типа оценивается в 300—500 млн долл. в год
5. Потенциал встраивания в технологические цепочки и цепочки межрегионального взаимодействия	Экономический и технологический эффект достигается только при встраивании конечной продукции в межрегиональные технологические цепочки полного цикла «север-юг»

Особенности Попигайского проекта приведены в табл. 1.

Первые исследования показали, что это сырье не соответствует обычным алмазам, связанным с кимберлитовым типом месторождений, и интересно только с точки зрения выдающихся абразивных свойств. Поэтому при всех испытаниях импактные алмазы исследовались только как абразивный материал. Запасы по нескольким объектам поставлены на баланс по категории «алмазы», а дальнейшие исследования оказались закрыты.

Интерес к объекту возобновился в 2011 г. (доктор геолого-минералогических наук В. П. Афанасьев), когда в Новосибирске в Институте геологии и минералогии Сибирского отделения РАН были исследованы остатки импактных алмазов, полученных в 1980-х годах. Технологические испытания алмазов подтвердили их выдающиеся технологические свойства как абразивного материала, перспективного для металлообработки, создания бурового инструмента и многих других отраслей, где традиционно используются синтетические алмазы. При этом было показано, что фактически импактные алмазы не имеют ничего общего с обычными алмазами, добываемыми из кимберлитов и россыпей:

- они отличаются по генезису;
- они отличаются по структуре (представляют собой наноразмерный агрегат кубической и лонсдейлитовой фаз, образующих поликристаллы с размером кристаллитов в первые десятки — сотни нанометров);
- они обладают уникальной абразивной способностью, что выдвигает алмаз-лонсдейлитовый композит в разряд исключительного по свойствам абразивного материала;

- они извлекаются из переплавленных пород после дробления, поэтому представляют собой мелкий порошок; при этом нет никаких ограничений на сохранность поликристаллов;
- их применение возможно исключительно в технических целях в качестве абразивного компонента при производстве инструментальной продукции и высокоабразивных материалов.

Природный объект является практически неисчерпаемым источником сверхтвердого абразивного материала (импактных алмазов, алмаз-лонсдейлитового абразивного сырья) для развития высокотехнологичной российской промышленности. Продукт конечного передела представляет собой новый, ранее неизвестный вид технического алмазного сырья природного происхождения — сырье уникально по характеристикам и больше нигде в мире не встречается.

Таким образом, алмаз-лонсдейлитовое сверхабразивное сырье — классический пример основанного на сырьевой базе Арктики инновационного адаптивного продукта, который может быть интегрирован в производственные межрегиональные процессы выпуска современных алмазных инструментов и изделий. Сырье может использоваться в новых материалах и изделиях с высокими эксплуатационными свойствами, в том числе и в наукоемких отраслях экономики.

Важность проекта для экономики страны и развития АЗРФ состоит в том, что его реализация позволит:

- снизить критическую зависимость от поставок зарубежного алмазно-технического синтетического сырья;
- сформировать российский сегмент производства технологичной абразивной и режущей продукции



Рис. 2. Частицы импактных алмазов (размер 100–200 мкм)

с использованием высокоэффективного алмазного абразивного сырья;

- вовлечь в оборот потенциал отечественной минерально-сырьевой базы технического алмазного сырья [4].

Форма и характер импактных алмазов исключают их использование в качестве ювелирного сырья (рис. 2 и 3).

Повышение интереса к техническому алмазному сырью — мировая тенденция

Основным продуктом на рынке, конкурирующим по физико-механическим свойствам, сферам потенциального применения (замещения) и ценам с новым сверхабразивным сырьем, является техническое алмазное сырье. Оно представлено на рынке двумя видами — природными техническими и синтетическими алмазами. Поставщиком первых являются компания «АЛРОСА» и ее предприятие «Коммерал». Главным поставщиком вторых является Китай, который благодаря низкой стоимости искусственных алмазов (по сути демпинговым ценам) монополизировал мировой рынок синтетических алмазов.

Современная технологичная и высокотехнологичная экономика предъявляет повышенный спрос на новые материалы и изделия. В государствах с высокими темпами промышленного и экономического роста — странах Европы, США, Израиле, Китае, Южной Корее, Сингапуре, Тайвани, Малайзии, Канаде, Австралии, ЮАР, Японии и т. д. — благодаря сверхтвердым материалам и инструментам на их основе выполняются высокопроизводительные операции в самых различных сферах промышленности. Необходимость поддержания темпов роста и развития научно-технологической базы создает стимулы для поиска технологий и способов создания еще более эффективных инновационных материалов.

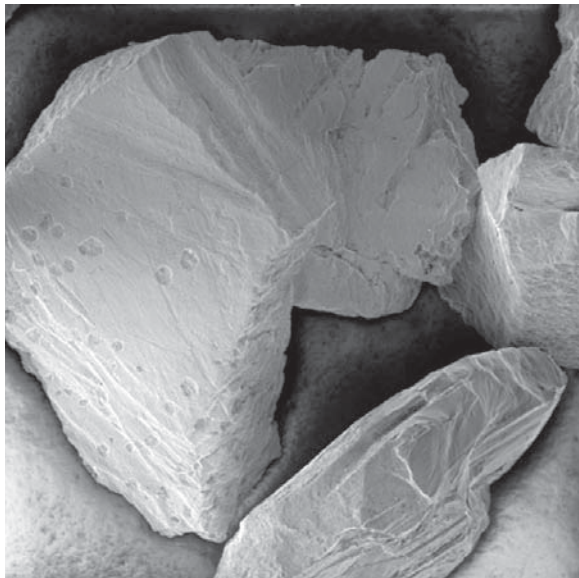


Рис. 3. Крупный импактный алмаз (размер около 1 см)

В частности, до недавнего времени не уделялось должного внимания природному алмазному сырью, поскольку этот материал был слишком дорог. Но теперь в Европе и Японии ведутся разработки алмазных чипов, которые совершат революцию как минимум в полупроводниковой промышленности. Кроме того, производители искусственных алмазов предполагают, что покорение ювелирного рынка им необходимо и для того, чтобы обеспечить инвестиции в исследования в области технологического применения алмазов. Именно этот рыночный сегмент сейчас более прибылен, и поле для деятельности на нем значительно шире.

Это следует и из особенностей рассматриваемого примера. К конкурентным преимуществам алмаз-лонсдейлитового сырья в сравнении с обычным техническим алмазным сырьем (природным

Таблица 2. Результаты испытаний абразивной способности алмазных микропорошков, полученных из импактного и синтетического сырья

Микропорошки импактного алмаза		Микропорошки синтетического алмаза	
Зернистость микропорошка, мкм	Абразивная способность, отн. ед.	Зернистость микропорошка, мкм	Абразивная способность, отн. ед.
+60	5,05	+60	3,67
60/28	6,53	60/28	3,69
40/20	5,89	40/20	3,54
28/14	5,70	28/14	3,33
14/7	4,85	14/7	2,91
10/5	3,80	10/5	2,16
7/3	2,98	7/3	1,71
5/2	2,20	5/2	1,21

Источник: научно-исследовательская работа «Инструментальное исследование свойств импактных алмазов Попигайской астроблемы для целей их технического применения» (заказчик ПАО «АЛРОСА», период выполнения — 2013—2015 гг.).

и синтетическим), а также с другими сверхтвердыми материалами (кубическим нитридом бора, карбидом кремния и др.) относится высочайшая абразивная способность (сочетание твердости, прочности, формы режущей грани и пр.). Импактные алмазы обладают доказанной абразивной способностью, превосходящей в 1,8—2,4 раза абразивную способность синтетических и природных алмазов, что делает их исключительным по свойствам абразивным материалом (табл. 2).

Перспективы замещения

Наравне с технологической эффективностью достаточно актуальными представляются вопросы приоритетного замещения на российском рынке зарубежной алмазной продукции (синтетических алмазов) алмаз-лонсдейлитовым абразивным сырьем.

Темпы роста промышленного производства в развитых и развивающихся странах выше темпов роста рынка синтетического алмазного сырья, что приводит к нарастанию дефицита этого сырья технического назначения в мире и вызывает необходимость увеличения объемов производства синтетических алмазов. В такой ситуации стоит задуматься о перспективах российской алмазодобывающей отрасли — перед компанией «АЛРОСА» стоят задачи поиска и разработки новых месторождений. Между тем за последнее десятилетие как в России, так и в мире открыты только единичные крупные кимберлитовые трубки, поэтому главные игроки на рынке алмазного сырья в перспективе могут оказаться перед дефицитом минерально-сырьевой базы, изменением условий и способов обработки месторождений,

что естественным образом приведет к уменьшению объемов сырья, поставляемого на рынок.

Китай производит 13—15 млрд карат синтетического алмазного порошка ежегодно, причем 80% используется там для внутренних нужд. При этом Китай поставляет в Россию ровно столько синтетических алмазов для промышленности, сколько потенциально и может добываться на Попигайском месторождении (порядка 150 млн карат в год). В России и странах ближнего зарубежья также действуют предприятия по выпуску синтетических алмазов (ФГБНУ ТИСНУМ, ООО «Инреал» и др.), прежде всего в научно-исследовательских целях. Но о массовом производстве, способном конкурировать с китайской продукцией на отечественном и тем более на внешнем рынках, говорить не приходится. Более сотни российских предприятий выпускают определенный набор алмазного инструмента, промышленно-технологичных изделий (например, алмазные буровые коронки) и широкий спектр алмазных порошков с использованием природных технических и синтетических алмазов [3].

В этих условиях крайне важной представляется выработка нового направления диверсификации портфеля активов алмазодобывающей отрасли России при растущей конкуренции со стороны синтетических алмазов и ожидаемого в долгосрочной перспективе истощения запасов природных алмазов.

В Китае, по всей видимости, уже имеется переизбыток «синтетики» (его можно оценить примерно в 3 млрд карат в год). При этом значительная часть вынужденно «освободившихся» станков в Китае для выращивания мелких технических

синтетических алмазов может быть перепрофилирована на производство крупных синтетических алмазов ювелирных параметров и качества, что способно негативно повлиять на мировой рынок ювелирных алмазов, в который органично интегрирована и российская алмазодобывающая отрасль.

На производство технических синтетических алмазов останется необходимое и достаточное количество станков, чтобы повысить цену на продукт, вывести производство на рентабельный уровень, в результате сохранив монопольное положение Китая. И в этом видится основная угроза рынку природных алмазов: массовое производство высококачественной синтетики с относительно низкой стоимостью нарушит равновесие рынка природных алмазов, в первую очередь в ювелирном секторе.

С учетом социальной и все еще системообразующей роли алмазодобывающей промышленности для экономики Якутии задача поиска направлений диверсификации портфеля активов за счет активизации работ на участках, содержащих алмаз-лонсдейлитовое сырье, приобретает особое значение.

Благодаря низкой цене китайские алмазные порошки используются в основном в технологичных отраслях. Продолжительное время, в течение которого сохраняется низкая цена на синтетические алмазы (она составляет от 0,2 до 1 долл. за карат, т. е. фактически не окупает затраты на их производство), свидетельствует, что готовится очередной маневр, после которого будут ограничены продажи первичных синтетических алмазов для технических нужд, а изделия из них станут продаваться по высокой цене.

Так уже произошло с рынком редкоземельных металлов, на котором Китай также является монополистом. Ограничение ввоза первичных синтетических алмазов нанесет ущерб российской инструментальной промышленности, поскольку собственных мощностей по производству синтетических алмазов у нас практически нет. К такой ситуации необходимо быть готовым. Реальный путь преодоления этих трудностей — в подготовке и эксплуатации Попигайского месторождения алмаз-лонсдейлитового сырья, а значит, и в изучении потенциальных сфер его реального применения.

Основные направления использования алмаз-лонсдейлитового сырья определяются исходя из возможностей замещения ими природных технических и синтетических алмазов в тех же технологиях, учитывая их технологическое преимущество как нового инновационного эффективного абразивного материала. Необходимо также отметить, что синтезирование искусственных аналогов импактных алмазов, обладающих схожим набором физико-химических свойств, невозможно.

С другой стороны, мелкогабаритные китайские синтетические алмазы обладают неоспоримым ценовым преимуществом. В связи с этим на мировом рынке технического алмазного сырья востребован новый сегмент для более дорогого, но

значительно более эффективного алмаз-лонсдейлитового сырья — так, чтобы создавался положительный гандикап по соотношению эффективности и стоимости.

Для этого необходимо выстраивание технологических цепочек, налаживание межрегионального взаимодействия между арктическими регионами и регионами юга Сибири, нацеленное на реализацию технологического и экономического потенциала нового вида сырья в контексте понимания его стратегической роли для российской обрабатывающей промышленности. Результатом такого взаимодействия должен стать цикл производства инструмента и оборудования, экономическая и технологическая выгода от применения которого нивелировала бы ценовое преимущество синтетического китайского алмазно-технического сырья.

Сферы потребления и технологическая эффективность

Наиболее перспективная и емкая по объему потребления сфера применения сверхабразивного алмаз-лонсдейлитового сырья связана с производством мелкодисперсных алмазных абразивных порошков с повышенными характеристиками шлифовальных и полирующих эффектов, заполняемостью и износостойкостью. В конечном счете это выражается в более длительном сроке эксплуатации алмазного инструмента по сравнению с инструментом на основе природных кимберлитовых или искусственных алмазов.

Испытания показали, что новый вид технического алмазного сырья может эффективно работать в буровом инструменте, обеспечивая высокие технологические показатели, нередко превышающие параметры изделий из кимберлитовых и синтетических алмазов.

Из алмазных порошков могут выпускаться прототипы алмазного инструмента или компоненты для них, а также высокоэффективный абразивный инструмент — шлифовальные круги, спики, напильники, буровые коронки, долота, режущие круги, алмазные пасты, порошки разных фракций и т. д. Потенциальными потребителями алмаз-лонсдейлитового сырья являются:

- предприятия по производству широкой номенклатуры абразивных инструментов, изделий и материалов (алмазные порошки, пасты, ткани и пр.);
- предприятия по производству режущего инструмента, сменных режущих пластин, покрытий инструмента, сменных головок, а также специального инструмента, связанного с изготовлением уникальных деталей и изделий в машиностроении;
- предприятия по выпуску бурового оборудования и специальной оснастки для металлорежущих и металлообрабатывающих станков;
- предприятия по огранке алмазов;
- буровые нефтегазовые и нефтесервисные компании (буровой инструмент, используемый при бурении скважин и горных работах).

Применение инструмента на основе импактных алмазов может значительно улучшить экономику соответствующих отраслей. Так, буровые коронки, оснащенные импактными алмазами размером до 400/315 мкм, не уступают по буровым свойствам дробленным кимберлитовым алмазам. При проведении операций бурения для долот, оснащенных буровыми коронками на основе импактных алмазов, потребуется в два раза меньше спуско-подъемных операций долота в скважину. Сократится время проходки скважины, увеличится срок работы бурового долота на износ и за счет этого повысится производительность выполнения работ. Результатом может быть снижение общих операционных затрат на бурение в диапазоне 30—50%.

В том, что касается применения импактных алмазов для изготовления инструмента, получены и испытаны образцы инструмента для металлообработки в форме спечков, выполненных при высоких давлении и температуре из порошка импактного алмаза на кремниевой связке. Испытания показали преимущество таких спечков перед аналогичными изделиями из природных технических и синтетических алмазов (Институт сверхтвердых материалов НАН Украины, Киев, и Институт геологии и минералогии им. С. В. Соболева Сибирского отделения РАН, Новосибирск). Разнообразие инструмента на основе алмазов и огромный рынок делают применение импактных алмазов в этом направлении весьма перспективным.

Подвижкой к промышленному освоению Попиайского месторождения может послужить поворот к импортозамещению. Российские предприятия эксплуатируют значительное количество зарубежных станков для изготовления сложных деталей. Может сложиться ситуация, когда инструменты для этого оборудования попадут под секторальные санкции. Это приведет к тому, что металлообрабатывающие станки, поставленные ранее из Германии и работающие в авиационной, космической отраслях, могут быть лишены оснастки. Между тем Россия в состоянии производить инструмент более высокого качества и полностью обеспечить как себя, так и иных потребителей. Поэтому российский бизнес уже давно заинтересован в том, чтобы по возможности локализовать технологические цепочки своего инструментального производства в России, и импактные алмазы могут стать первым шагом на этом пути. В частности, высокую заинтересованность в таком инструменте для металлообработки выразило АО «Станкопром».

Благодаря высокой точности резки и износостойчивости новое сырье может рассматриваться также и в контексте соблюдения экологических требований при освоении Арктики как технологическая основа для производства промышленных дисковых алмазных пил (диаметром до 3 м), позволяющих при открытой добыче разрезать большие объемы горных массивов и складировать их в виде рудных

или пусторудных блоков. Это экологически чистая альтернатива проведению взрывных и погрузочных работ, хотя и влечет, по всей видимости, снижение производительности работы карьера [4].

Например, китайская компания «Hualong Machinery» предлагает станок с алмазным режущим диском диаметром до 2 м с двойной режущей поверхностью, применяемый для резки гранита, мрамора и рудосодержащего грунта в карьерах. Отмечена эффективность такого технического решения в вопросах защиты окружающей среды, снижения стоимости ведения добычных работ и сохранения почв. Полагаем, что использование импактных алмазов позволит вывести эти технологии на новый уровень экономической эффективности и соблюдения экологических стандартов, а также представить на рынке отечественные образцы инструментальной продукции, которая в настоящее время в России не выпускается, — крупнодисковых алмазных пил.

При сравнении импактных и синтетических технических алмазов важно, что более высокая технологическая эффективность инструментов из импактных алмазов позволяет оценивать это сырье не по затратам, а по потребительскому эффекту новых создаваемых продуктов и решений. То есть следует говорить о более высокой маржинальной эффективности — более высокой технологической и экономической отдаче единицы импактного сырья в инструментах и изделиях по сравнению с синтетическими техническими алмазами.

Технологическая цепочка — от руды до алмазных порошков

Развитие технологий производства высокоабразивного материала на основе алмаз-лонсдейлитового сырья (готовые полупродукт и продукт) позволяет задействовать широкие технологические и экономические связи в рамках производственных цепочек в России.

Исходный алмазосодержащий концентрат Попиайского месторождения может очищаться и перерабатываться на значительном удалении от места добычи. Существенное приращение добавленной стоимости продукции каждого передела нивелирует инфраструктурные ограничения (месторождение находится в труднодоступном районе).

После вывоза алмазосодержащего концентрата и его переработки возможно включение алмаз-лонсдейлитового сырья в производственные цепочки в качестве субститута существующих сверхтвердых материалов как российского, так и зарубежного индустриального сектора экономики в широком понимании. Предложен и обоснован вариант формирования технологической цепочки «от добычи руды до производства высокоэффективного абразивного инструмента» (рис. 4):

- добыча и переработка руды на обогатительной фабрике;



Рис. 4. Технологическая цепочка реализации Попигайского проекта

- транспортировка алмазосодержащего концентрата;
- доведение концентрата до товарной продукции;
- разделение товарной продукции на группы по классам и качеству;
- использование готовых порошков в производстве сверхабразивных инструментов и изделий с повышенными характеристиками.

Рыночный потенциал нового высокоабразивного сырья — конечные звенья цепочки

Рыночный потенциал нового сырья связан с возможностью прироста добавленной стоимости в рамках вертикально интегрированной технологической цепочки в сочетании с созданием новых мощностей по производству востребованного на рынке бурового, режущего и абразивного инструмента (табл. 3).

Алмаз-лонсдейлитовое сырье позволит за счет своих качеств значительно усилить конкурентные преимущества:

- в первую очередь изготовителей алмазной продукции: бурового инструмента, режущих компактов

и резцов для металлообработки, рядового и специального абразивного и режущего инструмента, порошков, паст и пр.;

- во вторую очередь нефтегазодобывающих компаний, нефтесервисных и геолого-разведочных предприятий, металлообрабатывающих компаний, предприятий обрабатывающих секторов, строительного комплекса и т. д.

Причины, обуславливающие значительные перспективы нового вида алмазного сырья в сфере высоких технологий, на примере буровой отрасли:

1. Существенное падение цен на нефть с конца 2014 г. и рост доли трудноизвлекаемых запасов создает для нефтяных и нефтесервисных компаний дополнительные стимулы в направлении повышения эффективности работ за счет сокращения производственных издержек. Это, в свою очередь, вызывает необходимость в применении инновационных решений в области разведочного и эксплуатационного бурения.

2. Специфика бурения в разных регионах России не позволяет использовать одни и те же решения для разрушения пород: например долота, применяемые в Западной Сибири для бурения в мягких

Таблица 3. Рыночный потенциал нового сырья в рамках ключевых отраслей-потребителей

Сфера применения	Стоимостный объем мирового рынка (в год), млрд долл.
1. Буровая оснастка: бурение нефтяных и газовых скважин, геолого-разведочные работы, горная добыча	> 125
2. Режущий и обрабатывающий инструмент: пластины, головки, специальный инструмент, связанный с обработкой деталей, конструкционных материалов	> 55
3. Абразивный инструмент: алмазные диски, пилы, струны, фильеры, фрезы, правящие карандаши и пр.	≈ 16—18
4. Режущие фрезы и барабаны для бурильных машин при тоннельных работах	> 4,5
5. Абразивные материалы: пасты, шлифовальный порошок, ткани и пр.	≈ 3

породах, чаще всего не могут эффективно работать при бурении в твердых магматических породах в районах Якутии.

3. В связи с нестабильностью курса рубля многие нефтесервисные компании, работающие на российском рынке, пошли по пути снижения долларовой составляющей в финальной стоимости долот и уменьшения их цены в целом за счет оптимизации процессов и усовершенствования применяемых материалов.

Перечисленные факторы создают маркетинговую основу для применения перспективного алмаз-лонсдейлитового абразивного сырья в первую очередь в отраслях, генерирующих продукцию/услуги с высокой добавленной стоимостью (например в буровой отрасли).

Эти свойства определяют необходимость проведения дальнейших исследований по разработкам стандартных и нестандартных конструкций изделий и инструментов на основе нового абразивного сырья, выявления условий их эффективного использования.

Что сдерживает реализацию проекта?

Исследуемая проблематика не лишена ряда технологических и организационных проблем. Так, необходимы меры, позволяющие не только упростить цикл подготовки месторождения к эксплуатации и его последующую разработку, но и стимулировать промышленное производство высокотехнологичной продукции на основе алмаз-лонсдейлитового сырья. В частности, предлагается тип «алмазного импактного сырья» перевести в разряд «абразивного технического сырья».

Требуется дальнейшее изучение технологических свойств новой продукции, ее маркетинговое продвижение, изменение производственных стандартов и технических регламентов, получение алмазным сырьем и продукции на его основе статуса высокотехнологичной продукции и др.

Имеются и проблемные локальные точки, связанные с технологиями производства продукции с использованием сверхабразивного алмазного сырья. Дело в том, что методы и способы, используемые для изготовления изделий с применением импактных алмазов, требуют учета свойств и специфики таких алмазов, в частности предварительной подготовки материала, подбора эффективных связующих и базовых основ, технологий конструкционного изготовления и определения оптимальных режимов работы инструментов и изделий.

Кроме того, необходимы меры государственного стимулирования потребления нового вида сырья и создания отечественного сегмента производства высокоэффективной алмазной продукции на его основе. Например, на это направлена подпрограмма 14 «Конструкционные и функциональные композиционные материалы нового поколения» государственной программы Российской Федерации «Развитие промышленности и повышение ее

конкурентоспособности на период до 2020 года», утвержденной Правительством РФ 14 апреля 2014 г. Также в 2017 г. запущена программа «Создание серийных производств станкоинструментальной продукции», которая предусматривает предоставление займов отечественным производителям станков и деталей для них, а также алмазного, твердосплавного инструмента и инструмента для металлообрабатывающих станков, технологической оснастки для машиностроения, устройств числового программного управления станками.

Анализ возможностей и угроз реализации проекта приведен на рис. 5.

Заключение

Попигайское месторождение, расположенное в Арктической зоне Российской Федерации, является проектом, инновационная продукция которого может существенным образом повлиять на экономику отраслей российской промышленности. Точность работы и износостойчивость оборудования, основанного на импактных алмазах, выше, чем у оборудования на базе искусственных алмазов, и не хуже, чем у более дорогих природных кимберлитовых алмазов. Новый вид алмазов технического назначения непригоден для изготовления ювелирных изделий и используется в качестве сырья для производства алмазных порошков, которые широко применяются в различных областях промышленности.

Темпы, динамика и условия проведения работ по данному проекту в первую очередь определяются потенциальным спросом на конечное сверхабразивное сырье, инструмент и детали на его основе («кому это нужно») и лишь во вторую очередь — вопросами геологии («как и сколько добывать»). Однако, во-первых, материалы технологических испытаний этих алмазов неизвестны большинству исследователей, и, во-вторых, еще предстоит решить технологические вопросы их приложения в различных сферах.

Меры государственного участия не смогут в должной мере задать устойчивый вектор развития производства и использования высокотехнологичного сырья этого арктического проекта. Поэтому необходимо формирование технологических цепочек «Якутия — Новосибирская область — конечные потребители в России и за рубежом». Выстраивание таких цепочек не представляется нерешаемой задачей — определенный интерес к новому сырью есть, и дело за маркетинговой стратегией и привлечением инвестиций в этот арктический проект, что сформирует стабильный спрос на новое сырье.

Статья подготовлена в соответствии с планом НИР ИЭОПП СО РАН (Проект XI.174.1.2 (0325-2016-0006) «Принципиальные подходы к формированию взаимосвязей основных участников процессов освоения минерально-сырьевых ресурсов Азиатской части России в условиях глобальных вызовов XXI века».



Рис. 5. Анализ возможностей и угроз реализации проекта производства алмаз-лонсдейлитового абразивного материала на основе сырья Попигайского месторождения

Авторы выражают признательность академику РАН Н. П. Похиленко и доктору геолого-минералогических наук В. П. Афанасьеву (Институт геологии и минералогии им. В. С. Соболева Сибирского отделения РАН) за помощь при подготовке настоящей статьи.

Литература

1. Масайтис В. Л. Импактные алмазы Попигайской астроблемы: основные свойства и практическое применение // Зап. Рос. минерал. о-ва. — 2013. — Т. 142, № 2. — С. 1—10.
2. Афанасьев В. П., Похиленко Н. П. Попигайские импактные алмазы: новое российское

сырье для существующих и будущих технологий // Инноватика и экспертиза. — 2013. — Вып. 1 (10). — С. 8—15.

3. Николаев М. В., Григорьева Е. Э., Николаев А. М., Самсонов Н. Ю. Формирование цены на алмаз-лонсдейлитовое сырье Попигайского месторождения // Инноватика и экспертиза. — 2016. — Вып. 1 (16). — С. 186—196.
4. Крюков В. А., Самсонов Н. Ю., Крюков Я. В. Межрегиональные технологические цепочки в освоении Попигайского месторождения алмаз-лонсдейлитового сырья // ЭКО. — 2016. — № 8. — С. 51—66.

Информация об авторах

Самсонов Николай Юрьевич, кандидат экономических наук, старший научный сотрудник, Институт экономики и организации промышленного производства Сибирского отделения РАН (630090, Россия, Новосибирск, пр-т Академика Лаврентьева, 17), e-mail: samsonov@ieie.nsc.ru.

Крюков Яков Валерьевич, кандидат экономических наук, старший научный сотрудник, Институт экономики и организации промышленного производства Сибирского отделения РАН (630090, Россия, Новосибирск, пр-т Академика Лаврентьева, 17), e-mail: kryukovyv@ieie.nsc.ru.

Библиографическое описание данной статьи

Самсонов Н. Ю., Крюков Я. В. Попигайское месторождение алмаз-лонсдейлитового сверхабразивного материала — арктический проект с высоким инновационным потенциалом // Арктика: экология и экономика. — 2018. — № 1 (29). — С. 15—25. — DOI: 10.25283/2223-4594-2018-1-15-25.

POPIGAY DEPOSIT OF DIAMOND-LONSDALITE SUPERABRASIVE MATERIAL — AN ARCTIC PROJECT WITH A HIGH-INNOVATIVE POTENTIAL

Samsonov N. Yu., Kryukov Ya. V.

Institute of Economics and Industrial Engineering, Siberian Branch of the Russian Academy of Sciences (Novosibirsk, Russian Federation)

The article was prepared in accordance with the research plan of the IEIE SB RAS (Project XI.174.1.2 (0325-2016-0006) “Approaches to the formation of interrelations of the main participants in the development of mineral resources in the Asian part of Russia in the context of the global challenges of the 21st century”).

Acknowledgements

Authors are grateful to Nikolay Pokhilenko, Academician of RAS, Chief Researcher and Valentin Afanasiev, Doctor of Sciences (Geology and Mineralogy), Chief Researcher, V.S. Sobolev Institute of Geology and Mineralogy Siberian Branch of the Russian Academy of Sciences for their assistance in making this paper.

Abstract

The article examines the prospects and issues of embedding a new type of raw materials (super-abrasive diamond-lonsdaleite raw material of the Popigay deposit, northeast of the Krasnoyarsk region) in a knowledge-intensive economy and modern technological chains in the context of the development of domestic critical technologies, import substitution and expansion of export potential. It is shown that the new raw materials in terms of efficiency in the relevant areas exceed the existing types of natural and synthetic technical rough diamonds. However, new raw materials are not represented on the market, and additional study of its properties is also required. The mechanism of embedding new raw materials in the market environment could be the formation of interregional technological chains “north-south”. The end result could be the production of diamond powders and high-performance diamond tools.

Keywords: *Siberian Arctic, economic development, innovations, new types of abrasive raw materials, technological efficiency, regional cooperation.*

References

1. Masaitis V. L. Impaktnye almazy Popigaiskoi astroblemy: osnovnye svoystva i prakticheskoe primeneniye. [Impact diamonds of the Popigay astroblem: basic properties and usage]. Zap. Ros. mineral. o-va, 2013, vol. 142, no. 2, pp. 1—10.
2. Afanas'ev V. P., Pokhilenko N. P. Popigaiskie impaktnye almazy: novoe rossiiskoe syr'e dlya sushchestvuyushchikh i budushchikh tekhnologii. [Popigai Impact Diamonds: New Russian Raw Materials for Existing and Future Technologies]. Innovatika i ekspertiza, 2013, vyp. 1 (10), pp. 8—15.
3. Nikolaev M. V., Grigor'eva E. E., Nikolaev A. M., Samsonov N. Yu. Formirovaniye tseny naalmaz-lonsdeilitovoe syr'e Popigaiskogo mestorozhdeniya. [Formation of the price of diamond-lonsdaleitic raw materials of the Popigay deposit]. Innovatika i ekspertiza, 2016, vyp. 1 (16), pp. 186—196.
4. Kryukov V. A., Samsonov N. Yu., Kryukov Ya. V. Mezhhregional'nye tekhnologicheskie tsepochki v osvoenii Popigaiskogo mestorozhdeniyaalmaz-lonsdeilitovogo syr'ya. [Interregional technological chains in Popigay diamond-lonsdaleitic raw materials deposit]. EKO, 2016, no. 8, pp. 51—66.

Information about the authors

Samsonov Nikolay Yuryevich, Ph.D (Economic), Senior Researcher, Institute of Economics and Industrial Engineering, Siberian Branch of the Russian Academy of Sciences (17, Pr. Ac. Lavrentieva, Novosibirsk, Russia, 630090), e-mail: samsonov@ieie.nsc.ru.

Kryukov Yakov Valeryevich, Ph.D (Economic), Senior Researcher, Institute of Economics and Industrial Engineering, Siberian Branch of the Russian Academy of Sciences (17, Pr. Ac. Lavrentieva, Novosibirsk, Russia, 630090), e-mail: kryukovyv@ieie.nsc.ru.

Bibliographic description

Samsonov N. Yu., Kryukov Ya. V. Popigay deposit of diamond-lonsdalite superabrasive material — an arctic project with a high-innovative potential. Arctic: ecology and economy, 2018, no. 1 (29), pp. 15—26. DOI: 10.25283/2223-4594-2018-1-15-25. (In Russian).