

Межрегиональные технологические цепочки в освоении Попигайского месторождения алмаз- лонсдейлитового сырья*

В.А. КРЮКОВ, член-корреспондент РАН, заместитель директора.

E-mail: valkryukov@mail.ru

Н.Ю. САМСОНОВ, кандидат экономических наук. E-mail: samsonov@ngs.ru

Я.В. КРЮКОВ, кандидат экономических наук, Институт экономики
и организации промышленного производства СО РАН, Новосибирск.

E-mail: kryukovyv@ieie.nsc.ru

В статье рассматриваются проблемы включения новых высокотехнологичных материалов в обрабатывающую промышленность на примере высокоабразивного алмаз-лонсдейлитового сырья Попигайского месторождения, расположенного на территории арктического района (северо-запад Якутии и северо-восток Красноярского края). Показано, что особенности нового сырья и его уникальные технологические характеристики требуют специальных подходов к оценке эффективности и стоимости как самого исходного материала, так и конечной продукции, которая может быть получена на его основе. Впервые предложены варианты межрегиональных технологических цепочек полного цикла (Якутия – Красноярский край – Новосибирская область) – от добычи руды до производства готовой высокоабразивной продукции с высокой добавленной стоимостью.

Ключевые слова: алмаз-лонсдейлитовое сырье, новые материалы, техническое высокоабразивное сырье, Республика Саха (Якутия), Красноярский край, Новосибирская область, Попигайская астроблема, оценка стоимости, цена, эффективность, межрегиональные технологические цепочки

Динамичное развитие современной экономики России, основанной на возможностях постиндустриального технологического уклада, невозможно без разработки и эффективного использования принципиально новых материалов, инновационных продуктов и технических решений. Появление таких материалов и обоснование потенциала их применения неразрывно связаны как с необходимостью перехода к новой ресурсной и технологической базе, так и с развитием массового индустриального производства высокотехнологичной продукции, предъявляющего значительный спрос на инновационные материалы и технологии прорывного типа.

* Работа выполнена по плану НИР ИЭОПП СО РАН в рамках проекта XI.174.1.2. «Стратегические направления реализации потенциальной ценности минерально-сырьевых ресурсов Азиатской части России в условиях глобальных вызовов XXI века».

Ситуация с новыми материалами для выпуска высокотехнологичной продукции двойственная и сложная. С одной стороны, руководством страны принят курс на импортозамещение в отраслях, наиболее критичных с точки зрения национальной безопасности (машиностроение, авиастроение, станкостроение, приборостроение, микроэлектроника и прочее) и подтверждена необходимость модернизации производств в этих сферах или создания новых преимущественно на отечественной технологической базе.

С другой стороны, пока импортозамещение в основном сводится к производству крупнообъемных и стандартных изделий (например, для энергетической отрасли), а многие высокотехнологичные и критические с точки зрения эксплуатации компоненты по-прежнему импортируются (например, металлообрабатывающие оснастка и инструмент, буровые коронки и долота и т. д.). В тех сферах отечественного производства, где алмазное сырье (один из видов промышленных сверхтвердых материалов) используется как абразив, полирующий или режущий компонент, потребности в нем в значительной мере закрываются зарубежным синтетическим алмазным сырьем. Это дешевле и не требует создания производства полного цикла, а «импортозамещение» в большей степени основано на покупке материалов и изделий с заложенными в них дорогостоящими технологиями. Кроме того, природные технические алмазы всегда дефицитны и дороги, а отечественные искусственные алмазы, к сожалению, не производятся в промышленных объемах.

Россия, находясь в зависимости от поставок импортного алмазно-технического сырья, упускает возможность формирования **российского сегмента производства высокоэффективной продукции с использованием собственного алмазного сырья, имеющего существенно более высокие технологические показатели в сравнении с импортными синтетическими алмазами.**

Речь идет о новом сверхабразивном техническом алмазном сырье природного происхождения – импактных алмазах (или алмаз-лонсдейлитовый абразив) месторождения Скальное Попигайского метеоритного кратера, расположенного на границе северо-востока Красноярского края и северо-запада Республики Саха (Якутия).

Происхождение и экономико-географические характеристики природного объекта

Попигайская астроблема (метеоритный кратер диаметром около 100 км) возникла при ударе астероида около 35,7 млн лет назад. Мгновенный переход кристаллического графита путем деформации графитовой решетки в алмаз-лонсдейлитовый композит обусловил агрегатное строение этого образования с размером зерен агрегата в десятки – первые сотни нанометров, то есть импактные алмазы представляют собой наноразмерный композит алмазной и лонсдейлитовой фаз [1].

Месторождение Скальное по степени разведанности подготовлено для промышленного освоения – это наиболее изученная часть Попигайского объекта (севернее расположено значительно меньшее по размерам разведанное месторождение Ударное). Скальное изучалось на протяжении 15 лет геологами Всероссийского научно-исследовательского геологического института (Ленинград – Санкт-Петербург), Котуйской партии и Полярной геологоразведочной экспедицией (Красноярский край) – с момента открытия его метеоритной природы В. Л. Масайтисом в 1971 г. по 1985 г. [2].

Согласно геолого-промышленным данным [3], балансовые запасы руды категории В в контуре карьера составляют 244 млн т, запасы импактных алмазов – 5670 млн каратов при среднем их содержании 23,23 карат/т. Всего же, как отмечается в коллективной работе, связанной с изучением коренных месторождений и россыпей импактных алмазов Попигайского района [4], промышленные запасы высоких категорий составляют около 150 млрд каратов по месторождению Скальное, а по Ударному – 12 млрд каратов. Развитые на перспективных участках Попигайского района тела высокоалмазоносных импактитов (Сюрюнге, Встречный, Тонгулах и др.) включают, помимо этого, прогнозные ресурсы категории P_1 , суммарно оцениваемые в 50 млрд каратов.

Район местонахождения алмазоносного района относится к экономически не освоенной Арктической зоне, а доступ к месторождению сильно осложнен географическими и природно-ландшафтными условиями.

Ближайший крупный промышленный узел – Норильск – находится в 800 км на юго-западе. Районный поселок Хатанга, где имеется оборудованный аэропорт и морской арктический порт,

расположен в 280 км к западу от месторождения. Единственный вид транспортной связи – вертолетное сообщение и вездеходная техника; в зимнее время – автомобильное сообщение по льду реки Попигай от ее устья в Хатангском заливе (с запада) или от производственных баз близлежащего района ведения алмазородоссыпной добычи (с восточной стороны). В 100 км к востоку на реке Анабар (северо-запад Якутии) находится поселок Саскылах, аэропорт которого круглогодично принимает воздушные суда.

От месторождения до поселка транспортное сообщение в зимнее время также может осуществляться по автозимнику, а в летнее – вездеходами по технической дороге. Доставка грузов на объект может выполняться через поселок Саскылах речным транспортом в период навигации по реке Анабар (май-октябрь) и затем вертолетами или автомобильной техникой. Расстояние от поселка до устья реки Анабар составляет чуть более 200 км.

Очевидно, что с учетом огромных запасов и ресурсов сырья важнейшими факторами, предопределяющими промышленное освоение месторождения, являются:

- качество алмазного сырья;
- потенциал его промышленного и технологического применения в значительных объемах;
- возможности создания и функционирования горнодобывающего предприятия в условиях Крайнего Севера в период сезонных и несезонных добычных работ;
- организация транспортировки материалов, оборудования и техники на объект, доставки на него работников и специалистов, вывоз алмазного продукта;
- обеспечение экологической безопасности ведения горно-добычных работ и обогащательной деятельности.

Механизмы встраивания алмазного сырья в промышленные цепочки

Конечная продукция (алмазные порошки, спеки и пр.) основана на новом, ранее неизвестном виде технического алмазного сырья с уникальными характеристиками (алмаз-лонсдейлитовый абразив). Сейчас российский сегмент промышленности, применяющий техническое алмазное сырье, и отрасли, в последующем использующие его продукцию (металлообработывающая

и инструментальная, бурение скважин, камнеобработка, дорожно-строительная и строительная отрасли и т. д.), обеспечены поставками сравнительно недорогого и эффективного алмазного технического сырья из-за рубежа (прежде всего, из Китая). Достаточно оценить объемы выпуска синтетических алмазов и их долю на мировом рынке (табл. 1).

**Таблица 1. Производство синтетических алмазов в мире
в 2010-2014 гг., млрд каратов**

Алмазы	2002	2010	2011	2012	2013	2014	Доля рынка в 2014, %
Синтетические	2,5	7,0	7,5	8,0	8,5	9,0	≈99,0
Природные (ювелирные и технические, всего)	0,118	0,133	0,123	0,128	0,13	0,125	≈1,0

Источник: Bain&Company.

При этом Россия зависит от поставок импортного алмазно-технического сырья и **практически свободно предоставляет свой рынок для импортной алмазной продукции, упуская шанс создать собственный сегмент производства продукции с использованием алмазного сырья, имеющего более высокие технологические показатели, чем синтетические алмазы.** Но самое главное заключается в том, что **не используется технологический и экономический потенциал отечественной минерально-сырьевой базы технических алмазов.**

Эти обстоятельства придают актуальность вопросам не только оценки перспектив освоения месторождения Скальное, но и встраивания конечной сырьевой алмазной продукции (сверхтвердого абразива) в технологические цепочки полного цикла для широкого применения во множестве сфер промышленности. В целом этот механизм характеризуется следующими особенностями.

Алмаз-лонсдейлитовая продукция является принципиально новым высокотехнологичным природным материалом, уникальные свойства которого (высокая абразивная устойчивость) позволяют обеспечить технологический прорыв и последующее устойчивое развитие в металлообработке, – а значит, и в машиностроении, авиастроении, космической промышленности, то есть везде, где от качества и скорости обработки изделий зависят срок службы детали, узла или агрегата, а также производительность труда.

Поскольку конечный продукт в нашей стране пока не производится и не представлен на рынке, а аналоги (синтетические алмазы) импортируются, его рыночный потенциал требует изучения, в том числе путем выпуска пробной партии высокоабразивных алмазных порошков разных классов (общим объемом до 10 млн карат), готовой для реализации потребителям.

С точки зрения рыночных перспектив алмаз-лонсдейлитового абразива принципиально то, что этот новый продукт будет не столько встраиваться в рынок существующих абразивных материалов и замещать их, сколько сформирует собственный сегмент сверхтвердой продукции с превосходящими аналоги технологическими характеристиками.

Сами по себе импактные алмазы Попигайского месторождения (будучи просто извлеченными из недр) могут рассматриваться в качестве целевого конечного продукта с добавленной стоимостью только при выпуске шлифовальных порошков разных фракций. Однако экономическая выгода значительно возрастает при производстве широкой линейки инструментальной продукции на основе таких алмазов. Здесь и образуется механизм встраивания алмаз-лонсдейлитового сырья в технологические цепочки производства инструментов, позволяющий резко снизить технологическую зависимость отечественных обрабатывающих производств от зарубежной алмазной продукции (порошки, инструменты и другие изделия) [5].

Проект представляет собой одно из направлений диверсификации портфеля активов алмазодобывающей отрасли России в условиях, прежде всего, доминирования со стороны китайских производителей и поставщиков синтетических алмазов, и только во вторую очередь, – возможного в долгосрочном (!) периоде истощения запасов природных алмазов.

В связи с перечисленными особенностями для обеспечения российской промышленности высокотехнологичной сверхтвердой абразивной продукцией на основе Попигайского алмаз-лонсдейлитового месторождения необходимы комплексные научно-методические работы:

- изучение возможных **направлений использования** алмаз-лонсдейлитового сырья в отечественной обрабатывающей промышленности и **оценка эффектов** от него;

- **оценка стоимости** этого сырья в различных видах конечной продукции;
- разработка предложений по **формированию межрегиональных технологических цепочек**, ориентированных на промышленное использование всех типов и компонентов этого технического алмазного сырья.

О сферах применения сырья и его эффективности в производстве

К особенностям и конкурентным преимуществам инструментов и материалов из технических природных и синтетических алмазов, а также других сверхтвердых материалов (таких, как кубический нитрид бора, карбид кремния и др.), относятся наивысшая твердость и возможность изготовления сверхэффективных абразивных инструментов и продукции с новыми потребительскими качествами и свойствами.

Использование технического алмазного сырья позволяет обеспечивать высочайшую производительность в механообработке различных материалов, включая горные породы различной степени твердости, получать высокое качество обрабатываемых поверхностей на больших площадях, улучшать структуру приповерхностных слоев деталей и элементов из различных материалов и изготавливать изделия сложных форм в поточном производстве. Высокие технологические качества импактного сырья были отмечены еще в конце 1970-х годов. Так, в одном из отчетов указывается, что «испытания импактных алмазов в инструментах были проведены в 1977-1978 гг. на предприятиях Минстанкопрома СССР. Они показали, что инструменты из импактных алмазов на некоторых операциях обработки имели более высокие эксплуатационные характеристики по сравнению с инструментами из кимберлитовых и синтетических алмазов, в других – более низкие» [3].

В связи с неясной экономической эффективностью использования их в народном хозяйстве рекомендовалось создать на месторождении Скальное опытно-разведочно-эксплуатационное предприятие с обогатительной фабрикой для получения около 200 тыс. каратов импактных алмазов и продолжить научные исследования и разработку технологии изготовления и применения инструментов, расширяя области применения нового сырья.

Вместе с тем авторитетные российские геологи-алмазники отмечают некоторые ограничения и технологические проблемы. Так, к примеру, заведующий отделом алмазов ЦНИИГРИ к. г.-м. н. Ю. К. Голубев в своей экспертной внутренней рецензии на одну из наших публикаций, касающейся формирования цены на импактные алмазы, считает, что «попигайские алмазы обладают рядом специфических физических характеристик, особенно внешних – малая размерность, преобладающая удлиненная и плоская форма зерен, сложный характер поверхности, примазки и пленки графита; большая вязкость алмазов и другие свойства, определяющие необходимость проведения тщательных исследований по разработкам во многих случаях иных нестандартных конструкций изделий и инструментов, выявления условий их эффективного использования».

Современные результаты изучения абразивных свойств алмаз-лонсдейлитового абразива (в 2013-2015 гг. по заказу «Якутнипроалмаза» Институт геологии и минералогии СО РАН выполнил крупную научно-исследовательскую работу «Инструментальное исследование свойств импактных алмазов Попигайской астроблемы для целей их технического применения») показывают, что инструменты, изготовленные на его основе, имеют весьма высокую эффективность. Абразивная способность нового вида сырья в 1,8-2,4 раза выше, чем у природных технических и синтетических алмазов [5].

Таким образом, основные направления использования импактных алмазов связаны с тем, что они могут замещать природные технические и синтетические алмазы в тех же сферах, обладая при этом технологическими преимуществами. В связи с этим предполагаются два основных пути применения импактных алмазов:

- в виде абразивных порошков разной размерности, применяемых в разных целях; это наиболее емкий сегмент, требующий, однако, невысокой, конкурентоспособной цены при больших объемах добычи;
- в форме разнообразного инструмента для металлообработки, бурения, шлифовки и т. д.; высокая добавленная стоимость в данном случае компенсирует относительно высокую цену сырья при меньших объемах добычи.

Более того, в ходе исследований отработана технология изготовления порошков разной размерности из импактных алмазов, проведены очень успешные технологические испытания. Так, за последнее время 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) [5].

Технические и эксплуатационные преимущества импактных алмазов связаны с большей износоустойчивостью этого материала, а значит, и более длительным сроком эксплуатации алмазного инструмента по сравнению с основанным на синтетических алмазах. Как следствие – в производственном процессе (в котором применяется алмазный инструмент) требуется меньший расход инструмента, что в 2-2,5 раза повышает экономическую эффективность производства.

Например, при проведении операций бурения для долот, оснащенных буровыми коронками на основе импактных алмазов, потребуется в два раза меньше спускоподъемных операций долота в скважину. При этом сократится время проходки скважины, увеличится срок работы бурового долота на износ, и за счет этого повысится производительность выполнения буровых работ. Результатом может быть снижение общих операционных затрат на бурение на 30-50%. Это может произвести революцию в сфере бурения для нефтяной и газовой отрасли!

О зарубежной практике освоения аналогичных ресурсов

Алмаз-лонсдейлитовое сырье может быть востребовано также и в новых экологически чистых технологиях ведения горной добычи (Green Mining Technologies) и строительства. В частности, комплекс инновационных технологических решений, обеспечивающих соблюдение высоких экологических требований при ведении горных работ, развивается в северных европейских странах – Норвегии, Швеции, Финляндии.

Импактное сырье в качестве дешевого компонента для режущих инструментов может эффективно использоваться при открытом способе горных работ. В настоящее время около 85% всех горных выработок в мире ведется открытым способом с применением взрывных технологий, что, конечно, наносит ущерб экологии местной территории, так как 70% извлеченного грунта направляется в отвалы [6].

Алмаз-лонсдейлитовое сырье в этом контексте может рассматриваться 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 является экологически чистой альтернативой проведению взрывных и погрузочных работ, хотя и влечет, по всей видимости, снижение производительности работы карьера.

Примером внедрения новых экологических стандартов для уменьшения воздействия горной промышленности на окружающую среду является Финляндия, где с 2010 г. реализуется стратегия освоения минеральных ресурсов (The Finnish Minerals Strategy), основанная на том, что крайне уязвимая окружающая среда Арктики предъявляет особые требования к освоению природных ресурсов. При этом усилия и меры по экологическому регулированию должны охватывать не только наиболее «грязные» аспекты (например, буровые работы в нефтедобыче), но также и процессы разведки, транспортировки, переработки сырья и проведения рекультивации для всех добываемых компонентов минерального сырья [7].

Частью программы является выработка методов освоения арктических территорий с наименьшим воздействием на природную среду [8]. В частности, ограничивается проведение буровзрывных работ в Арктической зоне Финляндии на любых стадиях освоения минерально-сырьевых ресурсов. По нашему мнению, это открывает возможности для применения новых технологических решений резки горной породы с широким использованием режущих инструментов на основе сверхтвердого алмазного сырья. Адаптация и перенос финского опыта экологического регулирования в российскую Арктику представляется достаточно востребованным, хотя и требует дополнительного обсуждения и регламентации.

О подходах к оценке стоимости конечной продукции

Алмаз-лонсдейлитовый абразив – принципиально новый природный материал. Он не представлен на рынке, а значит, он не оценен и является в буквальном смысле «бесценным». Однако наши предварительные расчеты показывают, что ключевое рыночное преимущество этого вида сырья, позволяющее в ряде технологических процессов и готовых алмазных изделиях эффективно замещать синтетические алмазы, – это низкие себестоимость добычи и цена (меньшая по сравнению с природными техническими алмазами и практически сопоставимая с ценой синтетических алмазов).

Сырье Попигайского месторождения уникально, поэтому оценивать эффективность этого проекта, в частности, путем сопоставления его со стоимостью природных алмазов, некорректно. Предлагаем в этих целях принять за основу стоимость конечных изделий (в частности, алмазных спеков, то есть режущих элементов, например, в буровых коронках) из используемых в настоящее время «традиционных» видов сырья (условное название – «от цены готовой продукции»). Поскольку спеки из импактных алмазов имеют более высокую технологическую эффективность, можно заключить, что цена их реализации будет не ниже, чем соответствующих классов кимберлитовых и синтетических технических алмазов.

Пока такие расчеты не проводились в связи с небольшим объемом имеющейся информации об эффективности импактных алмазов в различных категориях обрабатываемого инструмента. Однако было предпринято сравнение цен на синтетические и природные алмазы среднего китайского предприятия-производителя синтетических алмазов и на эквивалентную продукцию АК «АЛРОСА». Сделан вывод, что из природных технических алмазов кимберлитового, импактного и синтетического генезисов цены на импактные алмазы в настоящее время самые низкие: кимберлитовые – 15,64 долл. за карат, синтетические – 6,10 долл., а импактные – 2,65 долл. за карат. Предложенная оценка может быть интерпретирована как ограничение цены нового сырья «снизу».

Определить ограничения цены «сверху» можно с помощью традиционного подхода «от производства». Так, в Институте

экономики и организации промышленного производства СО РАН (Новосибирск) выполнены укрупненные технико-экономические расчеты, которые показали, что проект освоения месторождения Скальное при вариантах разработки, приведенных в таблице 2, формирует положительный чистый приведенный доход. При минимальной цене реализации 6 долл. за карат внутренняя норма доходности выше требуемой инвестором нормы возврата капитальных вложений. Это позволяет рассматривать цену в 6 долл. за карат импактных алмазов **как верхнюю границу цены нового сырья.**

Таблица 2. Параметры добычи в финансово-экономической модели для определения цены импактных алмазов методом «от производства»

Вариант разработки	Срок эксплуатации, лет	Мощность фабрики, млн т руды в год	Объем выпуска алмазов, млн каратов в год
Опытно-промышленная (пилотная)	10	0,49	10
Промышленная	50	4,8	100

Таким образом, цена на импактные алмазы, согласно текущим оценкам, может варьироваться в коридоре от 2,65 до 6 долл.

Безусловно, по мере накопления технологической информации о параметрах отработки месторождения Скальное и о возможностях использования импактных алмазов в инструментах этот диапазон будет скорректирован в сторону повышения. Например, производство одного спека для металлообработки или буровой коронки требует от 8 до 10 карат алмазов. Цена реализации такого готового образца составляет 80-90 долл. Даже если исходить из цены 6 долл. за карат, стоимость инструмента будет выше, чем у аналогичного, изготовленного на основе синтетических алмазов. Однако прирост технологической эффективности (более высокая абразивная устойчивость) компенсирует эту разницу в цене инструмента.

Межрегиональная цепочка: от слов к делу

Рассмотрим основные этапы технологической цепочки.

1. Добыча и переработка руды. Разработку месторождения Скальное может выполнять ОАО «Алмазы Анабара» – пред-

приятие по добыче россыпных алмазов в Анабарском районе Якутии, входящее в АК «АЛРОСА» [9]. Руда с карьера транспортируется на построенную на месте обогатительную фабрику, где перерабатывается с получением алмазосодержащего концентрата. Добыча сезонная, ориентировочная численность занятых на месторождении может составлять 450 чел. (передел «добыча руды» – 320 чел., «обогащение» – 130 чел.). Объем инвестиций в строительство опытно-промышленной фабрики – 3-5 млрд руб., при промышленном варианте – до 30 млрд руб. (мощность переработки – около 5 млн т руды в год).

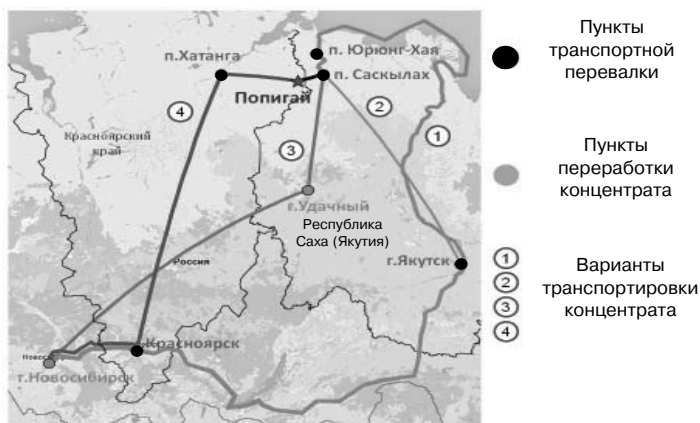
Транспортировка алмазосодержащего концентрата. В зависимости от мощности предприятия, с месторождения предполагается транспортировать от 2 до 20 т концентрата в год. Перевозка может осуществляться наземным, воздушным и водным транспортом. Поскольку объем и вес концентрата сравнительно невелики, транспортировка возможна в любой технологический центр для доведения (доочистки) концентрата: затраты на перевозку дорогостоящего сырья будут минимальны.

Транспортировка концентрата (рисунок) может осуществляться по одному из маршрутов, перечень которых приведен в таблице 3.

Таблица 3. Варианты маршрутов транспортировки алмазосодержащего концентрата от месторождения до места его доводки

№ варианта	Описание
1	Саскылах – Юрюнг-Хая (речной транспорт) – 130 км Юрюнг-Хая – Якутск (транспорт «река – море») – 4450 км Якутск – Новосибирск (авто- или железнодорожный транспорт) – 2200 км
2	Саскылах – Якутск (авиатранспорт) – 1300 км Якутск – Новосибирск (авто- или железнодорожный транспорт) – 2200 км
3	Саскылах- Удачный (или Мирный) (авиатранспорт) – 700 км Удачный (или Мирный) – Новосибирск – 2000 км
4	Месторождение Скальное - Хатанга (авиатранспорт) – 280 км Хатанга – Красноярск (авиатранспорт) – 1800 км Красноярск – Новосибирск (автотранспорт) – 670 км

Из предложенных на данный момент предпочтительным является вариант 3 (общая протяженность – 2700 км, с использованием только авиатранспорта).



Варианты направлений транспортировки алмазосодержащего концентрата с месторождения Скальное Попогайского метеоритного кратера

2. *Доведение концентрата до товарной продукции.* Все последующие технологические операции могут выполняться на производственных мощностях, например, в рамках перспективного Центра сверхтвердых материалов (Технопарк новосибирского Академгородка) [10]. В частности, концентрат может доводиться до товарной продукции (алмазный порошок различных классов). Из предполагаемого готового объема концентрата опытно-промышленного предприятия возможен выход до 8-9 млн каратов алмазного порошка.

3. *Разделение товарной продукции на группы по классам и качеству.* На технологической линии выполняется разделение товарной продукции по классам, качеству (шлифовальные порошки и микропорошки) и областям применения (потребительским свойствам).

4. *Использование готовых порошков в производстве сверхабразивных инструментов и изделий с повышенными характеристиками.* Из алмазных порошков выпускаются прототипы алмазного инструмента или компоненты для них, а также высокоэффективный абразивный инструмент – шлифовальные круги, спеки, напильники, буровые коронки, долота, режущие круги, алмазные пасты, порошки разных фракций и т. д.

В заключение отметим, что потребность российской промышленности в алмаз-лонсдейлитовом композите не будет решающей, основной объем продукции в той или иной степени готовности может экспортироваться на предприятия европейских стран, Японии, Южной Кореи, а также Китая, по крайней мере, при масштабном (до 100 млн каратов в год) варианте эксплуатации объекта. Но те области производства, для которых требуются высокоабразивное сырье с повышенной технологической эффективностью и формирование в ассортиментной линейке premium-сегмента алмазного инструмента, изделий и порошков, российские производители могут обеспечивать в значительной степени [11].

Рост внутреннего потребления алмаз-лонсдейлитового сырья российскими предприятиями и создание нового отечественного сегмента производства высокоэффективной алмазной продукции на его основе должны стимулироваться в рамках государственной промышленной и инновационной политики, например, государственной программы РФ «Развитие промышленности и повышение ее конкурентоспособности на период до 2020 года» (утв. Правительством 14.04.2014 г.), а именно, Подпрограммы 14 «Конструкционные и функциональные композиционные материалы нового поколения».

С учетом сложности реализации проекта по добыче абразивного сырья нового типа необходим ряд организационных мер, позволяющих упростить цикл подготовки месторождения к эксплуатации и последующую разработку. В частности, предлагается классификационный тип «алмазного импактного сырья» перевести в разряд «абразивного технического сырья».

Немаловажным и весьма существенным обстоятельством является монопольное положение нашей страны, имеющей такой уникальный объект, как Попигайское месторождение. Выдающийся промышленный потенциал такого месторождения будет в полной мере востребован в XXI столетии, в значительной степени обеспечивая устойчивое развитие крупного сегмента минерально-сырьевого комплекса нашей страны [12;13]. И главный вопрос настоящего времени – умело воспользоваться этим преимуществом.

Литература

1. 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.
2. Масайтис В. Л. Импактные алмазы Попигайской астроблемы: основные свойства и практическое применение // Записки Российского минералогического общества. – 2013. – Т. 142. – № 2. – С. 1–10.
3. Отчет «Подсчет запасов импактных алмазов месторождения Скальное и прогнозная оценка алмазоносности Попигайского метеоритного кратера (по стоянию на 1 сентября 1978 г)» // Донов Н. А., Масайтис В. Л., Кириченко В. Т., Межубовский В. Г., Румянцев Г. С., Гневушев М. А. Государственная комиссия по запасам полезных ископаемых при Совете Министров СССР. 29 декабря 1978 г.
4. Масайтис В. Л., Кириченко В. Т., Мащак М. С., Федорова И. Г. Коренные месторождения и россыпи импактных алмазов Попигайского района (Северная Сибирь) // Региональная геология и металлогения. – 2013. – № 54. – С. 89–98.
5. Похиленко Н. П., Афанасьев В. П., Толстов А. В., Ягольницер М. А. Импактные алмазы – новый вид высокотехнологичного сырья // ЭКО. – 2012. – № 12. – С. 11.
6. Environmentally Sensitive «Green» Mining. Using Environmentally Conscious Mining Standards. URL: <http://web.mit.edu/12.000/www/m2016/finalwebsite/solutions/greenmining.html> (дата обращения: 01.04.2016).
7. Finland's Strategy for the Arctic Region 2013, P.31. URL: http://arcticportal.org/images/stories/pdf/J0810_Finlands.pdf (дата обращения: 01.04.2016).
8. Pekka A. Nurmi Finland's Green Mining Programme. URL: http://en.gtk.fi/export/sites/en/information/services/explorationnews/stakeholderseminar/presentations/Nurmi_Green_mining_2013.pdf, P.13. (дата обращения: 01.04.2016).
9. Похиленко Н. П. Шестой уклад на редких землях // Эксперт. – 2013. – № 49. – С. 38–43.
10. Селиверстов В. Е. Программа реиндустриализации экономики Новосибирской области: основные итоги разработки // Регион: экономика и социология. – 2016. – № 1. – С. 108–134.
11. Крюков В. А., Толстов А. В., Афанасьев В. П., Самсонов Н. Ю., Крюков Я. В. Обеспечение российской промышленности высокотехнологичной сырьевой продукцией на основе гигантских месторождений Арктики – Томторского ниобий-редкоземельного и Попигайского сверхтвердого абразивного материала // Север и Арктика в новой парадигме мирового развития. Лузинские чтения – 2016: Материалы VIII Международной научно-практической конференции (Апатиты, 14–16 апреля 2016 г.) / Под общ. ред. Е. П. Башмаковой, Е. Е. Торопушиной; Кольский науч. центр РАН, Ин-т экон. проблем им. Г. П. Лузина Кольского, Прав-во Мурманской обл., Кольский филиал ФГБОУ ВПО «Петрозаводский гос. ун-т». – Апатиты: ИЭП КНЦ РАН, 2016. – С. 204–206.
12. Фролов А. А., Лапин А. В., Толстов А. В., Зинчук Н. Н., Белов С. В., Бурмистров А. А. Карбонатиты и кимберлиты (взаимоотношения, минерагения, прогноз). – М.: НИИ-Природа, 2005. – 542 с.
13. Толстов А. В. Главные рудные формации Севера Сибирской платформы. – М.: ИМГРЭ, 2006. – 212 с.