

## **МЕЖРЕГИОНАЛЬНЫЕ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ ЦЕПОЧКИ В ОСВОЕНИИ ПОПИГАЙСКОГО МЕСТОРОЖДЕНИЯ АЛМАЗ-ЛОНСДЕЙЛИТОВОГО СЫРЬЯ\***

**В.А. КРЮКОВ**, д.э.н., чл.-корр. РАН,

**Я.В. КРЮКОВ**, к.э.н.,

**Н.Ю. САМСОНОВ**, к.э.н.,

*Институт экономики и организации промышленного  
производства СО РАН, Новосибирск*

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.

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 высокотехно-

---

\* ЭКО. – 2016. – № 8.

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».

логичные 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 мень-

шее 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 карат 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 карат по месторождению Скальное, а по Ударному – 12 млрд каратов. Развитые на перспективных участках Попигайского района тела высокоалмазоносных импактитов (Сюрюнге, Встречный, Тонгулах и др.) заключают, помимо этого, прогнозные ресурсы категории Р<sub>1</sub>, суммарно оцениваемые в 50 млрд карат.

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 алмазороссыпной 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 горнодобычных 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 (металлообрабатывающая 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 карат**

| <b>Алмазы</b>                              | <b>2002</b> | <b>2010</b> | <b>2011</b> | <b>2012</b> | <b>2013</b> | <b>2014</b> | <b>Доля рынка в 2014, %</b> |
|--|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-----------------------------|
| 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 характеризуются 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 Попигаевского 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 Попигаевского 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. карат 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 Попигаевского 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 синтети-

ческих 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 табл. 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»**

| <b>Вариант разработки</b>      | <b>Срок эксплуатации, лет</b> | <b>Мощность фабрики, млн т руды в год</b> | <b>Объем выпуска алмазов, млн карат в год</b> |
|--------------------------------|-------------------------------|---|---|
| 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 анало-

гичного, 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» – предприятие 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).

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

3. *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.

Таблица 3

**Варианты маршрутов транспортировки алмазосодержащего концентрата от месторождения до места его доводки**

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



*Рисунок.* Варианты направлений транспортировки алмазосодержащего концентрата с месторождения Скальное Попигайского метеоритного кратера

4. *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).

5. *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 карат 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 // *Иноватика 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 состоянию на 1 сентября 1978 г)» / Н.А. Донов, В.Л. Масайтис, В.Т. Кириченко, В.Г. Межубовский, Г.С. Румянцев, М.А. Гневушев. Государственная комиссия по запасам полезных ископаемых при Совете Министров СССР, 29 декабря 1978 г.
4. *Масайтис В.Л., Кириченко В.Т., Мацак 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>
7. Finland's Strategy for the Arctic Region 2013. – P.31. URL: [http://arcticportal.org/images/stories/pdf/J0810\\_Finlands.pdf](http://arcticportal.org/images/stories/pdf/J0810_Finlands.pdf)
8. *Pekka A. Nurmi* Finland's Green Mining Programme. – P. 13. URL: [http://en.gtk.fi/export/sites/en/information/services/explorationnews/stakeholderseminar/presentations/Nurmi\\_Green\\_mining\\_2013.pdf](http://en.gtk.fi/export/sites/en/information/services/explorationnews/stakeholderseminar/presentations/Nurmi_Green_mining_2013.pdf) .
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 Попигаевского 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. Прав-во Мурманской обл., Кольский филиал ФГБОУ ВПО «Петрозаводский гос. ун-т». – Апатиты: ИЭП КНЦ РАН, 2016. – С. 204–206.
12. *Фролов А.А., Лалин 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.