

Возможности технологической интеграции и экспорта алмаз-лонсдейлитового материала как высокотехнологичного сырья для глобальной экономики

Н. Ю. Самсонов,
к. э. н., старший научный сотрудник,
Институт экономики и организации
промышленного производства СО РАН
samsonov@ieie.nsc.ru



В статье рассматриваются экономические подходы к технологической интеграции нового вида высокотехнологичного минерального сырья (сверхабразивное алмаз-лонсдейлитовое сырье или импактные алмазы) в отечественную и глобальную высокотехнологичную промышленность. Используются системные подходы научного исследования и инвестиционного анализа. Показаны новые исследованные технологические особенности и характеристики сырья, уточнены наиболее важные перспективные сферы его применения, разработаны и обоснованы подходы к созданию технологической цепочки получения и использования минерального сырья в высокотехнологичной индустрии. Оценены потенциальные объемы добычи/потребления нового материала, а также предложены варианты подходы к освоению участков недр, содержащих алмаз-лонсдейлитовый материал, расположенных в Арктической зоне (Попигайский метеоритный кратер). Результаты могут быть использованы при формировании политики развития секторов новой наукоемкой экономики (например, высокоэффективной инструментальной оптической промышленности), реализации федеральной и региональной научно-технологической политики, импортозамещения и расширения экспортного потенциала наукоемкой сырьевой продукции.

Ключевые слова: Арктика, попигайская астроблема, Красноярский край, Республика Саха (Якутия), сверхабразивное сырье, импактные алмазы, инструментальная промышленность, инновации, технологии, импортозамещение, спрос, геологоразведка.

Введение

В условиях активного поиска и формирования новых эффективных направлений глобальной наукоемкой экономики рассматриваемое в этой публикации алмаз-лонсдейлитовое сырье (импактные алмазы) относится к принципиально новому типу минерального сырья. Подтвержденная сверхабразивность сырья (сочетание твердости, прочности, форм режущих граней и пр.), параметры которой представлены далее, определяют основное направление его использования в качестве высокотехнологичного материала в современной мировой и отечественной промышленности. Его применение в качестве основного рабочего компонента в специальных видах готовой продукции или в ее компонентах (матрицах, державках и пр.) позволяет в рамках технологических цепочек конкретных обрабатывающих предприятий значительно повысить экономическую эффективность выполнения различных видов таких работ как: сложное бурение горных пород, в том числе, в тяжелых горно-геологических условиях; обработка высокотвердых и тугоплавких сплавов, заготовок из цветных и черных металлов, а также неметаллических, конструкционных и композитных материалов; тонкая и сверхтонкая шлифовка и полировка и в множестве других операциях.

Подходы к выстраиванию интегрированных технологических цепочек для высокотехнологичного минерального сырья в настоящее время разрабаты-

ются в ИЭОПП СО РАН (чл.-корр. РАН В. А. Крюков, к. э. н. Я. В. Крюков, Н. Ю. Самсонов [1, 2]), и основываются на современных исследованиях российских и зарубежных специалистов в области оценки конкурентоспособности высокотехнологичной продукции, эффективности инвестиционных и инновационных процессов, новых технологий, цепочек создания добавленной стоимости, в частности, А. Е. Варшавского [3], В. В. Ивантера [4], А. А. Корогодского [5], А. Т. Юсуповой [6], X. Chen [17], R. Pomfret, P. Sourdin [18], D. Robinson, T. Propp [19]. Важно отметить, что данная статья в значительной мере опирается на пласт работ и исследований в области геологии, минералогии алмазов и технологический испытаний импактных алмазов, проведенных В. Л. Масайтисом (ВСЕГЕИ) [7], академиком РАН Н. П. Похиленко, В. П. Афанасьевым [8-10], д. г.-м. н. А. В. Толстовым [11, 12], С. А. Вишневым [13], А. А. Вальтером и др. [14].

Постановка задачи

Особые качества нового сверхабразивного сырья способны дать эффект в тех сферах промышленного применения, в которых от скорости, стабильности и долговечности работы инструмента зависит производительность и, в конечном счете, экономическая эффективность: в нефтегазодобыче, горной добыче и геологоразведке; в машиностроении, авиационной и космической промышленности, военно-

промышленном комплексе; в строительной индустрии и бурении тоннелей, как на территории России, так и в развитых и развивающихся странах мира.

Природные объекты (участки), содержащие алмаз-лонсдейлитовое сырье, расположены в пределах Попигайского метеоритного кратера, представляющего собой крупную геологическую структуру с уникальными запасами алмаз-лонсдейлитовых агрегатов преимущественно поликристаллической структуры мелких классов (мельче 0,2 мм) [8]. Попигайский метеоритный кратер (астроблема) расположен в северо-восточной части Красноярского края, в пределах Таймырского Долгано-Ненецкого района, при этом на него приходится основная площадь объекта. Район полностью относится к территории Арктической зоны Российской Федерации, экономически не освоен.

Краткая предыстория вопроса следующая. В 1971 г. была доказана метеоритная природа попигайской структуры и в том же году в породах структуры (метеоритного кратера) был обнаружен необычный минерал, состоящий из углерода [7, 8]. Рентгеновские исследования показали, что по структурным особенностям он близок к алмазу, хотя имеет более сложный состав и поликристаллическое строение, и потому с самого начала был назван алмазом импактного (ударного) генезиса. Были установлены высокие содержания минерала (с названием «алмаз») в породах астроблемы и, учитывая ее размеры (около 100 км в диаметре), предполагалось наличие неисчерпаемых запасов этого сырья. В результате геологоразведочных работ на незначительной части Попигайского метеоритного кратера разведано два месторождения — Скальное (наиболее крупное) и Ударное, а также ряд перспективных высокоалмазных тел (Сюрюнге, Встречный, Тонгулах и др.) [7]. На Скальном максимальное содержание импактных алмазов достигает 100 каратов на тонну (участки с ураганым содержанием) при среднем содержании 23,23 карата на тонну, а общие запасы оценены более чем в 140

млрд каратов [8]. Запасы в ГКЗ поставлены на баланс по категории «алмазы». Новая волна интереса к вопросу попигайских импактных алмазов сформировалась с 2011 г., когда в Институте геологии и минералогии им. В. С. Соболева СО РАН (Новосибирск) начался новый этап исследований небольших партий импактных алмазов, полученных в 1980-е гг.

Аналоги алмаз-лонсдейлитового сырья по своим геолого-промышленным, технологическим характеристикам и масштабам оруденения неизвестны ни в России, ни за ее пределами. С одной стороны, это предопределяет потенциальное монопольное положение на глобальном рынке нового высокоабразивного сырья, а с другой — обуславливает невозможность появления в будущем на рынке аналогичного природного сырья. При этом из-за специфичности импактных алмазов шансы синтезировать их аналоги практически исключены, что не позволяет создать синтетическое сырье со схожими свойствами.

Экономическая целесообразность добычи сверхабразивного алмазного сырья значительно возрастает при формировании единой технологической цепочки получения и потребления минерального сырья [1]. Такой подход также позволяет снизить уровень зависимости российских обрабатывающих отраслей и конкретных производственных предприятий гражданского и военно-промышленного секторов от импорта зарубежной высокотехнологичной инструментальной и режущей продукции для прецизионной обработки, адекватно реагировать на риски ужесточения ограничений на ее поставки для потребностей российской индустрии.

Результаты проведения исследований

К особенностям и конкурентным технологическим преимуществам инструментов и материалов из технического алмазного сырья (как природного, так

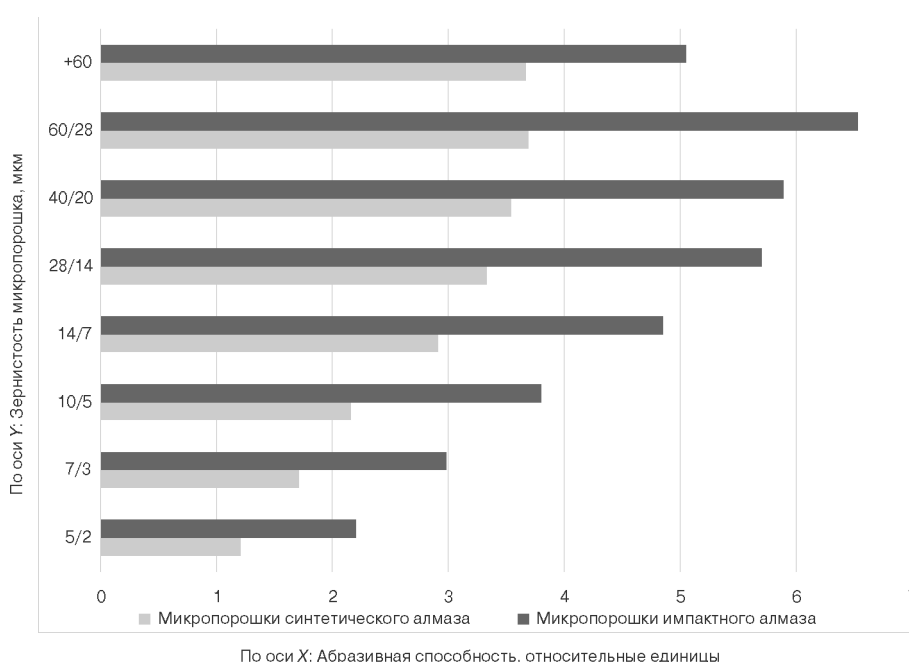


Рис. 1. Результаты испытаний абразивной способности алмазных микропорошков, полученных из импактного и синтетического сырья

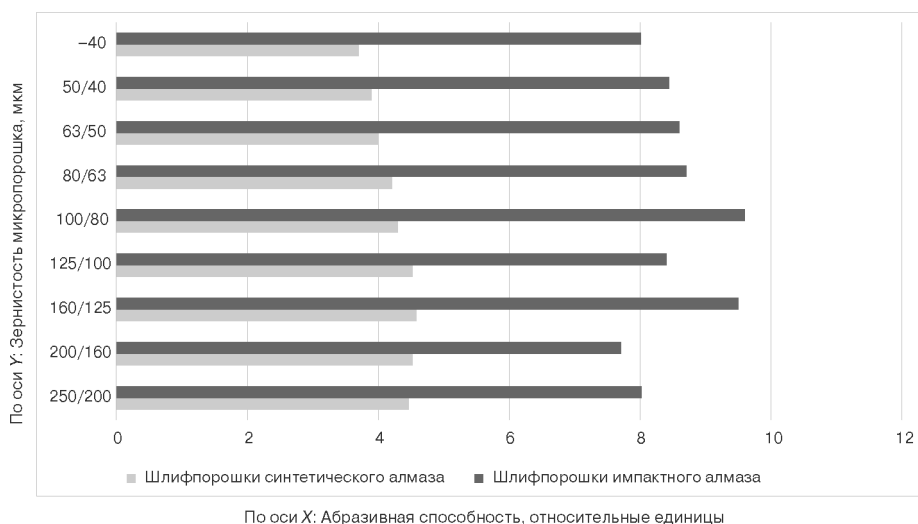


Рис. 2. Результаты испытаний абразивной способности алмазных шлифпорошков, полученных из импактного и синтетического сырья

и синтетического), а также других сверхтвердых материалов (кубический нитрид бора, карбид кремния и др.) относятся наивысшая твердость, высочайшая абразивность и, соответственно, возможность эффективного использования этих физико-механических свойств в промышленных целях.

Алмаз-лонсдейлитовое сырье обладает доказанной уникальной абразивной способностью в 1,8-2,4 раза (в зависимости от соотношения кубической и лонсдейлитовой фаз) превосходящей абразивную способность синтетических и природных алмазов, что выдвигает его в разряд исключительного по свойствам режущего материала. При этом абразивная способность связана с поликристаллическим строением частиц этого материала с размером кристаллитов 10-100 нм и тесным срастанием алмазной и лонсдейлитовой фаз. Так, согласно результатам испытаний абразивная способность порошков на основе импактных алмазов в сравнении с синтетическими алмазами выше более чем в 1,5-2 раза. Шлифпорошки из импактных алмазов имеют абразивную способность в среднем в 2 раза более высокую, чем шлифпорошки из синтетического алмаза (рис. 1, 2).

Специфические особенности импактных алмазов связаны с двумя формами их получения, в дальнейшем определяющими виды, абразивные и режущие свойства инструмента, произведенного на их основе. Во-первых, сырье добывается из переплавленных пород путем их дробления, вследствие чего получаемый продукт имеет форму порошка (рис. 3); во-вторых, из россыпей на поверхности пород кратера добываются крупные выделения импактных алмазов размером до 1-2 см, имеющих самостоятельное значение как материал для вставок в инструменты особого типа, например, матрицы буровых коронок (рис. 4).

Форма и характер импактных алмазов исключает их использование в качестве ювелирного сырья. Высокоабразивное алмаз-лонсдейлитовое сырье также обладает рядом специфических физических характеристик (особенно внешних):

- малая размерность и преобладающая удлиненная и плоская форма зерен;
- сложный характер поверхности, примазки и пленки графита.

Эти свойства определяют необходимость проведения дальнейших исследований по разработкам

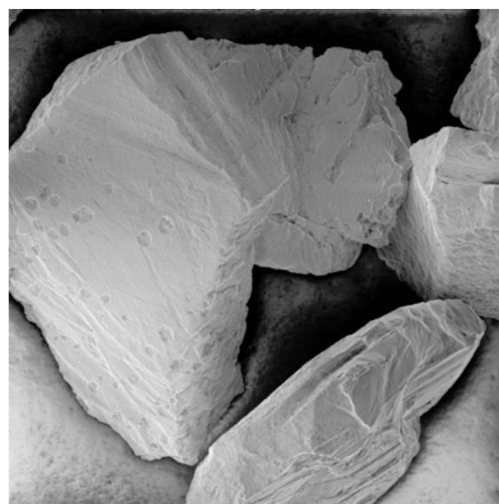
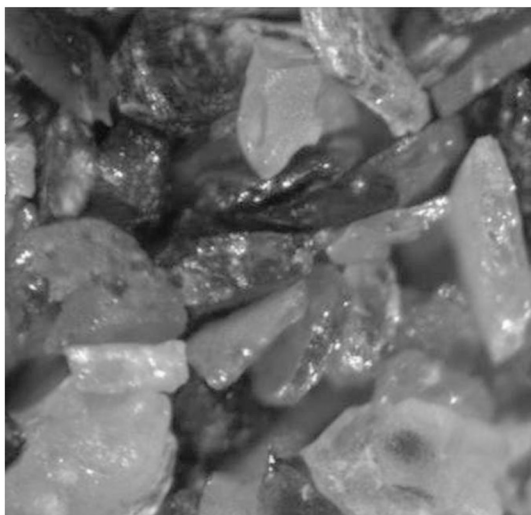


Рис. 3. Частицы импактных алмазов (размер 100-200 микрон)



Рис. 4. Крупный импактный алмаз (размер около 1 см)

стандартных и нестандартных конструкций изделий и инструментов на основе нового абразивного сырья, выявления условий и форм их эффективного использования.

Рынок инструментальных материалов (твердые сплавы, режущая керамика, инструментальные стали, сверхтвердые материалы), используемых в качестве режущих и абразивных компонентов в современной промышленности, характеризуется:

- сформированной глобальной технологической базой производства конечного инструмента и научно-исследовательскими и инновационными центрами (в мире несколько десятков крупных производителей современной инструментальной продукции);
- устойчивыми хозяйственными, экономическими, контрактными связями и обязательствами в отрасли и между предприятиями-производителями и компаниями-потребителями;
- значительным объемом производства и потребления в глобальной индустрии (синтетические алмазы для индустриального применения — миллиарды карат в год [9]; сотни тысяч тонн — других инструментальных материалов).

Ни один из перечисленных инструментальных материалов не является универсальным, то есть применимым с одинаковой эффективностью. Каждый из материалов занимает свою технологическую нишу в соответствии с показателями твердости, абразивности, прочности и основной сферой применения. В этом смысле, основным продуктом на рынке, конкурирующим с рассматриваемым алмаз-лонсдейлитовым сырьем по физико-механическим свойствам, сферам потенциального применения (заменения) и ценам, являются синтетические алмазы (рис. 5).

Ранее выполненными научно-исследовательскими работами определено, что изготовление инструментов на основе алмаз-лонсдейлитового сверхабразивного сырья возможно, а испытания полученных образцов подтвердили их высокую эффективность. В частности, специалистами Института сверхтвердых материалов им. В. Н. Бакуля (Киев) в рамках научно-исследовательских договорных работ произведено 150 режущих пластин (спеков) для металлообработки, 50 компактов из алмаз-лонсдейлитового абразива (для изготовления и проведения испытаний буровых коронок) и 30 компактов (для изготовления и проведения испытаний буровых долот). Испытания полученных образцов подтвердили их весьма высокую эффективность, например, при обработке твердого сплава ВК15 при скорости резания 24 м/мин пластина компакта из алмаз-лонсдейлитового сырья показывает износ на 20 и 53% ниже по сравнению с аналогичным компактом, полученным из синтетических микропорошков алмаза. Компакты позволяют обрабатывать твердый сплав ВК15 с высоким качеством обработки и при скоростях резания свыше 40 м/мин, что невозможно ни для одного из известных режущих материалов [15].

Масштабирование результатов исследований в индустрию и внедрения технологически и экономически более эффективного алмаз-лонсдейлитового сырья в производство и потребление инструментальной продукции позволяет значительно усилить конкурентные преимущества:

- потребителей 1-го эшелона (изготовителей бурового инструмента, режущих компактов и резцов для металлообработки, рядового и специального абразивного и режущего инструмента, порошков, паст и пр.);
- потребителей 2-го эшелона (нефтегазодобывающие компании, нефтесервисные и геологоразведочные



Рис. 5. Место алмаз-лонсдейлитового сырья в структуре рынка инструментальных материалов

предприятия, металлообрабатывающие компании, предприятия обрабатывающих секторов, строительного комплекса и т. д.).

В странах с высокими темпами промышленного и экономического роста — Европе, США, Израиле, Китае, Южной Корее, Сингапуре, Тайване, Малайзии, Канаде, Австралии, ЮАР, Японии и других — благодаря сверхтвёрдым материалам, в том числе, алмазным, и инструментам на их основе выполняются процессные высокопроизводительные операции в самых различных сферах экономики. Необходимость поддержания и увеличения темпов промышленного роста, развития научно-технологической базы в мире [19], в том числе и в России, создает стимулы для поиска технологий, материалов и способов создания еще более эффективных инструментальных материалов [5]. Это связано с требованиями:

- к увеличению производительности оборудования, стабильности, долговечности и возможности его применения в сложных условиях и при сильных нагрузках;
- к повышению скорости обработки материалов (металлов, керамики, композитов и пр.) и к качеству их обработки;
- к сокращению операционных расходов, повышению конкурентоспособности и экономической эффективности в цепочке предприятия → отрасли → экономика за счет новых высокопроизводительных технологий.

Решение этих задач (полное или частичное) возможно на основе введения в мировой технологический оборот нового типа сверхабразивного сырья, которое, обладает для России и значительным экспортным потенциалом. Наиболее перспективные по емкостным и стоимостным параметрам отрасли потребления алмаз-лонсдейлитового сырья сопряжены со следующими сферами производства конечной продукции: буровая оснастка, используемая при бурении нефтяных и газовых скважин, геологоразведочных работах, горной добычи (буровые коронки, долота, скальный инструмент, расширители), бурильные машины при тоннельных работах (фрезы и барабаны), режущий и обрабатывающий инструмент, абразивный инструмент, абразивные первичные материалы (пасты, шлифовальный порошок, ткани и пр.)

В производственном инструментальном цикле применяется параметр «относительная концентрация алмаза» — величина, определяющая содержание порошка в алмазоносном слое инструмента. За стопроцентную концентрацию принято такое содержание алмазов, при котором в 1 см³ алмазоносного слоя находится 4,4 карата алмазов (0,89 г). Расход алмазов на 1 алмазное изделие, оцененный в каратах (и граммах), приведен в табл. 1. Видно, что, например, для матрицы буровой коронки, в зависимости от диаметра расходуется: для однослойной — от 100 до 800 карат, для многослойной — от 1 тыс. до 8,2 тыс. карат алмазов. Такой абсолютный расход алмазов на изготовление

Расход алмазов на 1 алмазное изделие при 100%-й относительной концентрации алмазов

Алмазно-абразивно-режущий ин-струмент	Диаметр изде-ля, мм	Объем алмазоносного слоя, см ³	Ед. изм.	Расход алмазов на 1 изделие
Матрицы для буровых коронок	40-160	Однослойные 23,4-187,2	кар.	102-823
			гр.	20-164
		Многослойные (10 слоев) 234,4-1870,2	кар.	1031-8236
			гр.	206-1647
Резцы, хонинговальные бруски и т.д.	0,6-7,2 (резцы различных типоразмеров)	кар.	2,6-31	
		гр.	0,5-6,3	
		кар.	12-123	
		гр.	2,5-24,5	
		кар.	48-166	
		гр.	10-33	
Круги	15-500	0,7-389,0	кар.	3-1711
			гр.	1,5-342
Чашечные круги	50-250	1,8-144,5	кар.	8,1-635
			гр.	1,6-127
Круги отрезные	50-500	0,17-16,9	кар.	0,7-149
			гр.	0,2-29,7
Сверла	5-100	0,15-2,3	кар.	0,6-10,1
			гр.	0,2-2,1
Массовая концентрация алмазного порошка, %				
Порошки	100%			
Пасты	(Н) Нормальной концентрации	(П) Повышенной концен-трации	(В) Высокой концентрации	
	2-8%	5-20%	10-40%	

Источник: [16]

алмазных изделий в пересчете на количество выпускаемых в мире буровых коронок глобальной индустрией дает объяснение как структуры, так и значительных объемов выпуска и потребления технического алмазного сырья в мире в целом как по массе (12-13 млрд карат, 99% из которых китайского происхождения), так и в стоимостном (\$2,5-3 млрд в год) [17].

Объемы замещения алмаз-лонсдейлитового сырья на мировом рынке синтетических алмазов по уточненным оценкам, выполненным в зависимости от геолого-промышленных характеристик и потенциальных производственных возможностей, составят до 1-1,5% (при добыче и потреблении сверхабразивного сырья до 140-150 млн карат в год, который ограничен максимальными перерабатывающими мощностями). Стоимостной размер рынка исходного сырья составляет \$140-165 млн в год (исходя из базовой цены в \$1-1,1 за 1 карат алмаз-лонсдейлитового сырья)¹.

С точки зрения рыночных перспектив алмаз-лонсдейлитовое абразивное сырье является инновационным адаптивным продуктом, способным интегрироваться в глобальные производственные процессы выпуска современных алмазных инструментов, изделий и новых технологических решений. При этом необходимо перевести полезный компонент из категории «алмаз» в категорию «абразивное сырье». Это обосновывается тем, что фактически импактные

алмазы не имеют ничего общего с обычными алмазами ювелирного качества, добываемыми из кимберлитов и россыпей:

- отличаются по генезису;
- отличаются по структуре (представляют собой наноразмерный агрегат кубической и лонсдейлитовой фаз, образующих поликристаллы с размером кристаллитов в первые десятки – сотни нанометров, тогда как обычные алмазы являются монокристаллами с кубической структурой);
- обладают уникальной абразивной способностью, что выдвигает алмаз-лонсдейлитовый композит в разряд исключительного по свойствам абразивного материала;
- извлекаются из переплавленных пород после дробления, поэтому представляют собой мелкий порошок. При этом нет никаких ограничений на сохранность поликристаллов (этим они отличаются от обычных кимберлитовых алмазов, где сохранность кристаллов – важнейшее условие при обогащении руды);
- стоимость определяется конкурирующей ценой с синтетическими техническими алмазами и несопоставима ни со стоимостью природных технических, ни тем более, ювелирных алмазов;
- применение возможно исключительно в технических целях при производстве инструментальной продукции и высокоабразивных материалов.

С учетом того, что подсчитанные запасы по месторождению Скальное составляют более 140 млрд каратов кат. С₁+С₂, при этом только в контуре карьера первой очереди по категории В учитывается 5,4 млрд

¹ Предварительная оценка выполнена для инвестиционного проекта строительства обогатительной фабрики мощностью 1,5 млн тонн руды в год, перерабатывающей сырье с участка(ов) с повышенным содержанием ценного компонента (70-100 карат на тонну).

кат, ясно, что по категории «алмаз» стоимость лицензии на отработку месторождения будет неподъемной для любого инвестора. Только перевод импактных алмазов из категории «алмаз» в категорию «абразивное сырье», каковым он по сути и является, позволит запустить в эксплуатацию это месторождение (или иные новые коренные участки), имеющие, тем не менее, в коренной породе — тагамите — повышенное и выдержанное содержание ценного компонента (до 70-100 каратов на т). Крупные выделения импактных алмазов — якутиты — могут добываться только по россыпной схеме практически по всей территории кратера. Однако и для этого необходимо опосредовать россыпные участки с очень высоким содержанием якутитов (не менее 30-50 карат на м³). В настоящее время перспективными для этих работ могут быть такие участки в северо-западной части кратера, как Таас, Дергалах, Буордах (рис. 6).

В настоящее время необходим комплекс работ для геологического доизучения за счет собственных (заемных) средств (приказ Минприроды № 583 от 10.11.2016 г.) с целью оконтуривания россыпных участков и наработки в режиме опытно-промышленной эксплуатации представительной партии якутитов (в объеме 20-30 тыс. карат). В последующем возможно проведение государственной экспертизы запасов на выделенных россыпных, а также коренных участках (приказ Минприроды № 27 от 25.01.2013 г.), установление фактов открытия новых россыпных месторождений (приказ Минприроды № 689 от 11.11.2014 г.) и получение прав пользования участками недр при установлении факта открытия месторождений (приказ Минприроды № 23 от 25.01.2005 г.). Таким образом, экономическая активность на этой арктической перспективной ресурсной территории связывается

с двумя направлениями вовлечения хозяйствующих субъектов:

- 1) с малыми (юниорными) геологоразведочными компаниями, в том числе в сотрудничестве с научно-исследовательскими организациями, способными выполнить работы геологического, минералогического, горнотехнического, эксплуатационного характера на отдельных небольших россыпных участках алмазоносности Попигайского кратера и получения небольших партий алмаз-лонсдейлитового сырья (в форме крупных кристаллов алмазов из россыпей), найти возможности для включения его в технологические цепочки по производству готовой инструментальной продукции нового типа в России или за рубежом. После создания локальных технологических цепочек, в замыкании которых находится выпуск готовой продукции (алмазные порошки) и очерченные направления ее потребления, возможно привлечение крупного инвестора для полномасштабной деятельности;
- 2) с приходом якорного инвестора, способного при поддержке научно-исследовательских организаций подготовить к опытно-промышленной и промышленной эксплуатации месторождение с коренной алмазоносностью, сформировать полный технологический процесс получения алмазной продукции (алмазные порошки) и поставлять их на глобальный и внутрироссийский рынок.

Обсуждение результатов и выводы

Таким образом, алмаз-лонсдейлитовое сырье является новым высокоабразивным материалом природного генезиса, а его свойства определяют основное

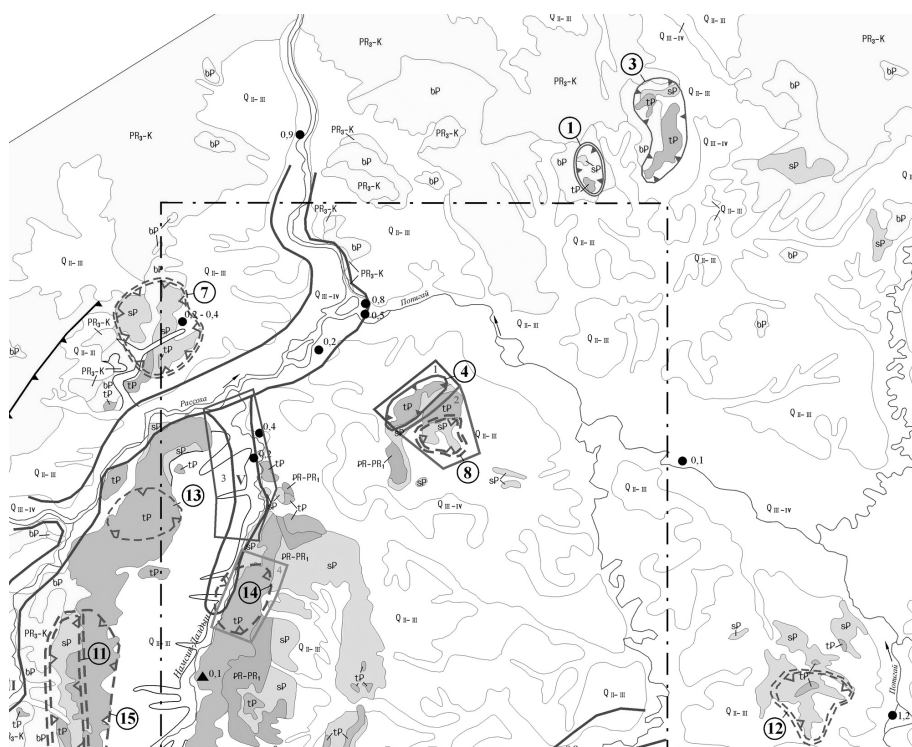


Рис. 6. Фрагмент карты алмазоносности Попигайской астроблемы (А. И. Кубышев)

направление использования в качестве высокотехнологического материала при производстве бурового, режущего и абразивного инструмента и абразивных материалов (порошки, пасты, суспензии). К особенностям и конкурентным преимуществам инструментов и материалов из алмаз-лонсдейлитового сырья относится высочайшая абразивная способность, которая в 1,8-2,4 раза превосходит абразивную способность синтетических и природных алмазов.

Решение задач, стоящих перед глобальным и отечественным промышленным сектором, связанных с необходимостью роста производительности оснастки, оборудования и инструментов, повышения скорости обработки материалов (металлов, керамики, композитов и пр.) и качества их обработки, сокращения расходов и повышения конкурентоспособности предприятий и целых отраслей, возможно на основе введения в технологический оборот рассматриваемого сверхабразивного алмазного сырья.

Триггером формирования спроса на это высокотехнологическое минеральное сырье является вертикально интегрированная технологическая глобальная цепочка с созданием новых мощностей по производству востребованного на российском и мировом рынках высокоэффективной буровой, режущей и абразивной инструментальной продукции. Создание в России технологической цепочки на базе сверхабразивного сырья позволит:

- снизить зависимость от поставок зарубежной инструментальной оснастки и расточных систем, металлорежущего и специального инструмента, китайского синтетического алмазного сырья;
- сформировать российскую отрасль по производству высокотехнологической инструментальной продукции на основе сверхабразивного материала нового типа, повысить технологические компетенции по разработке и применению инструментальной продукции;
- обеспечить поставки на внешний рынок готовой высокотехнологической алмаз-лонсдейлитовой продукции (порошки, пасты, суспензии), конкурирующей по технологическим качествам с синтетическими алмазами;
- вовлечь в оборот экономический потенциал минерально-сырьевой базы технического абразивного материала, поддержать экономическую активность в Арктической зоне РФ, способствовать научно-техническому развитию экономики России и смежных секторов (геологоразведка, беспилотные летательные аппараты и пр.).

В ближайшее будущее активности на Попигайском метеоритном кратере связывается с двумя направлениями развития. Во-первых, с малыми (юниорными) геологоразведочными компаниями, способными выполнить работы геологического, минералогического, эксплуатационного характера на отдельных россыпных участках Попигайского кратера. Во-вторых, с якорным инвестором, готового сформировать полный технологический цикл по добыче, обогащению руды

и получения готового к реализации на глобальном и российском рынках алмазно-технической продукции нового типа.

Статья подготовлена в рамках государственного задания ФАНО России по проекту XI.174.1.2 (0325-2017-0006) «Принципиальные подходы к формированию взаимосвязей основных участников процессов освоения минерально-сырьевых ресурсов Азиатской части России в условиях глобальных вызовов XXI века» №АААА-А17-117022250131-5.

Автор благодарит академика Н. П. Похиленко, чл.-корр. РАН В. А. Крюкова, А. В. Толстова, В. П. Афанасьева, А. И. Кубышева, А. А. Корогодского, Я. В. Крюкова за совместную работу по тематике формирования подходов к интегрированию алмаз-лонсдейлитового сырья в экономические и технологические цепочки, результаты которой описаны в данной статье.

Список использованных источников

1. В. А. Крюков, Н. Ю. Самсонов, Я. В. Крюков. Межрегиональные технологические цепочки в освоении Попигайского месторождения алмаз-лонсдейлитового сырья//ЭКО. № 8. 2016. С. 51-66.
2. В. А. Крюков, А. В. Толстов, В. П. Афанасьев и др. Обеспечение российской промышленности высокотехнологичной сырьевой продукцией на основе гигантских месторождений Арктики — Томторского ниобий-редкоземельного и Попигайского сверхтвердого абразивного материала/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»//Север и Арктика в новой парадигме мирового развития. Лузинские чтения-2016: Материалы VIII Международной научно-практической конференции (Апатиты, 14-16 апреля 2016 г.). Апатиты: ИЭП КНЦ РАН, 2016. С. 204-206.
3. А. Е. Варшавский. О стратегии научно-технологического развития российской экономики//Общество и экономика. 2017. № 6. С. 5-27.
4. В. В. Ивантер. Перспективы восстановления экономического роста в России//Вестник Российской академии наук. 2017. Т. 87. № 1. С. 15-28.
5. А. А. Корогодский. Технологическая отсталость — в головах людей//ЭКО. 2015. № 3. С. 5-13.
6. А. Т. Юсупова. Высокотехнологичные компании-лидеры: устойчивость рыночных позиций, отраслевые и региональные особенности//Регион: экономика и социология. 2017. № 3. С. 277-297.
7. В. Л. Масайтис. Импактные алмазы Попигайской астроблемы: основные свойства и практическое применение//Записки Российского минералогического общества. 2013. Т. 142. № 2. С. 1-10.
8. В. П. Афанасьев, Н. П. Похиленко. Попигайские импактные алмазы: новое российское сырье для существующих и будущих технологий//Инноватика и экспертиза. 2013. Вып. 1 (10). С. 8-15.
9. A. P. Yelisseyev, V. P. Afanasiev, A. V. Panchenko, S. A. Gromilov, V. V. Kaichev, A. A. Saraev. Yakutites: Are they impact diamonds from the Popigai crater?//Lithos. 265. (2016). P. 278-291.
10. H. Ohfuji, M. Nakaya, A. P. Yelisseyev, V. P. Afanasiev, K. D. Litasov. Mineralogical and crystallographic features of polycrystalline yakutite diamond//Journal of Mineralogical and Petrological Sciences. 2017. Vol. 112. Iss. 1. P. 46-51.

11. А. А. Фролов, А. В. Лапин, А. В. Толстов, Н. Н. Зинчук, С. В. Белов, А. А. Бурмистров. Карбонатиты и кимберлиты (взаимоотношения, минерогения, прогноз). М.: НИИ-Природа, 2005. 542 с.
12. А. В. Толстов. Главные рудные формации Севера Сибирской платформы. М.: ИМПРЭ, 2006. 212 с.
13. С. А. Вишневский. Попигайская астроблема. ИГМ им. В. С. Соболева СО РАН. Новосибирск: Акад. Изд-во «Гео», 2016. 71 с.
14. А. А. Вальтер, Г. К. Еременко, В. Н. Квасница, Ю. А. Полканов. Ударно-метаморфогенные минералы углерода. К.: Наук. думка, 1992. 172 с.
15. Отчет о результатах исследований по теме «Инструментальное исследование свойств импактных алмазов Попигайской астроблемы для целей их технического применения»/Сост. В. П. Афанасьев. ИГМ СО РАН, НИИПИ «Якутинпроалмаз» АК «АЛРОСА» (ПАО). Новосибирск, 2015. С. 289.
16. Порошки, инструмент и пасты из синтетических алмазов: каталог-справочник/Сост. Е. Б. Верник. Академия наук Украинской ССР; Институт сверхтвердых материалов им. В. Н. Бакуля. Киев: Наукова думка, 1981. 143 с.
17. М. В. Николаев, Е. Э. Григорьева, А. М. Николаев, Н. Ю. Самсонов. Алмаз-лонсдейлитовое сырье Попигайской астроблемы — новый вид высокотехнологичных материалов: формирование цены//Инновации. 2017. № 3. С. 102-107.
18. X. Chen. Performance evaluation of China's high-tech innovation process: Analysis based on the innovation value chain. Technovation (2018), <https://doi.org/10.1016/j.technovation.2018.02.009>.
19. R. Pomfret, P. Sourdin. Value chains in Europe and Asia: Which countries participate?//International Economic. Vol. 153. May 2018. P. 34-42.
20. K. R. Robinson Douglas, T. Propp. Multi-path mapping for alignment strategies in emerging science and technologies// Technological Forecasting and Social Change. Vol. 75. Issue 4. May 2008. P. 517-538.

Possibilities of technological integration and export of diamond-lonsdaleite material as high-tech national raw materials for global economics

N. Yu. Samsonov, PhD (economics), senior researcher, Institute of economics and industrial engineering, Siberian branch of the Russian academy of sciences.

The article deals with economic approaches to technological integration of a new type of high-tech mineral raw materials (superabrasive diamond-lonsdaleite raw materials or impact diamonds) into the domestic and global high-tech industry. The system approaches of scientific research and investment analysis are used. The new technological features and characteristics of raw materials are shown, the most important promising areas of its application are specified, approaches to the creation of a technological chain of production and use of mineral raw materials in the high-tech industry are developed and justified. Potential volumes of extraction and consumption of new material are estimated, and alternative approaches to the development of subsoil plots containing diamond-lonsdaleite material located in the Arctic region (Popigai meteorite crater) are proposed. The results can be used to formulate a policy for the development of sectors of a new knowledge-based economy (for example, a highly efficient instrumental, optical industry), implement federal and regional scientific and technological policies, import substitution and expand the export potential of science-intensive raw materials.

Keywords: Arctic, Popigai astrobleme, Krasnoyarsk region, Republic of Sakha (Yakutia), super-abrasive raw materials, tools-industry, innovations, technologies, import substitution, geological prospecting.

Уважаемые коллеги!

Департамент стратегического развития и инноваций Минэкономразвития России информирует о проведении следующих актуальных конкурсных отборов:

- отбора на право получения субсидий из федерального бюджета российскими организациями на компенсацию части затрат на проведение научно-исследовательских и опытно конструкторских работ по приоритетным направлениям гражданской промышленности в рамках реализации такими организациями комплексных инвестиционных проектов по Правилам, утвержденным постановлением Правительства Российской Федерации от 30 декабря 2013 г. № 1312, проводимый Минпромторгом России с 22 октября по 7 декабря 2018 года;
- Международного конкурса научных, научно-технических и инновационных разработок, направленных на развитие и освоение Арктики и континентального шельфа, проводимого при поддержке Правительства Российской Федерации и Министерства энергетики Российской Федерации с 1 ноября 2018 г. по 1 августа 2019 года.

Информация о конкурсном отборе Минпромторга России приведена на официальном сайте Министерства в сети Интернет. Подача заявок на участие в указанном конкурсе осуществляется в государственной информационной системе промышленности (ГИСП) в соответствии с утвержденным Регламентом. Инструкция по подаче заявок размещена в базе знаний ГИСП по адресу <https://gisp.gov.ru/documents/9184111>.