

ФОРМИРОВАНИЕ ЦЕНЫ НА АЛМАЗ-ЛОНСДЕЙЛИТОВОЕ СЫРЬЕ ПОПИГАЙСКОГО МЕСТОРОЖДЕНИЯ

М.В. Николаев, дир. Научно-исследовательского института региональной экономики Севера, Северо-Восточный федеральный университет им. М.К. Аммосова, Якутск, д-р экон. наук

Е.Э. Григорьева, вед. научн. сотр. Научно-исследовательского института региональной экономики Севера, Северо-Восточный федеральный университет им. М.К. Аммосова, Якутск, канд. экон. наук

А.М. Николаев, глав. спец. АК «АЛРОСА», Москва

Н.Ю. Самсонов, старш. научн. сотр. Института экономики и организации промышленного производства СО РАН, Новосибирск, канд. экон. наук

В статье представлены результаты экономических исследований по теме вовлечения в разработку Попигайского месторождения сверхабразивного алмаз-лонсдейлитового сырья. Впервые представлены итоги вариантов расчета цен на данное техническое сырье с использованием производственного расчетного метода (финансово-экономическая модель разработки месторождений с учетом диапазона цен на алмазы. В качестве «контрольного» использован метод сравнения ценовых коэффициентов на алмазы кимберлитового, синтетического (представленных на рынке) и импактного генезиса.

Ключевые слова: Попигайское месторождение, Якутия, импактные алмазы, алмаз-лонсдейлитовое сырье, синтетические алмазы, природные технические алмазы, цены, рентабельность, технологическая эффективность, высокотехнологичная продукция.

PRICE FORMATION IN THE DIAMOND-LONSDALEITE RAW POPIGAI DEPOSITS

M.V. Nikolaev, Director, Scientific Research Institute of Regional Economy of North, North-Eastern Federal University M.K. Ammosov, Yakutsk, Ph.D. of Economics

E.E. Grigorieva, Leading Researcher, Research Institute of Regional Economy of North, North-Eastern Federal University M.K. Ammosov, Yakutsk, Doctor of Economics

A.M. Nikolaev, Chief Specialist, ALROSA, Moscow

N.Y. Samsonov, Senior Researcher, Institute of Economics and Industrial Engineering SB RAS, Novosibirsk, Doctor of Economics

The article presents the results of economic research on the topic of involvement in the development of the Popigai Deposit super abrasive diamond-lonsdaleite raw materials. For the first time the Article presents the results of the options pricing on this technical raw materials using production design methods (economic and financial model of development of deposits, taking account of the range of prices for diamonds. As a control, we used the method of comparison of price indexes for diamonds, kimberlite, synthetic (on the market) and the impact Genesis.

Keywords: Popigai field, Yakutia, impact diamonds, diamond-lonsdaleite raw materials, synthetic diamonds, natural industrial diamonds, prices, profitability, process efficiency, high-tech products.

Ситуация на рынке алмазного технического сырья. Быстрое развитие индустриального производства в глобальной экономической системе создает предпосылки значительного роста потребления сверхтвердых материалов — электрокорунда, оксида циркония, оксида крем-

ния, кубического нитрида бора. Эти материалы, а также композиты из них, обладающие высочайшей твердостью, износоустойчивостью и низкой степенью химического воздействия, потребляются индустрией развитых и развивающихся стран ежегодно в огромном количестве — миллиарды карат — и используются в производстве высокотехнологичной и технологичной продукции, прежде всего, разнообразного по типам режущего инструмента и сфер его применения, различных инструментальных элементов и абразивных порошков.

Особое место в этих процессах в настоящее время занимает техническая продукция из синтетического и природного алмаза. Уникальные свойства алмаза делают его максимально эффективным и технологически высококонкурентоспособным сырьем в качестве абразивного, режущего и полирующего компонента, алмазного инструмента (диски, пилы, режущие пластины для металлообработки и т.д.), специальных алмазных изделий (медицинский инструмент и пр.) или готового продукта (микронные и субмикронные алмазные порошки).

Из всего мирового объема добываемых алмазов из кимберлитовых трубок и россыпных месторождений — добыча в мире в последние три года стабилизировалась на уровне 130–132 млн карат (после заметного снижения, начиная с 2009 г. с 160–170 млн карат). Из них к алмазам технического назначения относится около 40–50%, то есть 52–65 млн карат [1].

При этом мировой лидер по алмазодобыче АК «АЛРОСА» (ПАО) добывает ежегодно 36 млн карат алмазов, что составляет 97% от общероссийской добычи алмазов и 28% от мирового объема. Из этого количества алмазы ювелирного качества составляют 23,54 млн карат (65% по объему и 95% по стоимости), а алмазы технического качества — 12,67 млн карат. Выручка от продажи технических алмазов в 2014 г. увеличилась более чем в два раза (до 145,7 млн долл.) по сравнению с 2013 г. из-за роста курса доллара и цен на технические алмазы (увеличение на 36,9% до 12,3 долл. за карат), а также, собственно, благодаря росту на 4% объемов реализации таких алмазов.

Успешная реализация новых инвестиционных проектов, выполнение мероприятий по инновационному развитию и технической модернизации действующих алмазодобывающих объектов — расширение Нюрбинского и Айхальского ГОКов, ввод в эксплуатацию алмазодобывающего предприятия Верхне-Мунского кимберлитового поля и другие — позволят АК «АЛРОСА» (ПАО) с 2019–2020 г. добывать не менее 40–41 млн карат алмазов в год. Это означает потенциальное предложение компанией алмазов технического качества в ближайшие годы в объеме 14–15 млн карат в год.

С учетом прогнозируемого прироста мировой алмазодобычи в целом на 20–21 млн карат (по оценке Bain до 153 млн карат через 7–8 лет [2]), в том числе за счет АК «АЛРОСА» (ПАО), предложение природных технических алмазов на глобальном рынке составит к тому времени до 74 млн карат.

Ограниченные ресурсы перспективных коренных алмазоносных месторождений, постепенное истощение разрабатываемых кимберлитовых трубок никогда и не в одной развитой стране не позволяли полностью обеспечивать алмазами технического качества ее промышленные потребности. Многолетние разработки технологий в сфере массового производства искусственных алмазов, колоссальный растущий промышленный спрос на сверхтвердое сырье с учетом объективно ограниченной добычи природных технических алмазов и миллиарды долларов, инвестированные в создание новых инновационных высокотехнологических производств, прежде всего, в Китае, позволили за десятилетний период сформировать в этой стране мощный комплекс по производству синтетических алмазов, в основном, промышленного назначения. В настоящее время китайские предприятия создали и закрепили фактически монопольное положение на рынке искусственных технических алмазов.

Синтетические алмазы сейчас производятся в объеме не менее 9–10 млрд карат в год и практически полностью используются во всем мире в технологических целях. Динамика увеличения их потребления составляет 10–15% ежегодно. Здесь становится видна разница

между параметрами сегментов природных и синтетических алмазов на рынке алмазного технического сырья: рост производства природных алмазов в сравнении с синтетическими практически незаметен (он варьируется в пределах 1%), в то время как синтетические алмазы, занимающие 99% рынка алмазного сырья в натуральном выражении (табл. 1), имеют кратную динамику роста их производства [3].

В настоящее время синтетические алмазы покрывают потребности технологичной и высокотехнологичной промышленности развитых и развивающихся стран мира, в том числе и отечественной. Конечно, в России и странах ближнего зарубежья также имеются предпри-

Таблица 1

Мировые объемы производства и добычи алмазов

Вид алмазного сырья	2002 г.	2010 г.	2011 г.	2012 г.	2013 г.	2014 г.	Доля рынка в 2014 г.
Синтетические алмазы, млрд карат	2,5	7,0	7,5	8,0	8,5	9,0	≈ 99,0%
Природные алмазы (ювелирные и технические, всего), млрд карат	0,118	0,133	0,123	0,128	0,13	0,125	≈ 1,0%

ятия по выпуску синтетических алмазов (ФГБНУ «ТИСНУМ», ООО «Инреал» и другие, – в научно-исследовательских целях), но о массовом производстве, способном конкурировать с китайской продукцией на отечественном, и, тем более, на внешних рынках, говорить не приходится. Более сотни российских предприятий выпускают определенный набор алмазного инструмента, промышленно-технологичных изделий (например, алмазные буровые коронки) и широкий спектр алмазных порошков с использованием природных технических алмазов и синтетических алмазов.

Обоснование актуальности вопроса. С одной стороны, российский сегмент промышленности, применяющий техническое алмазное сырье и отрасли, использующие его продукцию, – металлообрабатывающая и инструментальная промышленность, бурение различного типа и предназначения скважин, камнерезательная, дорожно-строительная и строительная отрасли и так далее – обеспечены поставками сравнительно недорогого (даже при изменении валютного курса) и эффективного алмазного сырья.

С другой стороны, мы находимся в зависимости от поставок импортного алмазно-технического сырья и практически свободно предоставляем свой достаточно большой объем рынка готовой импортной алмазной продукции с высокой добавленной стоимостью (его можно оценить в сумме не менее 20 млрд руб. ежегодно). Кроме того, упускаем возможность сформировать мощный национальный сегмент производства высокоэффективной продукции с использованием собственного высокообразивного сырья, имеющего существенно более высокие технологические показатели в сравнении с «синтетикой» и кимберлитовыми техническими алмазами и недоиспользуем потенциал отечественной минерально-сырьевой базы технических алмазов.

Все эти факторы создают определенные угрозы и риски для стабильного развития отечественной технологичной и высокотехнологичной индустрии в средне- и долгосрочной перспективе, успешного выполнения гражданским промышленным и военно-промышленным комплексом поставленных руководством страны перед ними задач.

Резонно ставится вопрос: располагает ли отечественная сырьевая база необходимым объемом технического алмазного сырья для частичного импортозамещения объемов рынка синтетического сырья и являющегося конкурентоспособным по своим технологическим и стоимостным характеристикам по отношению к китайским синтетическим алмазам? Ответ однозначен.

Попигайское месторождение сверхтвердого алмаз-лонсдейлитового сырья — единственное в мире месторождение импактных алмазов расположено на севере Сибири, на границе Красноярского края и Якутии. Сформировалось оно 35,7 млн лет назад в результате удара об землю гигантского космического тела. В результате удара образовался кратер диаметром около 100 км, а породы мишени — архейские гнейсы с высоким содержанием графита — претерпели существенные изменения (рис. 1, 2), значительная часть материала выброшена за пределы кратера. Графит в момент удара перешел в композит высокобарических углеродных фаз, из которых главными являются алмаз с кубической структурой и лонсдейлит — углерод с гексагональной структурой [4].



Рис. 1. Попигайская астроблема (вид из космоса)



Рис. 2. Массивы тагамитовых пород месторождения Скальное Попигайской астроблемы

Попигайский кратер изучался на протяжении 15 лет — с момента открытия его метеоритной природы В.Л. Масайтисом (рис. 4) в 1971 г. по 1985 г., когда работы по изучению кратера и его алмазов были неожиданно прекращены, материалы изучения сданы в фонды с грифом «секретно». На первом этапе исследований было разведано месторождение Скальное — малый фрагмент Попигайского кратера (0,3% от площади), все запасы импактных алмазов по этому месторождению, защищенные в ГКЗ, оценены в 140 млрд каратов при высочайших содержаниях алмазов в руде (в среднем 23,23 карат на тонну, хотя встречаются участки с ураганными содержаниями до 100 карат на тонну). Не исключено, что в кратере

имеются участки с еще большим содержанием, но в любом случае общие запасы технического алмаз-лонсдейлитового сырья можно считать практически неисчерпаемыми.

Ученые из ИГМ СО РАН акад. РАН Похиленко Н.П., д-р геол.-минер. наук Афанасьев В.П. в своих работах показывают, что в ходе уже современного этапа минералогических и технологических исследований установлено, что благодаря агрегатности и высокой дефектности в форме межзерновых границ импактные алмазы обладают поистине уникальной абразивной способностью в 1,8–2,4 раза превосходящую абразивную способность обычных алмазов [6]. Данная особенность определяет основной вектор использования импактного алмаз-лонсдейлитового сырья как уникального высокотехнологичного абразивного материала для применения в самых разных отраслях промышленности. Представленные ниже результаты публикуются в научной литературе впервые.

Применение импактных алмазов. Сферы использования импактных алмазов определяются исходя из возможностей замещения ими природных технических и синтетических алмазов в тех же технологиях, учитывая технологическое преимущество импактных алмазов как абразивного материала. Предполагается два основных пути применения импактных алмазов:

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

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

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

В свою очередь, выполненные в Институте экономики и организации промышленного производства СО РАН (Новосибирск) укрупненные технико-экономические расчеты (на ноябрь 2015 г.) показали, что проект освоения месторождения Скальное при вариантах промышленной разработки (50 лет эксплуатации при мощности фабрики в 4,8 млн тонн руды в год и выпуске около 100 млн карат) или опытно-промышленной разработки (10 лет эксплуатации; 0,49 млн тонн и 10 млн карат алмазов в год) формирует положительный чистый приведенный доход, а внутренняя норма доходности существенно выше величины, требуемой инвестором нормы возврата капитальных вложений, при минимальной цене реализации за карат алмазов в 8,5 долл., табл. 2 (сравните со средней ценой 12–15 долл. на технические алмазы кимберлитового происхождения!). Проект показывает высокую устойчивость к капитальным затратам, но чувствителен к снижению стоимости алмаза, средним содержаниям в руде и к себестоимости производства.

Методика определения цены на импактные алмазы. Ставится следующий вопрос — возможно ли сделать расчет цены на алмазное сырье не с позиции производственной экономической модели, а с учетом сравнительной цены на пока еще не представленное на рынке алмаз-лонсдейлитовое сырье с присутствующими на рынке аналогами — кимберлитовыми и синтетическими алмазами технического качества?

В рамках исследования по сравнению цен реализации синтетических, природных и импактных алмазов перед нами ставилась задача выведения ценовых коэффициентов эквивалентов алмазов, позволяющих сравнить стоимость сырья.

Таблица 2

Основные финансово-экономические показатели эффективности разработки месторождения Скальное (вариант «Промышленный» и «Пилотный»), расчеты по ноябрь 2015 г.

Вариация цен на импактные алмазы	Ед. изм.	8 долл./ кар.	8,5 долл./ кар.	9 долл./ кар.	9,5 долл./ кар.	10 долл./ кар.
Вариант «Промышленный»						
Чистый дисконтированный поток денежных средств (NPV)	млн руб.	-5158,0	9656,6	22 675,8	35 695,1	48 714,4
Внутренняя норма доходности (IRR) (E = 10%)	%	9,49	13,61	16,69	19,41	21,86
Модифицированная норма доходности (MIRR)	%	11,36	12,32	12,9	13,36	13,74
Индекс прибыльности (PI)	%	0,83	1,32	1,74	2,17	2,59
Дисконтированный срок окупаемости (DPBP)	лет	не окупается	19 лет 4 мес.	14 лет	11 лет	10 лет
Вариант «Пилотный»						
Чистый дисконтированный поток денежных средств (NPV)	млн руб.	-789,5	587,6	1747,3	2907,1	4066,9
Внутренняя норма доходности (IRR) (E = 10%)	%	5,18	14,84	21,6	27,64	33,18
Модифицированная норма доходности (MIRR)	%	8,48	13,29	16,18	18,49	20,43
Индекс прибыльности (PI)	%	0,74	1,19	1,57	1,96	2,34
Дисконтированный срок окупаемости (DPBP)	лет	не окупается	12 лет 9 мес.	11 лет 7 мес.	7 лет 7 мес.	7 лет

Для определения ценового коэффициента синтетических алмазов рассмотрены цены среднего устойчивого китайского предприятия — производителя синтетических алмазов. Качество продукция производителя синтетических алмазов характеризуется стабильно высоким.

Первичный анализ цен показывает повышенный спрос на синтетические алмазы размеров 2200/1800 ювелирного качества. Средняя цена на алмазы ювелирного качества значительно превышает цены на остальную продукцию, что является вполне понятной и ожидаемой закономерностью. Разница в цене алмазов ювелирного качества от технического в размерности 2000/2200 в сравнении с размерностью 710/600 увеличивается в 3 раза (отношение «серых» ячеек в табл. 3, рис. 3). Таким образом, при уменьшении размерности технического алмазного сырья существенная разница в цене между качественными характеристиками сырья становится менее заметна (рис. 4).

Далее, включим в сравнение цены на природные алмазы технического качества (табл. 3), установленные на эквивалентную продукцию АК «АЛРОСА» (ПАО), реализованную в рамках внеконкурсных продаж (октябрь 2015 г.).

При сопоставлении реальных цен на природные и синтетические алмазы мелких размеров (табл. 5) определено, что превышение цены реализации продукции АК «АЛРОСА» над ценой эквивалентной продукции китайского производителя в среднем составляет 160%. Таким образом, при эквивалентном соотношении природных и синтетических алмазов соответствует 1:0,39 соответственно.

При сравнении реальных цен на рис. 2 видно, что со снижением размерности сырья у природных алмазов их стоимость понижается значительнее, чем у синтетических алмазов.

Для определения средней цены за карат импактных алмазов использованы данные выборки образцов импактных алмазов разных размерностей, взятых с объекта «Попигайская площадка. Русло реки Догой» (2014 г.). Данные анализируемых проб представлены в табл. 6.

Таблица 3

Сравнительные цены на продукцию среднего устойчивого китайского предприятия (2015 г.)

Рассев	Ювелирные	Технические алмазы (без дефектов)	Технические алмазы (с незначительными дефектами)	Технические алмазы (с большими дефектами)	Разница средней цены ювелирных и технических алмазов
2200/2000 мкр	48,53	13,7	5,7	3,4	6
2000/1800 мкр	24,26	8,8	4,4	2,3	5
1800/1680 мкр	9,71	5,5	3,3	1,65	3
1680/1410 мкр	6,07	3,4	2,4	1,3	3
1410/1190 мкр	3,64	2,3	1,7	1	2
1180/1000 мкр	2,43	1,6	1,2	0,7	2
1000/850 мкр	1,7	1,2	0,8	0,6	2
850/710 мкр	0,85	0,68	0,53	0,44	2
710/600 мкр	0,71	0,53	0,38	0,26	2
Среднее значение	10,88	4,19	2,27	1,29	4

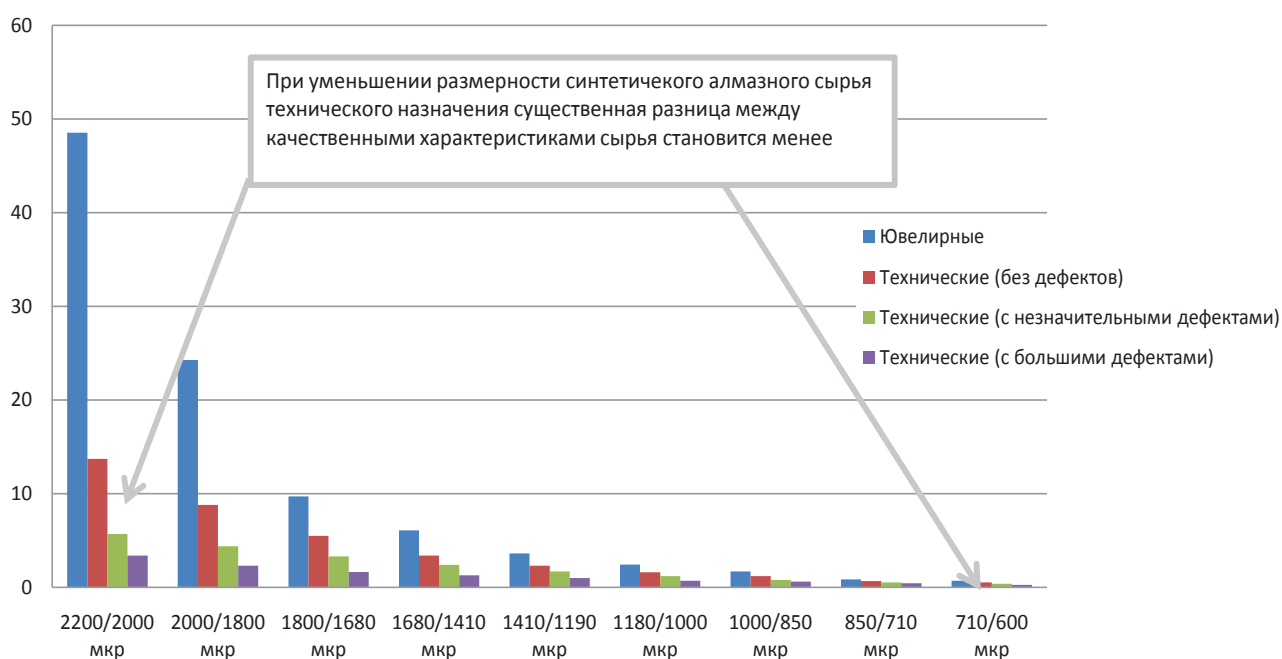


Рис. 3. Сравнительные цены на продукцию среднего устойчивого китайского предприятия (2015 г.)

В результате изучения образцов алмазов дана предварительная оценка средней цены на полученные алмазы в 20,51 долл./карат, а в анализируемых пробах импактных алмазов — 3,56 долл./карат, что при эквивалентном соотношении природных и импактных алмазов составляет 1:0,17 соответственно.

Таким образом, при сравнении технических алмазов кимберлитового, синтетического и импактного генезисов, цена на алмазы импактного генезиса, потенциально принимаемая

рынком на основе сравнительных стоимостей алмазов двух других типов, в настоящее время является самой низкой — 1:0,39:0,17 (табл. 7). То есть при текущей средней цене реализации природных алмазов технического назначения 15 долл. за карат (табл. 4, 5), импактные алмазы должны оцениваться и приниматься рынком в пределе — 2,55–2,6 долл. за карат. Такой минимальный ценовой коэффициент и комплекс уникальных свойств алмазов импактного генезиса (в частности, сверхвысокая абразивность, магнетизм, электропроводность и пр.) дополнительно подтверждают, что алмаз-лонсдейлитовый материал является весьма перспективным для технологических исследований и инвестиционных вложений.

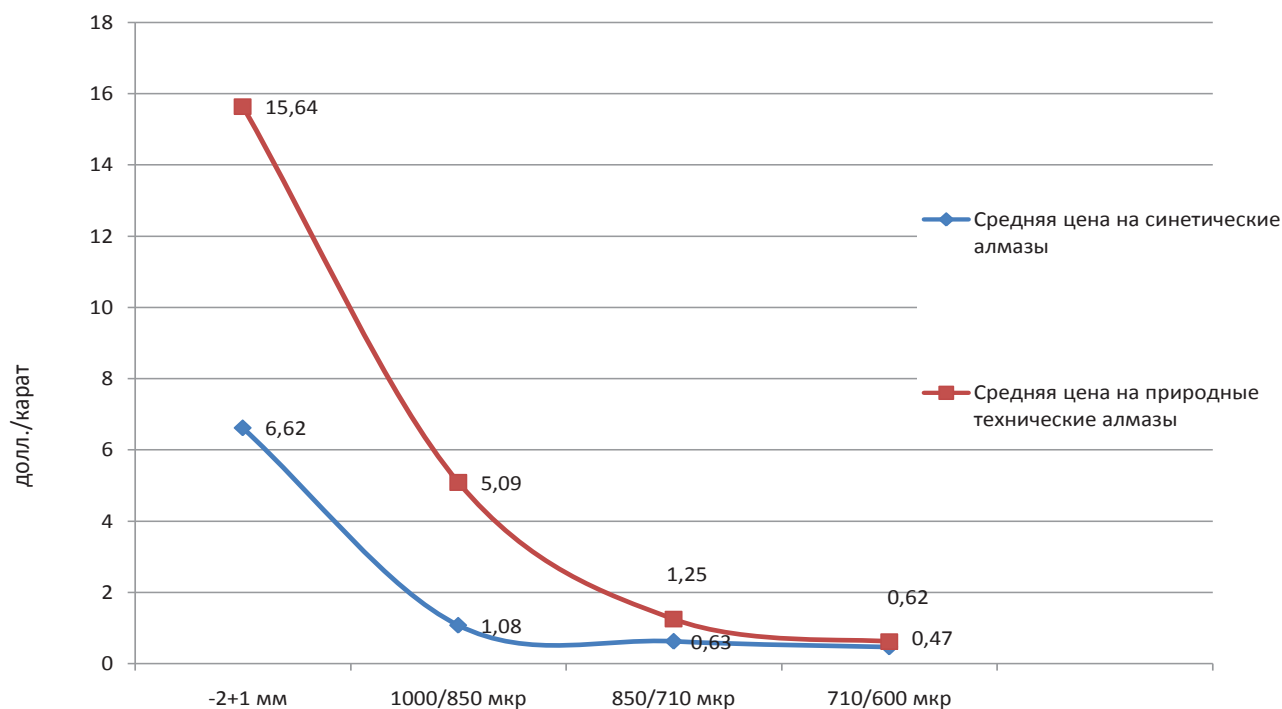


Рис. 4. Различия в ценах на алмазную техническую продукцию АК «АЛРОСА» (ПАО), октябрь 2015 г.

Таблица 4

Цены на алмазную техническую продукцию АК «АЛРОСА» (ПАО), октябрь 2015 г.

Тип продукции / Рассев	Средняя цена, долл./карат
Алмазы технические	15,64
–2+1 мм	15,64
Алмазные порошки	1,95
1000/800 мкр	5,09
800/630 мкр	1,25
630/500 мкр	0,62
500/400 мкр	0,3
400/315 мкр	0,36
250/200 мкр	0,16
200/160 мкр	0,28

Сравнение цен реализации природных и синтетических алмазов технического назначения

Рассев	Средняя цена на технические алмазы, долл./карат		Превышение цены природных алмазов над синтетическими
	Синтетические	Природные	
–2+1	6,62	15,64	136,30%
1000/850	1,08	5,09	371,30%
850/710	0,63	1,25	98,40%
710/600	0,47	0,62	31,90%
Среднее значение	2,2	5,65	159,50%

Таблица 6

Предварительное сравнение цен обычного генезиса (кимберлитового) алмазов и импактных алмазов

Параметры	Алмазы	Импактные алмазы
Количество, шт.	30	70
Масса, кар.	1,73	14,52
Цена, долл./карат	20,51	3,56
Стоимость, долл.	35,49	50,98

Прим.: Исследования проведены отделом минералогических исследований ОАО «Алмазы Анабара».

Таблица 6

Ценовые коэффициенты эквивалентных алмазов кимберлитового, импактного и синтетического генезисов

Природные технические алмазы кимберлитового генезиса	Синтетические алмазы	Природные алмазы импактного генезиса
1	0,39	0,17

Источник: рассчитано авторами.

Стоит сказать, что благодаря произошедшим за год курсовым валютным изменениям освоение Попигайского месторождения может сохранять рентабельность и при более низких диапазонах долларовых цен на импактные алмазы (ниже 6–7 долл. за карат) и приблизиться к цене, полученной методом сравнительных коэффициентов.

Кроме того, возможно достичь снижения стоимости сырья и за счет внедрения эффективной технологии переработки импактной руды с более низкой себестоимостью обогащения. Запуск новых технологических предприятий и заводов по изготовлению технологичной и высокотехнологичной продукции из алмаз-лонсдейлитового сырья и включение их в цепочку повышения добавленной стоимости всего проекта, также позволяет говорить о снижении производственной цены реализации алмазов.

В заключение отметим, что потребность российской промышленности в алмаз-лонсдейлитовом композите не будет решающей, основной объем может быть в той или иной степени готовности экспортирован на предприятия европейских стран, Японии, Южной Кореи, а также и Китая, по крайней мере, при масштабном (до 100 млн карат в год) варианте экс-

плуатации объекта. Но те области производства, в которых требуется алмазное сырье с повышенной технологической эффективностью и формирование в ассортиментной линейке premium-сегмента алмазного инструмента, изделий и порошков, российские производители могут обеспечиваться в значительной степени.

В этом смысле рост внутреннего потребления алмаз-лонсдейлитового сырья российскими предприятиями и создание нового отечественного сегмента производства высокоэффективной алмазной продукции на его основе стимулируется реализацией государственной промышленной и инновационной политики.

Немаловажным и весьма существенным обстоятельством является монопольное положение нашей страны, имеющей такой уникальный объект, как Попигайское месторождение. И главный вопрос настоящего времени – умело воспользоваться этим преимуществом.

Список литературы

1. Годовой отчет ОАО «АК «АЛРОСА». 2015. С. 63
2. The global diamond report 2015. Growth perspectives amid short-term challenges. Bain&Company, p. 33.
3. Григорьева Е.Э., Николаев М.В. Мировой рынок алмазов технического назначения // В сборнике: Новое слово в науке: перспективы развития материалы III Международной научно-практической конференции. Чебоксары, 2015. С. 188–189.
4. Вишневецкий С.А., Афанасьев В.П., Аргунов К.П., Пальчик Н.А. Импактные алмазы: их особенности, происхождение и значение / Тр., Объед. Институт геологии, геофизики и минералогии СО РАН. Вып. 385. Новосибирск: Изд-во, НИЦ ОИГГМ, 1997.
5. Масайтис В.Л., Михайлов М.В., Селивановская Т.В. Попигайский метеоритный кратер. Изд-во. М.: Наука. 1975. С. 124.
6. 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.
7. Аргунов К.П. Результаты изучения алмазоносности территории главных алмазодобывающих стран мира. Якутск. Изд-во ЯНЦ СО РАН., 2006. 176 с.
8. Вальтер А.А., Еременко Г.К., Квасница В.Н., Полканов Ю.А. Ударно-метаморфогенные минералы углерода. Киев: Наук. думка. 1992. 172 с.
9. Бочко А.В., Вальтер А.А., Гурский Д.С., Еременко Г.К. Технологические свойства импактных алмазов // Минералогический журнал. 1999. Т. 21. № 2–3.
10. Похиленко Н.П., Афанасьев В.П., Толстов А.В., Ягольницер М.А. Импактные алмазы – новый вид высокотехнологичного сырья // ЭКО. № 12. 2012. С. 11.

References

1. *Godovoj otchet OAO «AK «ALROSA»* [Annual report of OJSC «AK «ALROSA»]. 2015, p. 63.
2. The global diamond report 2015. Growth perspectives amid short-term challenges. Bain&Company, p. 33.
3. Grigorieva E.E., Nikolayev M.V. (2015) *Mirovoj rynekalmazov tehničeskogo naznachenija. V sbornike: Novoe slovo v nauke: perspektivy razvitija materialy III Mezhdunarodnoj nauchno-praktičeskoj konferencii* [Global diamond market of technical purpose. In the collection: a New word in science: prospects of development of materials of the III International scientific-practical conference]. *Cheboksary* [Cheboksary], p. 188–189.
4. Vishnevsky S.A., Afanasiev V.P., Argunov, K.P., Palchik N.A. (1997) *Impaktnye almazy: ih osobennosti, proishozhdenie i znachenie* [Impact diamonds: their features, origin and meaning]. *Trudy ob'edinennogo instituta geologii, geofiziki i mineralogii SO RAN* [Works of Joint Institute of Geology, Geophysics and Mineralog Siberian branch of the Russian Academy of Sciences]. *Novosibirsk* [Novosibirsk], vol. 385.
5. Masaitis V.L., Mikhailov M.V., Selivanovskaya T.V. (1975) *Popigajskij meteoritnyj krater* [Popigai meteorite crater]. *Izdatel'stvo «Nauka»* [NAUKA Publishers]. Moscow, p. 124.

6. Afanasiev V.P., Pokhilenko N.P. (2013) *Popigajskie impaktnye almazy: novoe rossijskoe syr'e dlja sushhestvujushhh i budushhh tehnologij* [Popigai impact diamonds: the new Russian raw materials for existing and future technologies]. *Innovatika i jekspertiza* [Innovatics and expert examination], no. 1(10), p. 8–15.

7. Argunov K.P. (2006) *Rezul'taty izuchenija almazonosnosti territorii glavnyhalmazodobyvajushhh stran mira. Jakutsk* [The Results of study of the diamond potential of the main diamond-producing countries of the world]. *Izdatel'stvo JaNC SO RAN* [Published by: SB RAS Yakut Scientific Centre], Yakutsk. 176 p.

8. Valter A.A., Eremenko G.K., Kvasnitsa V.N., Polkanov Y.A. (1992) *Udarno-metamorfogenye mineraly ugleroda* [Shock-metamorphogenic minerals carbon]. «Naukova dumka» [«Naukova Dumka» Publishers]. Kiev, 172 p.

9. Bochko A.V., Walter A.A., Gursky D.S., Yeremenko G.K. (1999) *Tehnologicheskie svojstva impaktnyhalmazov* [Technological properties of impact diamonds]. *Mineralogicheskij zhurnal* [Mineralogical magazine]. Vol. 21, no. 2–3.

10. Pokhilenko N.P., Afanasiev V.P., Tolstov A.V., Yagolnitser M.A. (2012) *Impaktnye almazy – novyj vid vysokotehnologichnogo syr'ja* [Impact Diamonds – a new kind of high-tech raw material]. *JeKO* [ECO], no. 12, p. 11.