

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
Федеральное государственное бюджетное
образовательное учреждение
высшего образования
«Сибирский государственный индустриальный университет»
Российская академия естественных наук

*90-летию Сибирского государственного
индустриального университета посвящается*

**ВЕСТНИК
ГОРНО-МЕТАЛЛУРГИЧЕСКОЙ СЕКЦИИ
РОССИЙСКОЙ АКАДЕМИИ
ЕСТЕСТВЕННЫХ НАУК**

Отделение металлургии

Сборник научных трудов

Издается с 1994 г. ежегодно

Выпуск 43

Москва
Новокузнецк
2020

УДК 669.1(06)+669.2/.8.(06)+621.762(06)+669.017(06)

ББК 34.3я4

В 387

В 387 Вестник горно-металлургической секции Российской академии естественных наук. Отделение металлургии: Сборник научных трудов. Вып. 43 / Редкол.: Е.В. Протопопов (главн. ред.), М.В. Темлянцева (зам. главн. ред.), Г.В. Галевский (зам. главн. ред.) [и др.]: Сибирский государственный индустриальный университет. – Новокузнецк, 2020. – 272 с., ил.

Издание сборника статей, подготовленных авторскими коллективами, возглавляемыми действительными членами и членами-корреспондентами РАЕН, других профессиональных академий, профессорами вузов России. Представлены работы по различным направлениям исследований в области металлургии черных и цветных металлов и сплавов, порошковой металлургии и композиционных материалов, физики металлов и металловедения, экономики и управления на предприятиях.

Сборник реферируется в РЖ Металлургия.

Электронная версия сборника представлена на сайте <http://www.sibsiu.ru> в разделе «Научные издания»

Ил. 89, табл. 61, библиогр. назв. 276.

Редакционная коллегия: Арнс В.Ж., д.т.н., проф., д.ч. РАЕН, вице-президент РАЕН, г. Москва; Райков Ю.Н., д.т.н., д.ч. РАЕН, председатель горно-металлургической секции РАЕН, ОАО «Институт Цветметобработка», г. Москва; Протопопов Е.В., д.т.н., проф., д.ч. РАЕН (главный редактор), СибГИУ, г. Новокузнецк; Темлянцева М.В., д.т.н., проф., д.ч. РАЕН (зам. главного редактора), СибГИУ, г. Новокузнецк; Галевский Г.В., д.т.н., проф., д.ч. РАЕН (зам. главного редактора), СибГИУ, г. Новокузнецк; Буторина И.В., д.т.н., проф., СПбГПУ, г. Санкт-Петербург; Волокитин Г.Г., д.т.н., проф., д.ч. МАНЭБ, ТГАСУ, г. Томск; Медведев А.С., д.т.н., проф., д.ч. МАН ВШ, НИТУ «МИСиС», г. Москва; Максимов А.А., д.т.н., проф., г. Новокузнецк; Немчинова Н.В., д.т.н., проф., НИ ИрГТУ, г. Иркутск; Руднева В.В., д.т.н., проф. (отв. секретарь), СибГИУ, г. Новокузнецк; Спирин Н.А., д.т.н., проф., д.ч. АИН, УрФУ, г. Екатеринбург; Черепанов А.Н., д.ф.-м.н., проф., член РНК ТММ, ИТПМ СО РАН, г. Новосибирск; Юрьев А.Б., д.т.н., проф., СибГИУ, г. Новокузнецк.

УДК 669.1(06)+669.2/.8.(06)+621.762(06)+669.017(06)

ББК 34.3я4

© Сибирский государственный индустриальный университет, 2020

СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ И РУКОВОДИТЕЛЯХ АВТОРСКИХ КОЛЛЕКТИВОВ

Бабенко А.А.	д-р техн. наук, проф., Институт металлургии Уральского отделения РАН, г. Екатеринбург
Галевский Г.В.	д-р техн. наук, проф., д.ч. РАЕН, СибГИУ, г. Новокузнецк
Козырев Н.А.	д-р техн. наук, проф., СибГИУ, г. Новокузнецк
Немчинова Н.В.	д-р техн. наук, проф., ИрНИТУ, г. Иркутск
Нохрина О.И.	д-р техн. наук, проф., СибГИУ, г. Новокузнецк
Оршанская Е.Г.	д-р пед. наук, проф., СибГИУ, г. Новокузнецк
Рожихина И.Д.	д-р техн. наук, проф., СибГИУ, г. Новокузнецк
Руднева В.В.	д-р техн. наук, проф., СибГИУ, г. Новокузнецк
Темлянцев М.В.	д-р техн. наук, проф., д.ч. РАЕН, СибГИУ, г. Новокузнецк

Содержание

ПРЕДИСЛОВИЕ	7
МЕТАЛЛУРГИЯ ЧЕРНЫХ И ЦВЕТНЫХ МЕТАЛЛОВ И СПЛАВОВ	8
<i>М.В. Темлянец, Г.В. Галевский, В.В. Руднева</i>	
Современная металлургия: технологии, доминирующие тенденции, прогнозы	9
<i>Г.В. Галевский, О.А. Полях, В.В. Руднева, А.Е. Аникин</i>	
Молибден в современной металлургии: состояние производства и металлопродукция	20
<i>Г.В. Галевский, О.А. Полях, В.В. Руднева, А.Е. Аникин</i>	
Молибден в современной металлургии: минерально-сырьевая база и производство молибденовых концентратов.....	32
<i>И.Д. Рожихина, О.И. Нохрина, К.С. Ёлкин, М.А. Голодова</i>	
Современное состояние мирового и отечественного производства ферросплавов	47
<i>А.Е. Аникин, Г.В. Галевский, В.В. Руднева</i>	
Металлизация оксиджелезосодержащих отходов с использованием различных углеродистых восстановителей.....	63
<i>И.Д. Рожихина, О.И. Нохрина, И.Е. Ходосов, К.С. Ёлкин</i>	
Изучение состава и характеристик шлаков рафинирования кремния	77
<i>К.С. Ёлкин, И.Д. Рожихина, О.И. Нохрина, А.В. Сивцов, И.М. Кашилев, А.И. Карлина, Д.К. Ёлкин</i>	
Анализ показателей производства кремния и ферросилиция с учетом генетических особенностей кварцитов	85
<i>А.А. Александров, В.Я. Дашевский</i>	
Термодинамический анализ растворения кислорода в никель-кобальтовых расплавах	95
<i>Д.А. Есенгалиев, А.З. Исагулов, С.О. Байсанов, А.С. Байсанов, О.В. Заякин</i>	
Термодинамика углеродо- и металлотермического восстановления марганца	102
<i>А.А. Бабенко, Р.Р. Шартдинов, А.Г. Уполовникова, А.Н. Сметанников, В.С. Гуляков</i>	
Исследование свойств высокоосновных борсодержащих шлаков	108
<i>К.С. Ёлкин, И.М. Кашилев, А.И. Карлина</i>	
Рафинирование кремния и кремнистых ферросплавов от примесей....	113
<i>А.З. Исагулов, Д.Р. Аубакиров</i>	
Причины образования и предупреждение литейных дефектов в мелющих шарах	120

<i>Д.А. Лубяной, Р.О. Мамедов, С.В. Князев</i> Ресурсо- и энергосбережение в технологии получения стальных отливок с термовременной обработкой.....	126
<i>Т.В. Ковалева, Е.Н. Еремин</i> Повышение эксплуатационных характеристик оболочковой формы..	133
<i>А.В. Кожевников, А.С. Смирнов, Ю.В. Платонов</i> Исследование возникновения вибраций при холодной прокатке полосы.....	138
<i>Е.А. Пинаев, М.В. Темлянец, Е.Н. Темлянцева, Н.И. Кувшинникова</i> исследование химического и фазового состава продуктов коррозии чугунных секций газосборного колокола алюминиевых электролизеров ЭкоСодерберг	144
<i>Н.В. Немчинова, А.А. Яковлева, А.А. Тютрин, О.П. Гудкова</i> Опробование песков прибайкалья в качестве барьерных материалов для алюминиевого электролизера	152
ПОРОШКОВАЯ МЕТАЛЛУРГИЯ И КОМПОЗИЦИОННЫЕ МАТЕРИАЛЫ.....	158
<i>Г.В. Галевский, В.В. Руднева, А.Е. Аникин, Т.И. Алексеева</i> Исследование механизма образования карбида циркония в условиях плазменного потока азота	159
<i>Д.К. Ёлкин, К.С. Ёлкин, А.В. Сивцов</i> Научные и технологические основы получения «активного» карбида кремния	171
ФИЗИКА МЕТАЛЛОВ И МЕТАЛЛОВЕДЕНИЕ	175
<i>А.М. Анасов</i> Явление формирования металлической связи между атомами соприкасающихся свободных поверхностей трещиноподобных дефектов при воздействии излучения оптического квантового генератора	176
<i>А. Х. Хакимов, Т.М. Умарова, И. Н. Ганиев, Н.Р. Эсанов</i> Анодное поведение алюминиевого-железового сплава АЖ 2,18 с иттрием, гадолинием и эрбием, в среде электролита 0,3 %-ного NaCl.....	180
<i>Р.А. Шевченко, Н.А. Козырев, К.А. Бутакова, А.Н. Гостевская, А.А. Усольцев</i> Изучение микроструктуры сварных соединений рельсов из стали марки Э76ХФ	187
<i>Р.А. Шевченко, Н.А. Козырев, А.Н. Гостевская, К.А. Бутакова, А.А. Усольцев</i> Влияние режимов контактной стыковой сварки на неметаллические включения в металле рельсовой стали Э76ХФ.....	195

ЭКОНОМИКА, УПРАВЛЕНИЕ И ЭКОЛОГИЯ НА ПРЕДПРИЯТИЯХ... 201

Л.Н. Шевелев

Повышение энергоэффективности и экологической безопасности
доменного и сталеплавильного производств 202

С.Г. Галевский

Субъектно-ориентированный подход в оценке доходности
металлургических компаний..... 208

С.Г. Галевский

Оценка эффективности металлургических инвестиционных проектов на
основе корректного учета рисков 216

Е.Л. Медиокритский

Утилизация твердых бытовых отходов в польше: подходы и опыт
решения вопросов..... 226

ПРОБЛЕМЫ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ 234

М.В. Темлянец, Г.В. Галевский

Подготовка кадров для современной металлургии: задачи. Инновации.
Перспективы. (итоги тематической деловой встречи) 235

Е.Г. Оршанская

Применение дистанционных технологий в процессе изучения
иностраных языков в вузе 239

Р.И. Ким, Я.Ю. Хомичев, О.А. Угольников

Оценка физической подготовленности обучающихся как показатель
эффективности физического воспитания в вузе. 245

О.А. Угольникова, Р.И. Ким, Е.Е. Григораиш

Сопоставительные нормативы для оценки физической и функциональной
подготовленности женщин-борцов 249

ОТКЛИКИ, РЕЦЕНЗИИ И БИОГРАФИИ 255

Г.В. Галевский, В.В. Руднева, Д.Н. Воробьева

Синтез алмазов: развитие теории и технологические прогнозы
профессора О.И. Лейпунского (к 110-летию со дня рождения и 80-летию его
великого открытия) 256

Г.В. Галевский, В.В. Руднева, Д.Н. Воробьева

Профессор Т. Холл – ученый, технолог, конструктор (к 100-летию со дня
рождения)..... 263

К СВЕДЕНИЮ АВТОРОВ..... 270

Г.В. Галевский, В.В. Руднева, Д.Н. Воробьева

ФГБОУ ВО «Сибирский государственный индустриальный университет», г. Новокузнецк, Россия

**СИНТЕЗ АЛМАЗОВ: РАЗВИТИЕ ТЕОРИИ И
ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ ПРОГНОЗЫ ПРОФЕССОРА
О.И. ЛЕЙПУНСКОГО (К 110-ЛЕТИЮ СО ДНЯ РОЖДЕНИЯ И 80-
ЛЕТИЮ ЕГО ВЕЛИКОГО ОТКРЫТИЯ)**

Выполнен анализ творческого наследия профессора О.И. Лейпунского, впервые в 1939 г. теоретически прогнозировавшего параметры и условия получения синтетических алмазов. Проведена оценка научно-технических результатов этого великого открытия.

Analyses of oeuvre of the professor O.I. Leypunskiy is fulfilled. The article tells about his theoretical prognosis of parameters and conditions of getting synthetic diamonds he made in 1939 for the first time. Assessment of scientific and technical results of this great invention is done.

Введение

В работе [1] проведен подробный анализ описанных в литературе сведений о результатах исследования структуры и свойств алмаза, теоретических прогнозов условий превращения графита в алмаз, экспериментальных технологических режимов синтеза алмазов. Констатируется, что первая попытка исследования свойств алмаза датируется 1694 г., синтеза – 1823 г., теоретического прогноза – 1939 г. Именно в 1939 г. в журнале «Успехи химии» молодой ученый 30 лет Овсей Ильич Лейпунский опубликовал результаты своих «вычислений» алмаза, которые фактически содержали теоретические основы будущей промышленной технологии каталитического синтеза алмазов – первого искусственного сверхтвердого материала для высокоэффективной металлообработки. В статье «Об искусственных алмазах» [2-5] он писал, что для прямого перехода графита в алмаз требуются как минимум следующие условия: $5,5 \cdot 10^9$ Па и 1750 К. В случае же использования раствора углерода в каком – либо веществе, например, в железе, давление и температура должны составлять не менее $4 \cdot 10^9$ Па и 1250 К. Тем самым О.И. Лейпунский объяснил причину многочисленных безрезультатных экспериментов, что уже само по себе является научным достижением, и указал реальные пути к достижению цели. Впоследствии полученные О.И. Лейпунским научные результаты были признаны открытием, зарегистрированным 29 июня 1971 года под номером 101 с приоритетом от августа 1939, т.е. даты их опубликования, и обеспечившим успешный выход СССР на международный рынок синтетических алмазов и кубического нитрида бора. О.И. Лейпунский был уверен, что

синтез алмаза – перспектива недалекого будущего и в подтверждении ее реальности ссылаясь на профессора У.П. Бриджмена, который уже достиг давления в 50000 атм. В перспективе ожидалось увеличение этого предела до 60000-70000 атм., хотя для этого требовалась большая работа по подбору соответствующих твердых сплавов.



Биографические факты

Овсей Ильич Лейпунский родился 4 января 1909 г. в г. Белостоке Гродненской губернии (ныне Польша) в многодетной семье десятника дорожного строительства. После окончания школы Овсей Ильич переезжает в Ленинград и поступает в экономический техникум. Однако первая же его практика в бухгалтерии завода «Светлана» показала, что работа бухгалтера и экономиста — не его призвание. В 1926 г. он поступает на первый курс физико-механического факультета Ленинградского политехнического института (ЛПИ), который окончил в 1930 г. В том же году О.И. Лейпунский начинает работу в Институте химической физики (ИХФ) Академии наук СССР, сотрудником которого он оставался до последних лет жизни. В личности О. И. Лейпунского удачно сочетались острая наблюдательность, научная интуиция и талант экспериментатора с широким научным кругозором и страстью исследователя, а также высокая принципиальность и гражданское мужество. Все это позволило ему выполнить фундаментальные работы в различных областях химической физики, начиная с самых первых лет научной жизни.

Результаты плодотворной научной деятельности О.И. Лейпунского получили заслуженную государственную оценку и общественное признание. За высокие достижения в науке он удостоен Сталинской премии (дважды), почетного звания «Заслуженный деятель науки и техники РСФСР» (1976 г.), награжден орденами Ленина, Трудового Красного Знамени, Знак Почета (дважды), медалями.

Формирование теоретических представлений о превращении графита в алмаз

В период отсутствия основной работы в ИХФ О.И. Лейпунский занялся изучением причин безуспешных попыток синтеза искусственных алмазов. В 1938 г. появилась статья известных физико-химиков Ф. Россини и Р. Джессупа, содержащая сводку термодинамических потенциалов и констант для алмаза и графита до температуры 1400 К. О. И. Лейпунский решил воспользоваться результатами работы и, сделав ряд предположений о поведении теплоемкости алмаза и графита при высоких температурах, экстраполировал значения термодинамических потенциалов на область высоких температур [4]. Он нашел аналитический вид уравнения линии равновесия на диаграмме ал-

маз–графит в области температур выше 1400 К и показал, что погрешность выведенной им зависимости составляет 10-12%, которая вполне приемлема для практических целей синтеза алмаза. Теперь можно было выбирать точки фазовой диаграммы, т. е. пары значений P , T , при которых кристаллизуется именно алмаз, а графит неустойчив. Построение первой диаграммы состояния углерода (рисунок 1) явилось очень важным научным достижением. Однако О.И. Лейпунский этим не ограничился. Он рассмотрел возможность прямого перехода графита в алмаз и пришел к выводу, что одним из условий для получения алмаза из графита также является подбор среды нахождения углерода, в которой можно было бы, не теряя его подвижности, одновременно понизить температуру и давление кристаллизации алмаза, поддерживая эти параметры в подходящей области в течение хотя бы нескольких минут. В качестве такой среды, играющей роль катализатора, О.И. Лейпунский предложил жидкие металлы: железо, платину, родий. Несмотря на то, что давно уже было известно о хорошей растворимости углерода в железе (до 3,5% при 1500 К), ранее никто не додумался использовать это свойство при синтезе алмазов.

Научное предвидение профессора О.И. Лейпунского, основанное на глубоком проникновении в суть проблемы, и в настоящее время вызывает восхищение. Его теоретический прогноз заложил основу всех составляющих современной технологии синтеза алмазов: физико-химии процесса, общих принципов создания аппаратов высокого давления, условий синтеза, выбора отраслей приоритетного применения синтетических алмазов, а также указал всему научному и технологическому миру направление движения к лабораторной и промышленной реализации синтеза алмазов и предвосхитил достижение результатов в ближайшее время. Действительно, до успешного осуществления синтеза алмаза оставалось менее 14 лет [6]. Возможно, что в условиях мирного времени этот путь был бы еще короче и привел бы к иному распределению первенства и лидирующей роли различных национальных научно-технологических школ.

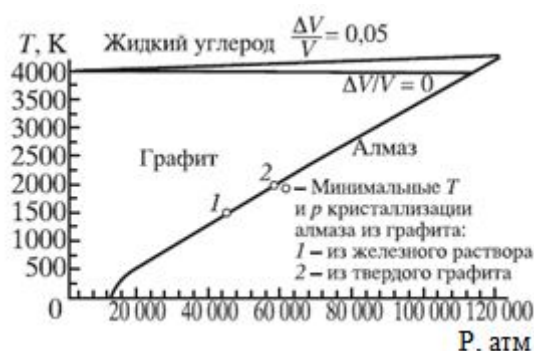


Рисунок 1 – Фазовая и реакционная диаграмма углерода О.И. Лейпунского (1939 г.)

Научно-техническое воплощение теории синтеза искусственных алмазов профессора О.И. Лейпунского

P – T параметры синтеза. Определенные О.И. Лейпунским расчетным путем $P – T$ параметры синтеза алмазов впоследствии были экспериментально подтверждены американскими исследователями Ф. Банди и Р. Уэнторфом [7] (см. таблицу 1).

Таблица 1 – Давление фазового превращения в системе графит - алмаз при различных температурах

T, К	$P_{пр.}$, ГПа, по данным О.И. Лейпунского [2]	$P_{пр.}$, ГПа, по данным Ф. Банди, Р. Уэнторфа [7]
1000	3,19	2,73
1400	4,22	3,82
2400	6,89	6,55
3400	9,65	8,27

Технологические условия синтеза. О.И. Лейпунский не только термодинамически обосновал возможность синтеза алмазов при определенном сочетании $P – T$ параметров, но и гениально предвосхитил его технологические условия, совокупность которых послужила основой для современной технологии каталитического синтеза:

- применение в качестве катализаторов – растворителей ряда металлов (никель, железо, марганец, хром и других), способных растворять углерод в значительных количествах (от 3 до 6 % масс.); в отечественной промышленной практике применяется сплав никеля и марганца, содержащий 38 – 40 % масс. никеля;

- механизм кристаллизации алмаза, предполагающий образование в области стабильности алмаза пересыщенного по отношению к алмазу раствора углерода в расплаве металла, но не насыщенного по отношению к графиту, что создает предпосылки для непрерывного растворения графита в расплаве и выделения из него кристаллов алмаза;

- умеренные линейные скорости роста кристаллов алмаза при длительности процесса всего лишь десятки секунд, что предопределяет их получение в основном в виде шлифпорошков и в меньшей степени в виде шлифзерна (см. таблицу 2) и требует для получения алмазов ювелирного назначения новых технологических решений.

Таблица 2 – Зависимость числа образовавшихся кристаллов алмаза и линейной скорости роста от давления при температуре 1420 К [8]

Р, ГПа	Число кристаллов	Линейная скорость роста кристаллов, мм/мин
4,75	30	0,02
5,00	70	0,04
5,25	150	0,08
5,40	250	0,15

Результаты, полученные О.И. Лейпунским, явились той научно-технологической платформой, на которой в дальнейшем базировалось создание кристаллизационного реактора, обеспечивающего одновременное гиперсжатие и высокотемпературный нагрев реакционной среды и экспериментальные исследования процесса синтеза, проводимые в компании ASEA (Швеция) в 1949 – 1953 гг., компании «Дженерал Электрик» в 1950 – 1954 гг., в ИФВД АН СССР в 1958 – 1960 гг. В заявке на способ получения сверхтвёрдого вещества, подготовленной научным коллективом под руководством академика Л.Ф. Верещагина, с приоритетом от 3 мая 1960 г., достаточно четко просматривается генетическая связь с гипотезами и результатами О.И. Лейпунского: «Предлагаемый метод заключается в том, что для синтеза алмаза и боразона согласно диаграмме состояния углерода давление-температура с применением в качестве катализаторов смеси тантала и никеля, а также смеси этих двух металлов с железом применялась специальная аппаратура, имеющая форму рабочей камеры в виде чечевицы, проградуированной по давлению по скачкам электросопротивления висмута, таллия и бария и по температуре с помощью термопары, введенной через пуансон и далее по значению мощности, подаваемой на графитовый нагреватель».

Необходимость применения в аппаратах высокого давления новых конструкционных материалов. Сформулированный О.И. Лейпунским тезис о необходимости использования в создаваемых аппаратах высокого давления конструкционных материалов будущего оказался действительно пророческим – для изготовления частей аппаратов типа «белт» и типа наковален с углублениями в виде сферы, испытывающих в процессе работы «запредельные» нагрузки по давлению и температуре (цилиндрический пояс, матрицы, вставки опорных плит), были использованы и используются до сих пор сплавы на основе карбида вольфрама типа ВК-6 и ВК-15.

Целесообразность применения синтетических алмазов для бурения геологоразведочных и эксплуатационных скважин. О. И. Лейпунский не только заложил основы современной промышленной технологии синтеза алмазов, но и предвосхитил одно из направлений их наиболее эффективного применения. Он ознакомил со своими теоретическими разработками Л.Ф. Верещагина, будущего академика и директора Института физики высоких давлений АН СССР, вместе с которым они подготовили и направили предложение в Министерство нефтяной промышленности, надеясь вызвать интерес к будущим ал-

мазным буровым коронкам. Позднее О.И. Лейпунский вспоминал: «Ответа мы не получили».

Способ алмазного бурения появился в 70-х годах XIX столетия и является одним из наиболее прогрессивных. Вначале использовались буровые колонки с крупными природными алмазами типа «карбонадо» весом от 0,5 до 2,0 карат, закрепленные в корпусе коронки ручной чеканкой. В 30-х годах XX столетия для расширения объема алмазного бурения начали использовать мелкие дешевые сорта алмазов типа «борт» зернистостью 20 – 60 штук на карат. С появлением мелкоалмазных коронок были разработаны способы крепления алмазов в матрицах, получаемых литьем или спеканием методом порошковой металлургии, что оказалось значительно дешевле и надежнее. Дальнейшее развитие алмазного бурения привело к созданию нового типа инструмента – импрегнированной коронки. В отличие от однослойных коронок, в которых алмазы располагались по определенной схеме, импрегнированные имеют алмазоносный слой, представляющий собой матрицу, насыщенную по всему объему мелкими алмазами зернистостью 120 – 320 штук на карат. Появление таких коронок способствовало значительному распространению алмазного бурового инструмента как за счет расширения диапазона используемого сырья, так и благодаря эффективному использованию импрегнированных коронок при бурении очень твердых и сильно трещиноватых пород.

Однако несмотря на явные перспективы, до 1960 г. (начала промышленного производства синтетических алмазов в нашей стране) объем алмазного бурения в СССР составлял всего 0,4 % общего объема геологоразведочного бурения. Но и синтетические алмазы, выпускаемые в начале 60-х годов, по своим свойствам не были пригодны для бурения. Однако они позволили высвободить часть природных алмазов из металлообработки для буровых работ. Если раньше основная масса природных алмазов (до 70 %) дробилась на порошки и использовалась в машиностроении для изготовления алмазно-абразивного инструмента, то с 1961 года потребность в порошках стала в значительной степени компенсироваться применением синтетических алмазов. Дробление природных алмазов практически было прекращено, а поступление алмазного сырья для буровых коронок резко возросло. Это позволило увеличить объем бурения с 1961 по 1964 год в 6 раз, а к 1975 году – в 70 раз. Однако алмазов для геологоразведочного инструмента по-прежнему было недостаточно. Полностью решить проблему алмазного сырья для геологоразведочного бурения можно было только путем применения синтетических алмазов и разработки для них соответствующей конструкции бурового инструмента. И уже к середине 70-х годов эта проблема была решена – появились новые конструкции коронок, в частности, с цилиндрическими штабиками из алмазосодержащего сверхтвердого материала «славутич», которые обеспечивали эффективное бурение пород VI – XII категорий, т.е. наиболее трудно проходимых.

Таким образом, на примере этой отрасли четко прослеживается революционизирующее влияние синтетических алмазов.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Галевский Г.В. Оборудование и технология производства сверхтвердых материалов: учебное пособие / Г.В. Галевский, В.В. Руднева. – Новокузнецк : Изд. центр СибГИУ, 2019. – 213 с.
2. Лейпунский О.И. Об искусственных алмазах // Успехи химии. – 1939. – Т. 8. – № 10. – С. 1518 – 1534.
3. Лейпунский О.И. Загадки алмаза // Рассказы о науке и её творцах. – М. : Наука, 1949. – 124 с.
4. Галевский Г.В. Профессор О.И. Лейпунский и синтез алмазов / Г.В. Галевский, В.В. Руднева // Известия вузов. Порошковая металлургия и функциональные покрытия. – 2010. – № 4. – С. 51 – 55.
5. Варнин В.П. Непростая судьба статьи О.И. Лейпунского // ВИЕТ. – 2015. – № 1. – С. 124 – 142.
6. Галевский Г.В. Профессор Т. Холл и технология синтеза алмазов / Г.В. Галевский, В.В. Руднева // Известия вузов. Цветная металлургия. – 2010. – № 5. – С. 59 – 63.
7. Bandy F.P. Direct conversion of graphite to diamond in static pressure apparatus // J. Chem. Phys. – 1963. – Vol. 38, № 3. – P. 631 – 643.
8. Галевский Г.В. Физико-химические основы технологии каталитического синтеза сверхтвердых материалов / Г.В. Галевский, А.М. Германский. – Л., ЛТИ им. Ленсовета, 1987. – 36 с.