

Издается Санкт-Петербургским горным университетом
императрицы Екатерины II

С 1907 ГОДА

ЗАПИСКИ ГОРНОГО ИНСТИТУТА

ДАЙДЖЕСТ



АЛМАЗЫ

№ 8 • 2024

PMI.SPMI.RU

ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ
ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ

САНКТ-ПЕТЕРБУРГСКИЙ ГОРНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ
ИМПЕРАТРИЦЫ ЕКАТЕРИНЫ II

АЛМАЗЫ

ДАЙДЖЕСТ

ЗАПИСКИ ГОРНОГО ИНСТИТУТА

№ 8

Санкт-Петербург
2024

Аннотация

Россия обладает одной из крупнейших в мире минерально-сырьевых баз алмазов (их разведанные запасы превышают 1 млрд карат) и остается мировым лидером по добыче алмазов в весовом выражении. Большая часть российских запасов алмазов сосредоточена в коренных месторождениях на территории Республики Саха (Якутия), в Центрально-Сибирской и Лено-Анабарской алмазоносных субпровинциях. Здесь находятся все важнейшие месторождения алмазов России, в том числе самое крупное – трубка Удачная. Здесь же разведаны трубки с уникальной алмазоносностью (Интернациональная, Мир, Ботуобинская, Айхал, Нюрбинская), а также средне-алмазоносные (Юбилейная, Зарница). По качеству камни трубок Мир и Интернациональная являются лучшими среди алмазов российских коренных месторождений. Руды трубки Интернациональная характеризуются уникальным средним содержанием алмазов и не имеют аналогов в мире по этому показателю.

На территории Архангельской области находится одноименная алмазоносная субпровинция, балансовые запасы которой заключены в шести кимберлитовых трубках группы месторождений имени М.В. Ломоносова (Архангельская, им. Карпинского 1, им. Карпинского 2, им. Ломоносова, Пионерская, Поморская) и в трубке имени В. Гриба. На территории России выделен еще ряд площадей, перспективных на обнаружение скоплений алмазов, в том числе на северо-западе страны (Карело-Кольская и Ленинградская субпровинции), в центральных районах ее европейской части (Центрально-Европейская), а также в Восточной Сибири и на Дальнем Востоке.

Большинство алмазоносных объектов расположено в мало освоенных районах с суровым климатом и характеризуется сложными горно-техническими условиями отработки. Тем не менее в обозримом будущем у России есть все шансы остаться мировым лидером в производстве алмазного сырья.

Содержание

| | |
|---|----|
| Геология | 4 |
| Освоение подземного пространства и горное дело | 18 |
| Экономика и менеджмент | 25 |
| Экологическая безопасность горного производства и инженерная защита окружающей среды | 31 |
| Экскурс в историю | 34 |

Геология

Месторождения алмазов известны на всех континентах, кроме Антарктиды. До конца 19 века алмазы добывались из россыпных месторождений, после – в алмазных кимберлитовых трубках. Основные месторождения этого типа находятся в России, Африке, Австралии и Канаде.

Ардалкар Р.М., Салунхе Й.Д., Гаонкар М.П., Мане С.Н., Гаусас О.А., Десаи Ш.Н., Редди А.В.Р. Распределение радиационных дефектов по глубине в облученных алмазах: данные конфокальной микроспектроскопии // Записки Горного института. 2024. С. 1-9 (Online first). EDN: XGGRVF. <https://pmi.spmi.ru/pmi/article/view/16157>



Аннотация. Исследована природа окраски пяти алмазов. Согласно результатам исследования с применением методов инфракрасной спектроскопии на основе преобразования Фурье, исследования поглощения в УФ, видимой и ближней ИК-областях (UV-Vis-NIR) и фотолюминесцентной спектроскопии, они являются природными алмазами типа Ia. Распределение интенсивности окраски по глубине определялось путем измерения интенсивности пика ФЛ при 741 нм (центр GR1) при возбуждении лазером с длиной волны 633 нм на рамановском конфокальном микроскопе. Для учета геометрических факторов профили распределения дефектов были нормализованы относительно интенсивности рамановского пика алмаза (691 нм). Для двух алмазов интенсивность пика GR1 (741 нм) резко снижалась до глубины 10 мкм, а затем сравнивалась с фоновым уровнем, что характерно для облучения α -частицами из природных источников, таких как уран. В трех кристаллах профили незначительно меняются с глубиной, а интенсивность окраски близка к равномерной, что характерно для электронного или нейтронного облучений.

Пыстин А.М., Глухов Ю.В., Бушенев А.А. Новая находка алмаза и перспективы коренной алмазности Четласского поднятия (Средний Тиман) // Записки Горного института. 2023. Т. 264. С. 842-855. EDN: GSTWEZ. <https://pmi.spmi.ru/pmi/article/view/15968>



Аннотация. В ранее слабо изученной юго-восточной части Четласского поднятия на Среднем Тимане в современных русловых отложениях бассейна р. Увью установлено новое проявление минералов-спутников алмаза и обнаружено зерно алмаза.

С целью оценки перспектив рассматриваемого района на выявление представляющих практический интерес алмазных объектов дана характеристика хромсодержащих пиропов и хромшпинелидов как главных кимберлитовых минералов-спутников алмаза и описано само зерно алмаза. Материалом для исследований послужили 16 шлиховых проб объемом от 8 до 15 л каждая. Минералы изучались с использованием оптической и растровой электронной микроскопии, спектроскопии комбинационного рассеяния, лазерной люминесценции и рентгенографии (метод Дебая – Шеррера). Показано, что среди пиропов, основная часть которых по составу соответствует минералам лерцолитового парагенезиса, встречаются разновидности, принадлежащие дунит-гарцбургитовому парагенезису, в том числе относящиеся к областям фазовой стабильности алмаза. Среди изученных хромшпинелидов установлены хромпикотиты и алюмохромиты, аналогичные по составу тем, которые встречаются в породах типа лерцолитов и гарцбургитов, а также в кимберлитах. Обнаруженное в одной из проб зерно алмаза имеет вид уплощенного сростка с различимыми гранями октаэдра, осложненного поверхностями совместного роста с другими минеральными зернами, которые к настоящему времени не сохранились. Находка алмаза и установленные признаки формирования ореолов минералов-спутников алмаза в русловых отложениях изученного района открывают перспективы обнаружения здесь их коренных источников.

Корсаков А.В., Михайленко Д.С., Чжан Л., Шу Ю. Включения кристаллов алмаза в турмалине шерл-увитового ряда: проблемы генезиса // *Записки Горного института*. 2023. Т. 264. С. 833-841. EDN: UMQOXK. <https://pmi.spmi.ru/pmi/article/view/16082>



Аннотация. Детально исследованы минералогическо-геохимические особенности кристаллов турмалина (шерлувитового ряда), содержащих включения кристаллов алмаза, из гранат-клинопироксеновых пород Кумдыкольского месторождения (Северный Казахстан). Формирование основных породообразующих минералов (гранат + К-содержащий клинопироксен) происходило в поле стабильности алмаза при 4-6 ГПа и 950-1000 °С. Кристаллизация К-содержащего клинопироксена при этих параметрах возможна в присутствии ультракалиевого флюида или расплава, образовавшегося в результате плавления корового материала, в зонах субдукции. Кристаллы турмалина (до 1 см), содержащие включения алмаза, выполняют жилы, секущие высокобарические ассоциации. Состав отдельных зон варьирует от шерла до увита в пределах как одного зерна, так и образца в целом. Содержание калия в этом турмалине не превышает 0,1 мас.% K₂O, а изотопный состав бора δ¹¹B варьирует от -10 до -15,5 ‰, что значительно отличается от установленного ранее изотопного состава бора в кристаллах маруямаита (δ¹¹B 7,7 ‰ в ядре и -1,2 ‰ в кайме) этого же месторождения. Анализ полученных данных о δ¹¹B в турмалинах алмазной субфации метаморфизма в пределах Кумдыкольского месторождения позволяет предположить существование двух источников бора, следствием чего стала кристаллизация К-содержащих кристаллов турмалина (маруямаит-дравитового ряда) и безкалиевых турмалинов серии шерлувитового ряда.

Губанов Н.В., Зеденизов Д.А., Васильев Е.А., Наумов В.А. Новые данные о составе среды кристаллизации волокнистых алмазов из россыпей Западного Урала // *Записки Горного института*. 2023. Т. 263. С. 645-656. EDN: RYMYTJ. <https://pmi.spmi.ru/pmi/article/view/16079>



Аннотация. В настоящей работе приведены результаты изучения микровключений флюидов/расплавов в алмазах из россыпей Красновишерского района (западный склон Среднего/Северного Урала), позволяющие установить эволюцию алмазообразующих сред в субконтинентальной литосферной мантии восточной окраины Восточно-Европейского кратона. По характеристикам дефектно-примесного состава изученные кристаллы представлены тремя разными типами, образование которых было связано с независимыми метасоматическими событиями. Микровключения в алмазах В-типа, содержащих А и В1 азотные дефектные центры, отражают более древний метасоматический этап, характеризующийся ведущей ролью силикатных и низко-Mg карбонатных флюидов/расплавов. Второй этап ассоциирован с ростом алмазов А-типа, содержащих азот исключительно в форме А-центров. На этом этапе образование алмазов было связано с низко-Mg карбонатными средами, более обогащенными MgO, CaO, CO₂ и Na₂O по сравнению с алмазами В-типа. Третий этап, вероятно, предшествовал извержению транспортирующего мантийного расплава и привел к образованию алмаза С-типа, содержащего А и С азотные дефектные центры и микровключения силикатно-карбонатного состава. Зафиксированный тренд эволюции алмазообразующих флюидов/расплавов направлен в сторону более карбонатных составов. Предполагаемым источником флюидов/расплавов являются эклогитовые и пироксенитовые мантийные субстраты.

Криулина Г.Ю., Вяткин С.В., Васильев Е.А. Розово-фиолетовые алмазы из месторождения им. М.В.Ломоносова: морфология, спектроскопия, природа окраски // Записки Горного института. 2023. Т. 263. С. 715-723. EDN: NYGZOX. <https://pmi.spmi.ru/pmi/article/view/16176>



Аннотация. Представлены результаты первого комплексного исследования минералогических и спектроскопических (ИК, ФЛ, ЭПР) характеристик алмазов из месторождения им. М.В. Ломоносова (трубка Архангельская) с уникальной розовой, розово-фиолетовой окраской. Показано, что все кристаллы относятся к IaA-типу, с суммарным содержанием азота в интервале 500-1500 ppm, с низкой степенью его агрегации. Окраска неоднородна, сосредоточена в узких двойниковых слоях, ее причиной предположительно являются описанные ранее центры *M2*. На оттенок окраски влияет содержание парамагнитных центров *P1* (С-дефект), наблюдается положительная корреляция насыщенности окраски и интенсивности парамагнитных центров *W7*. Предполагается конвергентная модель образования розовых алмазов, согласно которой определяющими факторами являются соотношение и концентрации структурных примесей в алмазе, его термическая история и условия пластической деформации, а не происхождение алмаза и петрохимические свойства вмещающих его пород.

Симаков С.К., Стегницкий Ю.Б. О наличии постмагматической стадии формирования алмазов в кимберлитах // Записки Горного института. 2022. Т. 255. С. 319-326. DOI: 10.31897/PMI.2022.22



Аннотация. При изучении кимберлитовых тел выделяется многофазность кимберлитового вулканизма и фациальная неоднородность образований, слагаемых кимберлитовые трубки. Большинство исследователей связывают образование алмазов только с мантией. На сегодняшний день выделены минералы-спутники, ассоциирующие с кимберлитовыми алмазами, обладающие



МГС 1 160. Алмаз в кимберлите. Трубка Мир, Якутия. Из коллекции Горного музея.

специфическими составами, объединенные в глубинную мантийную «алмазную ассоциацию». Они извлекаются из концентрата тяжелой фракции кимберлитов и могут отражать степень их потенциальной алмазоносности. При этом для некоторых минералов алмазной ассоциации они не всегда достоверны. Рядом исследователей кроме глубинных алмазных ассоциаций выделялась и мало-глубинная, связанная с образованием серпентина, кальцита, апатита и флогопита из собственно кимберлита. Недавно появились данные об образовании алмазов в породах океанической коры. Установлены находки микроалмазов в хромитах в равновесии с антигоритом, образовавшимся при температурах 350-650 °С и давлениях 0,1-1,6 ГПа. Авторами на основе имеющихся экспериментальных и минералогических данных в кимберлитах выделена постмагматическая стадия формирования алмазов для условий мало-глубинной верхней мантии и земной коры, связанная со вторичным минеральным образованием. Проведенные минералогопетрографические исследования кимберлитовой трубки в Анголе свидетельствуют, что индикационным минералом такой стадии в кимберлитовых породах является антигорит.

Устинов В.Н., Микоев И.И., Пивень Г.Ф. Поисковые модели коренных месторождений алмазов севера Восточно-Европейской платформы // Записки Горного института. 2022. Т. 255. С. 299-318. DOI: 10.31897/PMI.2022.49



Аннотация. В результате комплексного изучения геологического строения и алмазоносности северной части Восточно-Европейской платформы, обобщения материалов, накопленных различными организациями в СССР, Российской Федерации и других государствах, выделены и охарактеризованы три основные поисковые модели коренных месторождений алмазов: Карельская, Финская и Архангельская. На известных примерах, в том числе данных по разрабатываемым месторождениям им. М.В. Ломоносова и В.П. Гриба, рассмотрены геологические, структурные, минералогические и петрографические критерии локального прогноза, а также особенности проявления кимберлитовых и лампроитовых тел в ореолах рассеяния и геофизических полях. Показано, что наиболее сложные поисковые обстановки создаются на закрытых территориях Русской плиты, где в ряде случаев коренные алмазоносные породы близки по петрофизическим свойствам вмещающим образованиям, а погребенные ореолы рассеяния кимберлитовых минералов в континентальных каменноугольных и четвертичных отложениях прослеживаются на незначительном расстоянии от источников. Продемонстрированы отличия поисковых признаков магнезиальных (месторождение им. М.В. Ломоносова) и железисто-магнезиальных (месторождение им. В.П. Гриба) кимберлитов. Сделаны выводы о потенциале алмазоносности модельных объектов различных типов.

Васильев Е.А., Криулина Г.Ю., Гаранин В.К. Термическая история алмаза кимберлитовых трубок Архангельская и имени А.П.Карпинского-I // Записки Горного института. 2022. Т. 255. С. 327-336. DOI: 10.31897/PMI.2022.57



Аннотация. Приведены результаты изучения и сравнения основных морфологических и структурно-минералогических особенностей 350 кристаллов алмаза из кимберлитовой трубки им. А.П. Карпинского-I и 300 кристаллов трубки Архангельская. Доля кристаллов октаэдрического габитуса совместно с индивидами переходных форм со сноповидной и занозистой штриховкой выше в трубке Архангельская – 15 %, доля кубоидов и тетрагексаэдров выше в трубке им. А.П. Карпинского-I – до 14 %; додекаэдров в трубке Архангельская 60 %, трубке им. А.П. Карпинского-I – 50 %. Показана индикаторная роль активного в поглощении и люминесценции азотно-вакансионного центра N3. Кристаллы с системой поглощения N3 имеют преимущественно октаэдрический габитус или производные от октаэдра формы растворения, их термическая история наиболее сложная. В кристаллах без системы N3 в спектрах поглощения азот находится в форме низкотемпературных дефектов А и С, регистрируются полосы поглощения 3050, 3144, 3154, 3188, 3310 см⁻¹, 1388, 1407, 1432, 1456, 1465, 1503, 1551, 1563 см⁻¹ самых низкотемпературных водородсодержащих дефектов; они регистрируются в спектрах 16 % кристаллов трубки Архангельская и 42 % трубки им. А.П. Карпинского-I. Алмаз изученных месторождений уникален минимальной температурой (длительностью) естественного отжига. По комплексу признаков выделено три популяции кристаллов, отличающихся условиями роста, постростовой и термической историями. Установленные закономерности доказывают многоэтапность образования алмаза месторождений севера Восточно-Европейской платформы и существенные отличия от алмаза Западного Приуралья. Полученные результаты предполагают возможность существования коренных объектов, в которых доминирует алмаз одной из выделенных популяций.

Васильев Е.А. Дефекты кристаллической структуры в алмазе как индикатор кристаллогенеза // Записки Горного института. 2021. Т. 250. С. 481-491. DOI: 10.31897/PMI.2021.4.1



Аннотация. На основании изучения представительных коллекций алмаза из алмазоносных объектов Урала, месторождений Архангельской и Якутской алмазоносных провинций определены закономерности зонально-секториального распределения дефектов кристаллической структуры в кристаллах разных морфологических типов; выявлены особенности кристаллов, образовавшихся на разных этапах кристаллогенеза; проведен комплексный анализ конституционного и популяционного разнообразия алмаза в различных объектах. Выделены три этапа в цикле кристаллогенеза, соответствующие нормальному и тангенциальному механизмам роста и этапу смены габитусных форм. На этапе смены габитусных форм пересыщение по углероду недостаточно для реализации



ГПИ 6 179 Кимберлит глубинный. Трубка Мир, Якутия.
Из коллекции Горного музея.

нормального механизма роста, и грани развиваются от существующих поверхностей. Благодаря отсутствию стадии зарождения ростового слоя формирование новых поверхностей $\{111\}$ происходит намного быстрее, чем при тангенциальном механизме роста. Этот эффект позволяет объяснить отсутствие кубоидов с высокой степенью трансформации азотных дефектов на стадии *A-B1*: все они подверглись переограничению по регенерационному механизму. На основании выявленных закономерностей разработана модель кристаллогенеза алмаза, учитывающая закономерности ростовой эволюции, термической истории и морфологического разнообразия кристаллов. Модель предполагает возможность многократного повторения цикла кристаллизации и существования промежуточной камеры, позволяет объяснить последовательность изменения морфологии и дефектно-примесного состава кристаллов, а также совокупность конституционного и популяционного многообразия алмаза из различных геологических объектов.

Васильев Е.А., Клепиков И.В., Козлов А.В., Антонов А.В. Природа удлиненной формы кристаллов алмаза из россыпей Урала // Записки Горного института. 2019. Т. 239. С. 492-496. DOI: 10.31897/PMI.2019.5.492



Аннотация. Приводятся результаты исследования внутреннего строения сильно удлиненных кристаллов алмаза из россыпей Красновишерского района Урала. Очень удлиненные кристаллы встречаются в регионах с россыпной алмазоносностью и невыявленными коренными источниками. Определение условий их образования может содействовать решению проблемы определения типа коренных месторождений. Есть три варианта возникновения исходной удлиненной формы таких кристаллов: 1) изначально удлиненные по направлению $\langle 100 \rangle$ индивиды – сильно искаженные октаэдры; 2) отдельные индивиды шестоватых агре-

гатов; 3) обломки или осколки удлиненной формы. Из 155 кристаллов для изучения внутреннего строения были отобраны три наиболее удлиненных индивида. Исследование анатомии кристаллов фотолюминесцентной томографией, катодолюминесценцией и оптической микроскопией показало, что по внутреннему строению эти кристаллы являются фрагментами более крупных монокристаллов. Методами катодолюминесцентной визуализации в объеме кристаллов определены линии скольжения, а по спектрам фотолюминесценции установлены полосы с максимумами 912, 946, 986 нм, характерные для кристаллов с признаками пластической деформации. Выявленные особенности являются индикаторами пластической деформации, сопровождавшей разрушение кристаллов. Последовавшее за разрушением кристаллов сильное растворение привело к округлению вершин и ребер получившихся осколков. По-видимому, большая часть сильно удлиненных кристаллов из россыпей с неизвестными коренными источниками также является сильно растворенными осколками кристаллов изометричной формы. Полученные результаты показывают, что деформация и растворение кристаллов алмаза имеют генетическую связь и характерны для алмаза из до сих пор не обнаруженных, но высокопродуктивных коренных источников.

Васильев Е.А., Козлов А.В., Петровский В.А. Объемное и поверхностное распределение радиационных дефектов в природных алмазах // Записки Горного института. 2018. Т. 230. С. 107-115. DOI: 10.25515/PMI.2018.2.107



Аннотация. Рассмотрены различные варианты природного радиоактивного облучения кристаллов алмаза. Показано, что в природных алмазах отмечены случаи радиационного воздействия на весь объем кристаллов, при котором наводится равномерная зеленая окраска. При малых дозах облучения радио-

активное воздействие диагностируется по люминесценции системы GR1, при больших дозах появляется голубоватый оттенок, переходящий в зеленый цвет, при максимальном объемном облучении кристаллы становятся черными. Приведено исследование кристаллов с равномерно распределенной по объему черной окраской. Предполагается, что основным источником радиации при облучении таких кристаллов может быть растворенный в воде ^{222}Rn и продукты его распада. Рассмотрены геологические ситуации, в которых может происходить облучение алмазов за счет распада содержащегося в воде ^{222}Rn .

Мустафаев А.С., Пицелко Н.С., Павликов И.И., Зевелев Е.Ю. Электрические методы для идентификации алмазов и ювелирных камней // Записки Горного института. 2006. Т. 167 (1). С. 283-285. <https://pmi.spmi.ru/index.php/pmi/article/view/8132>



Аннотация. Проведен комплексный анализ основных существующих методов идентификации алмазов. Показано, что высокая теплопроводность не может однозначно свидетельствовать о подлинности алмаза в связи с появлением в последнее время имитаций на основе синтетического карбида кремния. Указано на перспективность и недостаточную полноту разработки электрических методов диагностики драгоценных камней. Предложена группа новых электрических методов идентификации алмазов. Разработаны схемы для измерения больших сопротивлений, диэлектрической проницаемости и поверхностного потенциала, которые могут быть использованы для идентификации алмаза. Изготовлен работоспособный макет, испытанный при исследовании новых и известных диэлектрических материалов. Показана возможность выявления данным способом различий в электрофизических свойствах внешне идентичных материалов.

Зайцевский Ф.К., Утюпин Ю.В., Манаков А.В. Компьютерное моделирование геологической среды на основе расчета потенциальных полей при прогнозировании и поисках алмазных месторождений // *Записки Горного института*. 2005. Т. 162. С. 132-135. <https://pmi.spmi.ru/index.php/pmi/article/view/8439>



Аннотация. Предлагается программа трехмерного моделирования геологической среды с расчетом магнитного и гравитационного геофизических полей. Программа работает с файлами форматов GS Binary (одинарной и двойной точности) и Geosoft Grid File.

Модель формируется многослойной, без ограничений по размерам, возможна одновременная работа с 10 слоями. Для компенсации искажений в краевых частях области вводится параметр «радиус влияния», который рассчитывается автоматически, при заданном значении допустимой погрешности. В качестве примера приведена модель литосферы Якутской кимберлитовой провинции на площади 1000 x 1500 км. Сопоставлением модельных и экспериментальных полей выполнено районирование территории с выделением аномальных областей. Продуктивные кимберлиты локализованы в блоках кристаллической коры с повышенной плотностью.



*Кимберлит. Трубка Удачная, Якутия.
Из коллекции Горного музея.*

Шафрановский И.И. Кристаллография, минералогия и петрография в «Записках Ленинградского горного института» // *Записки Горного института*. 1959. Т. 40. С. 47-50. <https://pmi.spmi.ru/index.php/pmi/article/view/12861>



Аннотация. Записки Ленинградского горного института в течение 50 лет своего существования занимают видную роль в истории развития отечественной минералогии и кристаллографии.

С начала основания журнала и до конца своей жизни одним из самых деятельных сотрудников Записок был знаменитый профессор и директор Горного института, величайший русский кристаллограф, геометр, петрограф и минералог Е.С. Федоров (1853-1919). С 1907 по 1917 г. на страницах Записок появилось 144 его работы. Из них 65 относятся собственно к кристаллографии, 4 к минералогии и 5 к петрографии. Остальные статьи трактуют главным образом вопросы новой геометрии, усиленно разрабатывавшейся в те годы ученым. Однако в этих, казалось бы, чисто геометрических сочинениях Е.С. Федоров обращал особое внимание на практическое использование полученных им теоретических выводов в области кристаллографии, минералогии и горного дела. Так, например, в статье «Точное изображение точек пространства на плоскости» (1907, т. I, вып. 1) предлагаются различные способы изображения точек трехмерного пространства на плоскости с помощью кругов (векторальных и обыкновенных) и параллельных векторов. В статье «Изображение структуры кристалла векторальными кругами» (1908, т. I, вып. 4), упомянутые способы успешно применены для изображения элементарных частиц, слагающих пространственные кристаллические структуры, на плоскости. Об этом замечательном методе напомнил А.Н. Заварицкий и показал на примерах изображения реальных кристаллических структур его эффективность.

Освоение подземного пространства и горное дело

Алмазное бурение широко применяется при проведении геологоразведочных и строительных работ, добыче полезных ископаемых, а уникальные физические свойства алмаза позволяют увеличить производительность буровых установок. Широкое распространение алмазное бурение получило после синтеза искусственных алмазов.

Нескоромных В.В., Попова М.С., Головченко А.Е., Петенев П.Г., Баочанг Л. Методика управления процессом бурения и экспериментальные исследования сил сопротивления при бурении долотами с резцами PDC // Записки Горного института. 2020. Т. 245. С. 539-546. DOI: 10.31897/PMI.2020.5.5



Аннотация. Рациональная, теоретически обоснованная и эмпирически верифицированная система управления является условием оптимального управления процессом бурения с соблюдением критериев минимизации затрат временных и материальных ресурсов. Новое поколение породоразрушающего инструмента с применением резцов PDC (*polycrystalline diamante cutters*), крайне эффективных при бурении скважин различного целевого назначения в горных породах средней твердости, диктует необходимость разработки методики и критериев оптимального управления процессом бурения с использованием данного инструмента. В работе представлен аналитический анализ силового взаимодействия породоразрушающих элементов, горной породы, вмещающей забой, и бурового раствора, насыщенного шламом, выделены влияющие факторы, приведены зависимости для опре-

деления параметров разрушения горных пород. Эмпирическая верификация теоретических положений проведена на основе анализа данных экспериментального бурения мрамора коронкой с резцами PDC диаметром 76,2 мм, обработанных с применением метода полного факторного эксперимента с получением математических моделей факторов и их графической интерпретации. Рассмотрена методика управления процессом бурения, основанная на оптимальном соотношении частоты вращения инструмента, осевой нагрузки и углубления за один оборот, позволяющая определить по косвенным признакам режим разрушения горной породы на забое скважины и выбрать оптимальные значения параметров режима бурения, которые соответствуют наиболее оптимальным условиям с точки зрения достижения максимальной механической скорости бурения в совокупности с рациональным режимом работы породоразрушающего инструмента. Представлена схема, содержащая возможные варианты режима отработки долота и способы их распознавания по соотношению углубления за один оборот и частоты вращения породоразрушающего инструмента.

Горшков Л.К., Осецкий А.И. Развитие принципов конструирования и эксплуатации нового алмазного породоразрушающего инструмента // Записки Горного института. 2012. Т. 197. С. 40-45. <https://pmi.spmi.ru/index.php/pmi/article/view/5959>

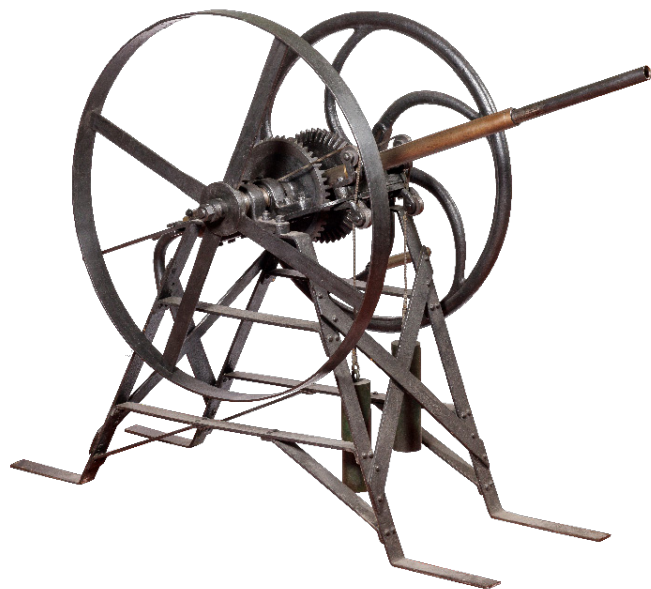


Аннотация. В статье рассмотрены вопросы создания математико-механической модели разрушения горных пород, аномального износа алмазного инструмента, механических и температурных напряжений в буровых алмазах, технология бурения новыми алмазными коронками.

Ворона М.А. Выбор рациональной технологии разработки алмазодобывающей трубки имени В. Гриба // Записки Горного института. 2006. Т. 167 (1). С. 57-59. <https://pmi.spmi.ru/index.php/pmi/article/view/8063>



Аннотация. Рассмотрены различные методы разработки алмазодобывающей трубки им. В. Гриба, расположенной на территории Архангельской области; предложена наиболее рациональная технология разработки этого месторождения. К этим способам разработки относятся: использование экскаваторов, землесосных снарядов и фрезерных комбайнов, технология бурения скважин большого диаметра. Все перечисленные методы уже находили применение на алмазодобывающих трубках Российской Федерации и доказали целесообразность их использования: землесосные снаряды и технология бурения скважин большого диаметра – на трубках Архангельская и им. Карпинского Архангельской области, фрезерные комбайны – на трубке Юбилейная Республики Саха.



ТТ 6 Алмазный бур для бурения скважин диаметром 2 дюйма системы Mather&Platt.
Из коллекции Горного музея.

Ведин А.Т., Коноваленко В.Я. Влияние энергии взрыва на качество алмазного сырья // Записки Горного института. 2001. Т. 148 (2). С. 18-21. <https://pmi.spmi.ru/index.php/pmi/article/view/9666>



Аннотация. Техногенная поврежденность (ТП) кристаллов алмаза в настоящее время оценивается по массовым показателям: относительному изменению массы в отдельности и в ситовой совокупности (степени нарушенности и потерям массы в классе), количеству обломков в классе и т.д. Эта система показателей (10 обогащенных классов крупности и по два основных показателя в классе) не позволяет однозначно оценивать качественные изменения алмазного сырья в целом, описывать многие физические и минералогические изменения (трещины, микродефекты). Более целесообразной может быть оценка техногенного изменения стоимости кристаллов. Ее ценовые параметры могут служить шкалой значимости, а стоимость кристаллов можно рассматривать как интегрированный показатель качества. Взаимосвязь ТП, стоимости кристаллов и параметров выемки и технологии обогащения в целом обусловлена природной неопределенностью изменения ситового и качественного состава кристаллов алмаза, высокой статистической вариацией при низкой частоте появления некоторых показателей (цена очень крупных кристаллов, например), что требует анализа больших статистических выборок, и до настоящего времени не оценивалась. Кроме того, не определено влияние на повреждаемость кристаллов в процессах механического дробления и измельчения степени разупрочнения кусков руды при взрыве. Косвенным подтверждением возможного неоднозначного влияния энергии взрыва на повреждаемость кристаллов являются результаты экспериментов [5], в которых рост энергозатрат при БВР на 25 % привел к снижению их на рудоподготовку в целом, с учетом процессов дробления и измельчения на фабрике, на 10 %.

Александров А.Т., Азам М. Оценка эффективности алмазного бурения продувкой туманом // Записки Горного института. 1993. Т. 136. С. 79-85. <https://pmi.spmi.ru/index.php/pmi/article/view/10006>



Аннотация. В настоящее время при бурении геолого-разведочных скважин широкое применение находят газожидкостные очистные агенты. Эффективность их применения наиболее ярко проявляется при бурении в условиях поглощений промывочной жидкости, для борьбы с осложнениями, возникающими при бурении многолетнемерзлых пород, а также при разведке месторождений в районах высокогорья и пустынь, где водоснабжение затруднено.

Парийский Ю.М., Банди М. Оценка осложненности условий алмазного бурения // Записки Горного института. 1993. Т. 136. С. 86-91. <https://pmi.spmi.ru/index.php/pmi/article/view/10007>



Аннотация. Осложненность условий алмазного бурения геолого-разведочных скважин является одним из существенных факторов, влияющих на его эффективность. В связи с оптимизацией процессов бурения возникает необходимость разработки объективных количественных оценок степени осложненности условий бурения.



TI 215. Алмазная коронка ССК 59 1 для работы со съемным керноприемником.
Из коллекции Горного музея.

Блинов Г.А., Васильев В.И. Некоторые вопросы высокооборотного алмазного бурения // Записки Горного института. 1985. Т. 105. С. 3-9. <https://pmi.spmi.ru/index.php/pmi/article/view/10565>



Аннотация. Развитие и широкое внедрение высокооборотного алмазного бурения в практику геолого-разведочных работ на твердые полезные ископаемые требует изучения характера непосредственного взаимодействия алмазной коронки с горной породой, так как именно здесь следует искать основные факторы, влияющие на эффективность разрушения горной породы и работоспособность породоразрушающего инструмента.

Тараканов С.Н. Исследование забойного процесса при бурении твердых горных пород в случае частичного обнажения алмазов на торце буровой коронки // Записки Горного института. 1976. Т. 71 (2). С. 92-108. <https://pmi.spmi.ru/index.php/pmi/article/view/11255>



Аннотация. Общие замечания об исследуемом забойном процессе. Современная алмазная импрегнированная коронка может работать на забое в двух различных режимах: при совершенном и несовершенном обнажении алмазов на торце коронки. Это положение относится не только к импрегнированным и многослойным коронкам, но и к однослойным, работающим при принудительной подаче.



TI 216. Алмазная коронка ЗА-59-42.
Из коллекции Горного музея.

Парийский Ю.М., Горшков Л.К., Фисенко В.Ф. Опыт алмазного бурения с продувкой сжатым воздухом // Записки Горного института. 1969. Т. 57 (2). С. 95-102. <https://pmi.spmi.ru/index.php/pmi/article/view/12195>



Аннотация. Район Депутатского месторождения, где проводилось бурение, сложен литологически однообразной толщей отложений, дислоцированных в крупные пологие складки субширотного и северо-восточного простирания. С точки зрения физико-механических свойств, определяющих выбор алмазного инструмента, породы, слагающие месторождение, можно разделить на три основные группы: 1) сильно дробленые, нередко перемятые средне- и мелкозернистые песчаники и песчано-глинистые сланцы, цементированные известковым материалом и льдом, VIII-IX категорий по буримости; 2) песчано-глинистые сланцы VIII категории по буримости; 3) плотные окварцованные, местами ороговиконные тонкозернистые малоабразивные песчаники X-XI категорий по буримости.

Добыча полезных ископаемых является ведущим видом экономической деятельности не только в промышленности, но и в экономике в целом. Месторождения алмазов, как национальное богатство имеют стратегическое значение для страны, поэтому нельзя не признать необходимость развития и модернизации данного сектора.

Павлова К.И., Федченко А.А., Исева Л.И. Сравнительный анализ производственно-экономической деятельности российских и зарубежного алмазодобывающих предприятий // Записки Горного института. 2012. Т. 196. С. 189-194. <https://pmi.spmi.ru/index.php/pmi/article/view/6049>



Аннотация. В работе проанализированы объемы добычи, выручки, затрат и другие технико-экономические показатели двух крупных алмазодобывающих компаний: российской «Севералмаз» и южноафриканской «De Beers – Venetia Mine» на начальной стадии разработки. Несмотря на значительное отставание по объемам добычи и реализации алмазов, «Севералмаз» имеет большой потенциал для развития. Установлено, что необходимы технические, технологические и организационные решения, позволяющие повысить экономическую эффективность компании «Севералмаз», используя опыт компании «De Beers – Venetia Mine».

Новожилова Е.В., Любек Ю.В. *Состояние и тенденции развития мировой алмазодобывающей промышленности // Записки Горного института. 2011. Т. 191. С. 145-151. <https://pmi.spmi.ru/index.php/pmi/article/view/6383>*



Аннотация. В современных условиях снижаются объемы добычи алмазов и реализации алмазной продукции алмазодобывающими компаниями стран мира. Прогноз развития мирового алмазного бизнеса на краткосрочную перспективу связан с разработкой сценариев развития. Современные тенденции в алмазном бизнесе направлены в сторону оптимистического сценария.

Белов А.К., Васильцов В.С. *Кластерный подход к развитию алмазно-бриллиантового комплекса России // Записки Горного института. 2011. Т. 191. С. 93-97. <https://pmi.spmi.ru/index.php/pmi/article/view/6373>*



Аннотация. Государственное инициирование формирования кластеров в алмазно-бриллиантовом комплексе (АБК) России предполагает приоритетное финансирование инновационной деятельности предприятий отрасли и одновременное укрепление хозяйственной системы, опосредующей АБК инфраструктурно и территориально. Но рост продуктивности вследствие инновационной активности одной отрасли может привести к его замедлению в других отраслях. Меры косвенной поддержки кластеров включают в себя мероприятия государственно-частного партнерства в области стимулирования конкуренции, формирования спроса и поддержки смежных отраслей, содействие экспорту, развитию программ обучения и связей с наукой, поддержку инфраструктуры кластера, антимонопольную политику, страхование рисков, и др.

Белов А.К., Васильцов В.С. *Развитие инновационного потенциала субъектов хозяйственной системы на основе принципов кластеризации (на примере алмазно-бриллиантового комплекса) // Записки Горного института. 2011. Т. 189. С. 332-335. <https://pmi.spmi.ru/index.php/pmi/article/view/6556>*



Аннотация. В настоящее время экономика России обладает наследственностью в виде советской модели организации промышленности – территориальных производственных комплексов, которая нуждается в модификации для соответствия рыночной экономике и вызовам глобализации. Сегодня нужны не крупные, плохо управляемые и разнонаправленные конгломераты, а «точки роста» – промышленные комплексы как совокупность относительно однородных высококонкурентных компаний с высоким инновационным потенциалом, которые одновременно выступали бы базовой, «питательной» средой для формирования и развития новых субъектов хозяйственной системы. Кластеры представляют собой одну из наиболее эффективных форм организации промышленности и всех субъектов хозяйственной системы.

Белов А.К. *Эффективность кластеризации алмазно-бриллиантового комплекса России // Записки Горного института. 2011. Т. 189. С. 328-331. <https://pmi.spmi.ru/index.php/pmi/article/view/6555>*



Аннотация. Инновационные процессы в алмазно-бриллиантовом комплексе обеспечивают качественные изменения, которые приводят к повышению эффективности комплекса и благодаря этому способствуют росту конкурентоспособности и эффективности предприятий, входящих в комплекс. Для ориентированном на экспорт в алмазно-бриллиантовом комплексе внедрение инновационной кластерной структуры является одним из определяющих факторов, так как она в современных условиях определяет успешность ведения данного бизнеса. Таким образом, оценка эффективности внедрения механизма кластеризации алмазно-бриллиантового комплекса России является актуальной задачей, решение которой позволит повысить эффективность комплекса и определить направления его дальнейшего развития.

Смирнова Н.В. Проблемы и перспективы развития алмазодобывающей промышленности России // Записки Горного института. 2009. Т. 180. С. 54-57. <https://pmi.spmi.ru/index.php/pmi/article/view/7092>



Аннотация. Нестабильность спроса на продукцию алмазодобывающей промышленности, истощение вторичных (россыпных речных, морских, прибрежных) месторождений алмазов, необходимость перехода к более дорогостоящей отработке первичных (коренных и др.) месторождений, привлечения 180 млрд руб. инвестиций в алмазодобывающую промышленность Якутии в ближайшие годы для строительства новых рудников и модернизация алмазодобывающих предприятий, неустойчивое состояние гранильной и ювелирной отрасли являются важными производственными проблемами алмазодобывающей промышленности России. Демонопользация рынка алмазов привела к усилению конкуренции между независимыми производителями, в связи с этим развитие алмазодобывающей промышленности России напрямую связано с ее конкурентоспособностью на мировом рынке. Устойчивое развитие алмазодобывающей компании в перспективе зависит от ее способности прогнозировать и гибко реагировать на изменяющиеся условия внешнего окружения, удерживать и приобретать новые конкурентные преимущества в борьбе на рынке.

Васильцова В.М., Белов А.К. Проблемы развития алмазобриллиантового комплекса на примере компании «Алроса» // Записки Горного института. 2009. Т. 184. С. 13-17. <https://pmi.spmi.ru/index.php/pmi/article/view/6823>



Аннотация. Алмазный комплекс – один из секторов экономики, сохранивший потенциал расширенного воспроизводства в условиях кризиса. Россия наряду с ЮАР, Австралией, Заиром, Ботсваной, Анголой и Намибией входит в число семи крупнейших алмазодобывающих стран мира и занимает второе место в мире по объему добычи алмазов, являясь мировым лидером по запасам алмазного сырья. Выявлены резервы повышения эффективности на отдельных предприятиях и отрасли в целом. Определены проблемы укрепления положения объекта исследования на внутреннем и внешнем рынке.

Смирнова Н.В. Экономическая оценка эффективности инвестиционных проектов алмазодобывающей промышленности // Записки Горного института. 2007. Т. 170 (2). С. 216-219. <https://pmi.spmi.ru/index.php/pmi/article/view/7755>



Аннотация. Алмазодобывающая промышленность занимает важное место в экономике России. Расширение инвестиционной деятельности за счет перспективных зарубежных проектов по строительству и реконструкции действующих алмазодобывающих предприятий имеет важное значение. Проведен анализ рынка необработанных алмазов и выявлены основные перспективы и тенденции его развития; рассмотрена основная методика оценки эффективности инвестиционных проектов; на основании выбранных экономических критериев выполнена оценка эффективности инвестиционных проектов по увеличению объема добычи и отработки руды на ГРО «Катока».

Жигулевич П.А. Экономическая эффективность развития ОАО «Севералмаз» // Записки Горного института. 2007. Т. 173. С. 168-170. <https://pmi.spmi.ru/index.php/pmi/article/view/7587>



Аннотация. Проблема оценки экономической эффективности ОАО «Севералмаз» особенно актуальна в связи с необходимостью привлечения значительных инвестиционных ресурсов. В ходе рассмотрения текущей производственной деятельности предприятия определены основные показатели экономической эффективности, которые позволяют судить о целесообразности вложения инвестиций на расширение производства и на реализацию проекта основного горно-обогатительного комбината.

Сметанкин А.В. Перспективы развития алмазодобывающей промышленности России и ее конкурентоспособность на мировом рынке // Записки Горного института. 2005. Т. 161. С. 49-52. <https://pmi.spmi.ru/index.php/pmi/article/view/8456>



Аннотация. Рассмотрены актуальные проблемы развития алмазодобывающей промышленности России на фоне изменений на алмазном рынке, связанных с уровнем обеспеченности минерально-сырьевыми ресурсами, законодательными новациями, корпоративными стратегиями, конкурентной борьбой и перераспределением рынков сбыта, со стороны неэкономических сил на развитие отрасли. Оценены возможные меры воздействия на новые тенденции. Даны рекомендации по рамочному формированию долгосрочной стратегии развития алмазодобывающих компаний в современных условиях.

Сметанкин А.В. Оценка экологического и конфликтного конкурентного риска алмазодобывающей промышленности // Записки Горного института. 2003. Т. 155 (1). С. 252-255. <https://pmi.spmi.ru/index.php/pmi/article/view/9122>



Аннотация. Предложена методика оценки уникальных конкурентных рисков алмазодобывающей промышленности: экологического конкурентного риска и конфликтного конкурентного риска. Данные риски становятся особенно актуальными для алмазодобывающих компаний, действующих в условиях интенсификации конкуренции на мировом алмазном рынке, усложнения мировой военно-политической обстановки, связанной с вооруженными конфликтами и террористическими актами, ухудшения экологических параметров окружающей среды и усиления внимания потребителей к экологическим качествам продукции. Предлагаемая методика основана на косвенном статистико-вероятностном методе расчета величины предполагаемого риска, характер и сложность которого не позволяют применить прямой расчет. Полученные показатели риска различны для отдельных национальных рынков ювелирных украшений и для различных алмазодобывающих компаний.

Экологическая безопасность горного производства и инженерная защита окружающей среды

Одним из главных приоритетов государственной политики является экологическая повестка. Говоря об алмазодобывающей промышленности, нельзя не упомянуть экологическую безопасность горного производства. Воздействие на окружающую среду – проблема, влияющая на жизнь местного населения и биоразнообразии локальных экосистем.

Легостаева Я.Б., Гололобова А.Г., Попов В.Ф., Макаров В.С. Геохимические свойства и трансформация микроэлементного состава почв при разработке коренных месторождений алмазов в Якутии // Записки Горного института. 2023. Т. 260. С. 212-225. DOI: 10.31897/PMI.2023.35



Аннотация. Добыча алмазов из коренных месторождений в Сибири связана с разработкой кимберлитовых трубок в сложной природной обстановке, сопровождаемой комплексным воздействием на окружающую среду. В статье представлены результаты мониторинга почвенного покрова Накынского кимберлитового поля на территории Якутской алмазоносной провинции, подверженного воздействию объектов Нюрбинского горно-обогатительного комбината. При разработке коренных алмазных месторождений оказываются масштабные воздействия на недра, рельеф и почвенный покров: создание крупнейших в мире карьеров, формирование отвалов высотой более 100 м, обустройство обширных хвостохранилищ, образование твердых и жидких промышленных отходов различного химического состава. Целью исследований является изучение пространственно-временных закономерностей воздействия техногенеза на почвенный покров, выявление характе-

ра и уровня трансформации микроэлементного состава почв на основе анализа внутривертикального и латерального распределения подвижных форм микроэлементов. Объектами изучения в период 2007-2018 гг. являлись зональные типы мерзлотных почв северотаежных ландшафтов – криоземы, занимающие 84 % от общей площади исследования, которым свойственна биогенная аккумуляция подвижных форм Ni, Mn и Cd в верхних горизонтах, АО, А_{ср} и Сг, Ni, Co, Mn, Cu – в надмерзлотном горизонте СR. Установлено, что загрязнение почвенного покрова промышленной площадки Нюрбинского горно-обогатительного комбината носит полиэлементный характер с локальными участками с высокой и очень высокой категорией загрязнения. За десятилетний период наблюдений формируются области стабильного загрязнения почв, где основными поллютантами являются подвижные формы Mn, Zn, Ni. Выдвинуто предположение, что на фоне природной геохимической аномалии, связанной с трапповым и кимберлитовым магматизмом, в поверхностных горизонтах почв формируются техногенные аномалии, пространственно увязанные с техногенно-преобразованными ландшафтами. Одним из источников поступления поллютантов является рассеивание твердой фазы пылевых выбросов в направлении господствующих ветров, что и приводит к формированию почв с аномально высокими содержаниями подвижных форм Mn, Zn, Ni.

Облицов А.Ю., Роголев В.А. Перспективные направления утилизации отходов обогащения алмазонасной породы месторождения имени М.В. Ломоносова // Записки Горного института. 2012. Т. 195. С. 163-167. <https://pmi.spmi.ru/index.php/pmi/article/view/6127>



Аннотация. Рассмотрена ситуация с накоплением отходов, обогащения алмазонасной породы месторождения им. М.В. Ломоносова, перспективными путями их утилизации, подробно описана технология утилизации. Приведены данные по химическому составу хвостов обогащения, их кислотно-щелочному балансу, способности к раскислению почв.

Арнаутов А.И., Исхаков М.С. Инженерно-экологические проблемы при разработке месторождения алмазов им. В.П.Гриба // Записки Горного института. 2003. Т. 153. С. 117-119. <https://pmi.spmi.ru/index.php/pmi/article/view/9269>



Аннотация. Рассмотрены способы разработки месторождения алмазов им. В.П. Гриба, характеризующиеся сложными инженерно-геологическими и гидрогеологическими условиями. На основании анализа условий и с учетом специфики геологического строения предлагается комбинированный способ разработки. Приведена характеристика экологических проблем, возникающих при данном способе, и намечены инженерные пути их решения.



МГС 783 1 6. Шлиховой концентрат хромдиоксида, оливина и пиропы. Из коллекции Горного музея.

Экскурс в историю

В раздел включены статьи из архивных выпусков журнала, посвященные кристаллографии алмаза.

Гурьев Ю. С. Геолог Соболев и открытие алмазных месторождений Якутии // Записки Горного института. 2003. Т. 155 (1). С. 270-271. <https://pmi.spmi.ru/index.php/pmi/article/view/9128>



Аннотация. К юбилею кафедры геологии и разведки месторождений полезных ископаемых подготовлена презентация о деятельности геолога В.С. Соболева и его главном деле – предсказании месторождения алмазов в Якутии, осуществленном на основе сравнения геологического строения алмазоносных провинций Южной Африки и Западной Сибири. Это может служить ярким примером удачного использования математической модели в геологии. Материал о жизни и деятельности ученого сочетается с рассказом о математических моделях и о самом распространенном примере использования математической модели (открытия планеты Нептун) наиболее выразительно воспроизведен в программе PowerPoint. Материал расположен на 13 слайдах, смена которых производится автоматически, так что презентация воспринимается как фильм. Показ презентации снабжен аудио и видео сопровождением и продолжается 8 мин.

Редакционная Коллегия. Иларион Иларионович Шафрановский (к 60-летию со дня рождения) // Записки Горного института. 1968. Т. 54 (2). С. 3-5. <https://pmi.spmi.ru/pmi/article/view/11987>



Аннотация. В научной работе проф. И.И. Шафрановский плодотворно сочетает кристаллографические идеи и методы с интересами минералогии. Особенно много труда вложил И.И. Шафрановский в изучение циркона, кварца и алмаза. Крупная работа, посвященная цирконам Вишневых гор, явилась его кандидатской диссертацией [1936]. Наиболее интересные наблюдения над кварцем касались последовательности природной регенерации на кристаллах минерала (так называемое правило Шафрановского), двойниковых сростаний и сростаний с другими минералами. Изучены формы природного растворения – «кубические кварцы» – и другие вопросы кристалломорфологии минерала. И.И. Шафрановскому принадлежит монография по кристаллографии кварца из месторождений СССР [1937].

Федоров Е.С. О строении кристаллов алмаза по Брэггу // Записки Горного института. 1914. Т. 5 (1). С. 68. <https://pmi.spmi.ru/index.php/pmi/article/view/15134>



Аннотация. Настоящая заметка вызвана прежде всего желанием представить окончательный вывод Брэгга в более наглядной форме; а затем, в виду совершенной оригинальности этого вывода и довольно резким расхождением с нашими прежними представлениями о строении частиц явилось желание решить, возможно ли его согласовать с ними. Вдумываясь в расположение атомов, мы легко пойдем, что оно двоякого рода. Одни атомы занимают положения центров ромбических додекаэдров, другие – положение таких четырех тригональных вершин додекаэдра, что в совокупности принадлежат тетраэдру. Именно таким расположением обуславливается гексакис – тетраэдрический вид симметрии, и, хотя расположение центров частиц одних соответствует додекаэдрической структуре, но дело изменяется расположением других атомов.

Научное издание

АЛМАЗЫ

Дайджест

ЗАПИСКИ ГОРНОГО ИНСТИТУТА

№ 8 • 2024

Ответственный за выпуск *С.В. Сиявина*

Составитель *П.В. Котова*

Компьютерная верстка *С.А. Лысенко*

Фотографии предоставлены Горным музеем
(фотограф *П.В. Долганов*)

Издательский дом
Санкт-Петербургского горного университета
императрицы Екатерины II
<https://pmi.spmi.ru>



Горный музей
<https://museum.spmi.ru>



Запрос на составление дайджеста по интересующей тематике
можно направлять на pmi@spmi.ru