

ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ НАУКИ  
МИНЕРАЛОГИЧЕСКИЙ МУЗЕЙ им. А.Е.ФЕРСМАНА  
Российской академии наук (ФАНО России)  
Ленинский пр-т, дом 18, корпус 2, Москва, 119071  
Телефон (495) 952-00-67; факс (495) 952-48-50. E-mail: [mineral@fmm.ru](mailto:mineral@fmm.ru)

№ \_\_\_\_\_



Утверждаю  
Директор Минералогического  
музея им. А.Е. Ферсмана,  
профессор П.Ю. Плечов

### ОТЗЫВ

ведущей организации на диссертацию Клепикова Игоря Вячеславовича  
**«Алмазы западного Приуралья: дефектно-примесный состав,  
особенности морфологии и внутреннего строения»,**  
представленную на соискание ученой степени  
кандидата геолого-минералогических наук по специальности  
25.00.05 – минералогия, кристаллография

Данная диссертационная работа актуальна тем, что проведено глубокое комплексное изучение алмазов и сравнение алмазов из пород различных генетических типов месторождений западного Приуралья.

Цель работы - анализ и генетическая интерпретация минералогических особенностей кристаллов алмаза из месторождений алмазов двух типов западного Приуралья.

Для достижения цели автором решались следующие задачи:

- исследование и анализ морфологии кристаллов алмаза из двух типов месторождений западного Приуралья на представительных коллекциях;
- исследование кристаллов алмаза методами высокоразрешающей люминесцентной и ИК спектроскопии;
- отбор кристаллов для дальнейшего детального изучения, изготовление плоско-параллельных пластин из выбранных кристаллов и визуализация их внутреннего строения;
- выявление взаимосвязи морфологии и внутреннего строения кристаллов алмаза разного габитуса;
- определение локальных вариаций дефектно-примесного состава по зонам и пирамидам роста кристаллов;
- сравнительный анализ изученных алмазов западного Приуралья с аналогичными алмазами из других регионов мира.

И цель и задачи вполне корректны, понятны и имеют большое значение для выяснения некоторых генетических проблем образования кристаллов алмаза западного Приуралья.

Коллекция алмазов весьма представительна порядка 650.

Все методы современны и локальны. Особенности дефектно-примесного состава, морфологии и внутреннего строения кристаллов алмаза были изучены с помощью следующих методов:

- ИК-спектроскопии – на спектрометре Vertex 70 с микроскопом Hyperion1000;
- фотолуминесценции (ФЛ) – на спектрометрах Renishaw In Via и Horiba FL3;
- монохромной катодолуминесценции (КЛ) – на СЭМ CamScan MX2500 S; - электронного парамагнитного резонанса (ЭПР) – на приборах РЭ 1306/1307 и ELEXSYSE 580;
- спектроскопии поглощения в видимой области (ВО) – на спектрофотометре UV-2550PC;
- оптической микроскопии (ОМ) – на микроскопе Leica M205.

Вполне доказательна научная новизна, а также имеются элементы практического значения данной работы.

Материалы диссертации опубликованы в 18 работах, из них 8 статей в реферируемых журналах и 10 тезисы докладов Всероссийских и Международных конференций. Различные аспекты работы докладывались на различных конференциях, в том числе и международных

Диссертационная работа состоит из 4 глав, введения и заключения. Общий объем диссертации составляет 167 страниц, в том числе 79 рисунков и 7 таблиц. Список использованной литературы включает 148 наименований. Вполне добротная диссертационная работа.

Проведем анализ работы Игоря В. Клепикова. Работа состоит из четырех основных глав, введения и заключения и списка литературы.

**В первой главе** рассмотрены вопросы истории открытия, коренных источников россыпей, морфологии, внутреннего строения и спектроскопических особенностей алмазов Урала, известные на сегодняшний день. Главное, что обращено внимание на слабые стороны в изучении самого алмаза, что и позволило И.В. Клепикову провести дальнейшее изучение алмаза с этих территорий.

**Во второй главе** рассмотрены методы и объекты исследования.

**В третьей главе** рассмотрены вопросы типоморфизма алмазов «уральского» типа. Проведен сравнительный анализ морфологии и спектроскопических особенностей алмазов из двух источников западного Приуралья (аллювиальные россыпи Красновишерского района и месторождение «Рассольнинская депрессия»), а также приведены исследования алмазов из россыпей Анабаро-Оленекского междуречья.

**В четвертой главе** приведены результаты исследования внутреннего строения и дефектно-примесного состава разнообразных морфологических типов кристаллов алмаза из россыпей Красновишерского района и месторождения «Рассольнинская депрессия».

**В заключении** сформулированы важнейшие выводы из проведенных исследований.

Проведем подробный анализ работы.

Первая глава – это краткий и глубокий анализ истории открытия месторождений алмаза на Урале и обзор по всем аспектам изучения кристаллов алмаза за очень длинный отрезок времени до исследований автора данной диссертации, из анализа которых он и выходит на обоснование постановки самой работы и сформулированных защищаемых положений.

**Так что следует из материала Главы 1**

1. На Урале на сегодняшний день существует два типа источников алмазов: это аллювиальные россыпи (с неустановленными коренными источниками) и месторождения, сопряженные с алмазоносными флюидно-эксплозивными образованиями; 2. Кристалломорфология алмазов Урала изучена наиболее подробно, габитус подавляющего большинства кристаллов сформирован в результате процессов растворения; 3. Внутреннее строение алмазов Урала изучено очень слабо, имеющиеся данные говорят о преимущественно октаэдрической зональности во внутреннем строении растворенных кристаллов; 4. Имеющиеся данные по ИК-спектроскопии (особенности проявления азотных дефектов) алмазов Урала говорят о наличии двух популяций алмазов в этом регионе; 5. Фотолюминесценция алмазов Урала изучена фрагментарно и недостаточно.

Все изложено вполне доказательно и на основании этого автор работы сформировал основные направления для проведения исследований:

1) Проведение комплексного сравнительного анализа алмазов из аллювиальных россыпей и из месторождений, сопряженных с «туффизитами», современными спектроскопическими методами;

2) Изучение внутреннего строения и дефектно-примесного состава различных морфогенетических групп алмазов месторождений западного Приуралья;

3) Сопоставление кристаллов алмаза месторождений западного Приуралья с кристаллами из других месторождений мира.

**И.В. Клепиковым выдвинуты три главных направления исследований и с ними можно вполне согласиться.**

Теперь анализ защищаемых положений. Автореферат построен строго по защищаемым положениям. Это импонирует, есть логика в изложении материала. А вот сама диссертационная работа имеет другую схему изложения материала.

Материалы всей третьей главы лежат в основе первого защищаемого положения: **Кристаллы алмаза месторождения «Рассольнинская депрессия» отличаются от кристаллов из аллювиальных россыпей Красновишерского района по морфологии, концентрации азотных дефектов и частоте встречаемости систем ФЛ.**

**Унимодальное распределение концентрации азотных дефектов и сходство морфологических особенностей кристаллов месторождения**

**«Рассольнинская депрессия» есть признак единственности их коренного источника.**

А вот три других защищаемых положения относятся к материалу Главы 4. Несколько непонятно, почему предложена именно такая структура работы. Она, по нашему мнению, несколько не логично структурно построена.

Далее можно обратить внимание на то, что в Главе 3 очень хорошо представлен материал по сравнению кристаллов алмаза из аллювиальных россыпей Красновишерского района Урала и россыпей Анабаро-Оленекского междуречья, **по этой причине на основании этих материалов вполне можно было бы сформулировать защищаемое положение. А так он остался просто как один из блоков исследований автора.**

Разберем доказательную базу первого защищаемого положения.

Что не хватает в самом защищаемом положении – это конкретики. Фраза **«Отличаются по морфологии, концентрации азотных дефектов и частоте встречаемости ФЛ» - это просто набор слов без конкретики.** Если мы берем различия по морфологии, то в чем главном эти отличия? Отличия в концентрации азотных дефектов – в чем принципиально главном эти отличия? Это необходимо было вставить в защищаемое положение.

В самом тексте это все детально разбирается и приводится много прекрасных фотографий. Все это есть. И это надо было в концентрированном виде вставить в само защищаемое положение.

Автором Игорем Вячеславовичем Клепиковым проведены комплексные структурно-минералогические исследования этих кристаллов и сопоставление представительных коллекций алмазов из источников разного типа методами ИК люминесцентной спектроскопии и другими спектроскопическими методами. Это явная новизна.

По морфологии показано, что алмазы аллювиальных россыпей Красновишерского района (АР) характеризуются более широким разнообразием морфологических типов кристаллов по сравнению с кристаллами Рассольнинской депрессии (РД). Кристаллы АР и РД имеют значительные отличия по степени механического износа и скульптурам на поверхности. В коллекции РД фрагменты кристаллов составляют 6.7 %, в коллекции АР 2 %. Все это четко показано в работе.

В выборке АР — до 45 % кристаллов с меньшей, чем в выборке РД, концентрацией азота и существенно большим диапазоном доли дефектов В1 и соответственно значением модельной температуры. Кристаллы из россыпей рек Вижай и Усьва по спектроскопическим характеристикам и морфологическим особенностям близки к алмазам АР, но обладают еще большей дисперсией характеристик азотных дефектов. Здесь тоже все доказано.

И набор систем в спектрах ФЛ (возбуждение 488 нм) кристаллов алмаза месторождения «Рассольнинская депрессия» и современных аллювиальных россыпей Красновишерского района показывают определенные различия (см. табл. 2 автореферата).

Таким образом, четко выявлены отличия кристаллов РД от кристаллов АР и по морфологии и по спектроскопическим параметрам.

**Первое защищаемое положение считаем доказанным. При этом обращаем внимание на несколько расплывчатое его содержание. Не хватает в нем конкретики в цифрах.**

Теперь еще раз к сравнению кристаллов алмаза из западного Приуралья и Анабало -Оленекского междуречья. Прекрасный материал, методы – все есть, чтобы сформулировать защищаемое положение. Это наше мнение, с ним можно спорить.

Теперь перейдем к анализу следующих трех защищаемых положений. Все они сформулированы на материале Главы 4. Посмотрим и сделаем анализ материала Главы 4. **ВНУТРЕННЕЕ СТРОЕНИЕ И ДЕФЕКТНО-ПРИМЕСНЫЙ СОСТАВ НЕКОТОРЫХ МОРФОЛОГИЧЕСКИХ ТИПОВ КРИСТАЛЛОВ АЛМАЗА ЗАПАДНОГО ПРИУРАЛЬЯ.**

Понятно, из названия, что в этой главе главный упор сделан на изучении внутреннего строения и дефектно-примесного состава некоторых морфологических типов, не всех изученных, а некоторых, которые выделяются из общей массы кристаллов по кристалломорфологическим особенностям.

**Второе защищаемое положение. Четырехугольные углубления на поверхности кристаллов алмаза из россыпей западного Приуралья - это проявление полицентрического регенерационного роста граней {111} в направлении [100]. Они являются индикатором сложного внутреннего строения кристалла и смены механизма его роста.**

Очень хорошая доказательная база, хорошая фактура и много великолепных фотографий кристаллов. Вот эта группа кристаллов чем интересна, тем что она характерна для коллекции АР, в коллекции РД отмечен только один такой кристалл. Самое интересное, что эти кристаллы очень разнообразны по морфологии – они представлены тетрагексаэдроидами, октаэдроидами и додекаэдроидами. Проявление четырехугольных углублений на поверхности тоже весьма разнообразно – от единичных углублений на кристалле до почти полного заполнения поверхностей кубоидов. И с ними, конечно, надо было разобраться. Как показал автор работы эти углубления очень разнообразны по сложности строения углублений. Иногда это каналы травления. Для более детального их изучения были сделаны плоско-параллельные пластины, и тогда появились возможности более детального их изучения. Отмечу, что все кристаллы в пластинках детально изучены, получены картины ЦКЛ. Показано, что во внутреннем строении всех исследованных кристаллов и пластин присутствуют области как нормального, так и тангенциального роста.

А вот при растворении кристаллов с рельефом полицентрического роста поверхность усложняется – ямки травления накладываются на ростовой рельеф. Этим показана вся сложность формирования подобных четырехугольных ямок. Сформированы четыре группы кристаллов с четырехугольными углублениями, для каждой из которых предложена своя схема эволюции внутреннего строения округлых кристаллов. С этими схемами можно согласиться, они очень грамотно и детально обсуждены в работе.

Образование ступеней {111} на завершающем этапе формирования всех

кристаллов с нормальным механизмом роста по мнению диссертанта может рассматриваться как особенность Уральских алмазов. Длительный этап формирования кристаллов с пирамидами роста граней  $\{100\}$  может указывать на особые условия образования Уральских алмазов. Это новая интерпретация и с ней вполне можно согласиться. Считаем, что второе защищаемое положение доказано.

Теперь третье защищаемое положение: **Для современных аллювиальных россыпей западного Приуралья характерна ассоциация кристаллов алмаза с пирамидами роста граней  $\{100\}$ : 1) кубоиды II разновидности по Ю.Л. Орлову; 2) кубоиды с прозрачным ядром и внешней зоной, насыщенной включениями; 3) кристаллы с совместным ростом пирамид граней  $\{100\}$  и  $\{111\}$ ; 4) кристаллы с последовательным ростом пирамид граней  $\{100\}$  и  $\{111\}$ . Наличие таких кристаллов - характерный признак источников алмазов с преобладанием кристаллов кривогранных форм.**

Автором работы было проведено исследование дефектно-примесного состава кристаллов кубического габитуса из россыпей Красновишерского района, внутреннее строение которых было представлено в разделе 4.1. Именно такие кристаллы, по мнению автора, составляют основное отличие россыпных месторождений с неустановленным типом коренного источника, а также они наиболее информативны в плане особенностей дефектно-примесного состава. То, что такие кристаллы очень информативны, это так, а вот то, что именно подобные кристаллы составляют основное отличие россыпных месторождений с неустановленным типом коренного источника, с этим утверждением согласиться нельзя. Можно подумать, что неустановленный источник будет иметь преобладание кристаллов кубического габитуса. Подобный тип кристаллов всегда в меньшинстве в коренных источниках.

Теперь о самом эксперименте. Были выбраны несколько групп, принципиально отличающихся по ростовым и спектроскопическим особенностям:

1. Кубоиды, II разновидность по классификации Ю.Л. Орлова (10 шт.).
2. Кубоиды с прозрачным ядром и внешней зоной, насыщенной включениями (3шт).
3. Кристаллы с совместным ростом пирамид граней  $\{100\}$  и  $\{111\}$  (6 шт.).
4. Кристаллы с последовательным ростом пирамид граней  $\{100\}$  и  $\{111\}$  (2 шт.).

Это правильный шаг в детальном изучении кристаллов алмаза с пирамидами роста граней  $\{100\}$ . Посмотри, что же получилось.

В первую группу диссертант выделил кубоиды с незначительным растворением ребер, и некоторые додекаэдрониды. Эти додекаэдрониды вследствие сильного растворения полностью утратили исходную форму, но сохранили специфические спектроскопические особенности. Сложная форма таких кристаллов может быть объяснена струйным характером растворения или растворением обломка кристалла. Это кристаллы типа IaA+Ib,  $N_{tot}=20-300$  ppm. По соотношению азотных дефектов такие алмазы относятся к низкотемпературным.

Во вторую группу диссертант выделил кубоиды с прозрачным ядром и внешней зоной, насыщенной включениями. Данную группу сложно однозначно отнести к какой-то разновидности по классификации Ю.Л. Орлова. Это кристаллы типа IaA,  $N_{tot}=200-500$  ppm. Кристаллы либо однородны по распределению азотных дефектов, либо близки по распределению к первой группе.

Третья группа – это кристаллы с совместным ростом пирамид граней  $\{100\}$  и  $\{111\}$ . На поверхности этих кристаллов часто отмечается сонахождение четырехугольных и треугольных фигур травления, их особенностью является совместный рост пирамид граней  $\{100\}$  и  $\{111\}$  (рисунок 58).  $N_{tot}=600-1500$  ppm,  $N_{VI}=0-70$  % (рисунок 59), высокий  $\alpha_{3107}$ , множество микровключений в секторах куба. Интересной особенностью кристаллов этой группы является их совершенно разная термическая история.

Четвертая группа - это кристаллы с последовательным ростом пирамид граней  $\{100\}$  и  $\{111\}$ . В таких кристаллах по наблюдению автора наблюдается как минимум 2 последовательные стадии роста по разному механизму. Например, в ядре кристалла видна только октаэдрическая зональность, а затем появляется концентрическая зональность пирамид роста граней  $\{100\}$ . Или наоборот, центральную часть представляет куб, а затем развит октаэдр. Морфология кристалла может меняться, в зависимости преобладания той или иной пирамиды роста на последнем этапе роста. Могут встречаться как октаэдрониды, так тетрагексаэдрониды и кубоиды. По спектроскопическим особенностям данные кристаллы в целом аналогичны предыдущей группе.

Проведенные автором диссертации исследования четко показали, что в аллювиальных россыпях Красновишерского района Урала встречаются 4 группы кристаллов с пирамидами роста граней  $\{100\}$ , охватывающих практически все природное многообразие кристаллов алмаза кубического габитуса.

Что здесь хочется отметить особо. Это хорошую доказательную базу в виде картин ЦКЛ и спектроскопических характеристик

Первые 2 группы Игорь Вячеславович отнес к низкотемпературным кубоидам, которые недолго пребывали в мантийных условиях. Правда, при этом не показал, на основании чего он отнес их к низкотемпературным, которые недолго пребывали в мантийных условиях.

Третья и четвертая группы по мнению Игоря Вячеславовича - это более сложные по внутреннему строению и термической истории кристаллы, более высокотемпературные и полистадийные. На основании чего сделаны эти выводы и в каких они были условиях в мантии, этого мы так и не узнали.

Защищаемое положение доказано, а генетическая сторона вопроса раскрыта не до конца.

И теперь остановимся на четвертом защищаемом положении. **В кристаллах с совместным или последовательным ростом полосы 912 и 933 нм приурочены к пирамидам роста граней  $\{111\}$ , а полоса 926 нм – к пирамидам роста граней  $\{100\}$ . В алмазах кубического габитуса II**

**разновидности по Ю.Л. Орлову впервые установлены линии ФЛ 800, 820.5, 840, 860, 869 нм, которые приурочены к зонам с желтой окраской.**

Здесь бы мы добавили, чем обусловлена желтая окраска. Этого не хватает для логичного завершения фразы.

Теперь о том, что написано в диссертации к обоснованию этого положения: При выполнении работы впервые исследована ФЛ алмазов Урала в диапазоне 800-1050 нм, в том числе распределение особенностей по зонам и секторам роста в кристаллах разных типов. Природа многих обнаруженных систем ФЛ на данный момент остается неизвестной и не изученной. Изложенные в этом разделе материалы обосновывают четвертое защищаемое положение.

Мы в определенном недоумении, т.к. после этих трех фраз идет сразу защищаемое положение. При этом еще большее недоумение вызывает следующая фраза о том, что «*Природа многих обнаруженных систем ФЛ на данный момент остается неизвестной и не изученной*».

А где сами изложенные в этом разделе материалы???

То, что впервые исследована ФЛ алмазов Уралам в диапазоне 800-1050 нм, а также по зонам и секторам роста – это новое и это хорошо! Но где результаты этого изучения? В диссертации мы их не увидели. В автореферате все-таки показаны полосы и линии на графиках спектров ФЛ. Они выявлены, но не расшифрованы.

По этой причине можно принять частично четвертое защищаемое положение в плане, что впервые установлены определенные линии ФЛ. Да это новое.

Далее в диссертации идет хороший и оригинальный материал: *Сравнение алмазов с пирамидами роста граней {100} из россыпей Красновишерского района с алмазами из различных алмазоносных регионов мира.* Очень интересный материал, и он показал, что при анализе литературных данных в сопоставлении с полученными автором работы новыми результатами по алмазам из россыпей Западного Приуралья было установлено, что алмазы с пирамидами роста граней {100} из коренных и россыпных месторождений различных регионов мира имеют очень сходное внутреннее строение и спектроскопические особенности. Это новые данные и новая научная новизна, хорошо представленная фактурой. Здесь тоже можно было бы подумать о формулировании защищаемого положения.

Апробация работы вполне отвечает всем требованиям ВАК,а. Работа логично построена, интересна и несомненно несет научную новизну. Работа направлена на решение одной из фундаментальных проблем петрологии и минералогии, а именно генезиса природного алмаза. Все задачи логично сформулированы, четкие и отражают существо работы. Диссертация полностью соответствует разделу 4 паспорта научной специальности 25.00.05.

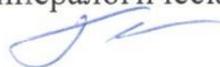
Таким образом, в целом, работу можно признать весьма актуальным, имеющим генетическое значение и практическую значимость, исследованием.

Представленная диссертация полностью соответствует требованиям ВАК,а, предъявляемым к работам, представленным на соискание ученой степени кандидата геолого-минералогических наук. Достаточный список опубликованных работ, в том числе и в реферируемых научных журналах. Автореферат полностью отражает суть представленной работы. Работа написана ясным и понятным русским языком.

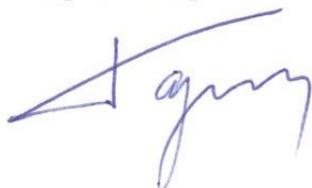
Автор данной работы, Клепиков Игорь Вячеславович, молодой и перспективный специалист в области изучения морфологических, спектроскопических характеристик алмаза и в целом его генезиса, несомненно, заслуживает присвоения ученой степени кандидата геолого-минералогических наук по специальности 25.00.05 – минералогия, кристаллография.

Рассмотрено на заседании СЕКТОРА научных основ систематизации, учета и хранения фондов музея

Зав. Сектором, кандидат геолого-минералогических наук М.Е. Генералов



Научный руководитель Минералогического музея им. А.Е. Ферсмана,  
Лауреат Премии Правительства в области науки и техники,  
Лауреат Премии им. А.Е. Ферсмана РАН,  
профессор, доктор геол.-мин. наук



Виктор Константинович Гаранин

Отзыв утвержден на Заседании Ученого Совета Минмузея (протокол № 3  
от 25.08. 2020 г.

Ученый секретарь Совета, кандидат геол.-мин. наук Е.Н. Матвиенко



ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ НАУКИ  
МИНЕРАЛОГИЧЕСКИЙ МУЗЕЙ им. А.Е.ФЕРСМАНА Российской академии наук

Ленинский пр-т, дом 18, корпус 2, Москва, 119071

Телефон (495) 952-00-67; факс (495) 952-48-50. E-mail: [mineral@fmm.ru](mailto:mineral@fmm.ru); [vgaranin@mail.ru](mailto:vgaranin@mail.ru)