

Институт геологии Коми НЦ УрО РАН
Минералогический Музей им. А. Е. Ферсмана РАН

ОТКРЫТИЕ ВЕКА: АЛМАЗОНОСНАЯ КИМБЕРЛИТОВАЯ ТРУБКА ЗАРНИЦА



Сыктывкар — Санкт-Петербург — Москва
2014

УДК 549.21.211

Открытие века: алмазоносная кимберлитовая трубка Зарница. Отчет Н. Н. Сарсадских и Л. А. Попугаевой о результатах работ, проведенных тематической партией № 26 Центральной экспедиции и партией № 182 Амакинской экспедиции в среднем течении р. Даалдын в 1954 г.

Приведены рассекреченные в 2003 г. результаты пионерских исследований первой в Евразии алмазоносной кимберлитовой трубки, позволяющие по-новому оценивать авторский приоритет в отношении некоторых важных научных достижений. С учетом открывшихся в последние годы архивных источников нетрадиционно охарактеризованы основные вехи истории открытия якутской алмазоносной провинции. На фоне данных, полученных первооткрывателями, рассмотрены результаты новейших исследований гранатов и пикроильменита из трубки Зарница, которые подтверждают и развивают выводы первооткрывателей о промышленной продуктивности этой трубки и перспективности использования минералов-индикаторов при прогнозе и поисках алмазных месторождений.

Рис. 89. Табл. 20. Библ. 232.

Книга рассчитана на широкий круг специалистов, преподавателей, студентов, историков науки, любителей и ценителей природы.

Издание подготовлено к печати д. г.-м. н. **В. И. Силаевым**, к. г.-м. н. **Е. Б. Трейвусом**, д. г.-м. н. **В. А. Петровским** и д. г.-м. н. **В. К. Гараниным**.

Редактирование иллюстраций — к. г.-м. н. **А. Ф. Хазов**

Ответственный редактор академик **Н. П. Юшкин**

Рецензенты: д. г.-м. н. **И. И. Чайковский**,

д. г.-м. н. **Л. В. Махлаев**

**60-летию открытия первого коренного
алмазного месторождения в России и
героям-первооткрывателям Восточно-
Сибирской (Якутской) алмазодобывающей
провинции
ПОСВЯЩАЕТСЯ**



Содержание

I. Предисловие. За кулисами истории открытия первой российской алмазоносной кимберлитовой трубки (Е. Б. Трейвус)	5
II. Отчет Н. Н. Сарсадских, Л. А. Попугаевой «О результатах работ, проведенных тематической партией № 26 Центральной экспедиции и партией № 182 Амакинской экспедиции в среднем течении р. Даалдын в 1954 году». Ленинград, 1955 г.	
Аннотация (Н. Н. Сарсадских)	18
Введение (Н. Н. Сарсадских)	19
Глава 1. Результаты работ за период 1950—1953 гг. (Н. Н. Сарсадских, Л. А. Попугаева)	22
Глава 2. Результаты работ в 1954 г. (Л. А. Попугаева)	29
Глава 3. Описание месторождения «Зарница» (Н. Н. Сарсадских, Л. А. Попугаева)	53
III. Эпилог. Результаты современных исследований гранатов и пикроильменита из трубки Зарница (В. И. Силаев, В. А. Петровский, В. К. Гаранин с участием Е. Б. Трейвуса)	75
Заключение (В. И. Силаев, А. К. Гаранин)	98
Список литературы:	
К предисловию Е. Б. Трейвуса	102
К Отчету	103
К сноскам в Отчете и к последнему разделу	104
Приложение 1. Отзыв П. М. Татаринова	116
Приложение 2. Отзыв А. Н. Лебедева	118
Приложение 3. Отзыв Л. В. Махлаева	120
Приложение 4. Отзыв И. И. Чайковского	123
Приложение 5. Протокол заседания комиссии Союзного треста № 2	125
Приложение 6. Заявление Л. А. Попугаевой Управляющему Союзным трестом № 2	128
Приложение 7. Письмо Л. А. Попугаевой Первому секретарю ЦК КПСС Н. С. Хрущеву	130
Приложение 8. Силаев В. И. «Златокудрая хозяйка алмазной реки»	139
Приложение 9. Силаев В. И. «Зарница над Сибирской Диамантиной. Уроки истории великого геологического открытия»	147
Приложение 10. Силаев В. И., Шанина С. Н., Петровский В. А., Плоскова С. И. «Минералогическая коллекция Л. А. Попугаевой как культурно-исторический феномен и актуальный объект исследований»	171
Приложение 11. Силаев В. И., Симакова Ю. С., Киселёва Д. В., Лютоев В. П., Лысюк А. Ю., Филиппов В. Н. «Кимберлитовый (?) Li-Al турмалин из минералогической коллекции Л. А. Попугаевой»	183
Приложение 12. Силаев В. И., Киселёва Д. В., Филиппов В. Н. «Галлий в мантийных производных: новый геохимический индикатор алмазоносных кимберлитов»	192

ПРЕДИСЛОВИЕ

ЗА КУЛИСАМИ ИСТОРИИ ОТКРЫТИЯ ПЕРВОЙ РОССИЙСКОЙ АЛМАЗОНОСНОЙ КИМБЕРЛИТОВОЙ ТРУБКИ

Опубликование в открытой печати подлинного отчета Н. Н. Сарсадских и Л. А. Попугаевой (в дальнейшем — «Отчета»), посвященного результатам их главных полевых сезонов в Якутии, в ходе первого из которых в 1953 г. они нашли кимберлитовые минералы — спутники алмазов, а в ходе второго — в 1954 г. была открыта первая в Евразии алмазоносная трубка Зарница, безусловно, представляет громадный интерес.

Как известно, истории этого великого геологического открытия посвящено необыкновенно большое количество произведений, главным образом, беллетристического характера — от газетных статей до крупных повестей и очерков. По-видимому, первым в этом ряду является очерк В. Осипова [Осипов, 1957], хотя и эскизный, но, в общем, достаточно достоверный. Практически во всех более поздних публикациях допущены неточности в изложении событий, а иногда и прямое домысливание авторами того, что происходило на самом деле. Не избежали искажения фактов в своих публикациях, явно по забывчивости за давностью времени, и сами авторы открытия — Л. А. Попугаева и Н. Н. Сарсадских. Можно быть уверенным, что опубликование в виде монографии их «Отчета», находившегося долгое время под грифом «совершенно секретно», не только поможет преодолеть упомянутые выше домысливания и искажения, но и позволит понять с подлинными подробностями перипетии их полевых работ в переломные 1953—1954 годы.

«Отчет» Н. Н. Сарсадских и Л. А. Попугаевой не только отражает эпохальное событие, радикально изменившее в нашей стране и в мире ситуацию с поиском алмазов и послужившее мощным толчком к развитию отечественной алмазодобывающей промышленности, но и свидетельствует о серьезных научных достижениях его авторов, еще не освещенных в публикациях и поэтому недостаточно оцененных. Последнее привело к тому, что приоритет в упомянутых достижениях оказался не вполне справедливо закрепленным за другими исследователями. В данной публикации многие из таких моментов отмечаются по тексту редакторскими ссылками и рассматриваются в заключительном разделе книги, в котором обобщены результаты минералогических исследований, успешно начатых Л. А. Попугаевой и Н. Н. Сарсадских и подхваченных их последователями. В этой связи предлагаемая вниманию широкого круга специалистов монография может рассматриваться как своеобразный мост, перекинутый из славного прошлого к активному настоящему и ориентированный, надо надеяться, на плодотворное будущее геологической науки.

Следует, наконец, подчеркнуть, что публикуемый «Отчет», являясь результатом поистине героической работы двух хрупких женщин на благо нашего Отечества, представляется конкретным и прекрасным воплощением настоящего патриотизма. Это не может не послужить вдохновляющим примером и для грядущих поколений российских геологов.

История открытия коренных алмазных месторождений на Сибирской платформе многократно и подробно описывалась. Наиболее обстоятельной, беспристрастной и аргументированной представляется книга ленинградско-петербургского геолога В. Л. Масайтиса [Масайтис, 2004], который являлся участником и свидетелем того, что происходило «на алмазном фронте» в 1950-х годах в Восточной Сибири. Весьма ценными являются публикации журналиста и историка Р. Н. Юзмухаметова [Юзмухаметов, 1998, 2001, 2003, 2004, 2006], детально исследовавшего громадный архивный материал и обобщившего рассказы людей, причастных к этой истории. Многие детали событий впервые освещены в книгах и статьях автора настоящего Предисловия [Трејвус, 2003, 2004, 2007₁, 2007₂, 2008₁, 2008₂, 2008₃, 2009]. Важные факты, касающиеся судьбы Л. А. Попугаевой, приведены Е. Н. Елагиной [Елагина, 1999, 2003]. В этом же ряду можно

упомянуть и замечательную книгу московского геолога М. В. Сусова [Сусов, 2002], представляющую для нас особенный интерес в той своей части, где уточняются детали для молодого геологического поколения. Во всех упомянутых работах читатель найдет обширные списки литературы, хорошо отражающие с разных сторон современную библиографию по рассматриваемой теме. К сожалению, упомянутые выше публикации имели небольшой тираж, появились в неавторитетных издательствах и сразу стали библиографическими редкостями. Однако при известной настойчивости их все же можно разыскать, например, в Российской геологической библиотеке при ВСЕГЕИ в Петербурге. Отсылая любознательного читателя к ним, необходимо, тем не менее, и в этом Предисловии осветить некоторые события, хотя бы для лучшего понимания подвига, совершенного Л. А. Попугаевой и Н. Н. Сарсадских.

Как известно, общие черты геологического сходства Среднесибирского плоскогорья, названного геологами Сибирской платформой, с Южноафриканским кратоном были ясны уже к 1947 г. Эти геологические структуры сближают древний возраст их консолидации, строение осадочного чехла, широкое развитие долеритов и их эффузивных аналогов — траппов, впервые выделенных в Южной Африке в качестве особой формации Карру. Кроме того, на северо-западе Сибирской платформы уже были найдены к тому времени щелочные ультраосновные породы, по своему составу приближающиеся, как тогда казалось, к кимберлитам. В 1947 г. по правительственному решению геологи Иркутского территориального геологического управления начали миллионную геологическую съемку и поиск алмазов на обширной территории — от бассейна Нижней Тунгуски до правобережья р. Вилюй. Опыта таких поисков у сибирских геологов тогда еще не было. Поэтому методическое руководство ими в этой работе по решению главного геолога 3-го Главного геологического управления (ГГУ) Министерства геологии СССР А. П. Бурова было возложено на опытного московского специалиста В. О. Ружицкого — начальника Северной экспедиции ВИМСа. Это был человек с громадным опытом разведки и оценки запасов алмазных россыпей на Урале, о чем написано в книге воспоминаний под редакцией Н. В. Введенской [Введенская и др., 2007]. Отметим, что и сама Н. В. Введенская оставила весьма заметный след в поиске алмазов на Урале [Введенская, 2004; Силаев, 2006].

С 1947 г. главным действующим на рассматриваемой территории «лицом» становится Амакинская экспедиция Союзного треста № 2-го Главуралсибгеологии (Ее название и ведомственная подчиненность даются по состоянию на 1953—1954 гг. Что касается указанного треста, то вначале он именовался как упомянутое выше 3 ГГУ). В первый период своей работы Амакинская экспедиция базировалась в Иркутске, а в 1953 г. была переведена в пос. Нюрба на р. Вилюй — районный центр, находящийся в центральной части Сибирской платформы. Вплоть до 1955 г. деятельность Амакинской экспедиции сводилась к опробованию на алмазы аллювиальных отложений якутских рек. Методика работы была заимствована у уральских геологов, ориентировавшихся в своих работах на террасовые и водораздельные галечники [Введенская и др., 2007].

Самый первый алмаз на Сибирской платформе был найден в 1948 г. в шлихе с р. Малая Ерёма — левого притока р. Нижняя Тунгуска, полученном геологической партией С. Н. Соколова. Уже на следующий год на р. Вилюй на косе Соколиная будет найдена первая в Сибири промышленная алмазная россыпь, открытие которой приписывается начальнику Вилюйской геологической партии Г. Х. Файнштейну. Однако мы считаем нужным подчеркнуть, что указанными первыми успехами в поисковых работах на алмазы сибирские геологи были обязаны В. О. Ружицкому, что особенно убедительно показано в упомянутой выше книге М. В. Сусова.

В то время господствовала гипотеза иркутского геолога и профессора Иркутского университета М. М. Одинцова относительно того, из каких именно коренных пород алмазы поступали в речные отложения. Согласно этой гипотезе, источником россыпных алмазов на Сибирской платформе служили повышенно магнизиальные дериваты той же

магмы, что обусловила и образование обширных трапповых покровов, столь сходных с южноафриканскими платобазальтами. Иначе говоря, алмазоносные «дериваты» и собственно траппы на Сибирской платформе должны находиться в генетической и пространственной связи. Эта идея тогда столь прочно владела умами сибирских начальников, что лишь летом 1954 г., буквально накануне открытия Зарницы, амакинским геологам разрешили выйти с поисковыми работами за пределы районов развития траппов [Сарсадских, 1997, 2004].

Показательным в этом отношении является также совещание, созванное в начале 1952 г. в Красноярске на базе местной экспедиции 3-го ГГУ и специально посвященное научно-практическим проблемам алмазоносности [Масайтис, 2004]. Участниками этого совещания были высказаны самые различные мнения о коренных горных породах — первоисточниках россыпных алмазов на Сибирской платформе. Твердым сторонником кимберлитов тогда оказался лишь минералог из Ленинградского университета А. А. Кухаренко, в то время еще доцент. С ним фактически солидаризировался И. И. Краснов, начальник Тунгусско-Ленской экспедиции ВСЕГЕИ. Главный геолог 3-го ГГУ А. П. Буров уклонился от высказывания собственной точки зрения по этому вопросу. Впоследствии М. А. Гневушев, один из руководителей Амакинской экспедиции в те годы, написал: «В конце концов, создалось такое положение, что только некоторые геологи верили в то, что сибирские алмазы так же, как африканские, происходят из трубок взрыва» [Гневушев, 1963]. Он же подчеркнул, что сам термин «кимберлитовая трубка» в начале 1950-х гг. еще не был принят геологами-практиками и такое понятие как «кимберлит» вошло в их сознание только после открытия Зарницы Л. А. Попугаевой в 1954 г.

Теперь следует вернуться в 1950 г., когда в Центральной экспедиции того же 3-го ГГУ, находившейся в Ленинграде, была организована тематическая партия № 26 для выполнения семилетней темы: «Шлиховая карта Сибирской платформы». В качестве основных по этой теме были поставлены следующие задачи [Сарсадских, 1997, 2004]:

1. Изучение минерального состава тяжелой фракции рыхлых отложений Сибирской платформы и установление связи минералов россыпей с коренными породами.
2. Выявление минералов, благоприятных для нахождения алмаза в россыпях (так называемых спутников алмаза), и рекомендация конкретных районов, перспективных для поисков алмаза.
3. Составление шлиховой карты Сибирской платформы в масштабе 1:1 500 000.

Начальником этой партии и ответственным исполнителем по указанной теме была назначена Наталья Николаевна Сарсадских, руководившая в тот момент шлихоминералогической лабораторией Центральной экспедиции. Её биография хорошо известна [Юзмухаметов, 1998; Мелуа, 2003].

Наталья Николаевна Сарсадских (рис. 1) родилась в 1916 г. в геологической семье. В 1938 г. окончила геолого-почвенный факультет Ленинградского университета по кафедре петрографии, вышла замуж за сокурсника — Александра Александровича Кухаренко. Летом 1941 г. эвакуировалась на Урал, где работала в шлихоминералогической лаборатории Уральской алмазной экспедиции, базировавшейся в одном из поселков Молотовской (Пермской) области. Заведующим этой лабораторией был ее супруг. Вернувшись после войны в Ленинград, стала сотрудником упомянутой выше Центральной экспедиции 3-го ГГУ. В 1956 г. Центральную экспедицию передали ВСЕГЕИ, где Н. Н. Сарсадских проработала до ухода на пенсию в 1978 г., продолжая заниматься алмазной тематикой. В 1959 г. защитила кандидатскую диссертацию на тему: «Минералогия рыхлых и коренных пород восточной части Сибирской платформы и минералогические критерии поисков месторождений алмазов». За вклад в открытие коренных алмазных месторождений была награждена в 1957 г. Орденом Трудового Красного Знамени, а в 1990 г. получила диплом первооткрывателя месторождения.



Рис. 1. Н. Н. Сарсадских на трубке Зарница. Лето 1955 г.

Итак, в 1950 г. Н. Н. Сарсадских приступила к выполнению намеченной темы. Какие же минералы — возможные парагенетические спутники алмазов, судя по ее собственной книге, она собиралась искать?

Во-первых, минералы, уже встречавшиеся в якутских аллювиальных шлихах вместе с алмазом: пироксен [какой? — Е. Т.], ильменит, магнетит, платиноиды. Тогда в полном соответствии с упомянутой выше гипотезой М. М. Одинцова считалось, что именно эти минералы являются аксессуарными минералами еще не обнаруженных алмазоносных пород трапповой формации.

Во-вторых, минералы, выявленные и описанные А. А. Кухаренко в алмазосодержащих уральских шлихах. Так, в алмазных россыпях на р. Койве в качестве широко распространенных им были отмечены циркон, рутил, лейкоксен, хромшпинелиды, магнетит, эпидот, гранат, флоренсит, монацит. Позднее было уточнено, что гранаты в уральских россыпях представлены альмандином, андрадитом,grossуляром и

уваровитом. Некоторые из этих минералов Кухаренко обнаружил и в виде включений в алмазах, что как бы напрямую свидетельствовало об их генетической связи с алмазом. Справедливости ради заметим, что сам А. А. Кухаренко сомневался в непосредственной связи всех перечисленных выше минералов с коренными алмазоносными породами, разумно полагая, что они, хотя бы частично, могли попасть в шлихи и при размыве чуждых алмазам горных пород [Кухаренко, 1955]. В конечном итоге А. А. Кухаренко пришел к не подтвердившемуся позднее [Введенская, 2004; Силаев, 2006] заключению, что первоисточником алмазов в уральских россыпях являются породы платиноносной габбро-перидотитовой формации.

Таким образом, в 1950 г. Н. Н. Сарсадских фактически интересовалась только минералами не алмазоносных базальтоидов и ультрабазитов — оливином, пироксенами, амфиболами, обычным ильменитом, хромшпинелидами, платиноидами. Возможно, этот интерес подогревался сведениями о совместной находке алмазов и платиноидов в аллювии на р. Вилуй. Почему в начале своей работы в Якутии Н. Н. Сарсадских не принимала в расчет кимберлитовые спутники алмаза, уже выявленные в трубках Южной Африки? И почему в таком случае была, собственно, поставлена ее тема? Если это было сделано на основании сходства Сибирской платформы с Южноафриканской платформой, где единственным источником алмазов являются кимберлитовые диатремы, то руководители Сарсадских — начальник и главный инженер Центральной экспедиции знаменитый геолог-алмазник М. Ф. Шестопалов и главный геолог 3-го ГГУ А. П. Буров, весьма эрудированные и компетентные люди, должны были нацелить ее на минералы кимберлитов. А если геологическое сходство обеих территорий не принималось во внимание, то по каким соображениям была начата ее работа на Сибирской платформе? В настоящее время все это выглядит весьма странным [Трейвус, 2011].

К тому времени был достаточно детально изучен минеральный состав африканских алмазоносных диатрем. Одной из первых на эту тему была книга Г. Ф. Вильямса [Williams, 1902], в разделе которой «Образование алмаза» на стр. 483 перечисляются минералы, встреченные в «голубой земле» (т. е. глинистом элювии кимберлита): оливин разной степени серпентинизации, хромистый диаллаг (разновидность авгита), бронзит (ромбический пироксен промежуточного состава), хромистый пироп, циркон «телесного

цвета», кианит, биотит (флогопит), хромистая шпинель, “titanum” (очевидно, ильменит), магнетит, перовскит. В разделе «Генезис алмазов» той же книги на с. 497 подчеркивалось, что «в некоторых случаях алмазы и гранат (пироп) встречаются вместе, указывая на то, что они имеют одно и то же происхождение». Это знали и наши специалисты. На хромсодержащий пироп и магнезиальный титанистый железняк (раннее название пикроильменита — богатого магнием ильменита) как на характерные спутники африканских алмазов указывал В. И. Вернадский [Вернадский, 1912], реферируя зарубежную литературу. Выразительным в этом отношении является также следующий факт. А. Е. Ферсман в 1925 г. писал: «в 1917 г. ...один монгол привёз ... в Екатеринбург [из Монголии — Е. Т.] большую партию камней — настоящих топазов, флюоритов, хризолита и пироба» [Ферсман, 1925, с. 345]. И далее: «...невыясненными остаётся место находки базальтов с пиропом и хризолитом, многие черты которых заставляют нас не без интереса вспомнить о нахождении совершенно сходных камней в кимберлитах Южной Африки» [там же, с. 348]. В книге А. Ф. Вильямса [Williams, 1932], перевод которой имелся в фондах 3-го ГГУ, есть раздел, посвященный пиропу и магнезиальному ильмениту. В отечественном издании [Неметаллические..., 1936] имелась большая глава, посвященная алмазу, в которой среди минералов, сопутствующих этому минералу в его коренных месторождениях, первым был назван именно пироп.

О кимберлитовых спутниках алмазов знали не только минералоги. Высококласный геолог и одновременно талантливый писатель-фантаст И. А. Ефремов опубликовал в 1945 г. научно-приключенческий рассказ «Алмазная труба», в которой упоминался «алый минерал — пироп». Между прочим, герои его рассказа находят кимберлитовую трубку не где-нибудь, а на р. Мойеро в каких-нибудь 300 км к северо-западу от знаменитого ныне Далдыно-Алакитского поля алмазоносных кимберлитовых трубок. Это был блестящий научный прогноз, основанный, как впоследствии объяснял сам автор, на размышлениях о тектонике платформ. Предполагают, что опубликовать научную статью на эту тему И. А. Ефремову просто не дали бы по соображениям секретности. Потому он и изложил свою идею в столь необычной форме. Последнее по времени «дозарницынское» напоминание о пиропе как спутнике алмаза мы встречаем в книге В. С. Соболева [Соболев, 1951].

Почему все изложенные многочисленные сведения не привлекли внимания Н. Н. Сарсадских? Допустим, что она сама недостаточно хорошо ориентировалась в научной литературе и в новой для нее теме (производственный работник, замученный «текучкой» по рутинному исследованию чужих шлихов, заботами о семье и т. п.). Однако, подчеркнем еще раз, что, по крайней мере, А. П. Буров должен был находиться в курсе дела, и не только, что называется, по долгу службы, но и как автор первой отечественной инструкции по поискам алмазов, составленной им еще в 1938 г., в которой пироп отмечался в качестве минералогического признака коренной алмазоносности. В 1950 г. все руководство 3-го Главка, включая А. П. Бурова, находилось еще в Ленинграде в том же здании у «пяти углов» на ул. Рубинштейна, что и Центральная экспедиция. Таким образом, А. П. Буров непосредственно общался с Н. Н. Сарсадских и к тому же он должен был утверждать тему ее работы. Удивительным нам кажется признание самой Н. Н. Сарсадских в том, что она не восприняла даже прямую рекомендацию: обращать внимание в Якутии прежде всего на кимберлитовые минералы — пироп и магнезиальный ильменит, высказанную А. А. Кухаренко в отзыве на ее промежуточный отчет за 1952 г. [Сарсадских, 1997, 2004].

Первый полевой сезон, связанный с выполнением поставленной темы, Н. Н. Сарсадских начала в 1950 г. на р. Нижней Тунгуске, проплыв от её верховьев до пос. Ербогачен. Потом её отряд, перевалив водораздел, оказался на р. Виллюй, по которой сплавом спустился к пос. Нюрба. Полевой сезон 1951 г. она опять начала на р. Нижней Тунгуске. От пос. Наканно отряд Н. Н. Сарсадских с караваном оленей проследовал до пос. Эконда в верховьях Виллюя и далее сплавился по нему к устью р. Улахан-Вава. Всюду

отбирались аллювиальные шлиховые пробы и вручную дробились образцы местных коренных пород с целью изучения их аксессуарных минералов. Работа была очень тяжелая. Отряд состоял из самой Натальи Николаевны, одного или двух коллекторов и каюра с оленями. Руки постоянно стыли в ледящей речной воде. После отмытки шлихов их долго приходилось отогревать над костром или в подогретой воде. Поздней осенью 1951 г. на экспедиционную базу из продолжительного и многокилометрового похода она возвращалась уже по снегу. Следом шли волки, отбившие нескольких оленей из их каравана. В Ленинграде о ее местонахождении ничего не было известно. Некоторые уже сочли ее погибшей. И это было не удивительно: по возвращению в Ленинград Н. Н. Сарсадских не узнавали даже хорошие знакомые — так она исхудала.

Таким образом, первые два полевых сезона в Якутии Н. Н. Сарсадских занималась изучением речных осадков в бассейнах Нижней Тунгуски и Вилюя, где уже были найдены россыпные алмазы. В 1952 г. она провела маршрут по р. Мархе (левому притоку Вилюя), на которой зимой 1950—1951 гг. В. Д. Скульским была отобрана проба алмазоносного аллювия.

С приходом в 1953 г. Л. А. Попугаевой в партию Н. Н. Сарсадских начался новый и, как оказалось, наиболее плодотворный этап шлихоминералогических поисков. Напомним основные вехи биографии новой сотрудницы [Юзмухаметов, 1998; Трейвус, 2009].

Лариса Гринцевич, по мужу Попугаева, родилась в 1923 г. в г. Калуге в семье профессионального партийного работника Анатолия Рафаиловича Гринцевича, в тот момент находившегося в Красной Армии на партийно-пропагандистской работе. Его последняя должность (1937 г.) — секретарь Пригородного райкома КП(б)У г. Одессы и член обкома партии. В октябре того же года он был расстрелян по обычным тогда политическим мотивам. Мать, Ольга Сергеевна Гринцевич — искусствовед.

В 1941 г. Лариса окончила среднюю школу в Ленинграде и поступила на геолого-почвенный факультет Ленинградского университета. В конце августа 1941 г. вместе с матерью и четырехлетней сестрой эвакуировалась в г. Молотов (Пермь), где начала учиться на геолого-географическом факультете Пермского университета. В марте 1942 г. ушла добровольцем в Красную Армию, в которой три года была зенитчицей-пулеметчицей (рис. 2). В 1945 г. вернулась в Ленинград, вновь поступила в Ленинградский университет, который окончила в 1950 г. по кафедре минералогии. Получила распределение в Тунгусско-Ленскую экспедицию ВСЕГЕИ, которой руководил И. И. Краснов. В том же году, являясь членом его экспедиции, провела самостоятельный 200-й км маршрут с одним студентом-практикантом по р. Непя — левому притоку р. Нижней Тунгуски. Весной 1951 г. ее как дочь «врага народа» перевели из ВСЕГЕИ в упомянутую выше Центральную экспедицию, где был более низкий уровень секретности. От этой экспедиции она в 1951 г. работает в Котвинском районе Коми АССР на Приполярном Урале, возглавляя алмазопроисловый шлиховой отряд, включавший двух студенток-практиканток, пишет совместно со своим непосредственным начальником известным уральским геологом О. В. Суздальским геологический отчет (сведения из сохранившегося её «Списка научных трудов»). В 1952 г.



Рис. 2. Лариса Гринцевич — зенитчица-пулеметчица перед демобилизацией в 1945 г.

Виктора Попугаева, у нее рождается дочь Наташа. В 1953 г. возвращается в Центральную экспедицию и, работая в составе геологической партии Н. Н. Сарсадских, летом того же года находит первый на р. Далдын алмаз, а также намывает из аллювия

первые в СССР кимберлитовые спутники алмаза — хромсодержащий пироп и пикроильменит. На следующий год, прослеживая последовательно аллювиальные, делювиальные и элювиальные россыпи этих минералов, открывает алмазонасную кимберлитовую трубку Зарницу. С ноября 1954 г. по ноябрь 1956 г. она работает геологом Амакинской экспедиции. С ноября 1954 г. по ноябрь 1956 г. являлась геологом Амакинской экспедиции. В 1956 г. возвращается в Ленинград, вновь, но недолго,



Рис. 3. Лариса Попугаева за два года до открытия «Зарницы». Фото публикуется впервые

работает в Центральной экспедиции, теперь уже принадлежавшей ВСЕГЕИ. В начале 1957 г. поступает в аспирантуру при ВСЕГЕИ, но фактически проходит её в Ленинградском горном институте. По окончании аспирантуры, не защитив диссертацию, поступает в 1959 г. на работу в Центральную научно-исследовательскую лабораторию камней-самоцветов (ЦНИЛКС), которая в 1966 г. по ее инициативе преобразуется во Всесоюзный научно-исследовательский и производственный институт ювелирной промышленности (ВНИИЮВЕЛИРПРОМ). В нем Л. А. Попугаева заведует лабораторией камнесамоцветного сырья. В 1957 г. получает орден Ленина, а в 1970 г. диплом первооткрывателя месторождения. В том же году в Ленинградском горном институте защищает обобщающий доклад по опубликованным работам [Попугаева, 1970] и становится кандидатом геолого-минералогических наук. Скоропостижно умерла 19 сентября 1977 г., не прожив и 55 лет.

В 1953 г. в Центральной экспедиции было принято решение о продолжении шлихоминералогических исследований по партии № 26 на р. Далдын, притоке р.

Мархи. Этот выбор оказался судьбоносным. До последнего времени было не совсем понятно, какие причины привели к такому решению. После ознакомления с «Отчетом» стало ясно, что таких причин было две. Во-первых, обнаружение аллювиальной россыпи алмазов в среднем течении р. Мархи, коренной источник которой мог находиться где-то выше по течению, возможно на верхних ее притоках, крупнейшим из которых является Далдын. Во-вторых, широкое развитие в бассейне Далдына траппов, отличающихся повышенной магнезиальностью. Это как бы свидетельствовало в пользу упомянутой выше гипотезы М. М. Одинцова о существовании на Сибирской платформе алмазонасных ультраосновных дериватов базальтоидной магмы. Очевидно, что в 1953 г. Н. Н. Сарсадских еще находилась под влиянием этой идеи.

В своей книге Н. Н. Сарсадских указывает, что еще одной причиной, побудившей к выбору указанного района исследований, явились тектонические выводы И. И. Краснова и В. Л. Масайтиса: «На первой прогнозной карте алмазонасности Сибири, составленной в 1952 г., они выделили региональную зону глубинных разломов и обосновали перспективность ее на проявление кимберлитового магматизма» [Сарсадских, 1997, с. 13]. И далее: «Наличие прогнозной карты И. И. Краснова и В. Л. Масайтиса еще более сузило районы возможного распространения минералов, связанных с коренными источниками алмазов» [там же, с. 14]. Естественно, что это ее утверждение нашло отражение в последующих публикациях, например, в книге Р. Юзмухаметова [Юзмухаметов, 2006]. Между тем, в «Отчете» при описании причин, которые побудили выбрать бассейн р. Далдын, о тектонике нет ни слова. Более того, на «Схеме основных геологических структур Восточной Сибири», опубликованной самим В. Л. Масайтисом [Масайтис, 2004] и явно составленной в первой половине 1950-х гг., разломов в районе р. Далдын нет. Они показаны гораздо восточнее, в сотнях километров от Далдына.

События полевого сезона 1953 г. развивались следующим образом. В июле отряд Н. Н. Сарсадских рейсовым самолетом прилетел в пос. Оленёк, который был районным центром. Там были наняты три каюра с оленями, и партия № 26 июля начала своё движение на юг к Далдыну. Предстояло пройти около 300 км полного бездорожья. Рации они не имели. Вертолетов тогда еще не было, по крайней мере, гражданских. Фактически они уходил в неизвестность не менее чем на два месяца. При этом у Н. Н. Сарсадских в Ленинграде остался 13-летний сын, и она ждала второго ребенка. Лариса Попугаева оставила на попечении матери и свекрови десятимесячную дочь.

На переход от Оленёка до района работ ушло пять недель. Июль был засушливым, тайга полыхала. Они шли по речным косам, прижимаясь к руслам рек. Август, напротив, оказался дождливым, по ночам случались глубокие заморозки. Это означает, что утром все вокруг было обледеневшим. Уже в середине августа начались снегопады. В одну из ночей поставили палатки в устье сухого ручья. Пошел дождь, вода хлынула стеной и к утру весь отряд оказался на островке, который вот-вот могло затопить. Как вспоминает Н. Н. Сарсадских, это был острейший момент их путешествия.

Двигались, отмывая шлихи, пока не вышли на ручей Алы-Юрях, впадающий слева (с севера) в Далдын (на топографической карте 1984 г. этот ручей именуется Алы-Сянгом). На этом ручье, не доходя до Далдына около 15 км, разделились. Одна часть отряда во главе с Н. Н. Сарсадских отвернула на юго-запад и ушла в верховья р. Мархи. Очевидно, что этот район привлекал ее обильными полями траппов. Три недели Н. Н. Сарсадских будет героически совершать многокилометровые маршруты по скалистому и временами заснеженному Далдын-Мархинскому водоразделу, пока не выйдет к устью Далдына.

Группа Л. А. Попугаевой после разделения отряда двинулась вниз по Алы-Сянгу. На Далдын вышли против устья р. Сытыкан, недалеко от того места, где двумя годами позднее будет найдена богатейшая алмазами кимберлитовая трубка «Удачная», а затем возникнет г. Удачный — современный центр северного района добычи коренных алмазов в Якутии.

Внимание Попугаевой также привлекают прежде всего траппы, что хорошо видно по личному дневнику Ларисы, который она вела тем летом [Трејвус, 2009]. Вот ее запись от 25/VIII: «Нашла интересное обнажение. Из-под траппов выходят известняки, и все горести забыла, вот только бы ноги согреть». Запись от 28/VIII: «Траппами на Далдыне не пахнет, вот обида».

Перед Ларисой Попугаевой была поставлена многоцелевая задача. Во-первых, отмывать обычные (ведерные) шлиховые пробы на самом Далдыне. Во-вторых, сделать несколько маршрутов по его левым и правым притокам, с отбором таких же шлихов. И, наконец, в-третьих, выполнить главное поручение М. Ф. Шестопалова — отмыть трехкубовую пробу на речной косе для гарантированного решения вопроса о присутствии здесь алмазов и их минералов-спутников. Долгое время было неясно в точности место, где эта проба была взята. Теперь из «Отчета» стало понятным, что ее отмывали на Далдыне приблизительно в 18 км выше устья ручья Киенг-Юрях (рис. 4).

Н. Н. Сарсадских в своей книге утверждает, что в отмытой отрядом Попугаевой трехкубовой пробе наряду с алмазом были найдены и пиропы. Однако из «Отчета» следует, что в этой пробе был действительно обнаружен первый для далдынского района алмаз, но пиропов в ней не оказалось. В своем кандидатском докладе Л. А. Попугаева написала, что пиропы были найдены ею «в среднем течении р. Далдын» [*это где же?* — Е. Т.] и в устье ручья Суходолка, который, судя по карте, приложенной к «Отчету», является правым притоком ручья Киенг-Юрях. Все эти разночтения и неточности сильно затрудняли реконструкцию действий Л. А. Попугаевой в 1954 гг., что привело к некоторым ошибочным утверждениям [Трејвус, 2004]. Благодаря «Отчету» выяснилось, что в 1953 г. Л. А. Попугаева нашла пироп и пикроильменит в устьях ручьев Киенг-Юрях и Дьяха, впадающих в Далдын на расстоянии в 5 км друг относительно друга.



Рис. 4. Ф. А. Беликов (справа) и М. А. Евграфов за промывкой трехкубовой пробы, в которой Л. А. Попугаева обнаружила свой первый алмаз на р. Далдын. Начало сентября 1953 г. Фото публикуется впервые



Рис. 5. Н. Н. Сарсадских (справа) и Л. А. Попугаева с сотрудниками стационарного поста Якутского гидрометеорологического управления. Пос. Шелогонцы, 1953 г. На переднем плане — любимый пес Ларисы по кличке Верный. Фото публикуется впервые

В завершение сезона 1953 г. Ларисой Попугаевой были предприняты также многокилометровые маршруты по правобережью р. Мархи выше устья Далдына. Эти походы оказались тяжелейшими из-за холода, выпавшего снега, рваных сапог, полуголодных, а потом и просто голодных дней.

Объединение отряда произошло 20 сентября на р. Мархе вблизи устья Далдына. В дневнике Л. А. Попугаевой имеются странные фразы: «а впереди еще 900 км плыть» (20/IX). И дальше: «А впереди ещё 800 км» (21/IX). Куда же они намеревались приплыть? К устью р. Мархи на Вилюе, где была запланирована конечная точка всей экспедиции? Но ведь это означало верную гибель, поскольку в конце сентября или начале октября их лодки застряли бы во льдах вставшей р. Мархи. К счастью, на пути наших почти безрассудных путешественниц 22 или 23 сентября возник пос. Шелогонцы, расположенный на р. Мархе приблизительно в 120 км ниже устья Далдына. Не исключено, что о существовании этого населенного пункта отчаянные ленинградки даже не подозревали. Но Судьба все же была к ним благосклонной. В Шелогонцах оказалась действующая метеостанция с крепкими мужчинами (рис. 5). Кроме того, там находилась геологическая партия ленинградского НИИГА, в которой отчаянных путешественниц обогрели и подкормили. С трудом по чужой рации им удалось связаться с Амакинской экспедицией в Нюрбе и сообщить о своем местонахождении. С эвакуацией возникли сложности, похоже из-за долгих переговоров между Нюрбой и Ленинградом об оплате самолетного спецрейса: «Осаждаем радиста, чтобы добился ответа, иначе срочно плывем дальше» (ее дневниковая запись от 24/IX). Однако, в конце концов, все утряслось, и 8 октября им удалось улететь в Нюрбу. В целом представляется настоящим чудом, что они остались живы, никто не заболел и не покалечился. Даже сейчас через 60 лет после описываемых событий, зная, что все для Н. Н. Сарсадских и Л. А. Попугаевой

окончилось благополучно, ощущаешь тревожное чувство беспокойства за этих героических женщин.

В Ленинграде зимой 1954—1955 гг. Л. А. Попугаева установила показатели преломления найденного ею граната и пришла к выводу, что это пироп. Сама диагностировала также пикроильменит [Попугаева, 1970]. Это согласуется с публикуемым в Приложении № 6 к этой книге ее «Заявлением» Управляющему трестом, в котором было упомянуто, что данные результаты получены в Центральной экспедиции. Указанный документ обнаружился недавно в личном архиве Л. А. Попугаевой, сохраняемом ее дочерью. А. А. Кухаренко в ЛГУ подтвердил правильность диагностики обоих минералов и порекомендовал искать по ним на Далдыне кимберлиты. Судя по всему, лишь после этого Н. Н. Сарсадских и Л. А. Попугаева осознали, какими минералами следует интересоваться на Сибирской платформе.

Создается впечатление, что Лариса до контакта с А. А. Кухаренко ничего не знала о связи пиропов с алмазами. Она, как и Н. Н. Сарсадских, училась в ЛГУ по учебнику академика В. И. Вернадского и профессора С. М. Курбатова [Вернадский, Курбатов, 1937], в котором было написано следующее: «Гранаты встречаются во многих интрузивных породах, где они являются довольно обычным акцессорным минералом. Они выделяются из магмы одними из первых... Чаше здесь встречаются альмандин и пироп» (с. 292). На следующей странице опять указано, что источник пироба — «магма». Такое «выхолащивание» генетической сущности пироба, допущенное профессиональными минералогами и хорошо им известное, оставляло начинающих геологов в неведении относительно поисковой важности пироба и выглядит сейчас совершенно непростительным. Между тем, в середине 1930-х годов был опубликован другой учебник минералогии, подготовленный группой из 15 сотрудников Ленинградского горного института [Бетехтин, Болдырев и др., 1936], равного которому по обилию излагаемого в нем фактического материала в отечественной литературе нет до сих пор. В этом учебнике сообщалось о том, что в Африке «темноцветные пиробы, известные под названием капских рубинов, встречаются в качестве спутников алмаза в так называемой голубой земле» (с. 573). И далее: «Алмаз сопровождается хромсодержащим пиропом (интересны очень редкие находки алмазов, включенных в гранат; еще реже включения граната внутри кристаллов алмаза)» (с. 780). И, наконец, указывалось, что имеются гранаты «в алмазных россыпях Бразилии (пироп и альмандин)» (с. 950).

Авторы болдыревского учебника как будто предупреждали наших геологов, чтобы они взяли на заметку эти факты, словно чувствовали, что их информация может скоро понадобится. Как бы эти сведения пригодились советским геологам-алмазникам в 1940-е—1950-е годы! Однако двух основных авторов этого учебника — профессора А. К. Болдырева, заведовавшего кафедрой кристаллографии, и доцента В. В. Черныха, заведовавшего кафедрой минералогии, в 1937—1938 гг. репрессировали, их учебник, как тогда было принято, изъяли и скрыли от студентов фактически навсегда. Например, автор настоящего Предисловия, который учился в ЛГИ в первой половине 1950-х годов непосредственно у двух других авторов этого учебника — профессоров Д. П. Григорьева и И. И. Шафрановского, тем не менее, никогда и ни слова о нем не слышал, и узнал о существовании этой замечательной книги лишь недавно и почти случайно.

На 1954 г. полевые работы по партии Н. Н. Сарсадских не планировались, так как ей предстояли в феврале роды, а Лариса Попугаева решила поступать в аспирантуру и уже весной этого года начала сдавать туда вступительные экзамены. Однако рекомендация А. А. Кухаренко резко изменила ситуацию. В марте-апреле 1954 г. стало понятно, что партия Н. Н. Сарсадских стоит на пороге большого открытия. Это подтверждает письмо Ларисы, написанное в 1956 г. своей бывшей руководительнице, в котором упоминается об активном обсуждении идеи шлихоминералогических поисков алмазоносных кимберлитов «в обществе» новорожденной дочери Натальи Николаевны.

Следует заметить, что способ поиска кимберлитовых трубок по минералам-спутникам алмаза нельзя признать исключительно русским изобретением, поскольку уже первая африканская диатрема «Ягерсфонтейн» была открыта в 1873 г. именно по гранатам [Smith, 1950]. Однако превращение такого приема поисков в настоящий метод, осознанная и, главное, успешная его апробация в конкретных условиях Восточной Сибири — все это бесспорная заслуга в первую очередь именно Л. А. Попугаевой.

Весной 1954 г. Центральная экспедиция обратилась в Союзный трест № 2 с предложением о проведении сверхплановых шлихоминералогических поисков на Далдыне силами партии Н. Н. Сарсадских. Из «Отчета», однако, неясно, кем именно и в какой форме было сделано это предложение. Указано только, что оно было отклонено из соображений необходимости завершения работы над полевыми материалами 1953 г. Н. Н. Сарсадских в своей книге пишет, что она звонила в Москву А. П. Бурову, который не возражал против организации новых полевых работ, однако уклонился от их поддержки. Но идет ли речь об одном и том же? Е. Н. Елагина [Елагина, 2003] утверждает, что Л. А. Попугаева ездила в Москву показывать А. П. Бурову пироп и пикроильменит. Он ограничился советом составить инструкцию по поиску алмазов по найденным его минералам-спутникам. До последнего времени оставалось неизвестным и авторство официального письма на имя Управляющего Союзным трестом в мае 1954 г., после которого было все же принято положительное решение. Публикуемый «Отчет» проясняет этот момент. Обратим внимание на то, что авторы указанного письма еще не решаются говорить о кимберлитах, а пишут о возможности находки «кимберлитоподобных пород». Под этим письмом стоит и подпись именно Ларисы Попугаевой. Это доказывает, что к лету 1954 г. Лариса была полноправным разработчиком и шлихоминералогического метода, и программы поисков на Далдыне.

В первых числах июня 1954 г. умер М. Ф. Шестопалов. Н. Н. Сарсадских упомянула в своей книге, что Л. А. Попугаева и ее помощник Ф. Н. Беликов вылетели в Якутию вскоре после его похорон. Теперь выяснилось, что приказ об организации полевых работ по партии № 26 был издан Трестом лишь 15 июня. В личном архиве Ларисы сохранились две официальные бумажки, датированные 25 июня, в которых Центральная экспедиция просит якутские геологические организации разрешить ей пользоваться их геологическими фондами. Итак, Л. А. Попугаева выехала из Ленинграда не раньше конца июня. В. Л. Масайтис отметил в своей книге, что Лариса появилась в Нюрбе в начале июля. О том, что она оказалась в Нюрбе в июле, упомянуто и в ее обращении в трест (Приложение № 4). Таким образом, сейчас все увязывается по срокам.

Как вспоминал Ф. А. Беликов, в Нюрбе они ждали четыре дня, пока им дадут самолет. Поэтому на Далдыне они могли оказаться лишь в конце первой декады июля. Шлиховые поиски начали с устья Киенг-Юряха, памятного по предыдущему году из-за обилия пиропы и пикроильменита. Работу они начали, по-видимому, в конце первой декады июля. Однако пошли ливневые дожди, продолжавшиеся около недели и прервавшие их труд (см. «Отчет»). В письме Первому секретарю КПСС Н. С. Хрущёву от 2 октября 1957 г., копия которого недавно нашлась (Приложение № 7), она написала, что работа ими была начата 15 июля. Всё это хочется отметить, так как в разных публикациях указываются различные сроки их полевой деятельности (вплоть до двух месяцев).

Они прошли со шлихованием по Киенг-Юряху и его притокам около 20 км, выше устья р. Суходолка «пироповая нить» потерялась. Вернулись на Далдын, куда к ним 29 июля прилетели М. А. Гневушев и И. И. Краснов, чтобы посмотреть, как идут дела. Пробыли у нее два дня, потом уплыли на лодке в Шелогонцы, на что потратили три дня [Гневушев, 1963]. Почти одновременно с М. А. Гневушевым на Далдыне появился отряд Амакинской экспедиции во главе с В. Д. Скульским, оказывавший Л. А. Попугаевой в дальнейшем некоторую поддержку. Буквально накануне открытия «Зарницы» двух наших ленинградцев посетила целая делегация высокопоставленных чиновников во главе с

первым секретарем Якутского обкома КПСС С. З. Борисовым [Борисов, 2000] и начальником Амакинской экспедиции М. Н. Бондаренко¹.

Потерпев неудачу с поиском коренных источников пироба и пикроильменита на Киенг-Юряхе, но набравшись опыта, Л. А. Попугаева не утратила волю к действию. Она и Ф. А. Беликов приступили к работе на ручье Дьяхе (названным ею ручьем Шестопаловкой в память об их умершем начальнике), которая завершилась 21 августа открытием «Зарницы», находящейся на левобережье Далдына приблизительно в 5 км от него. То, как искажали истину разные публикаторы, даже, казалось бы, весьма осведомленные, иллюстрирует следующая цитата из книги М. А. Гневушева: Он пишет о том, что Лариса Попугаева и Фёдор Беликов «стали рыть маленькие шурфы, один за другим, располагая их по прямым линиям... У последних шурфов с кимберлитом вколачивали колышек. Так постепенно весь участок покрылся сеткой шурфов. При этом крайние шурфы с колышками расположились по почти правильной окружности, показывая границы выхода кимберлитов на поверхности земли» [Гневушев, 1963, с. 90]. Однако, как читатель может убедиться, знакомясь с «Отчетом», все было не так. Интересно отметить, что в своем полевом дневнике Лариса написала, что нашла «кимберлитоподобную породу», о чем рассказала корреспонденту из ГДР через 20 лет [Wende, 1975]. То есть, сама Л. А. Попугаева еще не решалась тогда твердо говорить о кимберлите, повторяя определение, впервые употребленное еще в майском обращении трех авторов в Союзный трест.

Обращает на себя внимание то, что некоторые ее маршруты 1954 г., судя по карте, приложенной к «Отчету», повторяют ее маршруты 1953 г. Однако, если в 1953 г. она пиробы там не фиксировала, принимая их, видимо, за альмандин, то в 1954 г. уверенно тянет там «пироповую ниточку».

С открытием «Зарницы» полевая работа Л. А. Попугаевой и Ф. А. Беликова не закончилась. В день своего рождения 3 сентября она все еще была на Далдыне, что следует из сохранившегося ее письма к матери. Как видно из карты ее маршрутов (рис. 6), Лариса теперь проследила пиробы по ручью, впадающему слева в Далдын в двадцати

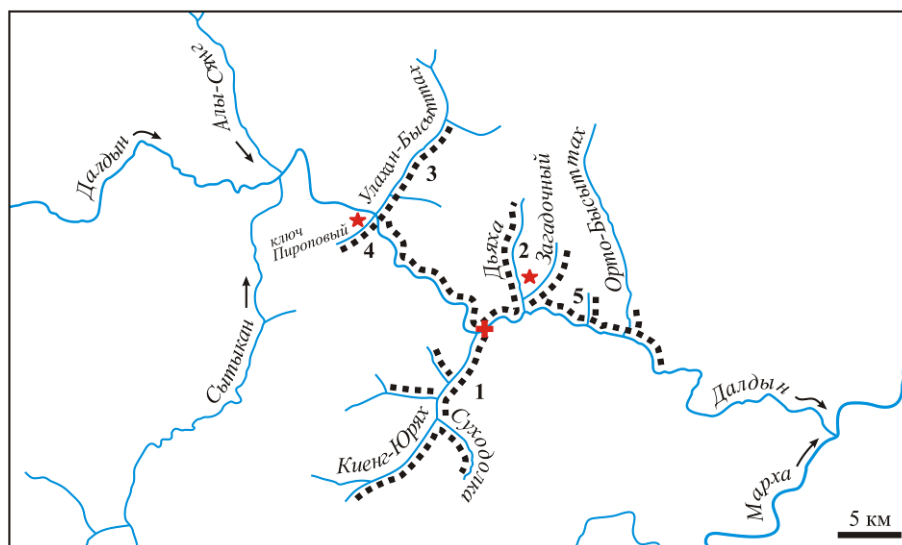


Рис. 6. Схема важнейших маршрутов Л. А. Попугаевой в 1954 г. в бассейне р. Далдын. Составлена Е. Б. Трейвусом на основании карты Л. А. Попугаевой, опубликованной В. Л. Масайтисом [Масайтис, 2004], и с учетом ряда мемуарных свидетельств. Цифрами обозначена последовательность маршрутов. Звездочками показаны трубки Зарница (на ручье Дьяха) и Удачная (на ключе Пироповом). Крестик — коса «Надежда» с россыпными алмазами на р. Далдын

километрах выше устья Дьяхи, потом выявила значительное обогащение этими гранатами устья пересыхающего правого притока, названного ею «ключом Пироповым». В следующем, 1955 г., амакинский геолог В. Н. Щукин, сориентированный на этот ключ именно Ларисой Попугаевой, пошлет туда своих людей, которые буквально через несколько часов выйдут на знаменитую трубку «Удачную».

¹ Поразительный факт! Получается, что Л. А. Попугаева «под колпаком» главных якутских и амакинских руководителей находилась еще до открытия Зарницы.

Так что фактически Ларису следует считать первооткрывательницей не только «Зарницы», но и «Удачной».

Судя по всему, в 1954 г. особых внешних трудностей у Л. А. Попугаевой не было. В письме матери она написала, что «все лето были с мясом», так как Фёдор убил двух диких оленей. Кроме того, на этот раз их, очевидно, не так сильно угнетало одиночество. Вместе с тем, она задала такой яростный темп работы, что к вечеру была совершенно обессилена. Беликову приходилось приносить ее к лагерю на руках, кормить с ложки (по рассказу близкой подруги Ларисы).

В конце первой или начале второй декады сентября Л. А. Попугаева и Ф. А. Беликов сплавились в Шелогонцы, затем день или два Лариса провела у геологов НИИГА в пос. Яральный на р. Оленёк, куда ее доставили самолетом. 21 сентября появилась в Нюрбе как победительница: «Куча поздравлений, даже неудобно» (из того же письма матери, написанного через день после прилёта в Нюрбу). О том, как развивались последующие события, можно судить по ее «Заявлению» Управляющему трестом (Приложение 6). В дальнейшем «наградой» Л. А. Попугаевой стали зависть к ней, несправедливые обвинения, бесчисленные намеки на якобы незаслуженную славу великой первооткрывательницы.

Публикуемый «Отчет» был написан в марте-апреле 1955 г. Он получил отличные отзывы чл.-корр. АН СССР профессора П. М. Татарина, замдиректора ВСЕГЕИ по научной работе и одновременно заведующего кафедрой месторождений полезных ископаемых в ЛГИ (Приложение № 1), а также старшего научного сотрудника Института геологических наук АН СССР (Москва) доктора геолого-минералогических наук А. Н. Лебедева (Приложение № 2). С отличной оценкой он был принят и комиссией Союзного треста № 2 (Приложение 5).

С тех пор минуло более полувека. И хотя сама Л. А. Попугаева не желала для себя монументальных изваяний [Попугаева, 2007], в одной из «алмазных столиц» России — г. Удачном уже стоит бронзовый памятник легендарной героине (рис. 7), а в другой такой столице — г. Мирном, сооружена трехфигурная композиция как памятник всем геологам-первопроходцам (см. Посвящение). Однако и в этом последнем случае в лице женщины-геолога легко узнаются черты Ларисы Попугаевой. В Петербурге на школе, которую Л. А. Попугаева окончила, установлена посвященная ей мемориальная доска. Теперь, наконец, пришло время и для появления в виде опубликованной монографии прекрасного «Отчета»

этих двух выдающихся геологов. Нет никаких сомнений в том, что настоящая публикация вызовет большой интерес, как среди отечественных, так и зарубежных специалистов.



Рис. 7. Памятник первооткрывательнице алмазоносной кимберлитовой трубки «Зарница» Ларисе Анатольевне Попугаевой в г. Удачном. Скульптор В. А. Барков

АННОТАЦИЯ

Тематическая работа партии № 26 была начата в 1950 г. Основное назначение ее заключалось в установлении связи минералов рыхлых отложений с коренными породами и выявлении спутников алмаза.

В результате изучения минералогического состава рыхлых и коренных пород в 1953 г. в бассейне среднего течения р. Даалдын была обнаружена своеобразная пироп-ильменитовая шлихоминералогическая ассоциация. Происхождение пироба и ильменита, входящих в эту ассоциацию, не могло быть связано ни с какими изученными ранее коренными породами. Сравнение этих минералов с пиропом и ильменитом кимберлитов Ю. Африки показало их полное тождество. На основании этого пироп и ильменит были выдвинуты как возможные спутники алмаза на Сибирской платформе.

Возник вопрос о поисках коренного источника этих минералов. Эта работа и была проведена партией № 26 в 1954 г.

В поле, прежде всего, была установлена прямая зависимость между содержаниями пироба, ильменита и алмаза в россыпях. Наличие пироба и ильменита в аллювии было использовано в качестве руководящего признака при шлиховой съемке, проводимой с целью поисков коренного источника этих минералов.

В результате проведенных работ в 1964 г. на водоразделе р. Шестопаловки² и ключа Загадочного были обнаружены коренные породы, содержащие пироп, ильменит, а также алмаз и тем самым была доказана связь этих минералов.

В результате изучения коренных алмазоносных пород было установлено большое сходство их с кимберлитами Ю. Африки и аналогия всего месторождения, названного «Зарницей», с трубками взрыва. Алмазное месторождение такого типа является первым на территории Сибирской платформы, а также Советского Союза в целом.

² Официально это руч. Дьяха. Л. А. Попугаева в 1954 г. этого не знала и поэтому сама дала название водотоку в память о М. Ф. Шестопалове.

ВВЕДЕНИЕ

Находки алмазов на территории Сибирской платформы в 1946—1949 гг. вызвали необходимость постановки широких научно-исследовательских работ, имеющих целью, с одной стороны, обобщить разрозненные данные по геоморфологии, геологии, стратиграфии, петрографии и минералогии, а с другой стороны, установить пути сноса рыхлого материала и выяснить происхождение алмазов. Начиная с 1950 г. такие работы и велись различными организациями — Третьим Главком (Союзный трест № 2), АН СССР, НИИГА, ВСЕГЕИ, ВИМС и т. д.

Одну из таких тематических работ по Сибирской платформе, начиная с 1950 г., ведет партия № 26 Центральной экспедиции. Работа эта называется «Составление шлиховой карты Сибирской платформы»³. Основные задачи, стоящие перед этой партией, могут быть сведены к двум моментам:

1) Изучение минералогического состава рыхлых отложений алмазоносных районов восточной части Сибирской платформы и установление связи тех или иных россыпных минералов с коренными породами.

2) Выявление ассоциации минералов, благоприятной для нахождения алмазов в россыпях, т. е. выявление спутников алмаза и рекомендация районов, наиболее перспективных для поисков алмазов.

Первые три года (1950—1952 гг.) работа партии была направлена в основном на разрешение первой части проектного задания, т. е. на изучение минералогического состава тяжелых фракций рыхлых и коренных пород. По вопросу, касающемуся второй части проектного задания, т. е. по вопросу установления спутников алмазов в первые три года работы был сделан вывод о том, что минералогические критерии перспективности россыпей на алмазы, установленные для Урала, совершенно непригодны в условиях Сибири, а существующая методика взятия шлихов и их обработки не позволяет уловить какие-то минералы или группу минералов, которые могли быть определены как спутники алмаза.

В связи с этими выводами работа партии № 26 в 1953—1954 гг. была направлена специально на разрешение вопроса о спутниках алмаза. В итоге полевых работ 1953 г. мы имели два существенных результата:

1. Установление алмазоносности среднего течения р. Даалдын в районе, выбранном нами для проведения работ по поискам спутников алмазов.

2. Выявление в бассейне среднего течения р. Даалдын своеобразной гранат-ильменитовой ассоциации.

Находка алмаза, свидетельствующая об алмазоносности среднего течения р. Даалдын⁴, позволила нам рекомендовать данный участок в качестве перспективного района работ на 1954 г., что и было нами сделано в докладной записке от 10 октября 1953 г. на имя главного геолога Амакинской экспедиции тов. Юркевича Р. К.⁵ По приезде с полевых работ в Ленинград, еще до обработки полевого материала только на основании полевых наблюдений, а также с учетом находки алмаза в вершинной части р. Мархи⁶, нами была предложена работа по поискам коренных источников алмаза в районе бассейна верхнего течения р. Мархи. В итоге работ 1953 г. нам стало совершенно ясно, что

³ По некоторым сведениям эту тему выдвинул и обосновал тогдашний начальник Центральной экспедиции один из первых геологов-алмазников СССР легендарный М. Ф. Шестопалов.

⁴ Речь идет об алмазе, обнаруженном Л. А. Попугаевой в шлихе так называемой крупнообъемной (трехкубовой) пробы, отмытой Ф. А. Беликовым и М. А. Евграфовым в 1953 г. на галечно-песчаной косе «Находка» на р. Далдын вблизи устья ее левого притока р. Сугуннах (см. Предисловие, рис. 4).

⁵ Эта записка была написана и передана прямо в руки главному геологу Амакинской экспедиции Р. К. Юркевичу в Иркутске сразу же после выезда Н. Н. Сарсадских и Л. А. Попугаевой из района полевых работ. В ней сообщалось только о находке алмаза на р. Далдын.

⁶ Возможно, речь идет все о том же первом попугаевском алмазе.

коренные источники алмаза нужно искать только в этом районе, где ореол разноса рыхлого материала весьма незначителен. Работа эта трестом была отклонена.

В результате камеральной обработки шлихов из бассейна среднего течения р. Даалдын, имеющих гранат-ильменитовую минералогическую ассоциацию, нами было установлено, что гранат не является обычным для Сибирской платформы альмандином, а ильменит в отличие от обычного ильменита в тонких осколках просвечивает красно-коричневым цветом и двупреломляет. Произведенное А. А. Кухаренко сравнение этих минералов с образцами пиропа и ильменита из кимберлитов Ю. Африки, имеющимися в минералогическом музее Ленинградского государственного университета, показало их полное сходство.

На основании полученных результатов нами в мае 1954 г. была составлена докладная записка на имя Управляющего Союзным трестом № 2 тов. Куницына А. Л. об организации детальной шлиховой съемки в верховьях р. Мархи с целью оконтуривания области распространения этой своеобразной пироп-ильменитовой ассоциации и поисков коренного источника пиропа и ильменита⁷. В записке было подчеркнуто, что в бассейне р. Даалдын в непосредственной близости от участков распространения шлихов с пиропом и ильменитом могут находиться кимберлитоподобные породы, содержащие алмаз.

Вследствие того, что эта работа не была запланирована на 1954 г. по Центральной экспедиции, 5-я комплексная партия Амакинской экспедиции в лице И. И. Краснова предложила принять на себя некоторую часть расходов на полевые работы, что и было отражено в докладной записке. В этой же записке было указано, что обработку полевого материала и составление информационного отчета по результатам работ производит Центральная экспедиция, и эти результаты будут положены в основу сводной шлиховой карты Сибирской платформы. Партия № 182 5-й комплексной экспедиции использует эти материалы при составлении окончательного отчета.

Работа эта трестом была санкционирована. Минералог партии № 26 Л. А. Попугаева была направлена на полевые работы, имея специальное задание путем проведения шлиховой съемки выяснить коренные источники пиропа и ильменита. Используя в качестве основного руководящего критерия наличие пиропа и ильменита в шлихах, она еще более сузила ореол рассеяния этих минералов, что дало возможность найти коренные ильменит- и пиропсодержащие породы, действительно оказавшиеся алмазоносными.

Таким образом, использование шлихового анализа для поисков коренных месторождений вполне оправдало себя в условиях Сибирской платформы и позволило подойти вплотную к первому в СССР коренному месторождению алмаза. Следует отметить, что результаты работ партии № 26 имели практическое значение уже в полевом сезоне 1954 г. и для поисков россыпных месторождений. На основании результатов работ партии № 26 отрядом В. Д. Скульского в среднем течении р. Даалдын была открыта богатейшая алмазная россыпь⁸.

Следует отметить, что ввиду чрезвычайно интересных и важных результатов наших работ отчет носит значительно более детальный характер, чем это требуется в общем случае от информационного отчета.

Для оценки правильности применяемой партией № 26 методики в самом начале отчета мы помещаем главу, в которой очень кратко излагаем результаты работ по данной теме за предшествующие годы, давая тем самым обоснование постановки работ 1953 и 1954 гг. по поискам спутников алмаза и коренных источников пиропа и ильменита. В последующих главах приведены результаты полевых и камеральных работ 1954 г.

⁷ Майская докладная записка была подписана Л. А. Попугаевой, И. И. Красновым и А. А. Кухаренко. Попугаева в это время в связи с уходом Н. Н. Сарсадских в декретный отпуск исполняла обязанности начальника партии № 26.

⁸ Речь идет об участке на р. Киенг-Юрях, который был сначала выявлен Л. А. Попугаевой по результатам шлихования, а потом ею рекомендован В. Д. Скульскому для опробования на алмазы.

Весь собранный в поле штучной материал и шлиховые пробы были по возможности детально и всесторонне изучены с проведением большого количества различных анализов. Таким образом, камеральная обработка материала была проведена почти в полном объеме, т. е. не носила предварительного характера. Различного рода анализы (спектральный, рентгеноструктурный, определение удельного веса, химическое разложение и т. д.) производились силами Центральной экспедиции, за исключением химических анализов, выполненных во ВСЕГЕИ.

Авторы приносят благодарность коллективу Центральной экспедиции и сотрудникам ВСЕГЕИ за оказанную помощь в проведении различных анализов и в работах по оформлению материала, а также Кухаренко А. А. — за оказанную помощь в определении пироба, сравнении его с южно-африканским гранатом и консультацию по некоторым вопросам; Смирнову Ю. Д. — за оказанную им помощь в части пересчетов результатов химического анализа и сравнения их с анализами кимберлитов Ю. Африки.

Авторы весьма благодарны **М. Ф. Шестопалову**, который лучшие годы своей жизни отдал алмазному делу и до последних своих дней горячо поддерживал наши работы.

Состав партии № 26, принимавший участие в тематических работах 1950—1954 гг.:
руководитель темы — Сарсадских Н. Н.

минералог — Попугаева Л. А.

ст. лаборант — Лигаткова Н. А.

рабочий — Беликов Ф. А.

В камеральной обработке материала и оформлении отчета принимали участие сотрудники партии № 26 Михайловская Л. Н., Семенова Н. А. и Сильченко К. Г.

Глава 1

РЕЗУЛЬТАТЫ РАБОТ ЗА ПЕРИОД 1950—53 гг.

Как уже указывалось во Введении, тематическая работа партии № 26 была начата в 1950 г. В течение первых трех лет работа производилась в основном по линии ознакомления с геологическим строением алмазоносных районов восточной части Сибирской платформы и изучения минералогического состава тяжелой фракции рыхлых и коренных пород [Сарсадских, 1950ф, 1951ф, 1952ф]. В течение полевых периодов партией был проделан ряд маршрутов, посещены основные поисковые участки Амакинской экспедиции (рис. 8), собран довольно большой материал, как по рыхлым отложениям (шлихи), так и по коренным породам (путем отмывки дробленых проб). В результате камеральной обработки шлихового материала были составлены три шлиховые карты по основным алмазоносным районам восточной части Сибирской платформы и объяснительная записка к ним в виде отчета.



Рис. 8. Обзорная карта маршрутов (показаны жирными линиями) партии № 26 Центральной экспедиции за 1950—1954 гг.

В геологическом строении восточной части Сибирской платформы принимают участие три основных типа коренных пород: нормально-осадочные, пирокластические и изверженные породы трапповой формации. Изучение минералогического состава тяжелой фракции коренных пород показало, что каждый из указанных типов, развитых в исследуемой части Сибирской платформы, имеет свой специфический минералогический

состав, характеризующийся определенными комплексами минералов, что позволило сделать важные заключения о роли этих минералов при формировании тех или иных рыхлых отложений. Отметим в самых общих чертах особенности минералогического состава указанных трех типов коренных пород.

Минералогический состав пород **трапповой** формации характеризуется большим однообразием. Основными минералами, слагающими соответствующие шлихи, являются моноклинный пироксен, оливин и магнетит. В незначительном количестве присутствует ильменит. В единичных случаях моноклинный пироксен замещается роговой обманкой. Хромит в траппах практически отсутствует. Дифференциация траппов в сторону увеличения основности или щелочности состава на исследуемой территории не наблюдалась. Однако было констатировано некоторое увеличение магнезиальности пироксенов в траппах (а также их обломочных зерен в аллювиальных отложениях) на рр. Моркока и Марха, что свидетельствует о несколько большей основности состава траппов в этом районе.

Палеозойские **осадочные** породы характеризуются довольно большим разнообразием минералов тяжелой фракции. *Нижнепалеозойские* осадочные породы отличаются содержанием в тяжелой фракции значительного количества хромита и прекрасной окатанностью шлиховых минералов. Присутствие хромита свидетельствует о наличии в области питания этих отложений хромитоносных ультраосновных пород. Верхнепалеозойские породы, развитые в районе верхнего течения Вилюя и отчасти в истоках р. Тэторо, отличаются своеобразным минералогическим составом тяжелой фракции. Нижняя часть разреза, относящаяся к нижней перми, имеет пироксеновый состав. Верхняя часть, относящаяся к верхней перми, характеризуется комплексом устойчивых минералов — ильменита, граната, хромита, циркона, рутила и др. Наличие пироксена в нижней перми свидетельствует о начавшейся уже в то время вулканической деятельности. Наличие хромита в верхней перми так же как и для нижнепалеозойских пород указывает на хромитоносные ультраосновные породы в области питания этих отложений. Кроме того, преобладание минералов устойчивого комплекса говорит о том, что породы верхней перми были подвергнуты длительным процессам выветривания.

Для мезозойских отложений наметились два района, существенно различных по составу тяжелой фракции, — вилюйский и нижнетунгусский. В *вилюйском* районе в составе шлихов существенную роль играет роговая обманка, а в *нижнетунгусском* районе, напротив, роговая обманка почти отсутствует, но в заметном количестве присутствуют дистен⁹ и ставролит. Такая разница в минералогическом составе свидетельствует об изолированности этих двух районов в момент формирования осадков и о различных источниках обломочных минералов¹⁰.

Туфогенные образования по составу тяжелой фракции имеют промежуточный характер между нормально-осадочными и изверженными породами трапповой формации. В них присутствуют минералы как терригенного происхождения (гранат, ильменит, циркон, хромит, рутил и др.), так и пирокластического (моноклинный пироксен, реже магнетит). Пироксен отличается весьма характерными морфологическими особенностями. Он представлен призматическими светло-зелеными кристаллами и их обломками, по оптическим константам резко отличается от пироксенов, связанных с траппами¹¹.

Кайнозойские рыхлые отложения подразделяются на аллювиальные, ледниковые, современные озерные и аллювиально-делювиальные. В результате изучения минерального состава тяжелой фракции из этих отложений было установлено довольно большое его однообразие на всей исследуемой части платформы.

⁹ По современной номенклатуре это кианит.

¹⁰ Этот вывод вполне резонный. В настоящее время известно, что Тунгусская и Вилюйская синеклизы разделяются Анабаро-Олёнской (Анабарской) антеклизой [Зинчук, 2013].

¹¹ Почти наверняка хромдиопсид.

Из современных русловых отложений выделены четыре основные группы минеральных ассоциаций. Три из них генетически связаны с породами Сибирской платформы, одна — с породами, находящимися за пределами платформы. Для *первой* группы ассоциаций свойственно высокое содержание моноклинного пироксена и магнетита, иногда оливина. Генетически она в основном связана с породами трапповой формации, что подтверждается целым рядом фактов. *Вторая* группа ассоциаций, в которой тоже основным минералом является моноклинный пироксен, отличается незначительным содержанием магнетита, а также всех прочих минералов. Генетическая связь этой ассоциации с пирокластическими породами несомненна и устанавливается очень легко. *Третья* группа объединяет все ассоциации, в которых присутствуют в значительном количестве ильменит, гранат, гематит, имеются повышенные содержания циркона, рутила, хромита и других минералов. Эти ассоциации роднит и довольно значительное влияние на них состава осадочных пород — источников обломочного материала. Но при этом ассоциации в каждом отдельном случае несут какие-то специфические черты, отражающие особенности тех осадочных пород, которые наиболее распространены в бассейне соответствующей реки. *Четвертая* группа ассоциаций, приуроченных к окраинным частям платформы, генетически связана с чуждыми для нее породами. Эти ассоциации характеризуются большим количеством роговой обманки, магнетита, сфена¹², гематита. Указанные минералы привносятся на север платформы с Анабарского массива¹³, а на юг — из Прибайкалья.

Распространенность охарактеризованных четырех групп ассоциаций различна. Она определяется, с одной стороны, распространенностью коренных пород, с которыми связаны соответствующие минералы, а с другой стороны, выходом из упомянутых пород тяжелой фракции. Наиболее широко развита группа ассоциаций, генетически связанных с породами трапповой формации.

Таким образом, в течение первых трех лет партией № 26 был изучен минеральный состав рыхлых и коренных пород, а также была установлена связь основных минералов россыпей с коренными породами.

Второй кардинальный вопрос, стоящий перед партией и заключавшийся в выявлении спутников алмаза, как в россыпях, так и в коренных породах, не был полностью решен из-за однообразия минералогического состава россыпей. Он оказался много сложнее, чем это представляли себе сибирские геологи, большинство из которых, выбирая минералогические критерии перспективности россыпей, механически переносили их со Среднего Урала¹⁴. К началу наших работ на Сибирской платформе по вопросу о спутниках алмазов были уже устоявшиеся взгляды, что весьма затруднило нашу работу. Так, Г. Х. Файнштейн, одним из первых геологов-алмазников Сибири, указывал, что спутниками вилуйских алмазов являются три группы минералов: 1) пироксен + ильменит + магнетит; 2) самородная платина + осмистый иридий + хромит + самородное золото; 3) циркон + ильменит [Файнштейн, 1949ф; Файнштейн, Буханович, 1950ф]. По этой схеме получалось, что почти все минералы, встречающиеся в вилуйских россыпях, являются спутниками алмаза, очевидно только потому, что они присутствуют в алмазоносных россыпях Сибири, или потому, что они констатированы в россыпях Урала [Кухаренко, 1946ф]. К сожалению, этот взгляд Г. Х. Файнштейна прочно укоренился в

¹² По современной номенклатуре это титанит.

¹³ Именно так до открытия Зарницы и объясняли появление в аллювии якутских рек зерен ярко-красного граната, принимавшегося тогда за пресловутый родолит.

¹⁴ Занимавшийся этим вопросом на Среднем Урале в 1940-х гг. А. А. Кухаренко очень быстро пришел к выводу, что, судя по парастерическим спутникам в россыпях, кимберлиты коренным источником уральских алмазов послужить не могли. Поэтому-то он и солидаризовался с В. С. Трофимовым, видевшим такой источник в хромитоносных ультрабазитовых массивах. В настоящее время ситуация с заимствованием идей повернулась зеркально: теперь многие на Урале по аналогии с Якутией ищут именно кимберлиты и их минералы-индикаторы [Введенская, 2008].

сознании всех сибирских геологов и, несмотря на выводы, сделанные нами еще в 1950—1952 гг., не пересматривался до последнего времени.

На самом же деле, как мы видели выше, происхождение минералов, которые Г. Х. Файнштейн рассматривает как спутники алмаза, совершенно различно и поэтому к их роли в оценке перспективности россыпей нужно подходить с разных точек зрения. Это особенно относится к хромиту, который по аналогии с Уралом многими исследователями считался наиболее благоприятным минералом-спутником алмазов и в россыпях Сибири.

Нами еще в 1951 г. был сделан вывод о том, что, если принять наиболее распространенную в то время гипотезу о связи алмазов с породами трапповой формации, то хромит не следует считать спутником алмазов, т. к. он связан практически только с осадочными породами. Если же принять, что алмаз может быть связан с какими-то хромитсодержащими породами ультраосновного состава, то, как возможные вторичные коллекторы заслуживают внимания, прежде всего, породы пермского возраста¹⁵, с которыми и связана основная масса хромита. Эти породы интересны и с той точки зрения, что среди них имеются крупнообломочные разности.

В целом по вопросу установления минералогических критериев перспективности рыхлых отложений нами в результате первых трех лет работы был сделан следующий вывод. Установленные для Урала критерии не применимы для сибирских россыпей, а используемая до последнего времени методика сбора и исследования шлихов непригодна в условиях Сибири для выявления спутников алмаза, как в россыпях, так и в материнских породах.

В связи с этим нами было предложено продолжить тематическую работу партии с целью пересмотра существующей методики шлихового анализа и способа выявления спутников алмаза. Эта работа была запланирована на 1953 г. и утверждена руководством Союзного треста № 2. Для осуществления запланированной работы на полевой период для сбора шлихового материала был предусмотрен специальный маршрут в верховьях р. Мархи (рис. 9). Почему был выбран именно этот район?

Первой причиной постановки наших работ в бассейне верхнего течения р. Мархи явился установленный нами ранее факт большей магнезиальности пироксенов и оливинов в траппах, развитых в бассейне р. Мархи, что свидетельствует о большей основности этих пород¹⁶.

Второй причиной явилась теоретическая предпосылка, состоявшая в том, что материнской должна быть такая горная порода, минеральный состав и химизм которой отличаются от свойств широко распространенных в Сибири траппов. В этой породе должны быть какие-то минералы, которые образовались вместе с алмазами, и в количестве не меньшем, чем самих алмазов¹⁷. Разумеется, содержание таких спутников в аллювии крупных речных систем должно сильно разубоживаться минералами, привнесенными из разрушенных траппов, причем тем сильнее, чем дальше минералы-спутники переносятся от своего коренного источника. Следовательно, при поисках минералов-спутников необходимо было, прежде всего, приблизиться к их коренному источнику¹⁸.

¹⁵ Очень неплохая идея, если учесть, что некоторые среднепалеозойские алмазоносные трубки в Якутии, например, трубка Мир, уже вскоре после своего образования начали подвергаться эрозии.

¹⁶ Здесь Н. Н. Сарсадских вероятно обнаруживает согласие с М. М. Одинцовым, который полагал, что сибирские алмазы генетически связаны с ультраосновными «дериватами» базальтоидной (трапповой) магмы.

¹⁷ В своей рецензии, написанной на отчет Н. Н. Сарсадских о работах периода 1950—1952 гг. (Сарсадских, 1953ф), А. А. Кухаренко рекомендовал автору в качестве минералов-спутников искать в аллювии вовсе не трапповые минералы, а пироп и магнезиальный ильменит, характерные для южноафриканских алмазоносных кимберлитов. Но, похоже, что к лету 1953 г. эту рекомендацию еще никто всерьез не воспринял.

¹⁸ Как известно, в более поздних своих сочинениях Н. Н. Сарсадских утверждала, что еще одной причиной их стремления в 1953 г. в верховье р. Мархи было желание выйти за пределы полей развития

никаких поисковых работ до того времени не проводилось²⁰. С этой целью нами было принято следующее решение: проделать маршрут в бассейне верхнего течения р. Мархи, а именно по рр. Марха, Сытыкан, Даалдын и их притокам, произвести шлиховую съемку и промыть крупнообъемную пробу упрощенным методом В. Д. Скульского²¹ для констатации алмаза в русловых отложениях.

Маршрут был проделан летом 1953 г. Во время этого маршрута в среднем течении р. Даалдын, в 18—20 км выше устья р. Кен-Юрях²² была взята проба объемом в 18—20 кг²³. Из концентрата этой пробы был извлечен один кристалл алмаза весом 8.4 мг. Таким образом, алмазоносность самых верхних отрезков бассейна р. Мархи была установлена.

При проведении шлиховой съемки в приустьевых частях р. Кен-Юрях и левого притока р. Даалдын нами²⁴ еще в поле была выявлена область распространения шлихов, содержащих значительное количество округлых зерен своеобразного лилово-красного и оранжевого граната, а также крупных смоляно-черных зерен ильменита.

При камеральной обработке этих шлихов было установлено, что, во-первых, гранат является пиропом, а ильменит представляет собой необычную разность, которая в краях тонких осколков просвечивает красно-бурым цветом и двупреломляет, а во-вторых, оба эти минерала имеют большое сходство с пиропом и ильменитом из кимберлитов Ю. Африки. Было также определено содержание упомянутых минералов в шлихах, которое составило для пироба до 10 %, для ильменита до 30 %.

Подобные минералы для Сибирской платформы в целом являются необычными и коренные их источники неизвестны. Из гранатов наиболее распространенным здесь является альмандин, связанный с осадочными толщами, менее обыченgrossуляр, чаще приуроченный к контактовым зонам. Очень редко встречаются андрадит и уваровит. Пироп до этого времени был отмечен только работниками НИИГА Подкопаевым Е. И. [Подкопаев, 1952ф] и Пуминовым А. П. [Пуминов, 1953ф], которые выявили его в шлихах с р. Алакит, из истоков р. Мархи, с рек Томба, Арга-Муна и др.²⁵ Ильменит с подобными особенностями еще никем на Сибирской платформе констатирован и описан не был.

Следует отметить, что о результатах работы сотрудников НИИГА Пуминова А. П. и Подкопаева Е. И., указавших на наличие пироба в русловых отложениях верхнего течения р. Мархи, авторам при проектировании работ в верховьях Мархи в 1953 г. не было известно. В настоящее время знакомство с этими материалами только подтверждает правильность выбранного нами района. Очевидно, что в свое время данные упомянутых выше отчетов могли послужить третьей и, возможно, основной причиной выбора верховий р. Мархи в качестве объекта наших исследований.

При обнаружении пироба и своеобразного двупреломляющего ильменита, являющихся, как мы сказали, необычными для Сибирской платформы и, что самое

²⁰ Это не совсем так. Летом 1952 г. одна из маршрутных групп партии М. М. Одинцова побывала на Далдыне, намыла в устье ручья «Крутого» (Дьяхи) шлих, в котором в камеральный сезон 1952—1953 гг. обнаружилось множество зерен лилового граната и даже один алмаз [Хабардин, 1999]. Однако авторы этой находки посчитали ее, как учил М. М. Одинцов, метаморфогенным гранатом-родолитом, привнесенным с Анабарского щита.

²¹ Метод Скульского или по его собственному выражению «метод нахала» (отбор проб объемом всего 2—3 м³) был, вероятно, впервые применен именно зимой 1950 г. при опробовании руслового аллювия в среднем течении р. Мархию.

²² Это место Л. А. Попугаева назвала косой «Находка».

²³ Здесь, очевидно, речь идет о весе намытого шлиха. Исходная проба имела объем три куб. м, т. е. 300 ведер по 10 литров объемом и 30 кг весом каждое. Таким образом, общий вес исходной пробы составил примерно девять тонн.

²⁴ Все, что относится к работе на р. Далдын в 1953—1954 гг., принадлежит Л. А. Попугаевой. Первое «рабочее» появление здесь Н. Н. Сарсадских произошло лишь в 1955 г., т. е. через год после открытия трубки Зарница.

²⁵ Очевидно, что геологический смысл этих находок стал понятен их авторам только после открытия Зарницы [Пуминов, 1956].

главное, до сих пор неизвестными в коренных породах минералами, возник, прежде всего, вопрос об их первоисточниках. Поскольку пироп и ильменит являются весьма характерными минералами для кимберлитов Южной Африки, мы сделали предположение, что и в Сибири источником этих минералов в аллювиальных россыпях могут оказаться не только какие-то вторичные коллекторы, но и непосредственно кимберлитоподобные породы. Таким образом, становится вполне ясным, что причиной постановки в 1954 г. работ по оконтуриванию области распространения пироба и ильменита и поискам их коренного источника, послужили именно результаты тематических работ, полученные в период с 1950 г. и особенно в 1953 г.

РЕЗУЛЬТАТЫ РАБОТ 1954 г.

§ 1. Общие сведения о районе

Работы партии в 1954 г. производились в бассейне верхнего течения р. Мархи в пределах листов Q-49 и Q-50 государственной топографической карты СССР между $66^{\circ}15'—66^{\circ}30'$ северной широты и $112^{\circ}20'—113^{\circ}10'$ восточной долготы. Эта территория по административному подразделению принадлежит Оленёкскому району Якутской АССР и по площади составляет около 300 км^2 .

Основные черты орографии района обусловлены особенностями его геологического строения и расположением в окраинной части огромной трапповой области у южной границы расчлененного Оленёкского плато. В тектоническом отношении исследованный район приурочен к Вилюйско-Котуйской зоне разломов и дробления²⁶. В районе исследований в бассейне р. Кен-Юрях на аэрофотоснимках обнаружены линии разломов северо-западного простирания. Исследованная нами территория представляет собой выровненное плато, сложенное породами ордовика и расчлененное речными долинами [Краснов, Масайтис, 1952ф]. Непосредственно в районе работ абсолютные и относительные высоты сравнительно невелики (соответственно $250—300 \text{ м}$ и $50—100 \text{ м}$), так как зона мощного развития трапповых силлов, останцы которых образуют в этой области наиболее возвышенные точки рельефа, располагается к юго-западу от него.

Речки Кен-Юрях и Шестопаловка, где главным образом были сосредоточены наши работы, принадлежат к бассейну среднего течения р. Даалдын, являющейся крупным левым притоком р. Мархи. Река Марха и ее притоки имеют помимо весеннего паводка, приходящегося на период с 20 мая по 10—15 июня, еще и летние паводки, обусловленные выпадением дождей. Так, например, в 1954 г. с 10 июля по 17 июля шли непрерывные дожди, в результате чего уровень воды в р. Мархе, а соответственно и в р. Даалдын сильно поднялся. Все перекааты, косы и даже пойменные террасы скрылись под водой. Высокая вода держалась в реках до конца июля. Ледостав на р. Мархе наступает 3—12 октября. Летом, обычно в конце июля месяца и Марха и Даалдын, а соответственно и их притоки настолько мелеют, что Марха местами становится непроходимой для легких деревянных лодок, а р. Даалдын — с трудом проходима даже на резиновых лодках. В низкую воду такие реки, как Кен-Юрях, Шестопаловка и др., вообще становятся непроходимыми ни для каких лодок.

Исследованный район расположен в северо-восточной части Средне-Сибирского плоскогорья, в пределах северной зоны редкостойной лиственничной тайги [Краснов, Масайтис, 1952ф]. Вследствие своего географического положения и значительных абсолютных высот вся эта территория характеризуется весьма суровым резко континентальным климатом с большими колебаниями температуры, как по сезонам, так и в течение суток. Среднегодовая температура является отрицательными. По данным из ближайшего к району работ населенного пункта — пос. Шелогонцы, где есть метеопост, среднегодовая температура в рассматриваемом районе за последние 5—7 лет составила

²⁶ Не очень понятно, на какие геологические данные опиралась Л. А. Попугаевой в этом своем правильном утверждении. Так, на «Геологической карте Вилюйского алмазоносного бассейна», опубликованной в 1957 г. [Применение аэрометодов..., 1957] непосредственно в районе ее исследований было обозначено единственное тектоническое нарушение длиной примерно 15 км, пересекающее р. Сытыкан в среднем ее течении приблизительно в 20 км южнее р. Далдын. Кроме того, на этой карте были показаны еще несколько нарушений подобного масштаба, но далеко за пределами далдынского района. Лишь через 5—6 лет упомянутая Л. А. Попугаевой «Вилюйско-Котуйская зона разломов и дробления» будет описана как Мархинско-Котуйская дизъюнктивная зона разломов [Арсеньев, 1961]. В настоящее время эта региональная структура, чаще всего называемая Далдыно-Оленёкской зоной глубинных разломов, включена в состав сквозного Чадобецко-Далдыно-Оленёкского линеймента [Барышев, 2008].

12.7°C. Минимальные температуры (январь) достигали в Шелогонцах –64°C, Оленёке – 61°C, Нюрбе –62°C. Максимальные температуры (июль) составили в Шелогонцах 35°C, Оленёке 30°C, Нюрбе 34°C. Зима в этих районах малоснежная и очень продолжительная, длится с октября по апрель. Снежный покров держится около 7—8 месяцев. Район расположен в 18—20 км к югу от полярного круга в области развития сплошной вечной мерзлоты. В течение короткого летнего сезона мерзлота успевает оттаять лишь на незначительную глубину.

В соответствии с ландшафтно-географической зональностью и особенностями литологического состава коренных пород в исследуемом районе развито несколько различных генетических групп почв. На грубо-щебневом элювии преобладают недоразвитые скелетные почвы, на более мелко-щебневых с суглинками субстратах залегают почвы с типичными тундровыми полигонами. На заболоченных водоразделах, а также на пойменных террасах встречаются островки суглинистых торфяно-болотных почв.

Вся исследованная территория принадлежит северной подзоне редкостойных хвойных лесов, в составе которых преобладает сибирская лиственница. Лишь изредка среди лиственниц встречаются другие древесные породы, в частности, ольха и в долинах рек тальник (ива), тундровая береза и очень редко сосна (на бровках террас). В кустарниковой растительности повсеместно встречаются голубица, богульник. Среди лиственничного редколесья очень широко распространен ягель. Почти в любой точке района можно найти хорошие корма для оленей. Травянистая растительность, напротив, представлена весьма скудно. Лишь в немногих местах в долинах рек Даалдын, Кен-Юрях, Шестопаловка встречаются пойменные луга. На водоразделах и по мелким притокам травянистая растительность отсутствует.

Животный мир района весьма разнообразен. Наиболее характерными представителями млекопитающих являются лось, дикий олень, волк, медведь, соболь, горностай, песец, зайцы, белка, бурундук, мышь. Из птиц наблюдаются глухарь, рябчик, сойка, ворона, коршун, сова. На возвышенностях отмечается куропатка. Осенью здесь много перелетных гусей, в изобилии водятся разные породы уток. В реках живут, главным образом, хариус, таймень, линёк, щука. В озерах — окунь и карп. Из насекомых наиболее распространены комары и мошка (гнус).

В пределах исследованного района постоянного населения не имеется. Ближайший населенный пункт — пос. Оленёк, являющийся районным центром, расположен в 450—500 км к северу. В 100 км по р. Мархе к югу от устья р. Даалдын расположен пос. Шелогонцы, где до 1952 г. находился колхоз «Коммунизм». После укрупнения колхозов поселок обезлюдил и стал использоваться различными экспедициями в качестве основной базы. В пос. Шелогонцы находится стационарный метеопост Якутского гидрометеорологического управления с обслуживающим персоналом в три человека. В поселке имеются около 20 хороших домов, нуждающихся лишь в незначительном ремонте. В настоящее время пос. Шелогонцы временно заселен сотрудниками партии № 167 Амакинской экспедиции.²⁷ Кроме того, для этой партии выстроен временный поселок в устье р. Кен-Юрях²⁸. К западу от района наших работ в пос. Ералин расположены временные базы Михайловской экспедиции Союзного треста № 2 и экспедиции Научно-исследовательского института геологии Арктики (НИИГА)²⁹.

²⁷ Летом 1955 г. эта партия будет вести разведку Зарницы, а ее сотрудник В. Н. Щукин с подачи Л. А. Попугаевой откроет на ключе Пироповом — правом притоке Далдына богато алмазоносную трубку Удачную. Теперь там находится г. Удачный с замечательным памятником (рис. 7), посвященным первооткрывательнице не только трубки Зарница, но, в сущности, и трубки Удачной.

²⁸ Летом 1954 г. в этом поселке будет располагаться отряд В. Д. Скульского со спецоборудованием, занимающийся опробованием далдынского аллювия на алмазы.

²⁹ А вот на эту базу осенью 1954 г. сразу же после открытия Зарницы прилетит Л. А. Попугаева со словами «Нашла чёрте что!». Теперь понятно, что этот ее слоган можно поставить в один ряд с архимедовским восклицанием «эврика!» и гагаринским «Ну, поехали!».

Местное население — якуты появляются в этих местах в период охоты или сопровождая экспедиции. Основными путями сообщения этой территории являются реки, причем по р. Даалдын возможно передвижение на мелкоякорных лодках лишь в сравнительно высокую воду. В низкую воду Даалдын проходим только на резиновых лодках, т. к. в это время обнажается множество песчано-галечных перекатов. Кроме передвижения на лодках, по рекам можно использовать летние выюжные оленьи тропы, которые проходят по водоразделам до поселков Оленёк и Шелогонцы.

Большое значение для экспедиций имеют мелкогалечные косы и обширные участки пойм с ровным рельефом, благодаря которому они пригодны для посадки самолетов. Такие косы в пределах района имеются, например, в 18—20 км выше р. Кен-Юрях и в 12—18 км ниже ее устья. Весной по большой воде возможна транспортировка людей и грузов на моторных лодках, а в зимнее время на автотранспорте по льду рек. Благодаря незначительной глубине снежного покрова и безветрию, оборудование зимних дорог не представляет трудностей.

Из топографических в нашем распоряжении имелась карта гидрографии масштаба 1:500000. Кроме этой карты мы располагали аэрофотоснимками масштаба 1:65000, что давало возможность работать с гораздо большей степенью детальности³⁰. Следует отметить хорошее качество аэрофотограмм. Благодаря тому, что в районе развит сравнительно редкий растительный покров, в частности, редкостойная лиственничная тайга, а пласты горных пород залегают горизонтально, на аэрофотоснимках отчетливо выделяются не только орографические и геоморфологические элементы, но хорошо выражаются также и основные геологические структуры, линии тектонических разломов. Следовательно, редкая лесная растительность не мешает здесь дешифрированию геологических и геоморфологических объектов.

§ 2. Краткий геолого-геоморфологический очерк

Бассейн р. Даалдын расположен на южной окраине расчлененного Оленёкского плато, к югу от которого проходит уступ Вилюйского траппового плато. Бассейн верхнего течения р. Мархи в целом приурочен к окраинной части огромной трапповой области, охватывающей бассейн верхнего течения р. Вилюй. Шлихоминералогические исследования в районе среднего течения р. Даалдын производились, главным образом, по двум его притокам: правому — р. Кен-Юрях и левому, названному нами речкой Шестопаловкой (5 км ниже устья р. Кен-Юрях). В аллювиальных отложениях этих рек в 1953 г. был обнаружен в значительном количестве пироп и двупреломляющий ильменит.

В геологическом строении исследуемой территории Сибирской платформы в основном принимают участие нормально-осадочные карбонатные толщи ордовика. На самой юго-западной границе района, собственно за его пределами, в самых верховьях ручья Траппового³¹ расположен небольшой денудационный останец пластовой интрузии траппов. Специально траппы нами не исследовались. Но, если судить по продуктам их разрушения, выносимым ручьем Трапповым, эти образования представлены темно-серыми, афанитовыми и мелкокристаллическими разностями долеритов.

Кроме указанных выше пород в районе были обнаружены изверженные породы ультраосновного состава, содержащие алмазы (рис. 10). Подробное описание таких пород выделено нами в самостоятельную главу, приведенную ниже. На возвышенностях по левобережью р. Шестопаловки в результате летних работ были обнаружены, по-видимому, остатки древней коры выветривания. Дополнительно к этому в русле р. Кен-

³⁰ На фоне такой «обеспеченности» Л. А. Попугаевой картографическими материалами попытка со стороны сотрудников Амакинской экспедиции обвинить ее осенью-зимой 1954 г. в якобы ошибочном указании «на карте» местоположения трубки Зарница выглядят очень циничной. Впрочем, как теперь хорошо известно, в действительности Л. А. Попугаева достаточно точно определилась не только с местоположением трубки, но и с ее размерами.

³¹ Левый приток р. Суходолки — правого притока р. Кенг-Юрях.

Юрях был найден обломок конгломерата предположительно позднемезозойского возраста.



Рис. 10. Схематическая геологическая карта бассейна среднего течения р. Даалдын, составленная Л. А. Попугаевой в 1954 г. с использованием аэрофотоматериалов. Цветом показаны ранги распространения пиропса и ильменита в аллювии

По данным предшествующих исследователей осадочные карбонатные толщи, развитые в бассейне р. Даалдын, относятся к ордовика [Пуминов, 1953ф]. Эти породы развиты на всех водораздельных пространствах бассейнов рек Кен-Юрях и Шестопаловки. Они в основном представлены толсто- и тонкоплитчатыми известняками, доломитами и мергелями с тонкими пропластками бурых и зеленоватых аргиллитов. Окраска пород неякая, обычно светло-серая или желтая. Местами, например, в верховьях р. Суходолки среди ордовикских известняков встречаются горизонты бурых сильно песчаных разностей. Здесь же встречаются маломощные (до 2—3 см) пропластки внутрiformационных, чаще всего плоскогалечных известняковых конгломератов с редкой кварцевой галькой и известковисто-песчаным цементом.

Карбонатные породы в исследуемом районе не образуют хороших обнажений, где можно было бы более или менее детально изучить их разрез и условия залегания. Большинство обнажений приурочены к рекам (рис. 11, слева), где вскрываются подошвы возвышенностей. Но обычно эти обнажения бывают перекрыты сплошным делювиальным плащом. Остатков фауны в известняках нами не встречено. На плоскостях напластования в них часто наблюдаются псевдоморфозы по каменной соли, трещины усыхания, волноприбойная рябь и т. п. Кроме того, в них были обнаружены характерные водоросли и желваки светлых слоистых кремней.



Рис. 11. Слева — плитчатые известняки ордовикского возраста в среднем течении р. Кен-Юрях, справа — глыбовые развалы известняков на водоразделе рр. Кен-Юрях и Суходолки

Выше плитчатых известняков на водоразделах рек Кен-Юрях, Суходолки и ручья Траппового наблюдаются глыбовые развалы светло-желтых ноздревато-кавернозных известняков (рис. 11, справа). На водоразделе по левобережью р. Шестопаловки были встречены светло-желтые известняки с характерными ячеистыми поверхностями напластования (рис. 12). Ячеи на поверхности известняков имеют различную величину и



Рис. 12. Слева — ячеистая поверхность известнякового пласта, справа — развалы плитчатых известняков на водоразделе р. Шестопаловки и руч. Загадочного, образованные в результате морозного выветривания

форму. Это, вероятно, есть своеобразная форма выветривания карбонатных пород. Обычно на вершинах и склонах водоразделов рассматриваемые породы обнажаются в результате активно протекающих здесь процессов морозного выветривания, образуя обширные элювиальные развалы (рис. 13). Толщи вышеописанных карбонатных пород в

исследуемом районе залегают горизонтально, образуя в силу литологических различий ступенчатость на склонах, что хорошо видно на аэрофотоснимках.

Кроме широко развитых карбонатных пород, в исследованном районе в результате наших работ были обнаружены остатки пород по возрасту более молодых и в настоящее время почти уничтоженных эрозией. В нижнем течении р. Кен-Юрях в русле был найден небольшой (8—12 см в диаметре) обломок желтого мелкогалечного кварцевого конгломерата (рис. 13, слева). Он состоит из мелких галечек кварца и кремнистых пород размером до 0.5 см, а также крупных и мелких окатанных кварцевых песчинок, сцементированных еще более тонкозернистым кварцем. При изучении шлифов (рис. 13, справа) в рассматриваемой породе обнаружена псефитовая структура. Цемент относится к

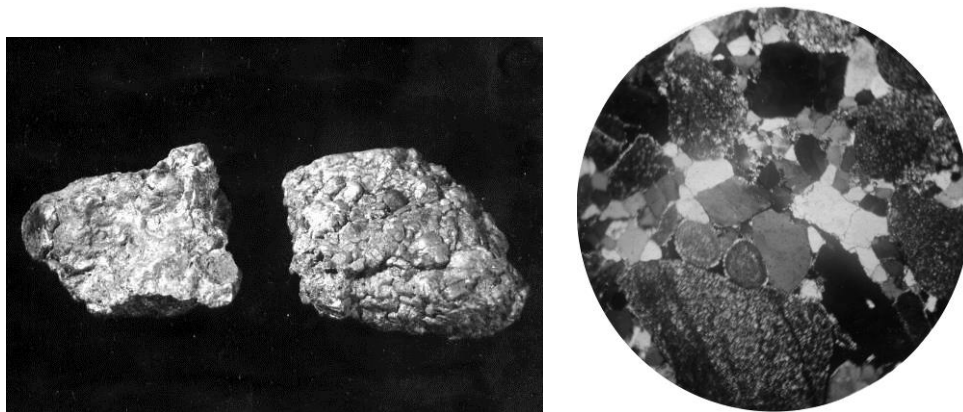


Рис. 13. Слева — валуны мелкогалечного кварцевого конгломерата, найденные в русле р. Кен-Юрях, справа — структура кварцевого конгломерата

типу выполнения. Местами в цементе развита регенерационная структура. В целом порода состоит из обломков кремней, иногда полосчатых, и кварца. В подчиненном количестве встречаются обломки кварцита. Размер таких обломков составляет 2—3 см и менее. Цемент образован мелкими (доли миллиметра) зернами кварца и кремней, заполняющих промежутки между обломками пород. Местами в цементе в незначительном количестве присутствует кремнистое вещество. Среди крупных обломков встречаются кремнистые оолиты и фрагменты оолитовой породы, аналогичные ниже описанным образованиям, обнаруженным на поверхности известняков.

При камеральных работах из нашего образца были изготовлены две дробленые пробы, для которых был определен минеральный состав тяжелой и легкой фракций, а отмученный глинистый материал был подвергнут споро-пыльцевому анализу. Минеральный состав дробленной пробы оказался почти нацело кварцевым. В качестве небольшой примеси были установлены только полевой шпат и кальцит. Как видно из табл. 1, состав тяжелой фракции конгломерата почти нацело определяется двупреломляющим ильменитом.

В ходе споро-пыльцевого анализа в тонкой фракции конгломератов были

Таблица 1
Минеральный состав тяжелой фракции
кварцевых конгломератов, %

Минералы	Содержание
Ильменит двупреломляющий	95.3
Лейкоксен	2.4
Лимонит ¹	1.0
Магнетит	0.8
Турмалин	0.5
Моноклинный пироксен	+
Дистен ¹	+
Рутил	+
Циркон	+
Пироп	+

Примечание. Цифры — содержание в %, (+) — единичные зерна

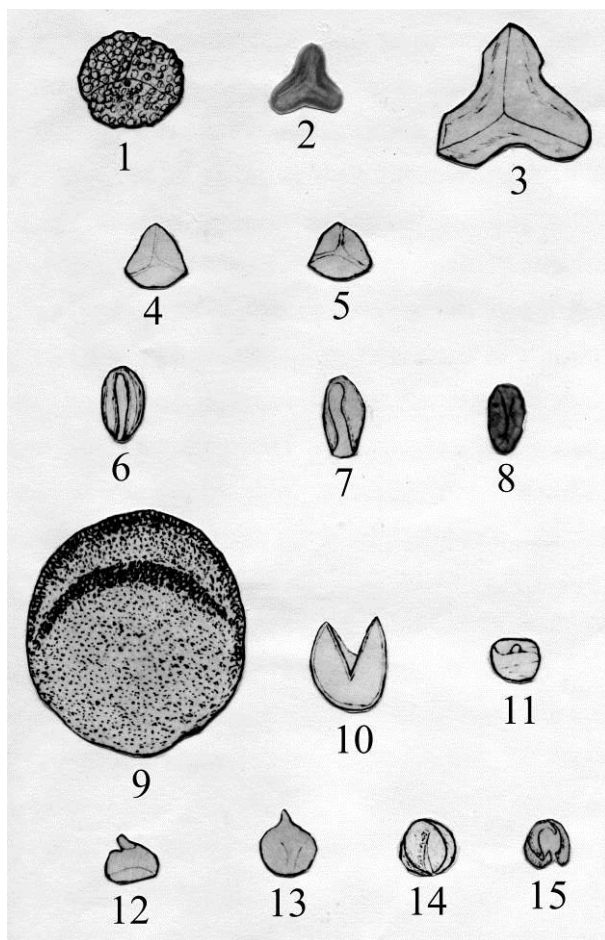


Рис. 14. Мезозойская пыльца из гальки кварцевых конгломератов. 1 — *Selaginella* sp.; 2, 3 — *Cyathes* sp.; 4, 5 — *Leiot-riletes* sp.; 6—8 — *Cycadaceae* gen sp.; 9 — *Araucartaceae* gen sp.; 10—11 — *Taxodisceae* gen sp.; 12 — *Sequoia* sp.; 13 — *Taxodium* sp.; 14—15 — пыльца покрытосемянных растений, ближе не определенная

определены споры *Cyatheaceae* и пыльца голосемянных растений *Cycadaceae*, *Taxodiaceae*, *Sequoia*, (рис. 14). По заключению лаборатории Центральной экспедиции, подготовленному после консультации у проф. И. М. Покровской, выявленный комплекс характерен для отложений позднемезозойского возраста. Несмотря на тщательные поиски, подобные конгломераты в коренном залегании нигде на исследованной территории встречены не были. Однако шлиховое опробование и петрографическое изучение состава гравийно-галечного и песчаного аллювия на р. Кен-Юрях и ее притоках показали, что продукты размыва выше охарактеризованных конгломератов (гальки кремня, кварц, пироп, ильменит) выносятся ручьем Трапповым и истоками Кен-Юряха.

По устному сообщению геологов НИИГА Н. А. Иньшикова и Е. Я. Радина, работавших в смежном с нами районе верхний р. Мархи, ими там было установлено довольно широкое распространение конгломератов, содержащих в тяжелой фракции пироп и двупреломляющий ильменит. Причем при промывке одной из проб выветрелых дезинтегрированных конгломератов был найден один кристалл алмаза. Эти конгломераты литологически несколько отличны от найденного нами обломка, однако нет оснований считать обе эти породы разновозрастными. Конгломераты, обнаруженные в верховьях р. Мархи сотрудниками НИИГА, были условно отне-

сены к перми. Однако их возраст может оказаться и мезозойским, что вполне увязалось бы с геологическими результатами наших работ в 1954 г.

Поскольку описанные выше кварцевые конгломераты являются, очевидно, вторичными породами, на их поиски, детальное петрографо-минералогическое изучение и более точное датирование при проведении геологической съемки в бассейне р. Даалдын следует обратить особое внимание³².

³² Это принципиальный вывод и очень важная рекомендация. Обнаружение Л. А. Попугаевой вторичных по ее выражению мезозойских конгломератов с зернами «двупреломляющего» ильменита было еще одним после открытия Зарницы выдающимся достижением, похоже, совершенно не понятым тогда коллегами. Однако в настоящее время вполне очевидно, что Попугаева своей находкой впервые указала на вероятность домезозойского возраста коренных источников необычного по составу и свойствам обломочного ильменита, т. е. алмазоносных кимберлитов. Примечательно, что вскоре после открытия в 1955 г. трубки Мир был установлен юрский возраст перекрывающих ее глин [Бобриевич и др., 1959], а вблизи с ней уже летом 1955 г. нашлась мезозойская россыпь «Водораздельные галечники», открытая П. Ф. Потаповым и И. Г. Прокофьевым. На сей раз геологический смысл новой находки вторичных коллекторов амакинцами был понят [Филатов и др., 1990; Хабардин, 1999; Борис, 2008]. Но все это случилось уже после выводов Л. А. Попугаевой.

При проведении маршрутных геолого-геоморфологических исследований карбонатных пород ордовика на левобережье р. Шестопаловки нами были встречены серовато-желтые образования с кусочками размером до 2 см желтых очень плотных окремневших оолитовых пород (рис. 15, слева) и неправильными остроугольными обломками лимонитов (до 3 см). Оолитовая порода, как показало изучение шлифов, состоит из округлых, реже эллипсоидальных образований концентрического строения («оолитов»), состоящих из кремнезема (рис. 15, справа). Кремнезем в основном представлен кварцем и реже халцедоном. Кварц в периферических частях «оолитов» обычно имеет тонкоагрегатное строение, в центральных их частях зерна кварца более крупные и среди них часто наблюдается тонкозернистый реликтовый карбонат в виде сгустков или пыли. В центре некоторых «оолитов» имеются небольшие пустоты. Почти во всех «оолитах» встречается большое количество пелитового материала (нерастворимый остаток первичной карбонатной породы). Цементирующая масса породы состоит из халцедона, кварца, пойкилитового кальцита и гидроксидов железа. В цементе — вторичный кальцит, наиболее поздний из всех цементирующих минералов. Порода — пористая, поры неправильной формы большей частью приурочены к центральным участкам цемента. Встречаются также отрицательные «оолиты», т. е. округлые полости, остающиеся после выкрашивания обломочных частиц.

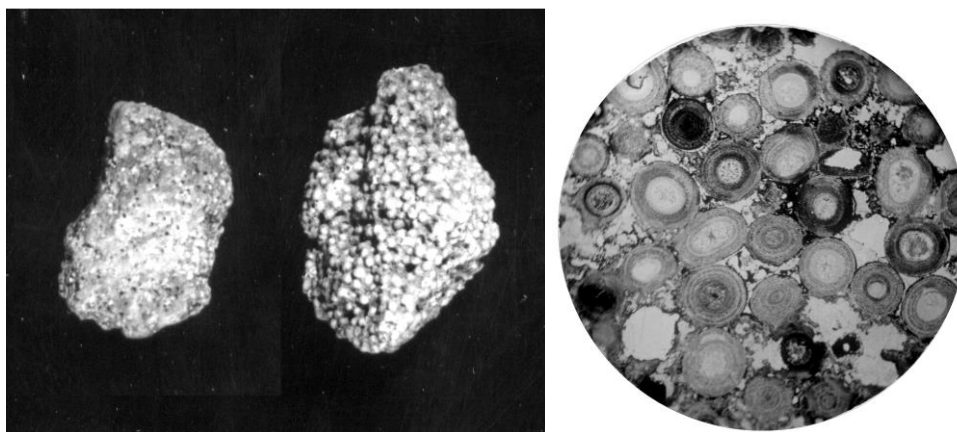


Рис. 15. Слева — кусочки кремнистой оолитовой породы, найденной на левобережье р. Шестопаловки, справа — структура окремнелой оолитовой породы

Для определения возраста рассматриваемых кремнистых пород нами на водоразделе р. Шестопаловки и ручья Короткого была взята проба на споро-пыльцевой анализ. В этой пробе обнаружили пыльца следующих голосемянных растений: *Selaginella*, *Cycadaceae*, *Trilotes*, *Sraucariaceae* (*Podozamites*?). Кроме того, в этой пробе в довольно большом количестве нашлись трехбороздные пыльцевые зерна, отвечающие, по-видимому, покрытосеменным растениям. По заключению споро-пыльцевой лаборатории Центральной экспедиции состав изученной пыли и в случае кремнистых пород указывает на позднемезозойский возраст.

Следует подчеркнуть, что кусочки вышеописанных окремненных оолитовых пород и обломки лимонитов встречались нами в аллювии почти всех рек и ручьев исследованного района. По-видимому, описанные образования, развивающиеся на поверхности раннепалеозойских пород, имеют региональное распространение, представляя собой фрагменты уже размытой коры выветривания мезо-кайнозойского возраста. Эти образования могут представлять существенный интерес, поскольку кора

выветривания в рассматриваемой части сибирской платформы до сих пор никем не была констатирована³³.

Четвертичные отложения в районе работ представлены элювиальными, делювиальными, аллювиальными и торфяно-болотными образованиями.

Элювиальные отложения распространены в районе почти повсеместно в виде щебня и крупных глыб местных коренных пород, образованных вследствие активно протекающих мерзлотных процессов. Особенно крупные глыбовые развалы развиты на вершинах водоразделов (рис. 16).



Рис. 16. Развалы известняков в истоках р. Суходолки

Склоновые делювиальные отложения так же широко распространены. Они часто представлены типичным солифлюкционным материалом, состоящим из щебня и суглинка, а на более крутых склонах — в виде «курумов», т. е. каменных рек.

Аллювиальные отложения бассейна среднего течения р. Даалдын в общем очень однообразны. В них преобладает известковый валунно-гравийно-галечный материал, который составляет от 80 до 85 % от всей массы аллювия. Доля траппового и экзотического валунно-галечного материала достигает 5—10 %, примесь песка не превышает 15 %. Экзотические гальки и гравий представлены кварцитами, кварцевыми порфирами, черными кремнистыми сланцами, обнаруженными

нами только в аллювии р. Даалдын. Трапповая галька имеет широкое распространение, встречаясь как на р. Даалдын, так и на р. Кен-Юрях и ее притоках. На притоке Кен-Юряха р. Суходолке и на р. Шестопаловке галечный аллювий нацело сложен карбонатными породами. В низкую воду река Даалдын и особенно ее притоки рр. Кен-Юрях и Шестопаловка сильно мелеют, и поэтому на них появляется множество отмелей, кос и намытых островов. На самом Даалдыне встречаются косы длиной до 500—700 м и шириной 70—100 м. Некоторые косы и острова, особенно на выровненных участках долин сложены мелкообломочным материалом — гравием, галькой и мелкими плитками известняков, уложенными в виде «мостовой». На таких косах и отмелях содержание тяжелых минералов незначительное. Другие косы сложены крупно-глыбовым и галечниковым материалом, покрывающим поверхность кос и отмелей в виде «черепитчатой крыши». В таких местах за крупными обломками пород обычно наблюдается струйчатые скопления песчано-гравийного материала, сильно обогащенного тяжелыми минералами. В пределах исследуемого района встречаются также серповидные островные косы, причлененные к одному из берегов, и косы, представляющие собой аккумулятивные участки поймы. Русла рр. Шестопаловки, Кен-Юряха и их притоков сильно загружены крупным обломочным материалом, поступающим со склонов. В этих условиях добыча мелкого аллювия на отдельных участках требует проведения тяжелых разборочных работ. В высокую воду опробование по этим рекам еще более затруднено, т.

³³ Это тоже выдающийся вывод. К настоящему времени накопилось множество данных о характере проявления на территории Якутской алмазодонной провинции мезо-кайнозойского гипергенеза, затронувшего не только осадочные толщи, но и алмазодонные кимберлитовые трубки палеозойского возраста, глубина эрозии которых могла достигать 300—400 м [Рожков и др., 1963; Михайлов, Гридасов, 1963; Рожков и др., 1969; Шамшина, 1970; Шамшина, 1979; Зинчук и др., 1983; Зинчук, 1994; Зинчук, Стегницкий, 2005; Зинчук, 2013].

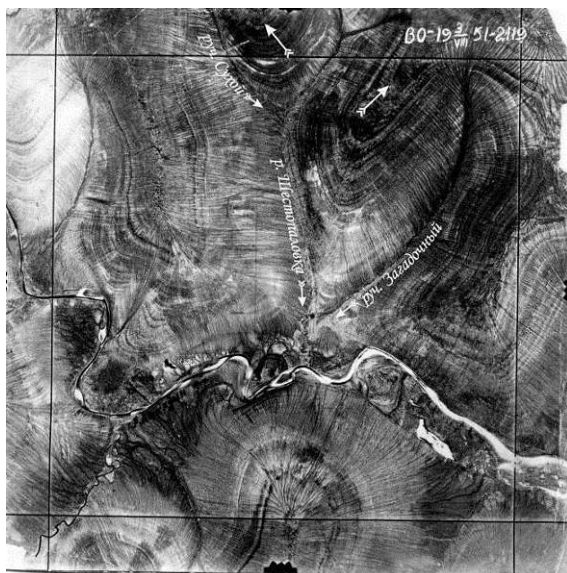
к. почти все косы и отмели уходят под воду. Обнаженными остаются лишь их «шапки», сложенные легким материалом.

Торфяно-болотные отложения пользуются в районе ограниченным распространением. Они изредка развиты на водоразделах, а также в пределах пойм и надпойменных террас, будучи сложенными торфяными почвами и подпочвенными суглинками.

В геоморфологическом отношении район верхнего течения р. Мархи по схеме И. И. Краснова относится к структурно-денудационной равнине, образованной на субстрате осадочных пород кембрия и нижнего ордовика. Непосредственно район наших исследований представляет собой низкое расчлененное плато (рис. 17, слева), которое размывается небольшими реками и ручьями, в частности в бассейне рр. Кен-Юрях и Шестопаловка площадью около 250 км². В пределах этой территории развиты исключительно эрозионно-денудационные склоны и водоразделы. Благодаря интенсивно протекающим процессам солифлюкции, борта долин выражены очень нечетко. Они покрыты сплошным слоем делювия и обычно плавно сливаются со склонами водоразделов (рис. 17, справа). Делювиальные шлейфы обычно хорошо видны на аэрофотоснимках, так же как и «делли» — ложки стока временных вод по склонам водоразделов (рис. 18). В долине р. Даалдын четко выражены пойма и первая надпойменная терраса, которые вместе с руслом занимают всю ширину речной долины, не превышающую 800—1000 м (рис. 19).



Рис. 17. Слева — выровненная поверхность водораздельного плато, справа — сглаженный характер бортов речных долин в среднем течении р. Кен-Юрях (вблизи устья руч. Бурного), обусловленный солифлюкционными процессами



Обследованные нами реки Кен-Юрях и Шестопаловка представляют собой небольшие, короткие притоки р. Даалдын. Узкие долины этих речек имеют невыработанный продольный профиль, в них наблюдается всего

Рис. 18. Аэрофотоснимок участка среднего течения р. Даалдын, на котором была открыта трубка Зарница — стрелка на водоразделе р. Шаповаловки и ручья Загадочного. Стрелкой на водоразделе между р. Шаповаловкой и ручьем Сухим показано местоположение еще одной гипотетической Зарницы. Впоследствии здесь действительно было открыто несколько мелких трубок

лишь одна надпойменная терраса шириной не более 200 м. Русло на отдельных участках рек завалено крупнообломочным материалом, сползающим со склонов возвышенностей.



Рис. 19. Пойма и надпойменная терраса на участке среднего течения р. Даалдына

Вследствие незначительных размеров рек запасы аллювия здесь невелики, в то время как долина самого Даалдына, благодаря широкому развитию поймы и надпойменной террасы, имеет весьма большие запасы галечников (рис. 20). В долинах рек Кен-Юрях и Шестопаловки наблюдается заметное, но относительно слабое развитие карста, более интенсивному развитию которого препятствует, вероятно, вечная мерзлота. Наиболее отчетливые карстовые явления наблюдаются в долине среднего течения р. Суходолки, где

имеется участок сухого русла длиной 2—8 км (рис. 21, слева) с небольшими карстовыми воронками конусовидной формы (рис. 19, справа). Глубина самой большой воронки составила 1.7 м, а верхний ее диаметр 4 м. Разборка материала, заполняющего одну из карстовых воронок (рис. 21, справа), показала, что здесь имеет место значительная просадка мелкого песчаного аллювия. Следует добавить, что, хотя карст в этом районе развит слабо, он, тем не менее, может представлять интерес при поисках алмазов.



Рис. 20. Слева — коса, сложенная крупноглыбовым и галечным материалом, в среднем течении р. Суходолки, человек на косе — коллектор Ф. А. Беликов; справа — Ф. А. Беликов под приглядом Пушка отмывает очередной шлик на валунно-галечной косе на р. Шестопаловке почти против устья ручья Загадочного

Долины мелких притоков Кен-Юряха и Шестопаловки почти не разработаны. Они представляют собой неглубокие распадки, возникшие в результате незначительного размыва склонов возвышенностей. Ширина таких распадков колеблется от 1 до 5 м. Порой они с трудом прослеживаются среди делювиальных наносов и растительности (рис. 22, слева). Питание таких ручьев идет за счет стекания в них вод, главным образом, с заболоченных депрессий, расположенных между возвышенностями (рис. 22, справа).



Рис. 21. Слева — участок сухого русла в среднем течении р. Суходолки; справа — карстовая воронка в среднем течении р. Суходолки, обнаруженная Пушком

§ 3. Описание участков

Полевые работы 1954 г. по оконтуриванию области распространения пиропы и двупреломляющего ильменита, поиски первоисточников пиропы и ильменита, выяснение их связей с алмазом проводились нами в среднем течении р. Даалдын способом шлиховой съемки.



Рис. 22. Слева — трудное прослеживание ручья Загадочного; справа — заболоченная депрессия в истоках р. Суходолки

По примеру прошлых лет работы в упомянутом выше году велись при низкой воде, когда бывает хорошо обнажен русловой аллювий. Шлиховые пробы отбирались, как правило, через 600—800 м, а иногда и реже в зависимости от наличия необходимого аллювиального материала. Объем пробы за редким исключением составлял девять литров, что было вполне достаточно для получения необходимого количества тяжелой фракции.

В практике работ партий Союзного треста № 2 «шлихом» обычно считался концентрат тяжелых минералов с размером зерен менее 1 мм. Практика шлихового опробования, проводимого нами в 1954 г., показала, что в некоторых случаях интересующие нас минералы — пироп и ильменит концентрируются в материале крупностью частиц от 1 до 4 мм. Поэтому шлихом мы считали концентрат тяжелых

минералов, включающий примесь более крупного по гранулометрии материала с размером частиц до 4 мм и даже более³⁴.

Преобладание пироба и ильменита во фракции зерен крупного размера значительно облегчило нашу работу, т. к. позволило производить диагностику этих минералов визуально непосредственно при промывке шлиховых проб и даже при просмотре непромытого аллювия. Таким образом, необходимость просмотра шлихового материала под бинокулярной лупой с целью регистрации пироба и ильменита отпала. Впрочем, для определения полного количественно-минералогического состава аллювия тех или иных рек часть шлихов была проанализирована и под биноклем еще в поле. Более детальное их изучение было произведено уже в камеральной обстановке.

Находки пироба и ильменита в аллювиальных отложениях по ходу работы фиксировались на аэрофотоснимках, наличие которых значительно облегчило нашу работу. При камеральной обработке полученных материалов была составлена карта распространения пироба и ильменита в бассейне среднего течения р. Даалдын (рис. 6).

В процессе отмывки шлиховых проб почти сразу было замечено, что пироб очень быстро смывается, что противоречит его удельному весу и объясняется, скорее всего, округлой формой его зерен³⁵. Во избежание потерь пироба во время отмывки шлихов последние в значительной степени не домывались. Кроме аллювиального материала с частицами крупностью менее 3—4 мм, нами изучался валунно-гравийно-галечный материал с целью поисков обломков пород, содержащих пироб и ильменит. Шлиховая съемка сопровождалась целым рядом маршрутных геолого-геоморфологических исследований, главным образом, на водоразделах в бассейнах рр. Кен-Юрх и Шестопаловки.

В связи с констатацией пироба и ильменита в шлихах, отмытых еще в 1953 г. на рр. Кен-Юрх и Шестопаловка, перед началом работ 1954 г. именно бассейны этих рек были выбраны нами в качестве участков сосредоточения поисков коренных источников пироба и ильменита. После исследования этих участков нами было намечено продолжение шлиховой съемки и на других притоках среднего течения р. Даалдын.

Бассейн р. Кен-Юрх

На р. Кен-Юрх шлихование проводилось в направлении от устья вверх по течению с опробованием всех ее притоков. Но прежде всего, нами была исследована коса «Надежда» (рис. 23), расположенная у правого берега р. Даалдын несколько ниже устья р. Кен-Юрх. Длина косы составляла около 100 м, ширина 30 м. Она была сложена крупнообломочным валунно-галечным материалом с примесью до 30—40 % грубозернистого, песчаного и гравийного материала, состав которого определялся обломками ниже охарактеризованных трех групп пород.

1) Плитчатых известняков ордовика и плоскогалечных известняковых конгломератов, наличие которых здесь обусловлено размывом местных пород.

2) Траппов, представленных темно-серыми, мелкокристаллическими разновидностями с гороховидной текстурой. Обломки этих пород, очевидно, выносятся в р. Даалдын с верховьев р. Кен-Юрх и его притока ручья Траппового, где траппы пользуются широким распространением.

³⁴Это замечание Л. А. Попугаевой хорошо показывает всю схоластичность споров об авторстве «пиробового» метода поисков алмазоносных кимберлитов в Сибири. Очевидно, что тот метод, с использованием которого была открыта Зарница, разрабатывался именно на Даалдыне летом 1954 г. и именно самой Ларисой Попугаевой.

³⁵Очень любопытное замечание. Впоследствии станет известно, что во многих якутских алмазоносных кимберлитах гранат изначально имеет округлую — каплевидную или желвачковую, иногда почти шаровидную форму, происхождение которой все еще остается серьезной научной тайной [Сарсадских, Ровша, 1960; Юшкин, Фишман, 1971; Квасница и др., 1986].

3) Экзотических пород — желтых кварцитов, кварцевых жил, кварцевых порфиров, черных кремнистых сланцев, красных и черных кремней и др. Весь этот материал, вероятно, привносится в Даалдын издалека, являясь результатом размыва кластических толщ, обнаруженных сотрудниками НИИГА в 1953—1954 гг. на большой территории в верховьях р. Мархи.



Рис. 23. Коса «Надежда» на р. Даалдын вблизи устья р. Кен-Юрях

Изучение обломочного материала показало, что он представлен мелкой галькой и гравием указанных выше трех групп пород. Кроме того, в составе рассматриваемого косового аллювия присутствуют в большом количестве, во-первых, лимонит, наблюдающийся в виде темно-коричневых отлично окатанных зерен и более крупных светло-бурых неокатанных обломков³⁶, во-вторых, обломки желтых, кремненных и очень плотных оолитовых пород, в-третьих, мелкие (с булавочную головку) черные округлые зернышки. Последние оказались ильменитом,

сцементированным серой глиноподобной массой³⁷. Обращает на себя внимание огромное количество крупных (до одного сантиметра) черных с матовой поверхностью зерен двупреломляющего ильменита и не менее крупных идеально круглых, реже остроугольных зерен пиропа фиолетовой, кроваво-красной, реже оранжевой окраски. Оба эти минерала в большом количестве встречаются и в мелких («шлиховых») фракциях аллювия. Следует отметить, что в мелких фракциях пироп обычно представлен остроугольными обломками³⁸.

Аллювий косы «Надежда» может иметь смешанное происхождение, образуясь в результате привноса обломочного материала как с верховья р. Даалдын, так и с р. Кен-Юрях³⁹. Но как показали наблюдения, интересующие нас минералы — пироп и ильменит поступают на косу, главным образом, с Кен-Юряха. В головной части косы особенно после паводков ильменит с пиропом покрывают поверхность косы сплошным слоем толщиной до 3 см, образуя струйные сгущения за крупными обломками пород. В средней и хвостовой части косы концентрация ильменита и пироба значительно уменьшается в результате сильного их разбавления остальной массой аллювия. Таким образом, бросается в глаза, что даже в пределах отдельной косы происходит очень быстрое разубоживание этих минералов. Резкое снижение содержания пироба и ильменита на незначительной дистанции переноса вполне подтвердилось дальнейшими нашими наблюдениями за поведением пироба и ильменита в аллювиальных осадках на рр. Даалдын и Марха⁴⁰.

³⁶Очевидно, что эти частицы являются не лимонитом, а гётитом-гидрогётитом. Такая путаница в определениях оксигидроксидов железа в середине 1950-х гг. была совершенно обычным делом.

³⁷ Не первое ли это обнаружение в Сибири «кимберлитовой глины»?

³⁸Замечательно интересное наблюдение! В настоящее время хорошо известно о присутствии в кимберлитах особой «осколкообразующей» фации минералов мантийного происхождения, вынужденно или, скорее всего, спонтанно разрушающихся при выносе к земной поверхности из-за невозможности релаксации в них громадных упругих напряжений [Боткунов, 1967; Афанасьев и др., 2000; Силаев и др., 2008₂].

³⁹Теперь известно, что несколько выше устья р. Кен-Юрях на правом берегу р. Даалдын находится трубка Рот-фронт, которая, вероятно, тоже поставляла пироп с пикроильменитом на косу «Надежда».

⁴⁰Установленное Л. А. Попугаевой быстрое (на расстоянии до одного километра) разубоживание зерен пироба и ильменита сорным обломочным материалом делает совершенно неправдоподобными рассказы некоторых претендентов на открытия первых сибирских трубок, в частности, легенду М. М.

Следует отметить, что, согласно нашим оценкам, концентрация ильменита в аллювии на р. Даалдын может достигать 90 кг/м^3 . Такое содержание ильменита представляет большой интерес с точки зрения возможности использования косы «Надежда» и других подобных кос и отмелей в бассейне р. Кен-Юрях (рис. 24, слева) в качестве аллювиально-россыпного месторождения ильменита⁴¹. При ручной разборке аллювиального материала из головной части косы «Надежда» в самом поверхностном слое осадков в ассоциации с пиропом и ильменитом был найден октаэдрический кристалл алмаза⁴² (рис. 24, справа). Эта находка позволяет нам считать бассейн р. Кен-Юрях алмазонасным, т. к. совершенно очевидно, что сопутствующие алмазу пироп и ильменит выносятся в своей основной массе именно этой рекой.

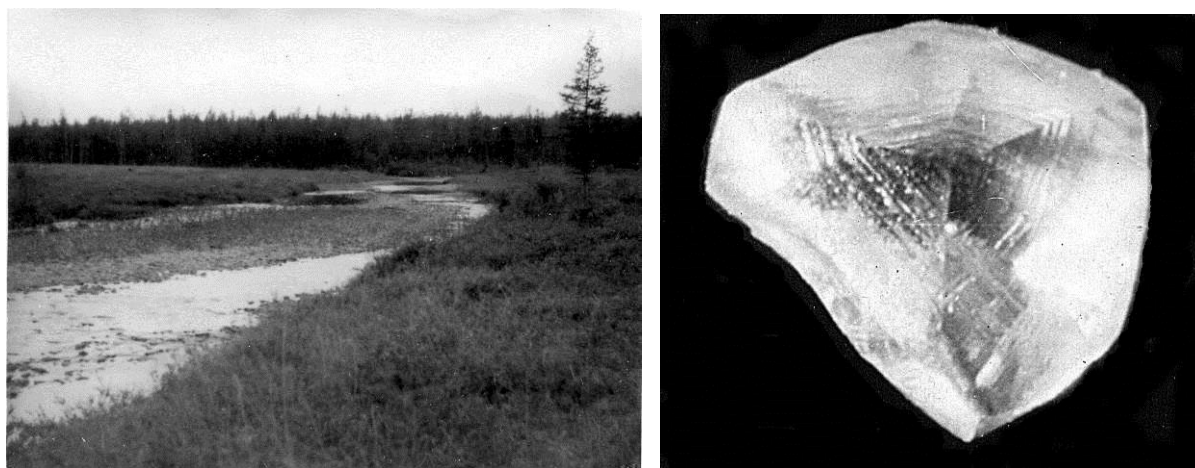


Рис. 24. Слева — отмель в нижнем течении р. Кен-Юрях, сложенная обломками плитчатых известняков; справа — алмаз, найденный Л. А. Попугаевой визуально на косе «Надежда» в 1954 г. Вес 9.3 мг

В том же порядке, как была обследована коса «Надежда», проводилось шлиховое опробование с детальным изучением руслового аллювия на р. Кен-Юрях и на всех ее притоках общей протяженностью около 20 км. Всего здесь было отобрано 36 шлиховых проб. По этим пробам и визуальным наблюдениям была прослежена шлиховая пироп-ильменитовая ассоциация. Часть шлихов была нами использована для оценки количественно-минералогического состава русловых отложений. Полученные результаты (табл. 2) показывают, что минеральный состав тяжелой фракции аллювиальных осадков в бассейне р. Кен-Юрях довольно однообразен. Основными минералами в ней являются моноклинный пироксен, ильменит и гранат. Эти три минерала присутствуют в разных количественных соотношениях, определяя основной фон. В качестве примеси к этим минералам выступают магнетит и хорошо окатанный темно-коричневый или бурый лимонит. В единичных зернах или в содержаниях на уровне долей процента отмечаются хромит, дистен, турмалин, рутил, сфен⁴³, циркон, оливин и некоторые другие минералы

Одинцова о якобы прослеженной им и его сотрудниками непрерывной «пироповой дорожки» длиной 100 км, приведшей в итоге к уже открытой В. Н. Щукиным трубке Сытыканской [Одинцов, 1981]. Позже наблюдение Л. А. Попугаевой было многократно подтверждено и количественно обосновано [Илупин, 1960; Пркопчук и др., 1964; Салтыков, Скриплева, 1973; Плотнокова и др., 1977; Харьков, 1978; Харьков и др., 1995; Афанасьев, 1986; Афанасьев, 1989; Афанасьев и др., 1994; Афанасьев и др., 2001; Афанасьев и др., 2008; Афанасьев и др., 2010; Хмельков, 2006; Хмельков, 2008].

⁴¹Этот вывод остался в свое время, скорее всего, не замеченным. Однако теперь, когда актуальность поисков ильменитовых россыпей сравнивается с актуальностью поисков месторождений нефти и газа, рекомендация Л. А. Попугаевой заслуживает серьезного внимания.

⁴²Судя по фото, этот алмаз по габитусу скорее не октаэдр, а октаэдроид, т. е. округлый. По некоторым сведениям свидетелями этой находки стали М. А. Гневушев и И. И. Краснов, посетившие Л. А. Попугаеву с целью ее моральной поддержки [Гневушев, 1963].

⁴³В современной минералогической номенклатуре это титанит.

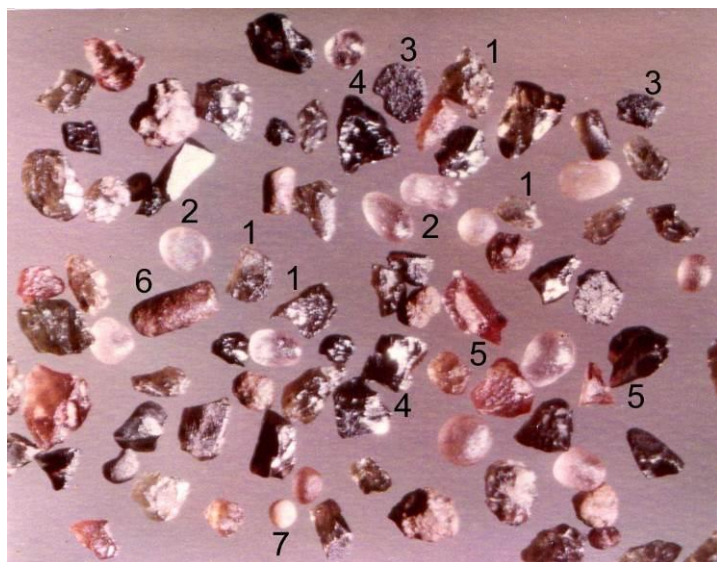


Рис. 25. Электромагнитная фракция шлиха с р. Кен-Юрях

(рис. 25). Приведем краткую характеристику морфологических особенностей основных минералов тяжелой фракции аллювия в бассейне р. Кен-Юрях.

Моноклинный пироксен встречается во всех изученных пробах обычно в виде угловатых зерен. Среднее его содержание составляет 31 %. Минерал представлен тремя разновидностями: 1) темной табачно-зеленой — n_g 1.718—1.726, n_p 1.700—1.710, угол с n_g 40—43°; 2) более светлой желтовато-зеленой — n_g 1.712—1.714, n_p 1.690—1.696, угол с n_g 40°;

Таблица 2

Минеральный состав некоторых шлихов, отмытых из аллювия в бассейне р. Кен-Юрях

Минералы	Пробы																
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17
Пирит	+	+	—	+	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
Мартит	—	—	—	—	—	—	—	+	3.4	—	—	—	—	—	—	—	—
Лимонит	—	0.8	1.0	2.4	1.2	0.5	1.5	2.9	3.9	2.4	14.9	21.3	40.4	10.4	4.6	8.2	+
Ильменит	19.9	80.3	34.3	11.6	87.3	24.4	34.0	12.0	2.4	24.2	15.4	53.2	48.7	23.5	34.7	24.4	3.7
Рутил	—	—	—	—	—	+	—	—	—	+	—	—	—	—	—	—	—
Лейкоксен	—	—	+	+	—	+	+	+	+	+	—	—	—	—	+	—	—
Хромит	—	1.2	—	+	0.4	0.5	+	+	1.0	+	—	—	+	+	0.4	+	0.4
Магнетит	11.2	2.9	1.9	3.1	1.0	2.4	3.1	3.7	+	3.1	3.1	5.4	4.8	5.0	5.0	2.3	4.5
Дистен	—	—	+	+	—	—	—	—	—	+	—	—	—	—	+	+	—
Циркон	—	+	+	+	—	+	+	+	+	+	+	+	—	+	—	+	+
Клинопироксен	48.5	12.0	40.2	74.2	3.5	44.4	41.6	69.3	+	60.8	19.9	+	0.9	42.8	25.5	45.4	82.4
Хромдиопсид	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	+	—	—	—	—	—
Оливин	+	+	+	+	+	+	+	+	—	+	—	+	—	—	—	+	+
Альмандин	4.9	+	22.1	8.7	2.2	27.8	16.9	4.9	73.2	9.5	0.5	1.8	1.4	14.9	29.0	4.9	8.2
Пироп	+	+	+	+	4.4	+	1.9	1.4	—	+	2.2	11.7	3.8	+	+	+	0.8
Турмалин	+	+	0.5	+	+	+	+	+	1.5	+	—	+	+	0.5	0.8	+	+
Сфен	—	—	—	—	—	+	—	—	—	+	—	—	—	—	—	—	—
Апатит	—	—	—	—	—	—	1.0	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
Карбонат	—	+	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
Обломки пород	15.5	2.8	—	—	—	—	—	5.8	14.6	+	44.0	6.6	+	2.9	—	14.8	—

Примечание. Содержание приведено в %, (+) — единичные зерна, (—) — не обнаружен. Места отбора проб: 1 — шлик № 3, русло в устье Кен-Юряха; 2 — шлик № 3а, коса «Надежда, у уреза воды; 3 — шлик № 4, Кен-Юрях, 300 м ниже устья ручья Незаметного, правый берег; 4 — шлик № 5, ручей Незаметный, русло в 300 м выше устья; 5 — шлик № 6, Кен-Юрях, русло в 500—550 м выше ручья Незаметного; 6 — шлик № 8, Кен-Юрях, русло в 800 м выше места отбора шлиха № 7; 7 — шлик № 9, Кен-Юрях, русло в 800 м выше места отбора шлиха № 8; 8 — шлик № 10, Кен-Юрях, русло в 150 м ниже устья ручья Бурного; 9 — шлик № 11, ручей Бурный, русло в 400 м выше устья; 10 — шлик № 12, Кен-Юрях, русло в 300 м выше устья ручья Бурного; 11 — шлик № 17, Суходолка, русло в устье; 12 — шлик № 24а, Суходолка, первая надпойменная терраса в 650 м выше места взятия шлиха № 23; 13 — шлик № 24б, карстовая воронка в русле Суходолки в 100 м выше места отбора шлиха № 24а; 14 — шлик № 28, Суходолка, русло в истоках (болото); 15 — шлик № 28а, ручей Болотный, русло в 100 м выше устья; 16 — шлик № 29, ручей Трапповый, русло в 1200 м выше устья; 17 — шлик № 34, Кен-Юрях, русло, в 1500 м выше устья р. Суходолки

3) светло-зеленой — n_g 1.706—1.708, n_p 1.696—1.698, угол с n_g 38—42°. Наиболее распространенной является первая разновидность, которая по своим оптическим свойствам может быть отнесена к авгиту [Ларсен, Берман, 1937] или смеси диопсида, геденбергита и клиноэнстатита [Винчелл, 1949]. Другие разновидности исследуемого пироксена встречаются значительно реже и, судя по показателям преломления, приближаются к более чистому диопсиду.

Основная масса пироксенов, как показали наши исследования в предыдущие годы, несомненно, связана с траппами. В рассматриваемом районе ручьи Бурный, Незаметный и река Суходолка выше ручья Траппового пород трапповой формации не размывают. Упомянутые породы констатированы лишь в верховьях ручья Траппового, что подтверждается и дешифрированием аэрофотоснимков. Наличие в шлихах выше перечисленных водотоков моноклинного пироксена, связанного с траппами, свидетельствует о том, что траппы, возможно, присутствуют и в обследованном нами районе, хотя бы в виде небольших еще не обнаруженных тел. Кроме описанных выше клинопироксенов, в аллювии на р. Суходолки было встречено одно зерно ярко-зеленого цвета, оказавшееся хромдиопсидом.

Ильменит является в изученных шлихах вторым после клинопироксена основным минералом. Он представлен черными остроугольными обломками, которые концентрируются в гранулометрической фракции < 1 мм, или неправильными округленными зернами размером 1—4 мм. При исследовании ильменит был подразделен на две разновидности: 1) обыкновенный ильменит, вероятно связанный в основном с осадочными породами; 2) необычный двупреломляющий ильменит (рис. 26⁴⁴). В шлиховом материале крупностью < 1 мм эти разновидности ильменита внешне ничем не отличаются друг от друга. Их различие может быть установлено только под микроскопом в иммерсионном препарате. Поэтому в табл. 2 данные для ильменита обобщены в одну строку. В гранулометрически более грубом материале (1—4 мм) присутствует, как правило, только двупреломляющий ильменит, представленный неправильными обломками и своеобразными округлыми зернами⁴⁵. В этом случае ильменит характеризуется смоляно-черным цветом, раковистым изломом и, наряду с пиропом, является визуально легко диагностируемым минералом. Химический состав двупреломляющего ильменита приведен ниже в главе № 3.

Гранат во всех шлихах присутствует в значительном количестве, являясь третьим основным минералом. Он представлен двумя видами — альмандином и пиропом. Альмандин обычно наблюдается в виде очень хорошо окатанных зерен бледно-розового

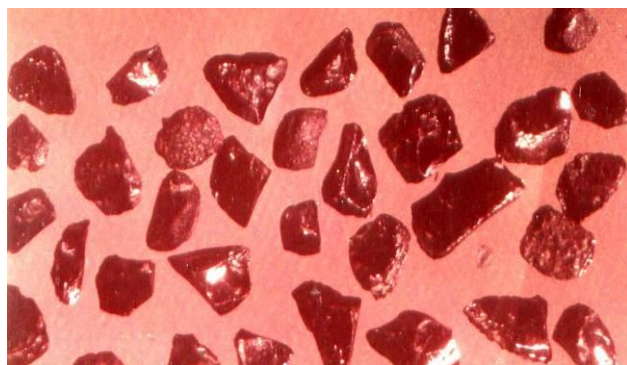


Рис. 26. Типичные зерна двупреломляющего ильменита

цвета. Он связан с осадочными породами. Пироп в шлиховом материале < 1 мм большей частью представлен неправильными остроугольными обломками, реже округлыми зернами. По окраске он отчетливо подразделяется на три разности: оранжевую, кроваво-красную и лиловую (рис. 27). В более грубой гранулометрической фракции (1—3 мм) шлихов пироп присутствует в виде округлых зерен, которые благодаря яркой

⁴⁴ Первые цветные фотографии далдынских минералов были сделаны зимой 1953—1954 гг. А. А. Рябченко и вероятно В. Л. Масайтисом.

⁴⁵ Принципиально важное и научно-приоритетное наблюдение. Очень скоро станет известно, что одним из важнейших минералогических признаков алмазоносных кимберлитов является именно наличие в них пикроильменита в округлых — желвачковых формах со своеобразной сглажено-бугорчатой поверхностью.

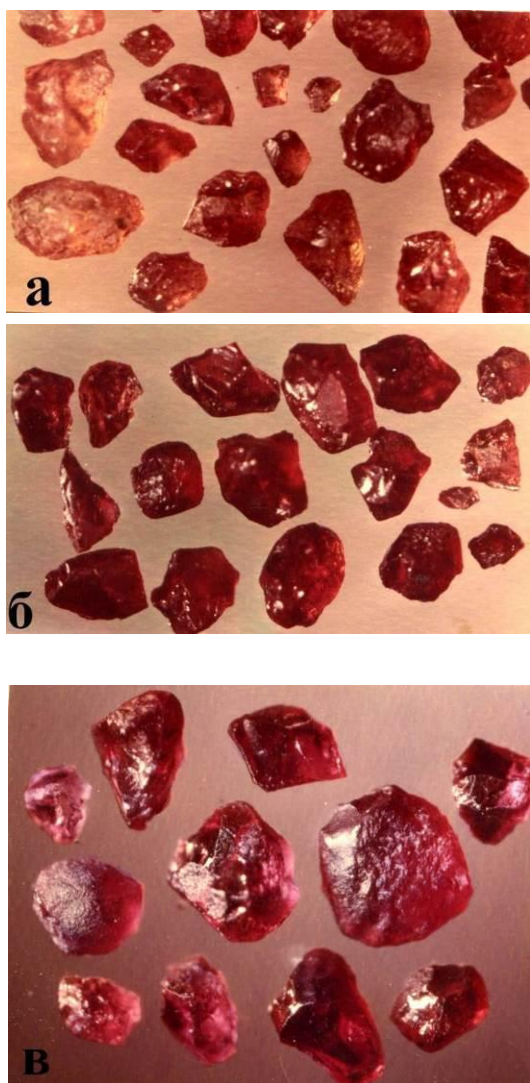


Рис. 27. Пиропы оранжевого (а), кроваво-красного (б) и лилового (в) цвета

окраске легко диагностируются, особенно на фоне черного ильменита.

Почти все остальные минералы в изученных шлихах присутствуют в гораздо меньшем количестве. Исключение составляют лимонит, содержание которого в отдельных шлихах составляет 20—40 %, и магнетит, достигающий в единичных случаях 11 %. Такие минералы, как клинопироксен, магнетит и оливин, несомненно, связаны с породами трапповой формации, что было установлено еще при изучении протолочек, приготовленных непосредственно из этих пород [Сарсадских, 1950ф; Сарсадских, 1951ф].

Лимонит, альмандин, циркон, турмалин, частично хромит и другие минералы обусловлены размывом осадочных толщ палеозоя, что тоже было подтверждено результатами изучения соответствующих протолочек [Сарсадских, 1950ф; Сарсадских, 1951ф; Сарсадских, 1952ф].

Коренные источники пиропы, двутражающего ильменита, хромдиопсида и частично хромита (крупных кристаллов округленно-октаэдрического габитуса) в бассейне р. Кен-Юрях выявлены не были.

После находки на косе «Надежда» алмаза в ассоциации с пиропом и ильменитом нами было решено, что проверка взаимосвязи этих минералов может быть произведена только путем проведения специального опробования. Такая возможность представилась в августе месяце, когда геолог Амакинской экспедиции В. Д. Скульский прибыл на р. Даалдын специально для проведения мелкообъемного опробования⁴⁶. На

основании результатов наших работ текущего года, в том числе находки алмаза на косе «Надежда», а также на основании находки алмаза на р. Даалдын в 1953 г.⁴⁷ мы рекомендовали В. Д. Скульскому провести опробование на алмазы аллювия на рр. Кен-Юрях и Суходолка. Это опробование вскоре дало положительные результаты: из трех проб общим объемом три кубометра было извлечено 19 алмазов. При просмотре на рудном дворе проб, из которых извлекались алмазы, нами была замечена прямая зависимость между содержанием пиропы и ильменита, одной стороны, и количеством извлеченных алмазов, с другой. Эти наблюдения имеют пока предварительный характер, требуя дальнейшего подтверждения. Однако если в дальнейшем эта зависимость

⁴⁶ В. Д. Скульский, в прошлом сотрудник легендарной Уральской алмазной экспедиции, был поистине кудесником опробования. Его отряд, оснащенный спецоборудованием для диагностики алмазов, встал летом 1954 г. большим полевым лагерем в устье р. Кен-Юрях [Скульский, 1989].

⁴⁷ Речь идет о косе «Находка», расположенной на р. Даалдын в 18–20 км выше устья р. Кен-Юрях. Именно на ней группа Л. А. Попугаевой в 1953 г. и отмывала свою первую «крупнообъемную» пробу (рис. 9).

подтвердится, то наличие пиропы и ильменита может служить прекрасным критерием при поисках россыпных месторождений алмазов⁴⁸.

В результате проведения шлиховой съемки в бассейне р. Кен-Юрях было установлено, что основная часть пиропы и ильменита в количествах, позволяющих выделять пироп-ильменитовую ассоциацию, выносится правым притоком р. Кен-Юрях — р. Суходолкой. В аллювии на ручье Трапповом и на самом Кен-Юряхе выше устья р. Суходолки пироп и ильменит содержатся в единичных знаках. Пироп-ильменитовая минералогическая ассоциация прослеживается до самых истоков р. Суходолки, а также наблюдается в ручье Болотном, впадающем в Суходолку в вершинной ее части. Следовательно, мы можем сделать вывод о том, что источник всех этих минералов находится где-то в самой вершинной части р. Суходолки и ручья Болотного.

Река Суходолка от устья до самой вершины протекает по полю развития карбонатной толщи ордовика. Никаких других пород в этой части района нами обнаружено не было. Это вполне подтверждается тем, что в крупнообломочном аллювиальном материале на р. Суходолке не было обнаружено ни траппов, ни каких-то других пород, которые могли бы служить источником пиропы и ильменита. Маршрут, проведенный на водоразделе между ручьем Болотным и верховьем Суходолки (в «вилке»), из-за плохой оснаженности положительных результатов не дал.

Появление незначительного количества пиропы и ильменита в аллювии на ручье Трапповом и на р. Кен-Юрях выше устья Суходолки может быть объяснено распространением в этой части бассейна конгломератов, содержащих эти минералы и являющихся их вторичным коллектором.

Основной вывод, который был нами сделан в результате шлиховой съемки в бассейне р. Кен-Юрях, заключается в том, что содержание алмаза в россыпях находится в прямой зависимости от содержания пиропы и ильменита. Следовательно, в дальнейшем мы можем ставить вопрос о поисках коренных источников уже трех минералов — пиропы, ильменита и алмаза⁴⁹.

Бассейн р. Шестопаловки

Поиски коренных источников пиропы и ильменита в бассейне р. Шестопаловки так же, как и в бассейне р. Кен-Юрях, проводились с применением шлихового опробования при тщательном изучении крупнообломочного материала. Состав аллювиального крупнообломочного материала в приустьевой части р. Шестопаловки в области влияния даалдынских террас заметно отличается от состава аллювия, характеризующего бассейн Шестопаловки в целом. Приустьевой аллювий характеризуется преобладанием обломков карбонатных пород, составляющих здесь около 70 %. Примерно 20 % приходится на обломки траппов и около 10 % составляет галька экзотических пород — кварцитов, кварцевых порфиров, жильного кварца, кремнистых сланцев. В гравийно-песчаном материале аллювия присутствует большое количество зерен пиропы и ильменита, прекрасно различимых визуально. Состав крупнообломочного аллювиального материала,

⁴⁸ Таким образом, получается, что В. Д. Скульский летом 1954 г. не только «шпионил» за Л. А. Попугаевой и Ф. А. Беликовым (выражение самой Попугаевой), но и весьма существенно им помогал. Кстати, указание Попугаевой на зависимость между содержаниями в аллювии пиропы, ильменита и алмаза можно считать первой заявкой способа поисков алмазных россыпей по пироп-ильменитовому парастерезису, который в настоящее время активно апробируется и на северо-востоке Якутской алмазоносной провинции [Коваль, Макеев, 2009].

⁴⁹ По сведениям, полученным Е. Б. Трейвусом от бывшей сотрудницы ВСЕГЕИ Л. И. Лебедевой, работавшей на Далдыне, в этом районе впоследствии были открыты: у истока Кен-Юряха — трубка Украинская; ниже по течению этой реки вблизи устья Суходолки — трубки Аэросъемочная, Академическая, Ильменитовая и Якутская; на Далдыне чуть выше устья Кен-Юряха — трубка Рот-Фронт. Кроме того, в верховьях р. Суходолки был обнаружен целый куст трубок [Каргин и др., 2008], вероятно и послуживших источником обильных пиропы и ильменита, выявленных Л. А. Попугаевой в аллювии на всем протяжении Суходолки. Так что, практически все ее данные и предположения блестяще подтвердились.

свойственного бассейну р. Шестопаловки за пределами влияния даалдынских террас, практически на все 100 % состоит из обломков карбонатных пород. Это вполне увязывается с геологическим строением рассматриваемого участка, на котором до сих пор не было выявлено никаких пород, кроме карбонатных пород ордовика.

Пироп и ильменит в количествах, позволяющих выделить пироп-ильменитовую ассоциацию, прекрасно прослеживаются от устья р. Шестопаловки до самых ее истоков, а также по ручьям Сухому и Загадочному. Следует отметить, что в среднем размер зерен пироба и ильменита в аллювии р. Шестопаловки более мелкий, чем это было зафиксировано на р. Кен-Юрях. Но морфология и окраска этих минералов оказались одинаковыми. В отличие от р. Кен-Юрях в аллювии Шестопаловки пироп и ильменит распределены более или менее равномерно по всей массе аллювия и не образуют концентрированных «струй» за крупными обломками пород. При просмотре под рентгеном шлиха № 36, отмытого в приустьевой части ручья Загадочного, из пробы объемом девять литров был обнаружен обломок кристалла алмаза (рис. 28). Находка этого алмаза, с одной стороны, выявляет алмазоносность бассейна р. Шестопаловки, а с другой стороны, еще раз подтверждает парагенетическую связь алмаза с пиропом и ильменитом⁵⁰. Последние минералы, в большом количестве присутствовавшие и в шлихе № 36, оказались вообще широко распространенными по всему ручью Загадочному.

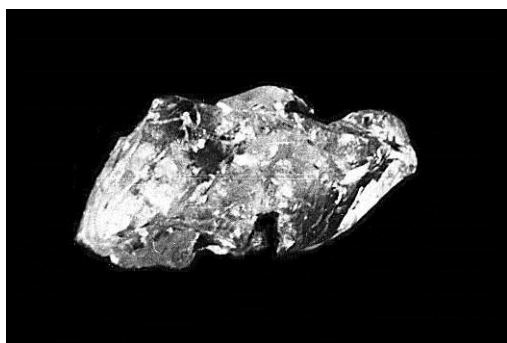


Рис. 28. Алмаз, найденный Л. А. Попугаевой в аллювии в приустьевой части ручья Загадочного

В процессе проведения шлиховой съемки в бассейне р. Шестопаловки нами было промыто в общей сложности 12 шлиховых проб. В результате количественно-минералогического анализа шлихов было установлено, что основными минералами, составляющими тяжелую фракцию аллювиальных отложений, являются: ильменит, гранат и лимонит (табл. 3). Кроме того, в некоторых шлихах в заметном количестве (до 10—12 %) присутствует магнетит. Следует отметить, что в отличие от бассейна р. Кен-Юрях в шлихах на р. Шестопаловке и ее притоках моноклинный пироксен не является характерным минералом. Его содержание здесь в шлихах не превышает 4 %.

Исключение из этого правила составляет шлик № 35, взятый в приустьевой части р. Шестопаловки, в котором содержание клинопироксена достигает 80 %. Это очевидно объясняется влиянием обломочного материала, привносимого с даалдынских террас. Все остальные минералы — хромит, турмалин, перовскит, оливин, хромдиопсид, циркон, рутил, апатит, дистен и другие встречаются в шлихах в количестве от единичных знаков до долей процента.

Основную массу граната в шлихах составляет пироп, представленный, как и в бассейне р. Кен-Юрях, тремя цветными разновидностями: оранжевой, кроваво-красной и лиловой. Сверх этого, в шлихах в бассейне р. Шестопаловки были обнаружены зерна бесцветного и чуть розового пироба. В значительном количестве присутствует также прекрасно окатанные зерна розоватого альмандин. В результате изучения шлихов все минералы, обнаруженные в аллювиальных отложениях в бассейне р. Шестопаловки, можно разделить на две генетические группы.

Минералы *первой* группы обычно представлены хорошо окатанными зернами. К ним могут быть отнесены лимонит, альмандин, турмалин, рутил, циркон, недвупреломляющий ильменит, некоторая часть магнетита и хромита. Все эти минералы

⁵⁰ Очевидно, что этот великолепный вывод является еще одним следствием сотрудничества со «шпионом» В. Д. Скульским.

на основании результатов наших исследований в предыдущие годы могут быть уверенно отнесены к терригенной части пород ордовика.

Таблица 3
Минералогический состав некоторых шлихов,
отмытых из аллювия в бассейне
р. Шестопаловки

Минералы	Пробы							
	1	2	3	4	5	6	7	8
Пирит	+	+	—	—	+	—	—	—
Лимонит	0.9	3.5	25.2	37.0	7.8	24.9	77.1	43.9
Ильменит	12.2	71.8	57.9	36.4	55.2	54.4	6.8	38.7
Рутил	—	+	+	—	—	—	—	—
Лейкоксен	+	—	+	—	—	+	—	—
Хромит	+	+	+	2.3	1.0	+	+	+
Магнетит	5.0	12.4	2.9	8.1	3.0	10.0	3.0	6.0
Сфен	+	—	—	—	+	—	—	—
Циркон	+	+	—	—	+	+	+	+
Ромбический пироксен	+	—	+	—	—	—	—	—
Моноклинный пироксен	79.6	4.3	3.4	3.3	1.4	0.8	4.6	+
Хромдиопсид	—	—	+	—	—	+	—	+
Оливин	+	+	—	—	—	—	—	—
Альмандин	1.4	0.9	—	2.3	1.9	1.2	5.7	1.7
Пироп	0.9	7.1	10.6	10.1	26.9	8.3	2.3	4.7
Перовскит	+	—	+	—	—	+	—	+
Турмалин	+	+	+	0.5	—	0.4	+	+
Апатит	—	+	—	—	+	—	—	—
Амфибол	—	—	+	+	—	—	—	+
Обломки пород	—	—	+	—	2.8	+	0.5	5.0

Примечание. Содержание приведено в %, (+) — единичные зерна, (—) — не обнаружен. Места отбора проб: 1 — **шлих № 35**, Шестопаловка, русло в 100 м выше устья; 2 — **шлих 36**, ручей Загадочный, русло в 400 м выше устья; 3 — **шлих № 37**, Шестопаловка, русло в 1000 м выше устья ручья Загадочного; 4 — **шлих № 40**, ручей Загадочный, русло в среднем течении; 5 — **шлих № 40б**, истоки ручья Загадочного; 6 — **шлих № 43**, Шестопаловка, русло в 2000 м выше устья ручья Сухого; 7 — **шлих № 44**, ручей Сухой, русло в 200 м выше устья; 8 — **шлих № 44а**, Шестопаловка, русло в 1000 м ниже устья руч. Сухого

Цвет его буровато-зеленый, кристаллы на тонких краях слегка просвечиваются. Обнаружение перовскита в аллювии свидетельствует в первую очередь о близости его источников, поскольку из-за своей низкой твердости этот минерал длительной транспортировке водным потоком не выдерживает⁵².

Моноклинный пироксен главным образом представлен зеленым или бледно-зеленым авгитом с оптическими свойствами — n_g 1.722, n_p 1.698, угол погасания 40—42°.

Вторая группа включает двупреломляющий ильменит, пироп всех цветов, хромит, перовскит, хромдиопсид, магнетит, оливин, ромбический пироксен, моноклинный пироксен, апатит, амфибол, присутствующие в шлихах в основном в виде неокатанных обломков и кристаллов. Некоторые из названных минералов имеют характерные внешние особенности. В частности двупреломляющий ильменит и пироп, как указывалось выше при описании участка на р. Кен-Юрях, присутствуют во фракциях < 1 мм в виде остроугольных зерен, а в составе гранулометрически более крупного материала — в виде зерен округленной формы⁵¹.

Хромит, отнесенный нами ко второй группе минералов, присутствует в шлихах в виде сравнительно крупных (до 2 мм) зернах, похожих на округленные, как бы оплавленные октаэдры. Цвет их черный, поверхность матовая и только на свежих сколах наблюдается сильный смоляной блеск. В отличие от описанного минерала хромит первой группы, генетически связанный с осадочными породами, характеризуется очень мелким размером зерен (от 0.1 до 0.25 мм) и высокой степенью их окатанности.

Перовскит наблюдается в шлихах в виде очень мелких (менее 0.1 мм), но прекрасно образованных кристаллов псевдокубической формы.

⁵¹ Примечательно, что Л. А. Попугаева нигде не пишет об окатанности зерен пироба, хотя акцентирует внимание на округленности и даже сферичности многих его индивидов. Почему? Полагала, что это и так, само собой, разумеется, или не считала округлую форму пироба результатом механического износа в водном потоке?

⁵² Пример поистине ювелирной работы, безусловно, талантливого и компетентного минералога.

Хромдиопсид встречается в виде неправильных остроугольных обломков, отличаясь яркой изумрудно-зеленой окраской.

Все остальные минералы второй группы совершенно аналогичны таковым в изученном нами аллювии из бассейна р. Даалдын.

При проведении шлиховой съемки на ручье Загадочном в его русле были обнаружены обломки пород, резко выделявшихся из однообразной массы обломков карбонатных пород. Первый такой обломочек размером 5 мм и второй размером 1.5 см оказались сложенными плотной черной породой с множественными включениями зерен пироп-а. Третий обломок размером 4—5 см представляет собой голубовато-серую, жирную на ощупь породу типа брекчии. При внимательном осмотре в этом образце были обнаружены черные блестящие включения зерен ильменита размером до трех миллиметров⁵³. Находка этих пород указала на существовании здесь каких-то до сих пор неизвестных на Сибирской платформе пород, которые являются материнскими для пироп-а и ильменита, а, следовательно, и для алмаза. Поэтому основной задачей дальнейших наших работ явились поиски коренных выходов таких пород.

Установив широкое распространение пироп-а и ильменита как на р. Шестопаловке, так и на ручье Загадочном, мы пришли к выводу, что поиски коренных выходов пироп- и ильменитсодержащих пород следует в первую очередь производить на водораздельном пространстве, находящемся как бы в вилке между этими водотоками. Для достижения этой цели было намечено покрыть упомянутое пространство сетью поперечных маршрутов с промежутками между линиями 50—100 м. В результате уже при первом пересечении в самой верхней части водораздела был обнаружен элювий пироп-ильменитсодержащей породы. В дальнейшем при шлиховой съемке в аллювии на р. Шестопаловке и ручье Сухом также были найдены обломки таких же пород. На этом основании по аналогии с водоразделом между Шестопаловкой и ручьем Загадочным мы имеем полное право предположить, что и на водоразделе между Шестопаловкой и ручьем Сухим имеются элювий и коренные выходы пироп-ильменитсодержащей породы⁵⁴.

Таким образом, в результате шлиховой съемки, проведенной в бассейне р. Шестопаловки, нами были обнаружены пироп-ильменитсодержащие породы, которые при последующем их изучении, как мы и предвидели, оказались алмазоносными. Коренные выходы этих пород и были названы нами⁵⁵ месторождением «Зарница»⁵⁶.

В результате изучения минералогического состава алмазоносных пород мы можем сделать вывод о том, что выделенная нами в бассейне р. Шестопаловки вторая группа минералов генетически связана именно с этими породами. Такие шлиховые минералы как пироп, двупреломляющий ильменит, хромдиопсид, происхождение которых при

⁵³ Это и было самое первое явление сибирских кимберлитов! Впоследствии на левом борту ручья Загадочного были открыты три небольших кимберлитовых трубки — Летняя, Осенняя и Зимняя [Алымова и др., 2002].

⁵⁴ На водоразделе между Шестопаловкой и ручьем Сухим впоследствии было выявлено множество мелких кимберлитовых трубок — Малютка, Дачная, Соседняя, Горняцкая, Павлова, Буковинская. А неподалеку от Зарницы обнаружилась трубка, удостоенная, наконец, имени Ларисы Попугаевой [Алымова и др., 2002].

⁵⁵ В настоящее время считается, что название «Зарница» было придумано М. А. Гневушевым уже в пос. Нюрба. Сама первооткрывательница, судя по ее записке, оставленной у заявочного столба, выразилась так: «богатое ильменито-пироповое и возможно алмазное месторождение». Иногда говорят и пишут, что сама первооткрывательница хотела назвать свою трубку именем М. Ф. Шестопалова. Очень похоже на правду.

⁵⁶ Все еще продолжают споры о роли Л. А. Попугаевой в великом геологическом открытии первой евразийской кимберлитовой трубки с алмазами — то ли ей просто повезло, то ли ее подвели к Зарнице многомудрые руководители, которые собственно и есть настоящие первооткрыватели. Однако думается, что само событие такого масштаба важнее любых руководств, прогнозов, домыслов и вымыслов. Это как на войне — из рассказа моего отца, профессионального военного и фронтовика. Одни сочиняют план баталии, рисуют карту с красными и синими стрелами. А потом совсем другие по своему наитию, таланту и фарту ставят пару пушечек в самое нужное место — и победа!

исследованиях в бассейне р. Кен-Юрях нам было не ясным, теперь можно отнести к продуктам размыва алмазоносных пород.

Даалдын и некоторые другие его притоки

После проведения результативной шлиховой съемки в бассейне р. Шестопаловки мы посчитали необходимым проследить распространение пиропы и ильменита как по самой р. Даалдын, так и по еще не обследованным ее притокам⁵⁷. В результате этого нами были проведены работы на реках и ручьях Сугуннах, Гусиной, Извилистой, Коротком, № 1 и № 2, а также на самой р. Даалдын в промежутке между устьем р. Сугуннах и устьем самого Даалдына. Кроме того, были отмыты шлик из аллювия на р. Чалбык — левом притоке р. Мархи в 100 км ниже устья р. Даалдын. Последнее было сделано из того соображения, что бассейн р. Чалбык размывает тот же водораздел, что и левые притоки Даалдына⁵⁸.

В результате шлихового опробования было установлено присутствие пиропы и ильменита в аллювии на рр. Сугуннах и Гусиной, а также на ручье Коротком. В аллювиальных отложениях на р. Извилистой, ручьях № 1 и 2, на р. Чалбык пиропы и ильменита не нашлось. На р. Даалдын намечались два участка, отличающиеся по распространенности этих минералов. На отрезке от устья р. Сугуннах до устья р. Кен-Юрях в аллювии были зафиксированы лишь единичные знаки пиропы и ильменита. Отрезок от р. Кен-Юрях до устья р. Даалдын характеризуется неравномерным распределением минералов. Вблизи устьев рр. Кен-Юрях и Шестопаловки зафиксированы весьма значительные их содержания. Однако уже на незначительном расстоянии от этих притоков содержание пиропы и ильменита заметно падает, а на устье Даалдына доходит до редких знаков.

На р. Мархе выше устья р. Даалдын присутствие в аллювии пиропы и ильменита было зарегистрировано лишь на уровне единичных знаков как по шлихам 1953 г., так и по шлихам текущего сезона. Все случаи обнаружения единичных знаков на р. Даалдын выше устья р. Кен-Юрях, в истоках Кен-Юряха, на ручье Трапповом, на р. Марха выше устья Даалдына мы объясняем размывом кластических толщ — вторичных коллекторов этих минералов, выявленных сотрудниками НИИГА к западу и северо-западу от района наших работ. При этом мы не исключаем и возможности поступления пиропы и ильменита в указанные места в результате размыва алмазоносных ультраосновных пород, аналогичных обнаруженным в верховьях р. Шестопаловки.

Результаты количественно-минералогического анализа состава тяжелых фракций шлихов с р. Мархи, р. Даалдын и его притоков сведены в табл. 4.

⁵⁷ Очевидно, что после открытия Зарницы Л. А. Попугаева решила сделать заверку на притоках Даалдына ниже и выше по течению, сопроводив ее четкими заключениями о содержании зерен пиропы и ильменита в речных осадках. Все это было сделано весьма профессионально, как и пристало шлихоминералогическому асу. Следовательно, говорить о ней как о случайной и механической исполнительнице чужой воли совершенно нелепо. Из воспоминаний минералога И. Ф. Гориной (цитируется по Э. Эрлиху «Найти месторождение»): «Судьба всегда во всякие ключевые моменты точно подбирает знаковые персонажи. Лариса тоже была, несомненно, знаковой фигурой. Красивая, обаятельная, похожая сразу на всех тогдашних кинозвезд, и при ангельской внешности и хрупкости подчеркнуто грубоватая, голос с хрипотцой от курения. Романтичная, целеустремленная, дотошно трудолюбивая и настойчивая. Училась лучше всех». Чудесно сказано, а главное — в точку!

⁵⁸ Она и тут почти все угадала, надо было только обследовать еще и правые притоки. Впрочем, на это у Попугаевой ни времени, ни сил уже не оставалось.

Таблица 4

Минералогический состав тяжелой фракции шлихов, отмытых из аллювия в среднем и нижнем течении р. Даалдын и на некоторых ее мелких притоках

Минералы	Пробы								
	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Пирит	—	—	—	—	—	—	—	+	—
Лимонит	0.2	+	+	+	3.9	71.5	93.8	1.6	+
Ильменит	33.8	9.6	41.9	31.6	21.9	4.3	+	9.5	8.4
Рутил	+	+	+	+	—	—	—	+	+
Лейкоксен	0.5	+	+	+	—	—	—	0.4	—
Хромит	—	—	—	—	+	+	+	—	—
Магнетит	13.5	7.0	16.1	12.2	1.0	2.4	1.1	4.0	7.3
Дистен	—	+	—	—	—	—	—	—	+
Циркон	—	0.1	—	—	—	—	—	—	—
Ромбический пироксен	33.1	82.1	27.4	52.7	52.6	12.8	3.7	88.3	84.3
Оливин	0.8	0.4	+	+	+	—	—	+	+
Альмандин	13.1	0.8	14.6	3.5	9.8	9.0	1.4	1.2	+
Пироп	+	+	+	+	+	+	+	+	+
Тумалин	+	+	+	+	+	+	+	+	+
Сфен	+	—	—	—	—	—	—	—	—
Апатит	+	—	—	—	—	—	—	—	—
Карбонат	—	+	—	—	—	—	—	—	—
Обломки пород	—	—	—	—	0.8	—	—	—	+

Примечание. Цифры — содержание в %, (+) — единичные зерна, (—) — не обнаружен. Места отбора проб: 1 — **шлих № 110**, Сугуннах, русло в 500 м выше устья; 2 — **шлих № 111**, Даалдын, коса в 12 км выше устья р. Кен-Юрях; 3 — **шлих № 1**, Даалдын, Русло в 500 м выше устья р. Кен-Юрях; 4 — **шлих № 2**, Даалдын, русло в 1200 м ниже устья р. Кен-Юрях; 5 — **шлих № 47**, ручей Короткий, русло в 300 м выше устья; 6 — **шлих № 48**, Гусиная, русло в 1500 м выше устья; 7 — **шлих № 49**, Извилистая, русло в 1200 м выше устья; 8 — **шлих № 50**, Даалдын, русло в 3000 м выше устья; 9 — **шлих № 51**, Марха, русло в 500 м выше устья р. Даалдын

ОПИСАНИЕ МЕСТОРОЖДЕНИЯ «ЗАРНИЦА»

Как было уже показано, при проведении шлиховой съемки в бассейне среднего течения р. Даалдын на водоразделе между р. Шестопаловкой и ручьем Загадочным были обнаружены пироп- и ильменитсодержащие породы. Эти породы привлекли наше внимание минеральным составом, необычным для Сибирской платформы, но чрезвычайно характерным для алмазонасных пород, заполняющих трубки взрыва в Ю. Африке.

Выходы этих оригинальных пород приурочены к наиболее высокой части водораздела. Судя по материалу, вскрытому шурфами, они представляют собой элювиальные продукты типа медальона вытаивания (по техническим причинам углубить шурфы до коренных пород не удалось). Упомянутый водораздел имеет плоскую вершину, сильно заболоченную и залесенную. Склоны водораздельной возвышенности асимметричны (рис. 29). Восточный склон, обращенный в сторону ручья Загадочного, более пологий, тоже сильно заболоченный и густо поросший лесом. Выходы скальных пород здесь наблюдаются только близ самой вершины водораздела, где желтые, плитчатые, с характерной ячеистой текстурой на поверхностях напластования известняки ордовика образуют обнаженный уступ. У подошвы этого уступа имеются развалы

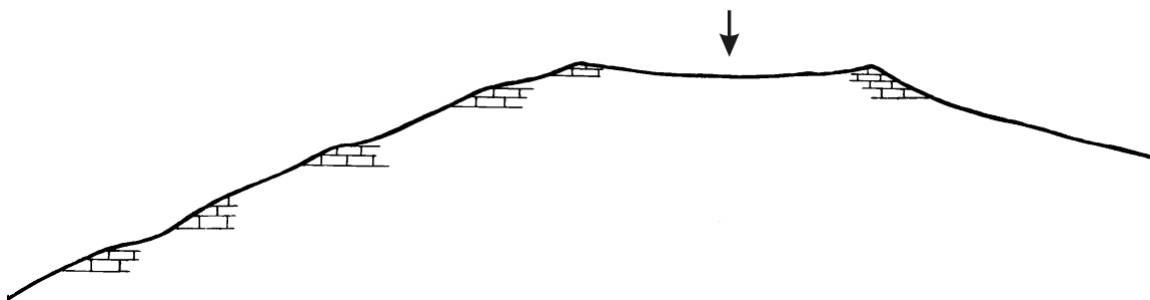


Рис. 29. Схематичный профиль водораздела между р. Шестопаловкой (слева, запад) и ручьем Загадочным (справа, восток), проходящий через трубку Зарница (показана стрелкой)



Рис. 30. Развалы ячеистых известняков на восточном склоне водораздела между р. Шестопаловкой и ручьем Загадочным

крупных известняковых глыб. Западный склон, обращенный к р. Шестопаловке, напротив, крутой. На нем имеется пять уступов, обусловленных коренными выходами ордовикских известняков (рис. 30).

В целом плоская поверхность водораздела в центральной своей части осложнена небольшим, примерно на один метр понижением, имеющим в плане округлую форму. Бровка этой округлой депрессии обозначена выходами ордовикских известняков. Депрессия заболочена, отличается аномальным редколесьем, представляя собой как бы проплешину на фоне окружающей тайги (рис. 31).



Рис. 31. Заболоченная мало залесенная депрессия на водоразделе между р. Шестопаловкой и ручьем Загадочным — выход трубки «Зарница». Человек на левом снимке — Л. А. Попугаева

В делювиальных продуктах, сползающих с вершины водораздела и сложенных желтовато-серым пылеватым материалом, было обнаружено значительное количество зерен ильменита и пироба размером соответственно от 1 мм до 3 см и от 1 до 7 мм. Изучение показало, что ильменит в этих продуктах является двупреломляющим, аналогичным тому, который ранее был обнаружен на рр. Кен-Юрях, Шестопаловка и на ручье Загадочном. Кроме ильменита и пироба в этих породах были найдены сростки октаэдрических кристаллов магнетита, несущих следы закалки (матовая, как бы закопченная поверхность)⁵⁹, а также обнаружены округлые обломки лимонита, кремнистой оолитовой породы, округлые обломки измененных известняков, аргиллитов, алевролитов со следами обжига и ороговикования.

Кроме отмеченных минералов и пород, в делювиальных продуктах были установлены голубовато- или зеленовато-серые брекчиевидные породы, а также преимущественно округлые куски зеленовато-серой, крупнокристаллической метаморфической породы с большим количеством ясно различимых зерен красного граната. Почти на всех минералах и обломках пород наблюдались примазки серой, пористой, пелитовой на вид породы.

В центре депрессии были сделаны расчистки (рис. 32) и пройдены два шурфа, добитых до глубины 70—80 см, с которой начался слой вечной мерзлоты. В обоих шурфах непосредственно под торфами был вскрыт элювий голубовато-серых брекчий с включениями тех же пород и минералов, что встречаются в делювии на склоне водораздела. Подобный материал в дальнейшем был отмечен и во множестве других точек блюдцеобразного понижения. Таким образом, оконтурилась округлая площадка распространения голубовато-серых ильменит-пиробсодержащих брекчий, диаметр которой составил около 300—400 м. Никаких контактовых изменений в известняках в пределах распространения брекчиевидных пород нами не наблюдалось⁶⁰.



Рис. 32. Расчистка № 1 на верхнем уступе ордовикских известняков

Интересно отметить, что площадь, к которой приурочен выход брекчиевидных пород, выделяется на аэрофотоснимке отчетливым округлым пятном. Аналогичные округлые пятна были обнаружены на аэрофотоснимках еще в

⁵⁹ Это, скорее всего, следы не «закалки», а травления.

⁶⁰ Явное противоречие прежнему (выше по тексту) и последующим заявлениям о «следах закалки» и «ороговиковании».

нескольких местах, отвечающих водоразделу между р. Шестопаловкой и ручьем Сухим, водоразделу между ручьем Болотным и р. Суходолкой, а также среднему течению р. Сугуннах. Все упомянутые участки зарегистрированы нами как места предполагаемых выходов таких же, что и на водоразделе между Шестопаловкой и ручьем Загадочным, брекчиевидных пород⁶¹. Очевидно, что выдвинутое предположение вполне подтверждается и изложенными в Главе № 2 результатами шлиховой съемки, согласно которым соответствующие русла характеризуются достаточно высоким содержанием в аллювии пиропы и ильменита.

Для проверки алмазоносности голубовато-серых брекчиевидных пород, вскрытых шурфами на водоразделе между р. Шестопаловкой и ручьем Загадочным, была отобрана специальная проба объемом 40 л. Сначала из нее путем отмучивания был удален пелитовый материал, затем оставшаяся фракция –4+1 мм общим объемом 30 л была рассмотрена под рентгеном. В результате из этой пробы был извлечен один алмаз весом 4.4 мг. Таким образом, выявилась алмазоносность элювиальных продуктов и тем самым определен тип коренных источников алмазов на Сибирской платформе. Первое здесь коренное месторождение алмазов было нами названо «Зарницей».

Детальное петрографическое изучение голубовато-серой породы, обнаруженной на водоразделе р. Шестопаловки и ручья Загадочного в границах упомянутой выше приводораздельной депрессии, показало, что эта порода представляет собой кимберлитовую брекчию⁶², содержащую включения различных пород и минералов.

Кимберлитовая (серпентинитовая) брекчия

Куски породы, извлеченной из шурфов, где они были погружены в серую глиноподобную массу, имеют округлую форму и изобилуют углублениями самого разного размера (рис. 33). Эти углубления, придающие породе ноздреватый вид, образовались при выветривании в результате выпадения чужеродных включений. В целом рассматриваемая порода имеет голубовато-серый цвет, глиноподобна и на ощупь жирна. В штучках более свежей породы наблюдается брекчиевая текстура, окраска становится несколько неоднородной из-за выделения на общем голубовато-или зеленовато-сером фоне пятен другого тона, отвечающих обломкам округлой, изредка угловатой формы.



Рис. 33. Элювиальные куски серпентинитовой брекчии

Петрографическое изучение⁶³ рассматриваемых пород затруднено сильной степенью их гидротермального и последующего

⁶¹ Это не что иное, как прогноз Л. А. Попугаевой открытий новых кимберлитовых трубок, вполне подтвердившийся. Известно, что Попугаева всегда отстаивала свой приоритет в выдвижении идеи использования шлихоминералогической съемки для поисков кимберлитовых месторождений в комплексе с дешифрированием аэрофотоснимков и наземной магниткой (смотри, например, Приложение № 7). Уже в 1956–1958 гг. такого рода комплекс методов эффективно применяла не только Амакинская ГРЭ, но также Вилуйская экспедиция ВАГТ [Сусов, 2002] и Биректинская экспедиция НИИГА [воспоминания В. А. Литинского http://world.lib.ru/litinskiy_w_a/birekta-1.shtml]. В настоящее время этот комплекс расширен за счет наземных сейсмо- и электроразведок, позволяющих выявлять детали внутреннего строения кимберлитовых полей и кустов трубок [Бессмертных и др., 2008]. Одним из наиболее интересных результатов, полученных благодаря применению современного комплекса методов, является обнаружение в строении зарницынского куста кимберлитовых трубок элементов так называемой вихревой структуры [Арсеньев и др., 2003].

⁶² Примечательно, что в опубликованной в том же 1955 г статье [Сарсадских, Попугаева, 1955] авторы уже не используют определения «кимберлитовая брекчия» или «кимберлит», заменив их эвфемизмом «ультрасосновная порода». Перестраховочное влияние редколлегии?

⁶³ Проводилось при активном участии петрографа Н. А. Курылевой.

гипергенного изменения. Изучение их минерального состава осложняется обилием ксеногенных минералов, которые трудно отделяются от минералов собственно кимберлита. В ходе исследований кимберлитовой брекчии в шлифах, концентратах, полученных после промывки элювиальных продуктов, остатках после химического разложения нами были установлены порообразующие минералы — серпентин, кальцит, а также множество других минералов (в порядке распространенности) — ильменит, пироп, магнетит, диопсид, хромдиопсид, энстатит, гиперстен, оливин, дистен, роговая обманка, альмандин, хромит, рутил, циркон, апатит, корунд, графит, шпинель, сфен, перовскит, кварц, алмаз.

Под микроскопом изученные породы состоят из обломков и связующей массы, которая в большинстве случаев находится в резко подчиненном количестве. Лишь в немногих случаях в шлифах можно наблюдать участки, лишенные обломков (рис. 34, слева и в центре). Связующая масса сложена агрегатом серпентина и карбоната, пропорция между которыми широко варьируется. Чаще карбонат существенно преобладает над серпентином (рис. 34, справа), но встречаются и обратные соотношения, когда цемент в основном состоит из серпентина или серпофита⁶⁴, а карбонат составляет лишь небольшую примесь.

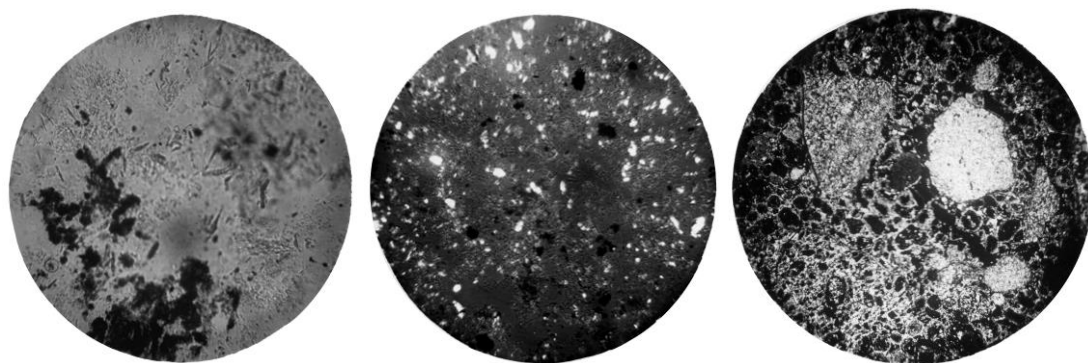


Рис. 34. Серпентинитовая брекчия. Слева и в центре — участок связующей массы без обломков, сложенный серпентинизированным стеклом с примесью карбоната, магнетита и гидроксидов железа. Справа — участок с обломками и связующей массой, замещенной агрегатом карбоната. Николи || и ×, увеличение × 200;

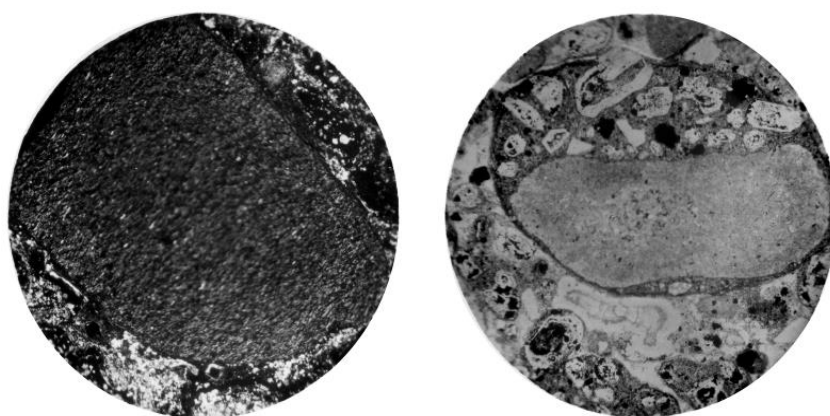


Рис. 35. Обломки зеленого сланца (слева) и известняка (справа) в серпентинитовой брекчии

Участки связующей массы, лишенные обломков, обычно представлены стеклом, нацело замещенным агрегатом чешуйчатого серпентина, рудного минерала (магнетита) и иногда карбоната⁶⁵. Менее обычны ильменит, гидроксиды железа, лейкоксен, ближе не определенный слюдистый минерал, сфен и перовскит. Следует отметить, что перовскит и сфен почти всегда

⁶⁴ Тот же серпентин, но в виде плотной мелкокристаллической массы.

⁶⁵ Позже этому вопросу была посвящена специальная статья [Благулькина и др., 1966]

ассоциируются с ильменитом⁶⁶.

Обломки пород обычно составляют не менее 90 % объема брекчии, а местами их количество достигает 95—97 %. Форма большей части обломков округлая, изредка угловатая, в шлифах их размер варьируется от долей миллиметра до 1 см⁶⁷. По составу обломки могут быть разделены на две группы: 1) чуждые связующей массе; 2) родственные связующей массе⁶⁸. Первая из этих групп представлена как крупными обломками, так и микроскопическими зернами. В шлифах видно, что эти включения являются фрагментами известняков, различных сланцев, алевролитов (рис. 35). Изредка встречаются частицы углистого вещества. Иногда обломки известняков сильно обогащены пылевидным магнетитом. С обломками этой группы, вероятно, связаны многие из перечисленных выше минералов: оранжевый пироп⁶⁹, часть ильменита, лимонит, альмандин, рутил, циркон, дистен, роговая обманка, апатит, кварц, часть пироксена и возможно некоторые другие минералы.

Обломки, по составу родственные цементирующей массе, были определены только под микроскопом. Они в основном представлены тем же измененным кимберлитом, что и связующая масса, но отличаются иной структурой и примесью флогопита⁷⁰. Изредка встречаются обломки, преимущественно состоящие из флогопита.

Реликты первичной структуры в некоторых обломках наблюдаются совершенно отчетливо. В большинстве случаев это — остатки порфировой, реже флюидальной структуры (рис. 36). В обломках с реликтами порфировой структуры основная масса состоит из карбоната, местами из карбоната с примесью серпентина.

Фенокристы представляют собой псевдоморфозами серпентина и магнетита по оливину или пироксену, о чем можно судить по сохранившимся кристаллографическим

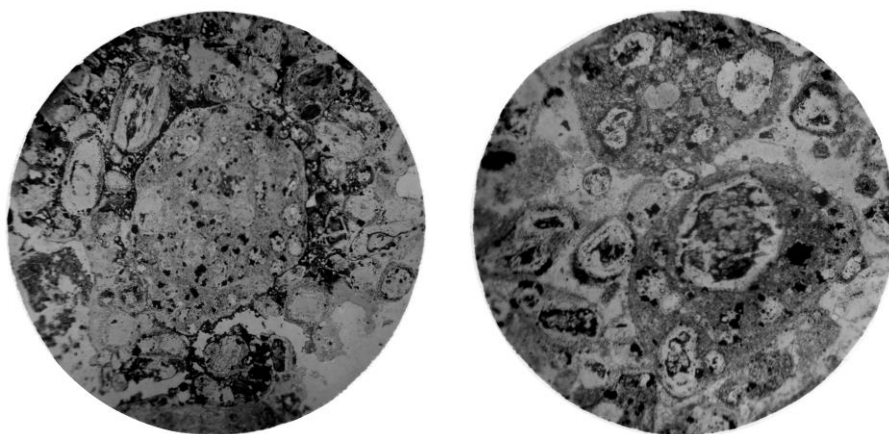


Рис. 36 Серпентинитовая брекчия. Обломки породы ультраосновного состава. Николи ||, увеличение $\times 30$ —45

очертаниям кристаллов. Вокруг вкрапленников иногда наблюдаются оторочки из мелкозернистого карбоната, точно повторяющие контуры фенокристов. Обломки с реликтами флюидальной структуры основной массы состоят из микролитов, нацело замещенных карбонатом и серпентином. Первоначально эти

⁶⁶ Очень важное замечание!

⁶⁷ В позже опубликованной статье авторы указали максимальный для обломков размер 10—15 см.

⁶⁸ В настоящее время обломки первой группы называют ксенолитами, а обломки второй группы — автолитами, т. е. включениями кимберлитов ранней фазы внедрения в кимберлиты поздней фазы [Кривошлык, 1976].

⁶⁹ Оранжевый пироп, судя по приведенным ниже данным о его химическом составе, вряд ли связан с обломками коровых осадочных и метаморфических пород. В настоящее время такой пироп относят к мантийным эклогитам и часто рассматривают как благоприятный признак повышенной алмазоносности [Харькив, Абагинская, 1975; Лобанова и др., 2014].

⁷⁰ В настоящее время «кимберлитовые брекчии», в которых обломки представлены той же породой, что и связующая масса, называются автолитовыми кимберлитовыми брекчиями (в зарубежной литературе — туффизитовыми кимберлитовыми брекчиями). Можно напомнить, что по современным данным трубка Зарница до глубины примерно 450 м сложена именно автолитовыми кимберлитовыми брекчиями.

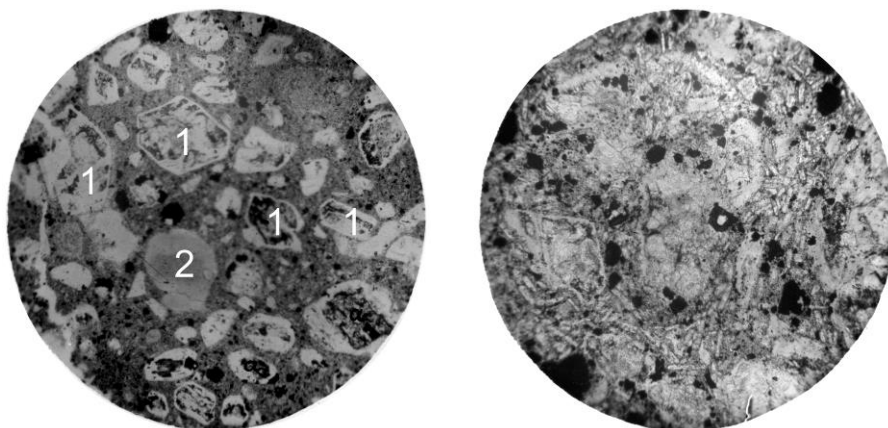


Рис. 37. Слева — серпентинитовая брекчия кимберлита с обломками породы ультраосновного состава и реликтовой порфировой структурой (1 — псевдоморфозы серпентина и магнетита по оливину или пироксену, 2 — флогопит). Справа — серпентинитовая брекчия с реликтовой флюидальной структурой. Николи ||, увеличение $\times 200$

формы принадлежали, вероятно, оливину или моноклинному пироксену.

Микролитовая масса обычно обтекает мельчайшие обломки того же измененного кимберлита и фенокристы, замещенные серпентином (рис. 37).

Изредка встречаются породы, которые под микроскопом состоят из агрегата чешуйчатого серпентина и рудного

минерала (магнетита). Иногда в них обнаруживается небольшая примесь карбоната (рис. 38, слева). Такие породы не содержат фенокристов, являясь, вероятно, стекловатой разновидностью кимберлита, в которой стекло нацело замещено вторичными минералами. Измененные кимберлиты с примесью флогопита редки. В целом они аналогичны выше описанным породам, отличаясь от них только присутствием в основной массе листочков слюды (рис. 38, в центре). Еще реже встречаются кимберлиты с участками обогащения флогопитом, почти нацело состоящими из этой слюды. В таких случаях флогопит образует агрегаты листочков, ориентированных в различных направлениях. Промежутки между индивидами флогопита заполнены магнетитом и карбонатом (рис. 38, справа).



Рис. 38. Слева — обломки ультраосновной породы в серпентинитовой брекчии с небольшой примесью карбоната. В центре и справа — серпентинитовая брекчия соответственно с примесью флогопита и участками, состоящими в основном из флогопита

В обломках, родственных по составу связующей массе кимберлитов, минералы-вкрапленники не сохранились, будучи полностью замещенными агрегатами вторичных минералов. Часто обломки, как чуждые, так и родственные кимберлиту, окружены каймой мелкозернистого карбоната.

Химический состав трех проб исследуемой кимберлитовой брекчии в сопоставлении с составом южноафриканских кимберлитов приведен в табл. 5. Эти данные убедительно свидетельствуют об ультраосновном составе горных пород из трубки Зарница. Во ВСЕГЕИ А. А. Кухаренко и Ю. Д. Смирнов разработали новую

петрохимическую диаграмму, позволяющую по коэффициентам П. Ниггли и А. Н. Заварицкого выделить петроэталон, используя которые можно легко оценивать степень химического родства между различными магматическими породами. На основании этих критериев эруптивные брекчии, обнаруженные в бассейне р. Даалдын, хотя и отклоняются содержанием некоторых элементов от среднего типа кимберлита, в целом могут быть уверенно отнесены именно к таким горным породам. По мнению упомянутых выше специалистов, некоторые карбонатизированные разности кимберлитов из Ю. Африки отличаются по химизму от типичных кимберлитов даже больше, чем даалдынские брекчии. Следует отметить, что колебания химического состава пород типа кимберлитов во многом объясняются, во-первых, примесью посторонних включений, которые неизбежно попадают в анализируемые пробы даже при самой тщательной их подготовке, а во-вторых, значительной измененностью кимберлитов, выражающейся в серпентинизации и карбонатизации. Последнее хорошо иллюстрируется кривой нагревания, указывающей на присутствие в исследуемой породе серпентина (рис. 39).

Таблица 5

Химический состав (мас. %) исследуемой кимберлитовой брекчии (1—3)⁷¹ и типичных кимберлитов Южной Африки (4—7)

Компоненты	1	2	3	4	5	6	7
SiO ₂	33.73	33.0	33.30	30.95	36.00	29.56	38.29
TiO ₂	2.21	1.90	2.00	2.34	0.58	1.18	2.00
Al ₂ O ₃	3.06	5.30	5.10	4.02	0.69	2.47	2.66
Fe ₂ O ₃	8.27	7.80	7.60	6.16	4.44	4.18	5.77
Cr ₂ O ₃	0.12	0.05	0.05	Не обн.	Не обн.	Не обн.	Не обн.
FeO	2.68	3.92	4.10	2.66	2.90	4.84	2.93
MnO	0.18	0.20	0.20	Следы	Не обн.	Следы	Не обн.
MgO	31.89	33.35	33.20	32.30	39.70	37.47	29.46
CaO	2.28	1.10	1.00	8.92	3.58	7.19	2.42
Na ₂ O	0.15	0.34	0.34	0.35	0.11	0.22	0.30
K ₂ O				1.61	0.26	0.33	1.03
P ₂ O ₅	0.23	0.18	0.18	0.15	0.64	0.43	1.44
ППП	13.54	12.13	12.10	3.09	10.76	11.53	10.39
H ₂ O	1.60	1.00	1.05	6.81	0.63	0.43	3.13
Сумма (с ППП)	99.94	100.27	100.22	99.36	100.29	99.83	99.82

Примечание. 1—3 — пробы наименее карбонатизированных пород, данные химической лаборатории ВСЕГЕИ (аналитик К. А. Бакланова); 4—7 — данные по П. А. Вагнеру: кимберлиты из трубок Дебис (4), Клиафонтейн (5), Кимберли (6), Премьер (7)

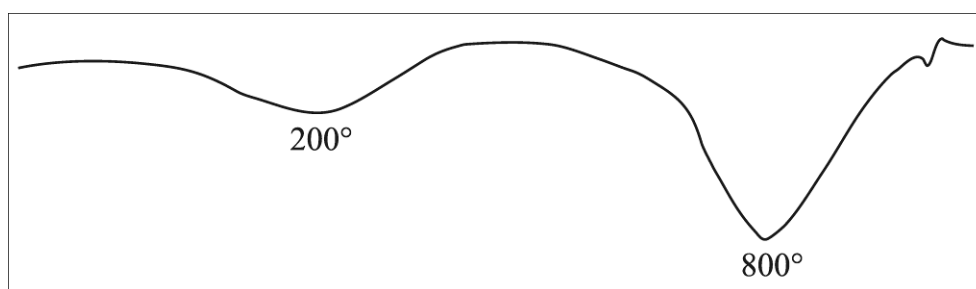


Рис. 39. Кривая нагревания измененного кимберлита

⁷¹ Судя по приведенным в таблице данным, исследованные авторами породы отвечают умеренно-титанистым кимберлитам, типичным для продуктивных трубок Далдыно-Алакистского и Мало-Ботуобинского алмазоносных районов [Богатилов и др., 2005; Каргин и др., 2008]. Однако указанное для них содержание MgO примерно на 6—10 мас. % превышает таковое, а содержание CaO примерно на столько же уступает таковому в современных данных о кимберлитах трубки Зарница. Все это, вероятно, объясняется несовершенством химического анализа тех лет.

Как было уже отмечено выше, кроме обломков пород в кимберлитовой брекчии установлены включения отдельных минералов, генетическую принадлежность которых к собственно кимберлиту или чуждым включениям определить очень трудно. Результаты количественно-минералогического анализа элювиальных продуктов и дробленной пробы кимберлитовой брекчии (табл. 6) показали, что основными минералами этих пород являются ильменит, пироп и магнетит. Содержание перовскита, хромита и моноклинного пироксена достигает иногда 1—2 %. Прочие минералы встречаются в редких или даже единичных знаках. Кроме упомянутых минералов, в шлифах были установлены сфен, который развивается по ильмениту, и флогопит. С ильменитом обычно ассоциируется и перовскит⁷². В остатке после химического разложения кимберлитовой брекчии были дополнительно выявлены корунд, графит, кварц и алмаз. Последний был найден в двух пробах весом 5.3 и 5.5 кг в количестве трех кристаллов. Во всех исследованных шлифах наблюдалось интенсивное развитие вторичных минералов — серпентина-антигорита в формах бастита⁷³, хризотила, серпофита, а также карбоната и гидроксидов железа.

Таблица 6

Минеральный состав тяжелой фракции исследуемой кимберлитовой брекчии⁷⁴

Минералы	1	2	Зпрот	4эл
Лимонит	+	—	+	+
Ильменит	28.2	47.8	39.4	44.2
Рутил	+	+	+	+
Лейкоксен	—	+	—	—
Шпинель	+	+	+	+
Хромит	+	2.6	+	+
Магнетит	36.0	8.2	10.6	24.0
Кианит		+	0.1	+
Циркон	+	+	+	+
Ромбический пироксен		+	+	—
Моноклинный пироксен	+	+	0.8	1.2
Амфибол	+	—	—	—
Хромдиопсид	+	+	+	+
Оливин	—	+	—	—
Альмандин	—	—	+	+
Пироп	13.7	28.2	28.2	24.8
Перовскит	+	2.2	+	+
Апатит	+	+	0.1	+
Обломки пород	22.1	11.0	20.8	5.8

Примечание. Цифры — содержание в %, (+) — единичные зерна, (—) — не обнаружен. Объекты: 1 — проба № 42-1, элювий кимберлитовой брекчии; 2 — проба 42-7, то же; 3 — проба № 42-10, протоочка кимберлитовой брекчии; 4 — проба № 42-14, элювий кимберлитовой брекчии

Минералы

Ильменит играет в составе кимберлитовой брекчии весьма существенную роль. Размер его зерен колеблется от долей миллиметра до 2—3 см. В тяжелой фракции < 2 мм его содержание достигает 44 %. Здесь форма зерен ильменита чаще угловатая. Во фракции > 2 мм его становится еще больше, иногда до 80—90 %. Форма зерен — преимущественно округлая (рис. 40). Ильменит имеет смоляно-черный цвет и раковистый излом. В иммерсионном препарате этот минерал на краях тонких осколков просвечивает

⁷² Все упоминания о парагенезисе перовскита и сфена (т. е. титанита) с кимберлитовым ильменитом имеют научно-приоритетное значение.

⁷³ Псевдоморфозы по ортопироксену.

⁷⁴ Данные, приведенные в этой таблице, несколько отличаются от аналогичных данных в статье [Сарсадских, Попугаева, 1955].

коричневато-бурым цветом и двупреломляет. Степень просвечивания отдельных зерен колеблется от более сильной до слабой. Эти особенности ильменита, очевидно, связаны с его химическим составом, который приведен в табл. 7 в сопоставлении с составом



Рис. 40. Округлые зерна ильменита из крупной фракции серпентинитовой брекчии

обычного ильменита. Из приведенной таблицы видно, что в исследуемом нами ильмените имеется очень высокое содержание окиси магния (около 17 мас. %), тогда как в обычном ильмените его содержание не превышает и 2 мас. %. Очевидно, что просвечивание у ильменита связано с его магнезиальностью, а степень его прямо зависит от колебаний содержания магнезии. Следует также добавить, что в единичных случаях в породах «Зарницы» встречается и обычный недвупреломляющий ильменит⁷⁵, связанный с включениями чужеродных пород.

совокупности мелкой и крупной фракций составляет в тяжелой фракции в среднем 20 %. Форма крупных зерен граната почти всегда округлая (рис. 41, слева), а мелких (<1—2 мм) обычно угловатая. По цвету гранат подразделяется на несколько разновидностей, которые при более тщательном исследовании обнаруживают различия и по другим свойствам — химизму, удельному весу, показателю преломления. Таких разновидностей нами выделено пять: 1) оранжевая, 2) кроваво-красная, 3) лиловая, 4) бледно-розовая, 5) желтая.

Первые три разновидности легко наблюдаются и невооруженным глазом, поскольку встречаются в крупных зернах. По количеству они являются основными, будучи аналогичными гранатам, выявленным в аллювиальных отложениях, куда они попали в результате размыва описанной выше кимберлитовой брекчии. Четвертая и пятая — бледно-розовая и желтая разновидности граната (рис. 41, справа) были обнаружены лишь при детальном изучении под биноклем протолок кимберлитовой брекчии.

Группа **граната**. Соответствующие минералы в исследуемой кимберлитовой брекчии присутствуют в виде крупных зерен размером до семи миллиметров, а также в виде мельчайших микроскопических зерен. Доля граната в

Группа граната. Соответствующие минералы в исследуемой кимберлитовой брекчии присутствуют в виде крупных зерен размером до семи миллиметров, а также в виде мельчайших микроскопических зерен. Доля граната в

Таблица 7

Сопоставление химических составов
двупреломляющей (1) и обычной (2)
разновидностей ильменита (мас. %)

Минералы	TiO ₂	Fe ₂ O ₃	FeO	MgO	Нерастворимый остаток	Сумма
1	39.90	13.51	28.64	16.90	0.20	99.15
2	44.79	20.92	31.25	1.88	Не обн.	98.84

Примечание. 1 — ильменит из кимберлитовой брекчии трубки Зарница; 2 — средний состав ильменита из изверженных, метаморфических и осадочных пород по П. Н. Чирвинскому [Чирвинский, 1953]

⁷⁵ Следует, наконец, прокомментировать использование авторами определения «двупреломляющий» ильменит, которым они, очевидно, обозначают особенности оптического поведения исследованной ими магнезиальной разновидности этого минерала. В принципе их рассуждения верны. Однако столь лобовое противопоставление «двупреломляющего» ильменита «обычному», т. е. как бы недвупреломляющему выглядит нелепо, поскольку обе разновидности ильменита — железистая и магнезиальная, будучи одинаково тригональными, являются наравне друг с другом оптически анизотропными. Только «обычный» ильменит обнаруживает свою анизотропность не в режиме оптического пропускания, поскольку он непрозрачен, а в режиме оптического отражения. Поэтому в настоящее время «двупреломляющий» ильменит Сарсадских-Попугаевой идентифицируют не по оптическим свойствам, а непосредственно по составу, называя его пикроильменитом, разновидностью ильменита с содержанием MgO более 9 мас. %, т. е. сильно обогащенной гейкилитовым миналом [Гаранин и др., 1984].

Размер зерен таких гранатов обычно менее 1 мм. Их количество в породе весьма ничтожно.



Рис. 41. Слева — крупная фракция округлых зерен пиропы из серпентинитовой брекчии, справа — мелкая фракция бесцветного и бледно-розового граната из элювия серпентинитовой брекчии

Оранжевый гранат характеризуется значительными колебаниями и наибольшими значениями показателя преломления — от 1.767 до 1.789 (по результатам 20 измерений). Его удельный вес также варьируется в широких пределах от 3.73 до 3.97 г/см³ (в направлении от более светлых разновидностей к более темным), достигая в среднем наиболее высокого среди всех других разновидностей граната значения. В составе оранжевого граната (табл. 8), кроме основных компонентов, присутствуют малые элементы, выявленные спектральным анализом — V, Cu, Ni. Пересчет данных химического анализа показал, что в составе оранжевого граната преобладает пироп (67.6 мол. %), но имеется значительная примесь и других миналов (мол. %): альмандина — 18.8, андрадита — 12.7, уваровита — 0.9. Таким образом, рассматриваемый гранат в целом близок к пиропу со значительной примесью альмандина и андрадита⁷⁶.

Лиловый гранат характеризуется сравнительно небольшими колебаниями показателя преломления от 1.748 до 1.758 (20 измерений). Удельный вес варьируется от 3.66 до 3.72 г/см³ (два измерения). Состав этого граната отличается чрезвычайно высоким содержанием окиси магния и хрома. Согласно результатам пересчета химических данных, в нем, кроме пиропового минала (70.2 мол. %), присутствуют миналы альмандина — 15.9, андрадита — 2.2, уваровита — 11.6 и спессартина — 0.1 мол. %. Цвет рассматриваемого граната⁷⁷, возможно, объясняется присутствием значительной примеси именно уваровита. Таким образом, лиловый гранат является пиропом со значительной примесью альмандина и уваровита⁷⁸.

Кроваво-красный гранат имеет довольно значительные колебания показателя преломления — от 1.740 до 1.767 (18 измерений). Его удельный по единичному измерению составил 3.71 г/см³. Пересчет химического состава приводит к следующему результату (мол. %): пироп 76.9; альмандин 9.7; андрадит 7.3; уваровит 6.1. Из этого следует, что кроваво-красный гранат является пиропом с наименьшим в нашем случае содержанием примесных миналов.

⁷⁶ В настоящее время известно, что оранжевые существенно пироповые по составу гранаты особенно характерны для богато алмазоносных трубок, например, Удачной и Юбилейной [Никифорова, Тарских, 2008].

⁷⁷ Именно при изучении этих гранатов П. Г. Гусева впервые установила эффект дихроизма в хромсодержащих гранатах.

⁷⁸ Здесь и далее пересчеты всего хрома на примесь уваровитового минала явно противоречат экспериментально полученным авторами для тех же зерен относительно низким значениям параметра ε . я. (табл. 9).

Бледно-розовый гранат иногда становится бесцветным даже в зернах размером около 1 мм. Как уже указывалось выше, эта разновидность присутствует в кимберлитовой брекчии в незначительном количестве и встречается только в гранулометрической фракции < 1 мм. Форма зерен такого граната почти всегда округлая, без кристаллографических граней, как бы оплавленная. Показатель преломления составляет у бледно-розовой разности 1.758 (20 измерений), а у бесцветной опускается до 1.736. Удельный вес для смеси бледно-розовых и бесцветных зерен этого граната по единичному замеру дал 3.57 г/см³. Его химический состав отличается высокими содержаниями окисей железа и кальция. Минеральный состав имеет следующий вид (мол. %): пироп 66.9;grossуляр 25.2; альмандин 6.5; уваровит 1.4. Следовательно, бледно окрашенный гранат

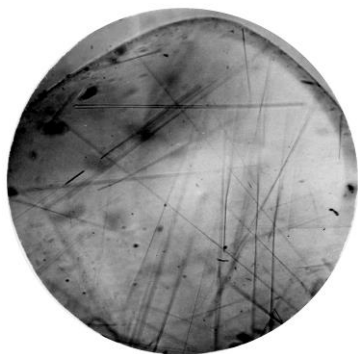


Рис. 42. Игольчатые включения апатита в округлом зерне бесцветного пироба

близок к пиропу, но содержит значительную примесь grossуляра. Можно добавить, что в соответствии с обычными представлениями о гранатах наш минерал при таком количестве в его составе железа должен был бы иметь более темную окраску. Поэтому мы предполагаем, что в рассматриваемом бледно-розовом гранате железо занимает в кристаллической решетке какое-то необычное положение⁷⁹. Интересно также отметить, что в округлых, как бы оплавленных зернах бесцветного пироба нами были обнаружены игольчатые включения прозрачного бесцветного минерала, различимого только под микроскопом (рис. 42). После детального изучения эти иголки были определены как апатит. Это подтверждается прямым погасанием отдельных иголочек, низким двупреломлением, более низким, чем у пироба показателем преломления. Кроме того, порошок граната с игольчатыми включениями дал отчетливую

реакцию на фосфор. Остается добавить, что среди розовых зерен встречены редкие зерна альмандина с показателем преломления 1.830. Этот гранат мы связываем с засорением кимберлита включениями посторонних пород.

Желтый гранат встречается в кимберлитовой брекчии очень редко. Оттенки окраски его зерен колеблются от бледно- до темно-желтого. Из-за ничтожного содержания такого граната в исследуемых породах мы для его диагностики были вынуждены ограничиться только измерением показателя преломления, который варьировался в пределах 1.730—1.760 (восемь замеров). Таким образом, для желтой разновидности граната было зафиксировано минимальное значение показателя преломления, свойственного или пиропу, или grossуляру. Вопрос окончательной диагностики желтого граната остается открытым.

Таблица 8
Химический состав гранатов из трубки Зарница, мас. %

Компоненты	1	2	3	4
SiO ₂	39.90	38.70	41.16	28.80
TiO ₂	0.60	0.25	0.48	0.53
Al ₂ O ₃	28.40	20.50	26.05	27.15
Fe ₂ O ₃	6.51	0.77	4.77	16.45
Cr ₂ O ₃	0.42	4.20	2.33	0.60
FeO	7.04	7.97	2.80	He обн.
MgO	12.25	21.36	16.35	15.32
MnO	0.08	0.11	0.13	He Обн.
CaO	5.06	5.80	5.16	9.50
Na ₂ O+K ₂ O	0.20	0.25	0.12	He обн.
H ₂ O	Следы	Следы	0.32	«
ППП	«	0.24	0.48	«
Сумма	100.46	100.15	100.15	98.35

Примечание. Разновидности: 1 — оранжевая, 2 — лиловая, 3 — кроваво-красная, 4 — бледно-розовая до бесцветной.

⁷⁹ Это очевидное заблуждение. У железа в структуре природных гранатов имеются только две координированные ионами кислорода позиции — гексаэдрическая для ионов Fe²⁺ и октаэдрическая для ионов Fe³⁺.

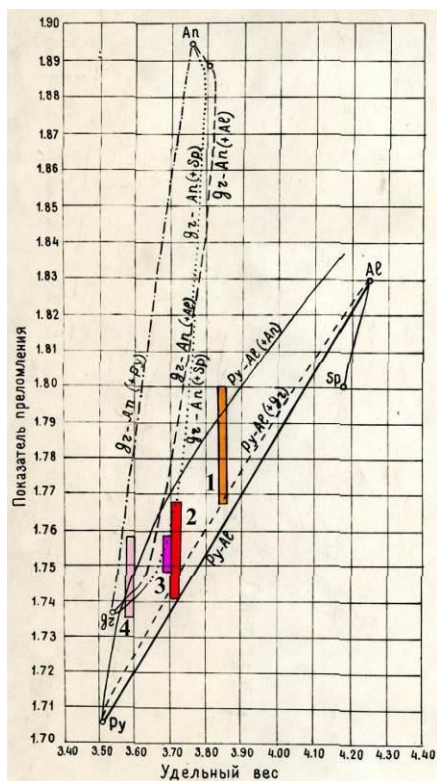
Для сравнения описанных выше разновидностей граната мы составили сводную таблицу, в которой обобщили все основные данные по их составу, удельному весу, рентгеноструктурным и оптическим свойствам (табл. 9). Эти данные мы нанесли на диаграмму А. Н. Винчелла [Винчелл, 1949], которая отражает зависимость удельного веса и показателя преломления гранатов от их состава (рис. 43). Из упомянутых таблицы и диаграммы следует, что все изученные нами разновидности гранатов являются преимущественно пиропом, отличаясь только ассортиментом примесных миналов и пропорциями между ними. Колебания последних и обуславливают вариации описанных разновидностей гранатов по удельному весу, показателю преломления и вероятно другим свойствам.

Таблица 9

Минальный состав (мол. %) и важнейшие свойства гранатов из трубки Зарница

Миналы	1	2	3	4
Пироп, $\text{Mg}_3\text{Al}_2[\text{Si}_3\text{O}_{12}]$	67.6	70.2	76.9	66.9
Альмандин, $\text{Fe}_3\text{Al}_2[\text{Si}_3\text{O}_{12}]$	18.8	15.9	9.7	6.5
Андрадит, $\text{Ca}_3\text{Fe}_2[\text{Si}_3\text{O}_{12}]$	12.7	2.2	7.3	Нет
Гроссуляр, $\text{Ca}_3\text{Al}_2[\text{Si}_3\text{O}_{12}]$	Нет	Нет	Нет	25.2
Уваровит, $\text{Ca}_3\text{Cr}_2[\text{Si}_3\text{O}_{12}]$	0.9	11.6	6.1	1.4
Спессартин, $\text{Mn}_3\text{Al}_2[\text{Si}_3\text{O}_{12}]$	Нет	0.1	Нет	Нет
Свойства				
Показатель преломления*	1.767—1.780	1.748—1.758	1.740—1.767	1.736—1.758
Удельный вес, г/см ³ **	3.73—3.97	3.66—3.72	3.71	3.57
Параметр элементарной ячейки, кХ***	11.494 ± 0.006	11.494 ± 0.006	Не опр.	11.494 ± 0.005

Примечание. Цветные разновидности: 1 — оранжевая, 2 — лиловая, 3 — кроваво-красная, 4 — бледно-розовая до бесцветной. Определения свойств: * Л. Н. Михайловская, **В. К. Коноплева, ***С. И. Футергендлер по дебаграммам.



Бросается в глаза резкая обособленность по составу и свойствам оранжевого граната, который, как будет показано позже, генетически связан не с кимберлитами, а с включениями эклогитоподобной породы⁸⁰. Этот гранат является наиболее отдаленным и от типичного пироба. Наиболее чистый пироб — кроваво-красная разновидность, к которой близко примыкает лиловый гранат, укладывающийся по показателю преломления и удельному весу в те же границы, что и красный гранат. По химическому составу обе эти разновидности различаются только содержанием примесей, но не их минальным видом, будучи при этом еще и связанными между собой постепенными переходами. Существенное различие между ними в окраске и оптических константах можно наблюдать только у самых крайних членов соответствующего ряда.

Рис. 43. Диаграмма по А. Н. Винчеллу зависимости удельного веса и показателей преломления от минального состава гранатов. Цветными столбиками показаны интервалы варьирования свойств исследованных разновидностей гранатов из трубки Зарница: 1 — оранжевой, 2 — кроваво-красной, 3 — лиловой, 4 — бледно-розовой

⁸⁰ Авторы первыми для Якутской алмазоносной провинции высказали соображение о генетической неоднородности гранатов в алмазоносных кимберлитовых трубках!

Бледно окрашенная разновидность граната по своим свойствам резко отличается от лилового и красного пиропов. Она характеризуется наиболее низким удельным весом, а также для части зерен — наиболее низким показателем преломления. На диаграмме А. Н. Винчелла эта разновидность граната попадает в поле пироба со значительной примесьюgrossуляра, заметно отклоняясь от поля, занимаемого красной и лиловой разновидностями.

На основании полученных данных мы приходим к заключению, что лиловый, красный и, вероятно, бледно окрашенный гранаты генетически связаны с самим кимберлитом⁸¹. Об этом, в частности, свидетельствует и отсутствие упомянутых гранатов в эклогитовых ксенолитах. Оплавленность зерен светло окрашенного граната говорит, по нашему мнению, о том, что он кристаллизовался в самую раннюю стадию и позднее при изменении условий (прежде всего, с падением давления) подвергнулся частичному плавлению⁸²

Магнетит в исследуемых породах встречается в виде крупных (до 10 см) массивных выделений и агрегаций октаэдрических зерен (рис. 44, слева), а также в виде вкрапленности микроскопических октаэдров. В последнем случае он является, вероятно, вторичным минералом, сопровождающим процесс серпентинизации. Крупные выделения имеют матовую, словно закопченную поверхность, возникшую, предположительно, в результате обжига.

Хромит наблюдался только в виде отдельных зерен размером не более одного миллиметра. Форма этих зерен округлая, возможно образовавшаяся в результате оплавления первоначально октаэдрических кристаллов⁸³. На месте прежних граней остались небольшие плоские участки, обычно гладкие и блестящие, тогда как остальная часть поверхности округлых зерен хромита — матовая, по цвету бархатно-черная (рис. 44, справа). Излом хромита раковистый, цвет на сколе смоляно-черный.

Моноклинный пироксен обусловлен включениями эклогитоподобной породы. Он представлен двумя разновидностями, отличающимися друг от друга, прежде всего, цветом (рис. 45).

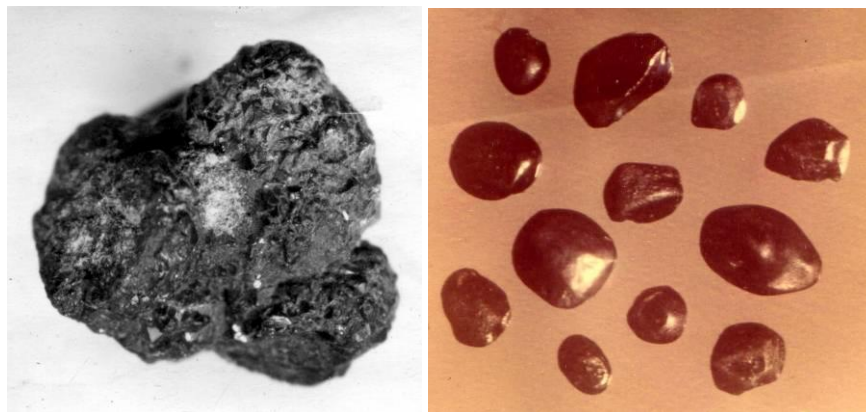


Рис. 44. Слева — массивное выделение магнетита в серпентинитовой брекчии, справа — округлые как бы оплавленные зерна хромита из элювия серпентинитовой брекчии

Первая разновидность наблюдается в виде неправильных зерен, выявляющихся только под биноклем. Ее цвет — зеленый и светло-зеленый. Судя по оптическим константам (n_g 1.722; n_p 1.698; угол погасания 42°), этот минерал относится к ряду диопсида—геденбергита. В составе этой разновидности

⁸¹ Позже эти цветные разности пироба Н. Н. Сарсадских отнесет к различным по глубинности «зонам» верхней мантии, включив в состав алмазоносного парагенезиса только лиловые наиболее хромисто-магнезиальные гранаты [Сарсадских, 1970].

⁸² При падении давления гранат будет, скорее всего, не растворяться («плавиться»), а, напротив, расти (смотри об этом в последнем разделе монографии). В настоящее время если не весь гранат в кимберлитах, то его большую часть относят к ксеногенным мантийным минералами, в отношении которых кимберлитовая среда выступает лишь как транспортер [Соболев и др., 1986]. Важнейшим фактором коррозии зерен такого граната уже давно рассматривается флюидонасыщенность мантийной среды его пребывания [Гневушев, 1956; Гневушев и др., 1957].

⁸³ Судя по этим свойствам, авторы имели дело с так называемыми хромшпинелидами из ксенолитов мантийных пород [Бовкун и др., 2005].

имеется повышенное содержание алюминия, что указывает на присутствие в ней жадеитового минала⁸⁴. Вторая разновидность этого минерала присутствует в незначительном количестве в виде неправильных зерен в основном размером до одного миллиметра, лишь иногда достигающим двух миллиметров. Для этой разновидности характерен густой изумрудно-зеленый цвет, благодаря которому она очень резко выделяется на фоне других минералов (рис. 45). Показатели преломления такого пироксена составляют n_g 1.706, n_p 1.680, угол погасания — 40° . По данным спектрального анализа в нем имеется примесь хрома, что позволяет изумрудно-зеленую разновидность клинопироксена отнести к хромдиопсиду.

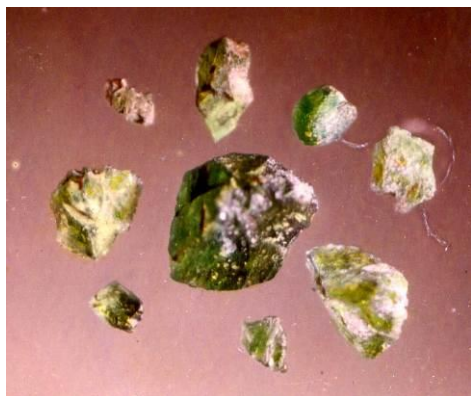


Рис. 45. Зерна хромдиопсида из элювия серпентинитовой брекчии

Ромбический пироксен представлен единичными зернами темно- или светло-зеленого цвета. По оптическим свойствам (n_g 1.716, n_p 1.700) первая разность, плеохроирующая от бледно-розового до бледно-зеленого цвета, может быть отнесена к гиперстену, а вторая (n_g 1.658; n_p 1.650) — к почти чистому энстатиту. Погасание у обоих минералов прямое.

Оливин встречается в кимберлитовой брекчии очень редко, будучи представленным лишь единичными зеленовато-желтыми зернами неправильной формы. По показателям преломления (n_g 1.700, n_p 1.663) этот минерал отвечает форстериту.

Роговая обманка присутствует в значительном количестве, как в цементирующей массе кимберлитовых брекчий, так и в эклогитоподобных ксенолитах. Она наблюдается в виде буроватых зерен неправильной формы со следующими оптическими константами: n_g 1.698; n_p 1.678, угол погасания 23° . По данным полуколичественного спектрального анализа этот минерал содержит алюминий, что дает основание отнести его к обыкновенной роговой обманке.

Перовскит сначала был обнаружен в шлифах и протолочках кимберлитовых брекчий, затем в значительных количествах был установлен в остатках после химического разложения, в которых он зачастую слагает основную массу немагнитной фракции. Этот минерал наблюдается в виде мельчайших псевдокубических кристалликов зеленовато-бурого цвета, различимых только под бинокляром или даже под микроскопом. Размер индивидов, как правило, не превышает 0.5 мм, но в среднем едва достигает и 0.1 мм (рис. 46). В шлифах устанавливается, тесная ассоциация перовскита с ильменитом. На извлеченных из протолочек крупных зернах последнего под бинокляром можно видеть, как мельчайшие кубообразные кристаллики перовскита покрывают их поверхность. Из этого мы делаем вывод о том, что перовскит образовался за счет ильменита в результате взаимодействия последнего с еще жидкой кимберлитовой магмой⁸⁵.

⁸⁴ Клинопироксены с такой окраской — хромсодержащие, поэтому в них еще более важной минальной примесью является космохлоровая, т. е. примесь $\text{NaCr}[\text{Si}_2\text{O}_6]$.

⁸⁵ Очень важный и, безусловно, научно-приоритетный вывод о реакционном происхождении перовскита за счет ильменита остался из-за секретности отчета неизвестным другим специалистам, которым пришлось делать это открытие заново [Табунов, Лопатин, 1961; Frick, 1973; Haggerty, 1973; Vostor et al., 1980; Vostor, Meyer, 1989; Agee et al., 1982; Клопов и др., 1984; Геншафт, Илупин, 1982; Илупин, Геншафт, 1986]. В настоящее время появились основания полагать, что перовскитсодержащие «келифитовые» каймы могли образоваться на зернах ильменита еще до взаимодействия этих зерен с «кимберлитовой магмой» [Силаев и др., 2008₁]. Кроме того, реакционное образование перовскита и титанита (сфена) за счет ильменита уже обнаружено и за пределами собственно кимберлитов [Ковальский и др., 1969; Владимиров и др., 1984; Соболева и др., 2007].

Сфен наблюдался в протолочках и шлифах. В последних он выявлен в виде агрегата мелких зернышек, приуроченных к краям зерен ильменита, за счет которого они и образовались⁸⁶

Шпинель в исследуемых породах представлена редкими зелеными зернами неправильной формы с показателем преломления 1.755⁸⁷.

Апатит обнаружен под бинокляром. Присутствует в виде редких округленных

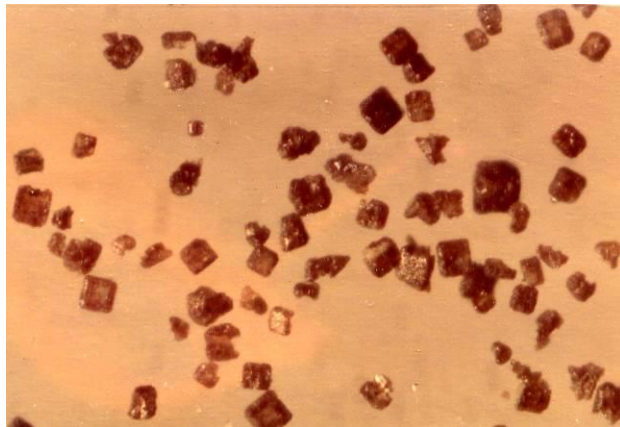


Рис. 46. Перовскит из элювия кимберлитовой брекчии

зерен, в которых часто угадывается форма первоначально призматических индивидов. Минерал бесцветный, большей частью прозрачный, иногда приобретает молочно-белый цвет. Кроме того, как уже выше упоминалось, игольчатые включения апатита выявлены в округлых зернах бледно окрашенного пироба.

Дистен наблюдался только под бинокляром в виде спайных сколков желтоватого или голубоватого цвета. Для некоторых таких зерен отмечалась пятнистая окраска. Появление дистена в кимберлитах, вероятно, обусловлено их засорением посторонними включениями⁸⁸.

Рутил образует удлиненные или неправильные зерна темно-красного или почти черного цвета с сильным смоляным блеском. Он, скорее всего, тоже связан с посторонними включениями⁸⁹.

Циркон установлен в виде единичных бесцветных призматических кристаллов, реже в виде удлиненных округлых форм. В последнем случае он происходит, очевидно, из посторонних включений осадочных пород⁹⁰.

Корунд обнаружен в продуктах химического разложения кимберлитов. Встречается редко. Образует неправильные или пластинчатые зерна голубого или розового цвета⁹¹.

Кварц также найден только в продуктах химического разложения. Наблюдается в виде прозрачных или молочно-белых округлых зерен. Отнесен нами к минералам посторонних включений.

Графит выявлен в единичных знаках в продуктах полного химического разложения кимберлитовой брекчии. Образует тонкие пластинки (листочки) серовато-черного цвета с металлическим блеском и грубой штриховкой.

Флогопит наблюдался только в шлифах. В кимберлитовых брекчиях он обычно приурочен к обломкам, почти не встречаясь в связующей массе. Фиксируется в форме удлиненных пластинок, или отдельных более крупных табличек. Возможно, развивается

⁸⁶ То же первое сообщение еще об одном продукте реакционных изменений мантийного ильменита.

⁸⁷ Судя по цвету и показателю преломления, это смесь шпинели и герцинита.

⁸⁸ Теперь хорошо известно, что появление кианита в кимберлитах может быть обусловлено ксенолитами не только корового, но и мантийного происхождения.

⁸⁹ В настоящее время такой рутил установлен в тесной парагенетической связи, как с монокристалльными алмазами, так и с алмазной фазой в карбонадо [Сухарев, Петровский, 2007].

⁹⁰ А вот это как раз и не «очевидно». Именно такие формы характерны для кимберлитового циркона [Бартошинский и др., 1982; Ляхович, 1996; Третьякова и др., 2001]. Известно также, что уже вскоре после открытия в Якутии первых алмазоносных трубок И. П. Илупин выдвинул идею использования циркона в качестве еще одного минерала-индикатора алмазоносных кимберлитов [Илупин, 1960].

⁹¹ В уральских алмазных месторождениях такие зерна представляют собой гетерофазные структуры распада поликомпонентных твердых растворов на основе корунда, имеющих весьма вероятно мантийное происхождение [Чайковский, 2006; Силаев и др., 2009₁].

по темноцветным микролитам или вкрапленникам. Но не исключено, что хотя бы частично является первичным минералом кимберлита.

*Алмаз*⁹² был представлен четырьмя кристаллами, выделенными из кимберлитовой брекчии.

Кристалл № 1 весом 4.2 мг был найден еще в поле при просмотре концентрата под рентгеном. Сам концентрат был получен в результате промывки пробы элювия кимберлита объемом 40 л. Бесцветный, полупрозрачный, уплощенный по тройной оси

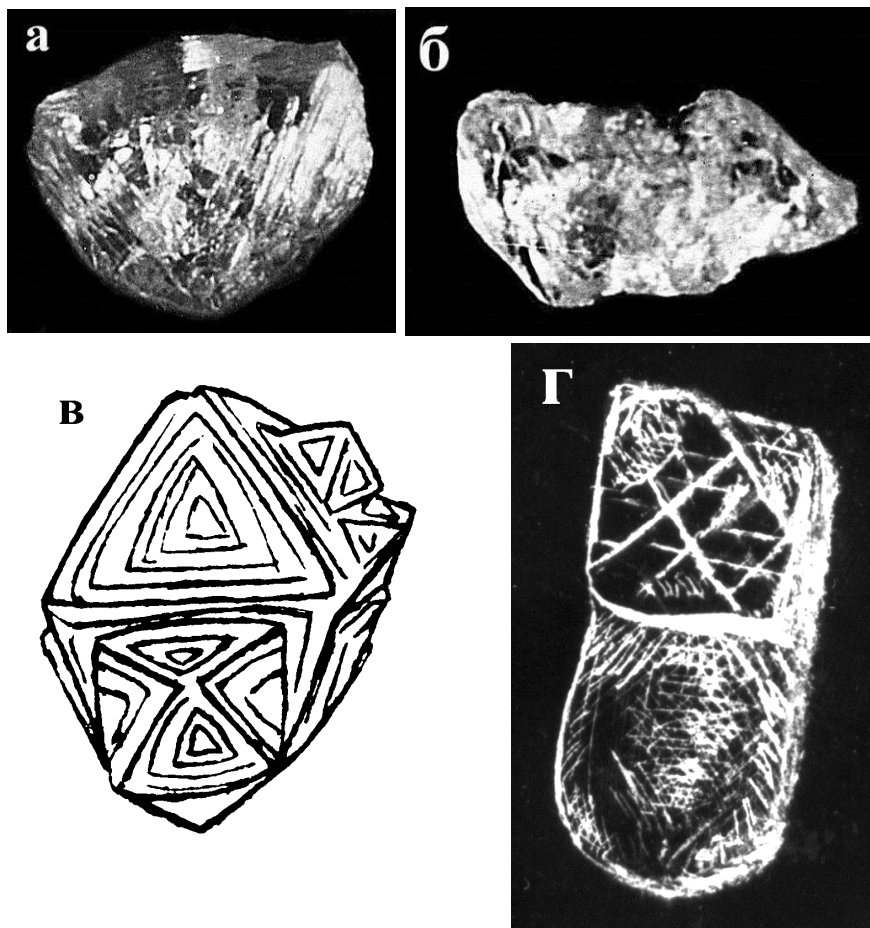


Рис. 47. Алмазы, извлеченные из элювия кимберлитов (а) и продуктов его химического разложения (б—г)

кристалл представляет собой сrostок октаэдра и додекаэдроид⁹³ (рис. 47, а). Октаэдр в этом сrostке

— плоскогранный с широкими ступенчатыми ребрами, имеет пластинчатое строение⁹⁴.

Додекаэдроид отличается выпуклыми неправильными по форме гранями, на которых имеется мелкая скульптура в виде холмиков. Линии ребер — как прямые, так и кривые, гранные швы смещены. Внутри кристалла наблюдаются очень мелкие чешуйки графита.

Кристалл № 2 имеет микроскопически размеры 0.1×0.2 мм. Был извлечен из пробы кимберлита весом 5.5 кг

⁹² По некоторым сведениям именно Н. Н. Сарсадских привлекла к изучению первых попугаевских алмазов российскую «леди Лонсдейл» — С. И. Футергендлер, впоследствии ставшую основоположницей рентгеновской генетической кристаллографии природных алмазов. Первые данные о плотности сибирских алмазов ($3.52\text{--}3.56$ г/см³) были получены Н. А. Бобковым и М. А. Гневушевым.

⁹³ Как теперь хорошо известно, для Зарницы характерны: 1) резкое преобладание ламинарных ромбододекаэдров с сингенетическими включениями У-типа; 2) значительное (максимальное для Далдыно-Алакитского района) содержание округлых алмазов (до 33 %), с чем связывают относительно невысокую продуктивность трубки при повышенном выходе алмазов ювелирного качества [Зинчук, Коптиль, 2003; Зинчук, Коптиль, 2005]; 3) высокая степень агрегированности азотных структурных дефектов вплоть до образования так называемых плеителитов; 4) особенная «далдынская» ассоциация минералов-индикаторов — хромшпинелиды : пикроильменит : хромистый пироп : хромсодержащий клинопироксен = 57 : 53 : 7 : 1 [Алтухова, 1990]. Установлено также пониженное в Зарнице содержание алмазов с сине-голубой и, напротив, повышенное содержание алмазов с зеленой люминесценцией [Антонова и др., 2007]. По другим данным [Помазанский, 2005] алмазы из Зарницы по фотолюминесценции близки к таковым из высокопродуктивной трубки Удачной. Считается также, что свойства зарницинских алмазов, как и алмазов в других кимберлитовых месторождениях Далдыно-Алакитского района, отражают наиболее высокотемпературные для объектов Якутской алмазоносной провинции условия мантийного минералообразования, протекавшего вблизи равновесия алмаз—графит.

⁹⁴ Ламинарный.

после ее химического разложения. Представляет собой двойник сильно уплощенных октаэдров. Бесцветный, без включений и оптических аномалий (рис. 47, б).

Кристалл № 3 размером 0.1×0.2 мм. Получен после химического разложения пробы весом 5.3 кг. Является сростком четырех октаэдров по шпинелевому закону. Бесцветен, с ярко выраженным алмазным блеском. На гранях наблюдается типичная для октаэдрических алмазов ступенчатость (рис. 47, в). В центре самого крупного октаэдра обнаружены черные точечные включения. Кроме того, в этом же индивиде наблюдалось прозрачное включение с высоким двупреломлением, диагностированное нами как оливин. На отдельных участках алмаза имеет место слабое аномальное двупреломление⁹⁵.

Кристалл № 4 размером 0.2×0.5 мм выделен из той же пробы. Выглядит как плоское зерно удлинённой формы. Один конец зерна имеет округленные как бы оплавленные очертания, другой имеет резкие контуры и ступенчатость, обусловленную сколами по спайности (рис. 47, г).

Ксенолиты в кимберлитовой брекчии

Как было указано выше, в исследуемых кимберлитовых брекчиях встречаются включения различных чужеродных горных пород и минералов, размер которых колеблется от долей миллиметра до 10 см. Характерной особенностью такого рода включений является округлость их формы. Наибольший интерес в этой связи вызывают обломочные фрагменты полнокристаллической пиропсодержащей породы, которую мы

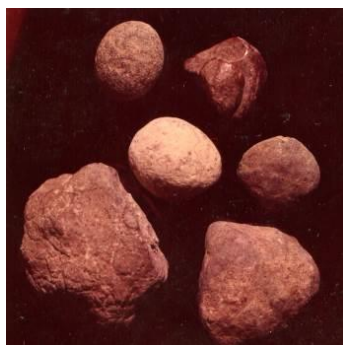


Рис. 48. Обломки осадочных пород (слева) и желваки лимонита (справа) из серпентинитовой брекчии

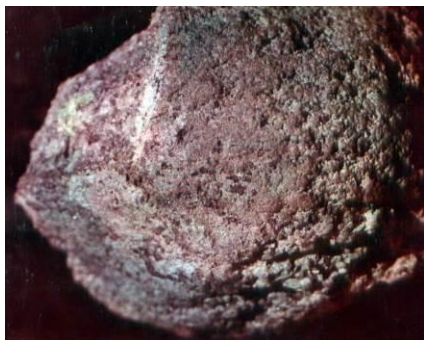


Рис. 49. Слева — ксенолит эклогитоподобной породы, справа — характер его поверхности

после петрографического изучения отнесли к эклогитам. Кроме эклогита, среди чужеродных включений имеются различные осадочные породы, несущие следы обжига и прокалики⁹⁶ — ороговикованные известняки, аргиллиты, алевролиты, бурые железняки и, возможно, гальки пород из каких-то кластических толщ (рис. 48). В виде включений встречаются также обломки различных минералов, часть которых видна невооруженным глазом (зерна магнетита, ильменита, пироба), остальные обнаруживаются только при микроскопических исследованиях. Все эти минеральные включения описаны выше.

Из ксенолитов детальному изучению были подвергнуты только включения

⁹⁵ Это и есть указание на существование в таких алмазах внутренних напряжений, обусловленных блокировкой структурных дефектов по причине так называемой закалки [Варшавский, 1968].

⁹⁶ Здесь и выше все ссылки на термический метаморфизм пород не более чем фантазия авторов. В настоящее время известно, что даже глубинные ксенолиты в кимберлитах практически не несут следов термического воздействия [Родионов и др., 1984]. Последнее обычно объясняют низкой температурой кимберлитового расплава — не выше 500°C [Маракушев и др., 1994] и быстрым его подъемом к поверхности. Но возможно это объясняется тем, что кимберлитовая среда вообще имела не расплавное, а псевдосжиженно-флюидизатное агрегатное состояние [Махлаев, Голубева, 2006].

эклогитообразной породы. Размеры таких включений варьируются, достигая по имеющимся у нас в настоящее время данным 11 см. Форма эклогитоподобных ксенолитов так же как форма включений других пород и минералов округлая (рис. 49, слева). Порода характеризуется довольно светлой неравномерной окраской, на свежем сколе даже невооруженным глазом прекрасно различимы светлые зерна плагиоклаза и большое количество зерен пироба (рис. 49, справа). Под микроскопом выявляется аллотриоморфнозернистая структура (рис. 50).

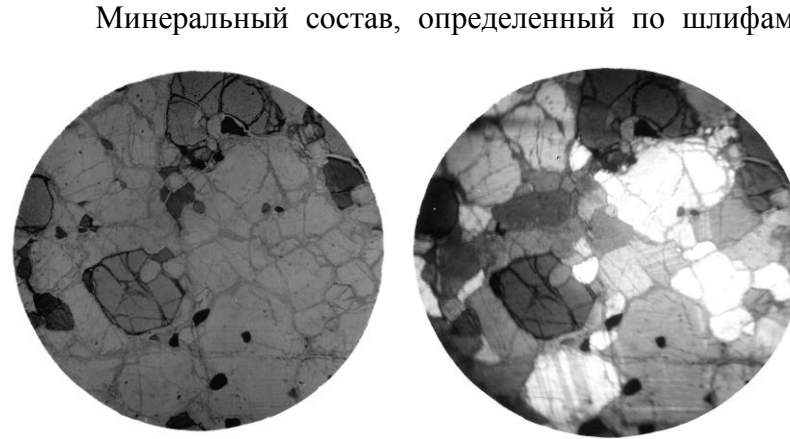


Рис. 50. Структура ксенолита плагиоклазовой эклогитоподобной породы из серпентинитовой брекчии

Минеральный состав, определенный по шлифам и протолочкам, представлен в табл. 10. Как следует из этой таблицы, главным минеральным компонентом рассматриваемой породы является плагиоклаз, что ее отличает от типичного эклогита. В подчиненном количестве в ней установлены роговая обманка, пироп, магнетит, скаполит, апатит и диопсид. Необходимо отметить, что в некоторых ксенолитах содержание моноклинного пироксена значительно

увеличивается за счет роговой обманки. Это позволяет предположить, что соотношение между темновыми минералами в исследуемой эклогитоподобной породе может заметно варьироваться⁹⁷.

Таблица 10

Минеральный состав включений эклогитоподобной породы в серпентинитовой брекчии

Фракции	Минералы	Содержание
Легкая	Плагиоклаз	59.6
	Биотит	+
	Скаполит	5.8
Итого		65.4
Тяжелая	Пироп оранжевый	19.6
	Роговая обманка	8.4
	Апатит	1.0
	Диопсид-геденбергит	0.5
	Магнетит	5.1
	Ильменит	+
	Хромит	+
	Циркон	+
	Пирит	+
	Рутил	+
	Зеленая шпинель	+
	Сфен	+
Итого		34.6

Примечание. Цифры — содержание в %, (+) — единичные зерна.

по результатам его анализа на федоровском столике относится к олигоклаз-андезину (№ 38—40). Это вполне согласуется с измерением показателей преломления — n_g 1.549, n_p 1.539. Интересно отметить, что ильменит, присутствующий в рассматриваемой породе в виде редких зерен, имеет те же свойства, что и ильменит, находящийся в

Плагиоклаз по результатам его анализа на федоровском столике относится к олигоклаз-андезину (№ 38—40). Это вполне согласуется с измерением показателей преломления — n_g 1.549, n_p 1.539. Интересно отметить, что ильменит, присутствующий в рассматриваемой породе в виде редких зерен, имеет те же свойства, что и ильменит, находящийся в

⁹⁷По современным данным описанные авторами ксенолиты отвечают отторженцам метаморфических пород гранулитовой и амфиболитовой фаций, залегающих в низах земной коры. В Далдынском кимберлитовом поле так называемые коровые ксенолиты резко преобладают над мантийными ультрамафитовыми ксенолитами. По минеральному составу коровые ксенолиты подразделяются на плагиоклаз-пироксеновые, плагиоклаз-кварц-гранат-пироксеновые, плагиоклаз-калишпат-пироксеновые, плагиоклаз-калишпат-пироксен-амфиболовые, плагиоклаз-амфибол-биотитовые и т. п. [Розен и др., 2002].

кимберлитовой брекчии. В тонких осколках под микроскопом он просвечивает бурым цветом и двупреломляет⁹⁸.

Другие существенные для эклогитоподобной породы минералы — роговая обманка, моноклинный пироксен, пироп — были нами уже описаны выше при рассмотрении кимберлитовой брекчии. В дополнение к уже изложенному сделаем лишь некоторые замечания относительно эклогитового оранжевого пироба.

Оранжевый пироп является существенной составной частью эклогита. Макроскопически его зерна имеют красный или темно-красный цвет. Однако под биноклем его цвет — оранжевый от более темных до более светлых оттенков. Как было показано выше, этот гранат близок к пиропу, но при этом содержит значительную примесь альмандинового и андрадитового миналов. Этим он значительно отличается от гранатов, непосредственно связанных с кимберлитовой брекчией⁹⁹.

Интересно отметить такой факт. При ревизии шлихов было замечено большое сходство гранатов из аллювия с р. Арга-Сала, левого притока р. Оленёк и со среднего течения р. Алдан с гранатом из исследованных нами эклогитоподобных пород. Это объясняется тем, что р. Арга-Сала берет свое начало в пределах Анабарского щита, а р. Алдан протекает в пределах Алданского щита. Оба щита представляют собой фрагменты древнейшего фундамента Сибирской платформы, сложенного архейскими метаморфическими породами. Сходство гранатов из изученной нами эклогитоподобной породы и из аллювия рр. Арга-Сала и Алдан, возможно, свидетельствует о том, что порода типа эклогита могла попасть в кимберлитовую брекчию из тех же метаморфических пород фундамента платформы в момент образования брекчии и не является «родственным» включением, генетически связанным с самой кимберлитовой магмой. По работам НИИГА [Рабкин, 1954ф] нам известно, что в составе этих метаморфических толщ Анабара и Алдана действительно встречаются породы, близкие к нашей эклогитоподобной породе. Они также содержат гранат, представленный альмандином в некоторых случаях со значительной примесью пироба¹⁰⁰.

В краевой части исследованных включений эклогита наблюдается кайма шириной около 0.5 см, образованная, очевидно, в результате термического воздействия на них

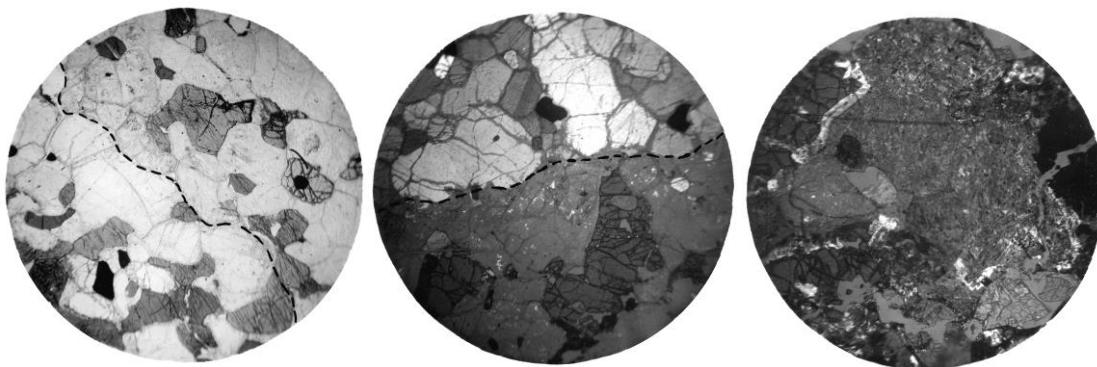


Рис. 51. Слева и в центре — краевая часть ксенолита эклогитоподобной породы с серицитизированным плагиоклазом, справа — выделение плагиоклаза, практически полностью замещенного серицитом

⁹⁸ Это заявление может быть и ошибочным, пикроильменит в породах такого состава обычно не встречается.

⁹⁹ Не очень понятно, чем именно обосновывается это заключение. «Оранжевый пироп» в эклогитоподобной породе визуально выглядит вовсе не оранжевым, а красным, состав и свойства его не приводятся. Потому не факт, что он имеет преимущественно пироповый состав, как типичные кимберлитовые гранаты. В настоящее время известно, что в коровых ксенолитах гранат представлен не пиропом, а пироп-альмандином, гроссуляр-пироп-альмандином и альмандином [Розен и др., 2002].

¹⁰⁰ Именно так. Получается, что, если эклогитоподобные ксенолиты, обнаруженные авторами в кимберлитовой брекчии имеют аналогию с метаморфитами Анабарского щита, то состав граната в ксенолитах не пироповый, как было указано выше, а альмандиновый.

вмещающей породы (обжиг). Как ясно видно в шлифах (рис. 51), это воздействие выразилось в почти полном замещении плагиоклаза агрегатом тонкочешуйчатого минерала с низким показателем преломления, очевидно серицита, возможно с примесью хлорита¹⁰¹ (рис. 51). В более мелких включениях воздействие вмещающей породы выражено сильнее. Так, в одном из шлифов видно, что включение эклогитоподобной породы сильно брекчировано и трещиновато. По трещинкам наблюдается проникновение стекловатой массы ультраосновного состава, нацело разложившейся и заместившейся агрегатом чешуйчатого серпентина (рис. 52, слева). Иногда разложившимся стеклом заполнены округлые полости в породе. Вокруг отдельных минералов, в основном магнетита, нередко наблюдаются реакционные каймы¹⁰² (рис. 52, справа).

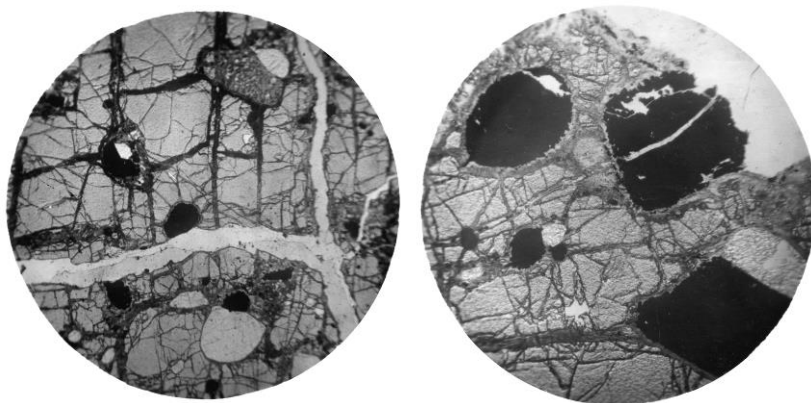


Рис. 52. Слева — катаклазированный гранат с заполненными серпентином трещинками, справа — включения магнетита с реакционными каймами в ксенолите эклогитоподобной породы

В заключении, составленном петрографом Н. А. Курылевой, описанная выше порода была определена как плагиоклазовый эклогит, образованный за счет основных изверженных пород типа долерита или габбро в условиях глубинного метаморфизма. Как известно, по поводу образования эклогитовых включений (иногда их называют «желваками») в южноафриканских

кимберлитах существует множество мнений. Наиболее обоснованными из них считаются следующие два: 1) включения эклогитов происходят из глубоко залегающих пластов метаморфических пород и являются отторженцами, поднятыми к земной поверхности кимберлитовой магмой; 2) включения эклогитов являются интрателлурическими выделениями кимберлитовой магмы. Большинство специалистов [Williams, 1932; Харгер, 1953 и др.] придерживаются именно второго мнения. Принято, что самым важным указанием на глубинно-магматическое происхождение эклогитовых включений является нахождение в них алмазов. Впрочем, некоторые исследователи относят такие находки к случайным, усматривая родство эклогитовых желваков и кимберлитов только по составу пороодообразующих минералов [Stutzer, 1935].

Следует отметить, что среди включений в южноафриканских кимберлитах собственно плагиоклазовые эклогиты встречаются весьма редко. Причина этого, возможно, состоит в том, что такие эклогиты связаны не с собственно кимберлитовой магмой¹⁰³, а с глубокозалегающими породами земной коры. Состав эклогитоподобной породы с р. Даалдын, как мы показали, не имеет сходства с кимберлитовой брекчией, поэтому включения такой породы не могут рассматриваться в генетической связи с кимберлитом.

¹⁰¹ Идея объяснить высокотемпературным воздействием (обжигом) замещение безводного минерала (плагиоклаза) водосодержащим (слюдой) является крайне нелепой. В действительности описанные авторами вторичные изменения эклогитоподобных ксенолитов являются или низкотемпературно-гидротермальными, или экзогенными.

¹⁰² Это не «реакционные каймы», а крустификационные микрокорки обрастания.

¹⁰³ Выше уже отмечалось, что в настоящее время каноническое представление о кимберлитах на стадии извержения как о магматическом расплаве уже не актуально [Костровицкий, 1976; Зинчук, Пизнюр, 2003; Анфилов, 2003; Махлаев, Голубева, 2007].

В результате полевых наблюдений и камеральной обработки образцов алмазоносной кимберлитовой брекчии, коренные выходы которой были нами обнаружены на водоразделе р. Шестопаловки и ручья Загадочного, мы приходим к выводу о том, что наиболее вероятной формой залегания этих пород является трубка (рис. 53). Это вполне согласуется, как с ограниченностью площади выхода кимберлитов на поверхность (диаметр 300—350 м)¹⁰⁴, так и с данными шлиховой съемки в бассейне р. Даалдын, свидетельствующими о резких скачках содержания пироба и ильменита в аллювиальных осадках при переходе между даже близко расположенными реками и ручьями. Очевидно, что кимберлитовая брекчия является главной породой, наполняющей упомянутую трубку. Все остальные породы относятся к включениям, обусловленным засорением кимберлита обломками прорванных трубкой пород, находящихся в настоящее время рядом, или расположенных на глубине, или уже уничтоженных эрозией.

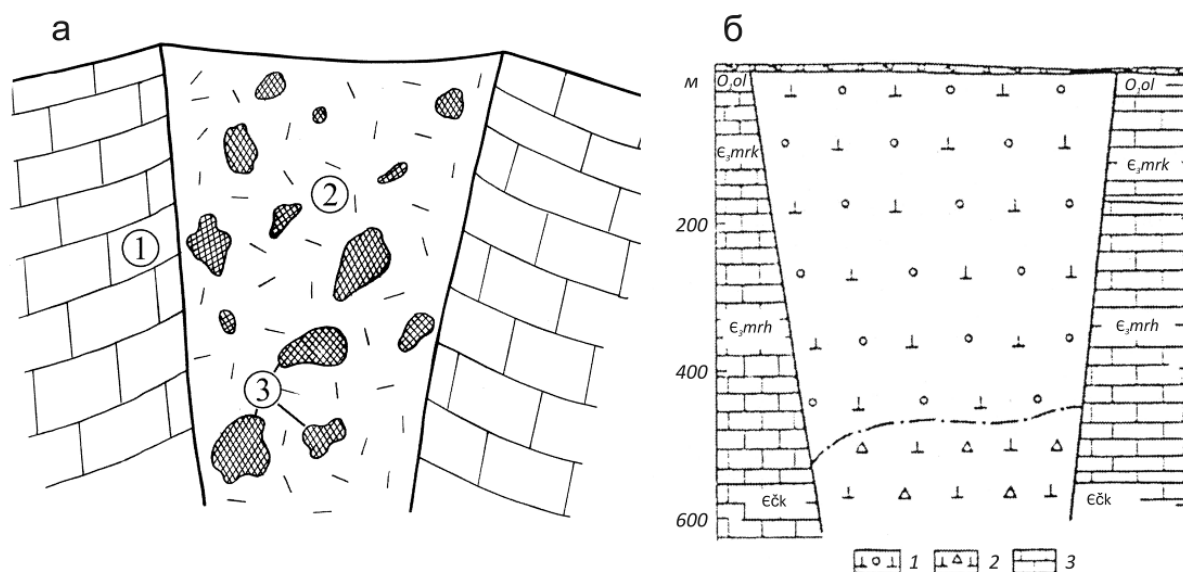


Рис. 53. Схематические разрезы трубки Зарница: **а** — по версии авторов: 1 — ордовикские известняки, 2 — кимберлитовая брекчия, 3 — ксенолиты; **б** — по современным данным [Харьков и др., 1998], 1 — автолитовая кимберлитовая брекчия, 2 — кимберлитовая брекчия с массивной текстурой цемента, 3 — породы нижнего палеозоя

Возраст кимберлитовых брекчий остается пока неопределенным. Однако уже можно сказать, что эти брекчии моложе толщи ордовика, которую они прорывают, и древнее осадочных пород позднего мезозоя¹⁰⁵. Последняя оценка основана на том, что, как было показано в Главе № 2, в обломке конгломерата с позднемезозойской пылью, найденного на р. Кен-Юрях, содержатся пироп и ильменит, аналогичные таковым в молодых алмазоносных конгломератах, установленных сотрудниками НИИГА в бассейне вершинной части р. Мархи¹⁰⁶.

Подводя итоги детальному изучению коренных алмазоносных пород, следует сказать, что эти породы по всем основным своим показателям — химизму, структурным и

¹⁰⁴ В позже опубликованной статье авторы укажут диаметр трубки 400—500 м. Теперь известно, что трубка Зарница в Якутской алмазоносной провинции является второй по габаритам (площадь выхода на поверхность достигает 32 га) после трубки Юбилейной.

¹⁰⁵ Через 15 лет станет понятно, что в Далдыно-Алаkitском и Мало-Ботуобинском районах получили развитие три генерации алмазоносных кимберлитовых трубок: позднеордовикская, позднесилурийская и позднедевонско-раннекаменноугольная [Милашев, Шулыгина, 1959; Дэвис и др., 1980]. Именно к последней, наиболее продуктивной на алмазы генерации, и относится трубка Зарница.

¹⁰⁶ Через десять лет эти суждения одним из авторов Отчета будут подкреплены собственными изотопно-геохронологическими данными [Сарсадских и др., 1966].

петрографическим особенностям, минералогии, условиям залегания являются совершенно необычными для Сибирской платформы. В настоящее время они не имеют аналогов среди магматических пород не только в Сибири, но в СССР в целом. Отличительной чертой химизма этих пород является резкая их недосыщенность кремнеземом и высокая магнезиальность. Их минеральный состав характеризуется преобладанием высокомагнезиальных минералов — пироба, ильменита, пироксена, оливина, многие из которых при этом характеризуются переменным содержанием магнезии. С точки зрения внутреннего строения и способа образования выявленные нами коренные алмазоносные породы являются типичной эруптивной брекчией, состоящей из обломков породы ультраосновного состава, ксенолитов и связующей массы тоже ультраосновного состава. В конечном итоге брекчия оказалась сильно измененной гидротермальными процессами, что наиболее наглядно выразилось в серпентинизации и карбонатизации.

Все особенности исследованных нами коренных алмазоносных пород заставляют искать их аналоги только среди коренных алмазоносных пород зарубежных стран, в частности среди кимберлитов Ю. Африки [Битц; Верхооген; Василенский, 1951; Полинар; Риманн; Соболев, 1951; Шуберт]. Сопоставляя все полученные данные с соответствующими данными по Ю. Африке, мы приходим к выводу об их полном сходстве. Имеющиеся незначительные отклонения в химизме пород, как уже отмечалось выше, обусловлены засорением ксеногенным материалом и поэтому не имеют принципиального значения.

Нам представляется, что в Сибири, также как в Ю. Африке, алмазоносные трубообразные тела не могут быть единичными, а образовались группами. Последнее предположение вполне согласуется с наблюдениями над распределением пироба и ильменита в бассейне среднего течения р. Даалдын, а также с результатами дешифрирования аэрофотоснимков, на которых, кроме выхода описанных нами кимберлитов, выявляются еще несколько округлых контуров, с которыми мы предположительно связываем выходы таких же алмазоносных пород¹⁰⁷.

Следует, наконец, отметить, что в настоящее время на месторождении «Зарница» Амакинской экспедицией уже начали производиться горные работы. На глубине три метра шурфами уже вскрыта кимберлитовая брекчия в коренном залегании. Замечено, что с глубиной эта порода становится все более плотной и несколько более карбонатизированной¹⁰⁸.

¹⁰⁷ Все эти предположения авторов начали блестяще подтверждаться уже летом 1955 г. [Щукин, 1985]. К 1958 г. на территории Якутии будет открыто 120 кимберлитовых трубок, что составляет 15 % к общему их числу, известному в настоящее время.

¹⁰⁸ Есть легенда о том, что Л. А. Попугаева не получила вполне заслуженной Ленинской премии по причине якобы непромышленной алмазоносности Зарницы. Однако это — лишь наивная отговорка. В действительности Зарницу никогда не списывали со счетов. По свидетельству самой Л. А. Попугаевой (см. письмо Н. С. Хрущеву в Приложениях) среди первых 40000 карат алмазов, добытых в Якутии к 1956 г., были несколько тысяч карат из Зарницы. В 1977 г. на этой трубке возобновились разведочные работы, а в 1983 г. было принято решение о начале освоения, правда, впоследствии не выполненное. В 1990 г. по инициативе главного геолога ПГО «Якуталмаз» А. И. Боткунова Зарницу снова разбурили и опробовали, найдя при этом крупный кристалл [Кротков и др., 2001]. После этого трубку опять признали промышленно перспективной, особенно на камни повышенного качества [Харьков и др., 1998; Тарских, Шалкина, 2004]. В настоящее время Зарница, отнесенная к средне продуктивным алмазным месторождениям, рассматривается как реальный претендент на промышленную разработку [Читовская, 2001]. Не исключено, что со временем она принесет еще не один приятный сюрприз.

ЭПИЛОГ

НЕКОТОРЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ СОВРЕМЕННЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ ГРАНАТОВ И ИЛЬМЕНИТА ИЗ ТРУБКИ ЗАРНИЦА

Долгое время кимберлитовая трубка Зарница и рассматривалась лишь как платонический символ открытия Восточно-Сибирской алмазоносной провинции — одного из величайших геологических достижений в истории человечества [Силаев, 2007]. Однако в последние 15—20 лет стал, наконец, в корне меняться и экономический статус этой трубки. Благодаря главному геологу ПГО «Якуталмаз» Анатолию Ивановичу Боткунову, Зарница уже признана промышленно алмазоносной трубкой с повышенным выходом высококачественных камней (рис. 54). Резко возросла и актуальность научных исследований Зарницы, обладающей множеством индивидуальных черт строения, состава и истории развития.



Рис. 54. Слева — стела на подъезде к трубке Зарница, справа — заложенный на ней и временно законсервированный добычной карьер. Фото С. Доли

Изложенные выше материалы, как нам представляется, достаточно убедительно доказывают, что приоритет не только в изучении собственно Зарницы, но и в отношении ряда более общих научных достижений в области исследований алмазных месторождений, долгое время приписываемый другим авторам, по праву принадлежит Л. А. Попугаевой и Н. Н. Сарсадских. Именно они получили первые данные о составе и строении сибирских кимберлитов; выявили принципиальную специфику кристалломорфологии, конституции и свойств важнейших как теперь принято говорить индикаторных минералов; обнаружили и правильно интерпретировали феномен специфических реакционных кайм на мантийных минералах; стимулировали начало рентгеновского изучения в СССР кимберлитовых алмазов. К числу их собственных достижений следует также отнести первые выводы о мезозойской эрозии, а, следовательно, и о домезозойском возрасте алмазоносных трубок; выявление признаков развития на Сибирской платформе мезо-кайнозойского гипергенеза, затрагивающего и кимберлиты. Громадное научное значение имеют и впервые полученные Л. А. Попугаевой систематические данные о закономерностях аллювиального рассеяния кимберлитовых минералов, открывшие важнейшее направление в алмазной геологии. Как показало время, актуальность этого направления не только не снижается, но, напротив, непрерывно возрастает в связи с осознанием важности разведок и промышленного освоения уникальных алмазных россыпей на северо-востоке Якутской алмазоносной провинции [Граханов, 2000; Граханов, 2007; Афанасьев и др., 2010].

Для нас в научном наследстве Л. А. Попугаевой и Н. Н. Сарсадских наиболее важными являются собственно минералогические данные. В этой связи значительный интерес, прежде всего, вызывает составленный для Зарницы и опубликованный Л. А. Попугаевой [Бобриевич и др., 1957] список минералов, подразделенных по генетическому

признаку на первичные из кимберлитов, первичные из ксенолитов и вторичные. Позднее этот список был воспроизведен с некоторыми изменениями в автореферате ее кандидатского доклада [Попугаева, 1970]. В настоящее время рассматриваемый список (табл. 11) выглядит, разумеется, не очень полным. В него почему-то не была включена даже часть минералов, описанных в Отчете, например, перовскит, титанит, хромшпинелиды. Однако сам принцип полигенности трубочных минералов, впервые выдвинутый Л. А. Попугаевой в 1957 г. и защищенный впоследствии как важный тезис кандидатской диссертации, оказался очень плодотворным. Он был позитивно воспринят всеми последующими поколениями исследователей алмазоносных кимберлитов и справедливо укоренился в современной системе научных знаний. Кроме того, нам кажется очень симптоматичным включение в поздний вариант реестра минералов Зарницы битумных веществ. Теперь широко известно, что такие вещества могут быть индикаторами мантийно-коровых взаимодействий и даже признаками алмазоносных кимберлитов [Попивняк и др., 1980; Мамчур и др., 1980; Боткунов и др., 1987; Галимов и др., 1989; Томиленко и др., 2006; Петровский и др., 2008]. Но что могла обо всем этом знать Л. А. Попугаева в годы ее работы?

Таблица 11

Список минералов, выявленных Л. А. Попугаевой в трубке
Зарница в 1954—1959 гг.

Первичные		Вторичные
Из кимберлитов	Из ксенолитов	
По [Бобровиц и др., 1957]		
Алмаз	Пироп	Серпентин
Ильменит	Альмандин	Кальцит
Пироп	Гроссуляр	Кварц
Хромдиопсид	Гиперстен	Кальциостронцианит
Диопсид	Турмалин	Целестин
Оливин	Хромдиопсид	Флогопит
Флогопит	Диопсид	Хлорит
Магнетит	Циркон	Гидрослюда
	Полевой шпат	Магнетит
	Кварц	Пирит
		Лимонит
По [Попугаева, 1970],		
Алмаз	Пироп	Серпентин
Ильменит	Альмандин	Кальцит
Пироп	Гроссуляр	Кварц
Хромдиопсид	Турмалин	Целестин
Диопсид	Циркон	Барит
Оливин	Апатит	Хлорит
Флогопит	Полевые шпаты	Магнетит
	Кварц	Пирит
	Корунд	Лимонит
	Кианит	Жидкий и асфальтовый битумы
	Хромит	

Очевидно, что из полученных Л. А. Попугаевой и Н. Н. Сарсадских минералогических данных наиболее существенными являются результаты впервые проведенных в СССР исследований кимберлитовых гранатов и пикроильменита. Следует признать, что с позиции современных требований к качеству аналитики эти данные далеко не небезупречны. В них, очевидно, имеются серьезные погрешности в определении пропорции между магнием и кальцием, а также в оценке валового содержания и валентных форм железа. Однако это лишь затрудняет интерпретацию полученных

первооткрывательницами результатов, но вовсе не исключает ее возможности [Силаев, 2007].

Прежде всего, необходимо подчеркнуть, что изученные Л. А. Попугаевой и Н. Н. Сарсадских гранаты из Зарницы (табл. 8) вполне определенно отличаются от гранатов из неалмазоносных сибирских трубок [Охапкин, Чубугина, 1960], соответствуя в рамках современной классификации [Соболев и др., 1978] хромсодержащей и мало хромистой (Cr_2O_3 0.42—4.20 мас. %) разновидностям пироба. При этом они заметно уступают по хромистости и кальциевости включениям гранатов в алмазах [Соболев и др., 1970], но превосходят их по железистости. По своим оптическим свойствам и параметру элементарной ячейки, согласно диаграммам, опубликованным в период 1955—1970-е гг. [Гневушев и др., 1956; Лазько, 1971], оранжевая разность зарницинских гранатов соответствуетgrossуляр-пироп-альмандину, а лиловая, кроваво-красная и бледно-розовая разности — grossуляр-альмандин-пиропу. Содержание grossуляра в рассматриваемом ряду цветных разностей гранатовых твердых растворов, судя по этим диаграммам, возрастает в направлении от лиловой разности к оранжевой и далее к кроваво-красной и бледно-розовой.

На диаграмме Н. В. Соболева точки состава гранатов из Зарницы, проанализированных Н. Н. Сарсадских и Л. А. Попугаевой, в основном ложатся в поле лерцолитового тренда, что вообще характерно как для алмазоносных и неалмазоносных кимберлитов, так и для мантийных ксенолитов в них. В рамках так называемой химико-генетической классификации эти гранаты отвечают ХГГ № 5 (слабо алмазоносные лерцолиты с низко-среднехромистым пиропом). По С. И. Костровицкому [Костровицкий и др., 2006₁] они относятся к второй-третьей группам хромистости (Cr_2O_3 до 5 мас. %). На диаграмме общего химизма гранатов [Сидоров и др., 2006], исследованные Л. А. Попугаевой и Н. Н. Сарсадских минералы распределяются между полями состава гранатов из алмазоносных кимберлитов и ксенолитов неалмазоносных эклогитов.

Значительный интерес предоставляет пересчет химического состава зарницинских гранатов на миналы. В силу некоторых особенностей исходных данных упомянутый пересчет нам пришлось осуществлять многократно, исходя последовательно из нескольких гипотез. Это было обусловлено, во-первых, указанием на присутствие в соответствующих гранатах трёхвалентного железа, что делает необходимой проверку на нормативное содержание андрадита, а во-вторых, присутствием хрома в одновременном сочетании с кальцием и магнием. Последнее создает неопределённость в отношении выбора формы хромистого минала — кноррингита или уваровита? Как известно, за рубежом [Dowson, Stephens, 1975] и отечественной школой академика Н. В. Соболева [Соболев, 1974; Соболев и др., 1969] расчет хромового минала проводится по остатку кальция после расчета андрадита, а, следовательно, из соображений присутствия в гранатах, прежде всего, уваровита. При таком способе лишь при нехватке кальция остаток хрома связывается в кноррингитовый минал. Однако сторонники этого, вероятно, упускают из виду, что гранаты, состав которых они пересчитывают, имеют значения параметра элементарной ячейки в пределах 1.1529—1.1768 нм [Гневушев и др., 1956; Гневушев, 1958; Лазько, 1971; Соболев и др., 1973]. Столь небольшие — доgrossуляровые (табл. 12) значения a_0 у гранатов с одновременной и часто довольно значительной примесью андрадитового и уваровитового миналов — совершенно невозможны. Очевидно, что при значениях у последних двух простых видов параметра э. я. в 1.200—1.205 нм, их примесь должна заметно сказываться на структурных свойствах гранатовых твердых растворов, чего не видно в соответствующих экспериментальных результатах. Так, впервые определенные С. И. Футергендлер параметры элементарной ячейки зарницинских гранатов не превысили 1.1494 [табл. 9], что лишь на 0.3 % больше значения a_0 у чистого пироба. Из всего этого следует, что в таких минералах остаток кальция надо пересчитывать, скорее, на grossуляровый, а не на уваровитовый минал, а хром следует пересчитывать на кноррингит.

Проведённые нами расчеты, в конечном счете, показали (рис. 13), что все цветные разности проанализированных Л. А. Попугаевой и Н. Н. Сарсадских гранатов с большой вероятностью могут быть отнесены к кноррингитосодержащему гроссуляр-альмандин-пиропу, различаясь лишь пропорциями между примесными миналами (табл. 12). При этом наиболее богатой примесью кноррингита оказалась лиловая разность, как это обычно и случается.

Таблица 12

Параметры элементарной ячейки основных простых видов гранатов, нм

Простые виды	Формула	Минералогические таблицы, 1981	Расчет по уравнениям [Гневушев и др., 1956]	Для синтетических чистых соединений по Б. Дж. Скиннеру (*Быкова, Генштафт, 1972)
Альмандин	$\text{Fe}_3\text{Al}_2[\text{Si}_3\text{O}_{12}]$	1.153	1.1496	1.1496
Андрадит	$\text{Ca}_3\text{Fe}_2[\text{Si}_3\text{O}_{12}]$	1.205	1.204	1.204
Блитит	$\text{Mn}_3\text{Mn}_2[\text{Si}_3\text{O}_{12}]$	Нет данных	1.1504	1.1504
Голдманит	$\text{Ca}_3\text{V}_2[\text{Si}_3\text{O}_{12}]$	1.215	Не опр.	Не опр.
Гроссуляр	$\text{Ca}_3\text{Al}_2[\text{Si}_3\text{O}_{12}]$	1.185	1.1840	1.1840
Кальдерит	$\text{Mn}_3\text{Fe}_2[\text{Si}_3\text{O}_{12}]$	Нет данных	1.1805	1.1805
Кноррингит	$\text{Mg}_2\text{Cr}_3[\text{Si}_3\text{O}_{12}]$	1.166	Не опр.	$1.192 \pm 0.005^*$
Мейджорит	$\text{Mg}_3\text{FeSi}[\text{Si}_3\text{O}_{12}]$	1.152	Не опр.	Не опр.
Пироп	$\text{Mg}_3\text{Al}_2[\text{Si}_3\text{O}_{12}]$	1.146	1.1435	1.1435
Скиагит	$\text{Fe}_2\text{Fe}_3[\text{Si}_3\text{O}_{12}]$	Нет данных	1.1695	1.1695
Спессартин	$\text{Mn}_3\text{Al}_2[\text{Si}_3\text{O}_{12}]$	1.162	1.1578	1.1578
Уваровит	$\text{Ca}_3\text{Cr}_2[\text{Si}_3\text{O}_{12}]$	1.200	1.2000	Не опр.
Хогарит	$\text{Mg}_3\text{Fe}_2[\text{Si}_3\text{O}_{12}]$	Нет данных	1.1635	1.1635
Шорломит	$\text{Ca}_3\text{Fe}_2\text{Ti}_2[\text{Si}_3\text{O}_{12}]$	1.217	Не опр.	Не опр.
Яматоит	$\text{Mn}_3\text{V}_2[\text{Si}_3\text{O}_{12}]$	1.185	Не опр.	Не опр.

Полученные Н. Н. Сарсадских и Л. А. Попугаевой данные могут быть существенно дополнены результатами исследования представленной нам О. В. Тарских коллекции гранатов, отобранных из автолитовых кимберлитовых брекчий Зарницы с глубины в интервале 17—90 м.

Гранаты

Объектами исследований послужили обломковидные, реже оскольчатые зерна размером от 0.5×1 до 2×2.5 мм. Окраска зерен варьировалась от фиолетово-лиловой до оранжево-красной. Проведенные с использованием аналитической сканирующей электронной микроскопии исследования (JSM-6400, спектрометр фирмы «Link» с дисперсией по энергиям (программное обеспечение ISIS 300) и длинам волн) показали, что на зернах граната имеются два типа явно не кристаллографических поверхностей. Первый тип представлен гладкими, часто немного изогнутыми поверхностями механического разрушения, практически не затронутыми эпигенетическими изменениями. Последнее свидетельствует о недавнем образовании этих поверхностей, возможно в результате спонтанного саморазрушения исходных индивидов. Ко второму типу мы относим первичные микрокавернозные поверхности, обычно трактуемые как поверхности «гидротермального растворения» [Тарских, Шалкина, 2004] или даже как результат «выветривания латеритного типа» [Бовкун и др., 2008].

Наши исследования также приводят к выводу о том, что сильно кавернозные поверхности зерен зарницинских гранатов (рис. 55) более всего похожи на поверхности

интенсивного растворения¹⁰⁹. Кроме ямок, в них иногда наблюдаются каналы (рис. 56), обусловленные скорее всего травлением вдоль определенных направлений в кристалле. Такого рода травление может иметь различные причины [Хейман, 1979], возможно, они обусловлены растворением по скрытым трещинам. Во всяком случае, с указанием именно на последнее обстоятельство подобные скульптуры традиционно трактуются в приложении к кристаллам алмаза [Гневушев, 1956; Титова, 1960]. Известно, что при больших векторах Бюргерса, характеризующих дислокации, каналы могут образовываться и в ходе роста кристаллов вдоль линий дислокаций. Однако в таком случае вокруг них должны появляться характерные концентрические слои роста, которых мы на исследуемых зернах не наблюдаем.

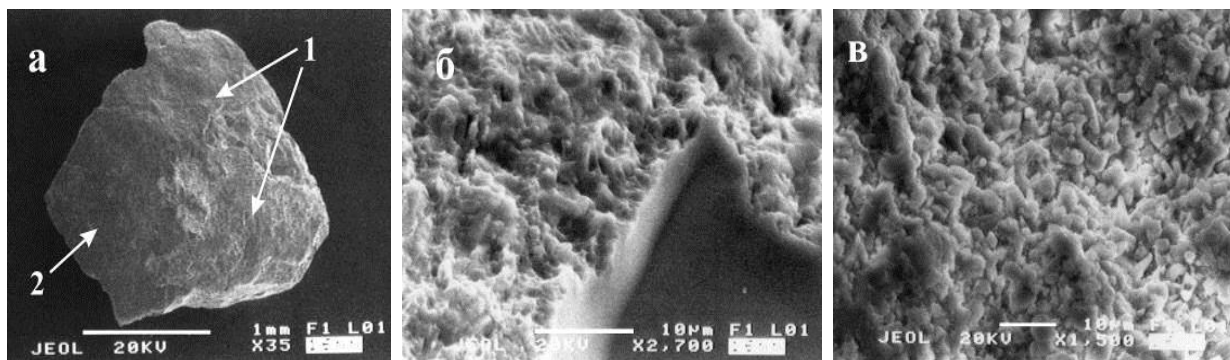


Рис. 55. Поверхности индивидов граната с кавернозными формами травления (1) и механического разрушения (2): а — общий вид, б, в — детали. Зерно пироба из трубки Зарница с глубины 89 м. Здесь и далее — СЭМ-изображение в режиме вторичных электронов

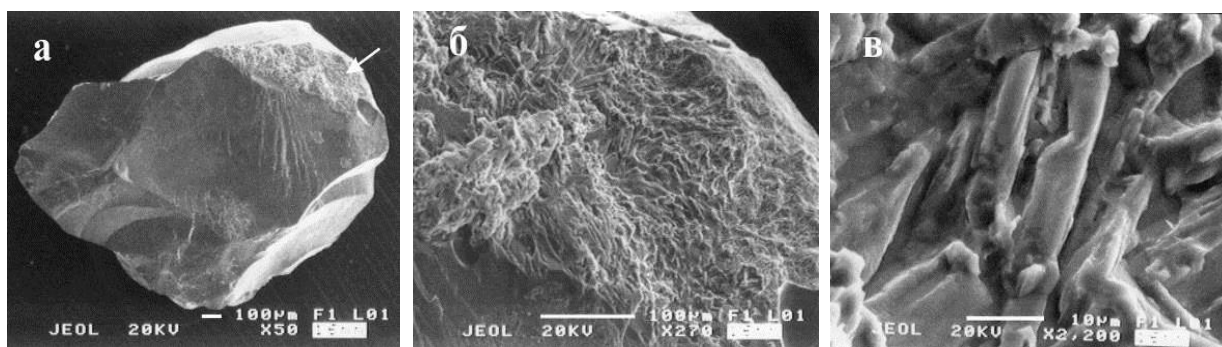


Рис. 56. Поверхность травления (показана стрелкой) с хорошо проявленными субгоризонтальными каналами (канавками) растворения: а — общий вид, б, в — детали. Зерно пироба из трубки Зарница с глубины 40 м

Как хорошо известно, «нормальные» ямки травления имеют обычно правильную геометрическую форму с прямыми линиями их ребер и гладкими (иногда ступенчатыми) стенками (бортами) самих впадин. Они возникают на выходах дислокаций на поверхность кристаллов. Такие ямки травления детально и в самых разных аспектах изучены экспериментально [Хейман, 1979]. Подобных ямок на поверхности зерен пироба мы тоже не видим. В рассматриваемом случае развитие процесса растворения во времени привело к слиянию этих ямок и образованию неправильной, сильно изъязвленной поверхности кристалла. Этот переход происходит тем быстрее, чем относительно более недосыщенной является окружающая кристалл среда. Причем, здесь имеется следующий принципиальный момент. Растворение при больших недосыщениях идет не только на

¹⁰⁹ Этот раздел написан при участии Е. Б. Трейвуса, который наблюдал подобную эволюцию форм кристаллов при возрастании недосыщения на примере кристаллов бромата натрия и алюмокалиевых квасцов, растворяющихся в водных растворах.

линейных дефектах, но уже беспорядочно распространяется по всей поверхности кристалла. Возникают совершенно неправильные, неровные поверхности, профиль которых не воспроизводится в течение травления данного кристалла при данной степени недосыщения раствора. Как известно, изучение морфологии поверхностей, возникающих при «беспорядочной коррозии» (по терминологии Р. Б. Хеймана), экспериментаторы практически избегают именно в силу их иррационального характера.

Таким образом, мы приходим к выводу о том, что поверхности исследуемых зерен гранатов из трубки Зарница подверглись беспорядочной коррозии, характерной для относительно большой степени недосыщения. Образующиеся ямки травления, быстро углубляясь и расширяясь, приходили в соприкосновение, покрывая всю растворяющуюся поверхность (рис. 57). При этом размер ямок оставался очень стабильным, не превышая по ширине 2—3 мкм. Глубина ямок возрастала, некоторые из них становились похожими на настоящие каналы растворения (рис. 58). В конечном итоге, чем большей степени достигало недосыщение и чем дольше длилось растворение, тем более глубоко изъязвленной становилась поверхность пироповых зерен.

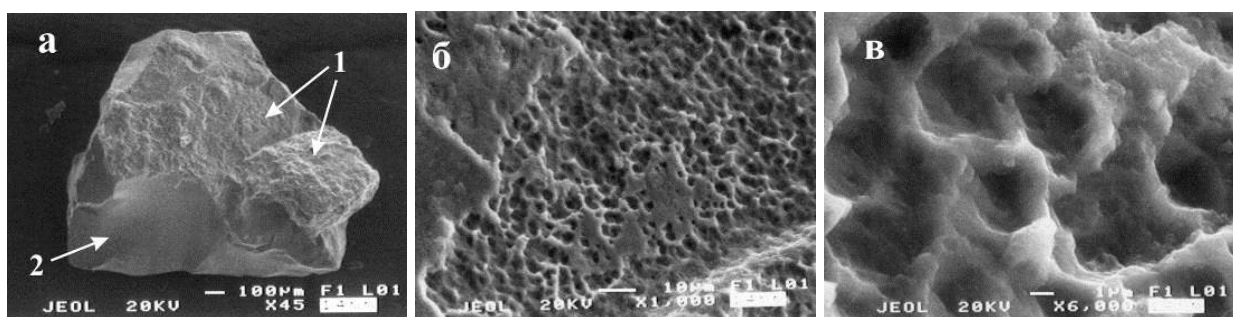


Рис. 57. Коррозионная поверхность средней стадии изъязвления (1) и поверхность механического разрушения (2): а — общий вид, б, в — детали. Зерно пироба из трубки Зарница с глубины 74 м

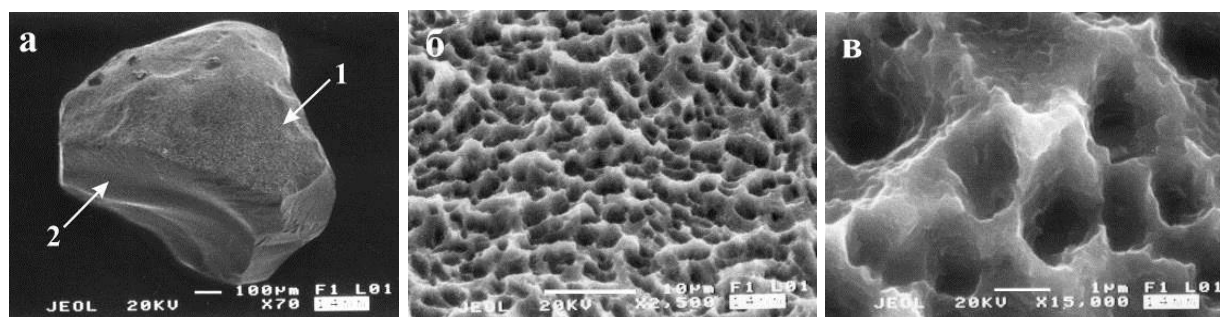


Рис. 58. Коррозионная поверхность конечной стадии изъязвления (1) и поверхность механического разрушения (2): а — общий вид, б, в — детали. Зерно пироба из трубки Зарница с глубины 38 м

В какой геологической обстановке могло осуществляться подобного рода растворение? Мы предполагаем следующее. Перед тем, как кимберлитовый расплав стал извергаться, в его очаге нарастали температура и давление, что должно было приводить к повышению растворимости находящихся в расплаве ксеногенных гранатов. В результате этого зерна гранатов могли оказаться по отношению к расплаву в состоянии существенного недосыщения и испытать сильное растворение с образованием описанных выше поверхностей. На стадии извержения, в ходе которого температура и давление падали, магма по отношению к гранатам снова должна была стать пересыщенной, а, следовательно, коррозионные поверхности гранатовых зерен должны были бы подвергнуться регенерации. Однако признаки регенерации, к которой случайные поверхности кристаллов весьма чувствительны, обычно обнаруживающиеся в виде совокупности нарастающих друг на друга слоев, на изученных зернах пироба не

зафиксированы. Поэтому остается предположить, что несостоявшуюся регенерацию «перешибло» влияние каких-то необычных факторов. В качестве одного из таких факторов мы видим кавитацию, обусловленную вскипанием кимберлитового расплава в результате скачкообразного спада давления после сильного сжатия [Stolper, 1982]. Возникающие в извергающемся расплаве квазивакуумные или газовые пузырьки могли налипать на поверхность гранатов, а затем «схлопываться» (коллапсировать), воздействуя на эту поверхность с образованием своеобразных раковистых форм микрокоррозии (рис. 59).

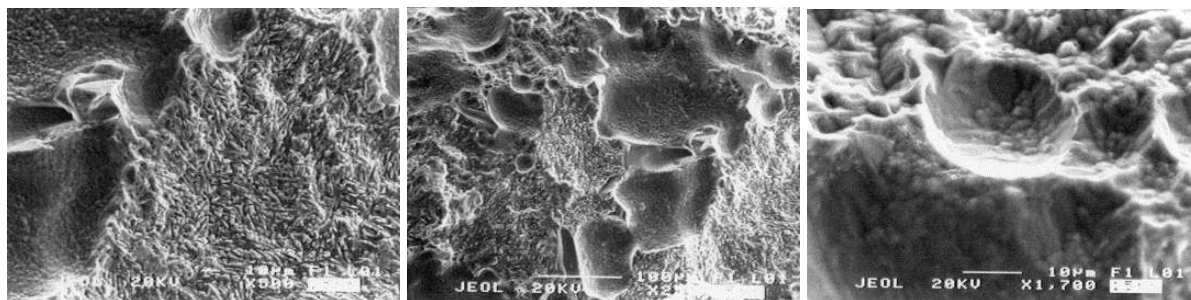


Рис. 59. Поверхность травления с раковистыми формами микрокоррозии в местах предполагаемого прилипания газовых пузырьков. Зерно пиропы из трубки Зарница с глубины 17 м

К вышеизложенному остается добавить, что выявленные на поверхности изученных гранатов коррозионные поверхности не являются особенностью только трубки Зарница. Как показал анализ гранатов из личной коллекции Л. А. Попугаевой [Силаев и др., 2009], такого рода поверхности вообще характерны для гранатов из сибирских алмазодносных кимберлитов, отражая, очевидно, еще не познанные детали условий и механизмов глубинного минералообразования.

Проведенные нами исследования не привели к обнаружению келиитовых кайм, ранее отмечавшихся на гранатах из Зарницы [Тарских, Шалкина, 2004] и вообще часто упоминающихся в связи с пиропом из кимберлитов [Тронева и др., 1979; Вишневский и др., 1984]. Вместо таких кайм на многих зернах зарницинских гранатов мы обнаружили

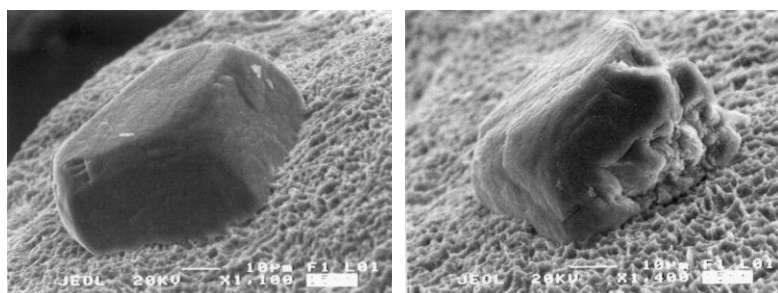


Рис. 60. Нарастание кристаллов доломита на кавернозную поверхность граната. Трубка Зарница, глубина 38 м.

наросшие на их кавернозную поверхность идиоморфные кристаллы Sr-содержащего доломита, размер которых достигает 50×70 мкм (рис. 60). Анализ показал (табл. 13), что этот минерал характеризуется вполне удовлетворительной стехиометрией, а примесь стронция рассчитывается на структурную позицию ионов кальция, что

кристаллохимически является вполне закономерным.

Еще чаще на поверхности исследованных зерен гранатов мы наблюдали фрагменты полиминеральной микрокорки толщиной до 100 мкм, близкой по химическому и минеральному составу к описанной Л. А. Попугаевой и Н. Н. Сарсадских «серпентинитовой брекчии». Под микроскопом выявляется, что такая микрокорка, условно называемая нами кимберлитовой, пассивно нарастает на коррозионную поверхность гранатов. Снаружи она характеризуется примечательным бугристым рельефом (рис. 61), а в сечении часто имеет параллельно-пластинчатое строение, типичное для серпентин-асбеста. По своему химическому составу (табл. 14) микрокорка

близка к эталонным для Якутской алмазоносной провинции кимберлитам, особенно кимберлитам Далдыно-Алакитского района [Василенко и др., 2000]. Зарегистрированные для микрокорки аномально высокие содержания Al_2O_3 и MgO и, напротив,

Таблица 13
Химический состав монокристаллов доломита (1—4) и пленок стронцианита (5—9) на поверхности граната мас. %

№ п/п	CaO	MgO	SrO	Сумма	Эмпирические формулы
1	29.78	21.62	0.99	52.39	$(\text{Ca}_{0.98}\text{Sr}_{0.02})\text{Mg}[\text{CO}_3]_2$
2	29.64	21.62	1.17	52.43	$(\text{Ca}_{0.98}\text{Sr}_{0.02})\text{Mg}[\text{CO}_3]_2$
3	29.24	21.56	1.76	52.56	$(\text{Ca}_{0.97}\text{Sr}_{0.03})\text{Mg}[\text{CO}_3]_2$
4	29.44	21.54	1.54	52.52	$(\text{Ca}_{0.97}\text{Sr}_{0.03})\text{Mg}[\text{CO}_3]_2$
5	5.54	11.47	46.39	63.40	$(\text{Sr}_{0.82}\text{Ca}_{0.18})[\text{CO}_3]$
6	3.36	10.01	51.28	64.65	$(\text{Sr}_{0.89}\text{Ca}_{0.11})[\text{CO}_3]$
7	3.35	10.09	51.11	64.55	$(\text{Sr}_{0.89}\text{Ca}_{0.11})[\text{CO}_3]$
8	4.60	6.08	5.51	66.19	$(\text{Sr}_{0.87}\text{Ca}_{0.13})[\text{CO}_3]$
9	3.36	11.71	48.78	63.85	$(\text{Sr}_{0.89}\text{Ca}_{0.11})[\text{CO}_3]$

низкое содержание CaO обусловлены, очевидно, влиянием на результаты микрозондового анализа наводок от пиропового субстрата. Расчеты показали, что исследуемой корке свойственна и типичная для якутских кимберлитов система корреляционных связей породообразующих компонентов. Главной в этой системе является сильная прямая корреляция SiO_2 и MgO ($r = 0.9$), очевидно обусловленная преимущественно оливин-серпентиновым составом кимберлитовой породы, и обратная корреляция MgO и CaO , ($r = -0.42$), отражающая присутствие в кимберлите карбонатной примеси. Обращает также на себя внимание группа компонентов — TiO_2 , Fe_2O_3 , Cr_2O_3 , положительно связанных между собой ($r = 0.61—0.97$), но обратно коррелирующихся с SiO_2 и MgO . ($r = -0.39...0.66$). Не исключено, что это обусловлено не только наводками от граната, но и примесью в кимберлитовой корке ильменита, гематита и хромшпинелидов.

В составе кимберлитовых корок наибольший интерес представляет перовскит, впервые установленный в сибирских кимберлитах Л. А. Попугаевой и Н. Н. Сарсадских. В

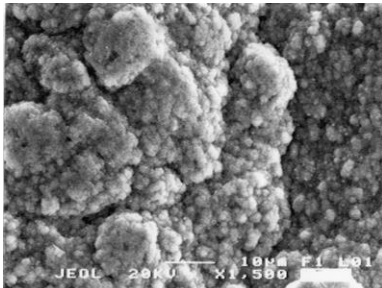
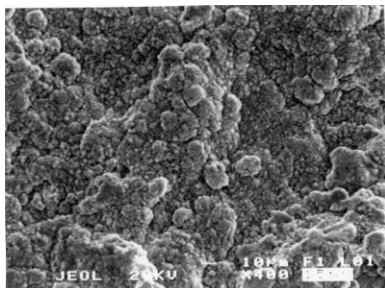


Рис. 61. Кимберлитовая микрокорка на зерне граната. Трубки Зарница, глубина 59 м

нашем случае перовскит наблюдается в виде кристаллов типичного для этого минерала псевдокубического габитуса, тесно сросшихся с микрозернистой оливин-серпентиновой массой (рис. 62). В составе этого минерала установлена значительная примесь железа, ниобия и ванадия (табл. 15), что подтверждает его мантийное

происхождение. Иногда на кристаллах перовскита отмечается очень тонкая пленка, сложенная дендритовидными агрегатами игольчато-призматических индивидов стронциевого карбоната. Длина упомянутых индивидов составляет 1—3 мкм, а толщиной достигает одного мкм (рис. 63). Состав таких пленок легко выявляется по сильной наводке стронция, нарушающей стехиометрические пропорции перовскита (табл. 15, ан. № 5). Прямое зондирование пленочной фазы показывает, что она сложена кальцийсодержащим стронцианитом (табл. 13). Следует напомнить, что, первое указание на присутствие этого карбоната в алмазоносных кимберлитах принадлежит именно Л. А. Попугаевой.

Таблица 14

Химический состав кимберлитовых микрокорок на зернах граната (1—27)
и пикроильменита (28—34), мас. %

№ п/п	SiO ₂	TiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	Cr ₂ O ₃	NiO	CuO	MgO	MnO	CaO	SrO	K ₂ O	SO ₃	P ₂ O ₅	Сумма
1	25.56	0.60	13.47	10.16	0.48	Н.о.	Н.о.	27.63	Н.о.	Н.о.	Н.о.	1.43	Н.о.	Н.о.	79.33
2	17.31	2.05	6.37	20.85	4.15	0.93	«	30.87	«	0.41	«	Н.о.	«	«	82.94
3	32.25	0.35	4.01	3.85	0.71	0.43	0.25	36.01	«	Н.о.	«	«	«	«	78.02
4	9.49	4.80	3.82	48.06	3.25	1.05	Н.о.	9.11	0.36	0.65	«	«	«	«	80.59
5	37.79	Н.о.	2.68	2.91	Н.о.	0.41	«	41.99	Н.о.	«	«	«	0.50	«	86.28
6	27.11	«	5.15	3.46	1.06	0.97	«	32.29	0.18	0.18	«	«	Н.о.	«	70.40
7	27.62	«	7.50	7.58	1.25	0.98	«	31.53	Н.о.	0.22	«	«	«	«	76.68
8	32.22	«	2.13	3.25	Н.о.	Н.о.	«	36.38	«	0.14	«	«	«	«	74.12
9	31.44	0.23	6.19	3.21	2.16	«	«	34.16	«	0.48	«	«	«	«	77.87
10	35.45	Н.о.	6.12	5.44	Н.о.	«	«	40.46	«	Н.о.	«	«	«	«	87.47
11	32.51	«	6.23	5.20	«	«	«	34.61	«	«	«	«	«	«	78.55
12	31.96	«	12.37	10.21	«	«	«	32.13	«	«	«	«	«	«	86.67
13	30.01	«	11.39	5.71	«	«	«	31.73	«	«	«	«	«	«	78.84
14	25.21	«	3.03	4.19	«	«	«	29.61	«	«	«	«	«	«	62.04
15	29.51	«	3.18	3.14	0.59	«	«	34.81	«	0.55	«	«	«	«	71.78
16	33.71	0.34	3.13	2.58	Н.о.	«	«	36.83	«	0.43	«	«	«	«	77.02
17	28.53	Н.о.	2.36	2.11	«	0.36	«	30.83	«	8.43	«	«	«	«	72.62
18	33.29	«	2.67	2.59	«	Н.о.	«	37.17	«	Н.о.	«	«	«	«	75.72
19	31.44	«	6.12	3.15	2.47	«	«	36.14	«	«	«	«	«	«	79.32
20	16.23	«	2.01	4.10	Н.о.	«	«	19.92	«	26.97	«	«	«	«	69.55
21	15.72	«	2.17	2.15	«	«	«	21.64	«	30.32	0.83	«	«	«	72.83
22	32.07	«	7.77	4.63	1.54	«	«	32.47	«	Н.о.	Н.о.	1.01	«	«	79.49
23	33.85	«	4.25	4.26	Н.о.	«	«	36.50	«	«	«	Н.о.	«	«	78.86
24	38.93	«	2.55	1.89	«	«	«	45.20	«	0.42	«	«	«	«	88.99
25	32.81	0.29	16.48	6.32	2.36	«	«	26.39	«	0.28	«	4.91	«	«	89.84
26	30.16	0.38	6.15	8.38	1.89	«	«	30.79	«	Н.о.	«	0.76	«	«	78.51
27	36.73	Н.о.	3.79	2.72	Н.о.	«	«	40.62	«	«	«	Н.о.	«	«	83.85
$\bar{X}$	29.22	0.33	5.67	6.74	0.81	0.19	0.01	32.51	0.02	2.57	0.03	0.30	0.02	«	78.45
$S_{\bar{X}}$	6.96	0.96	3.72	8.95	1.16	0.36	0.05	7.18	0.07	7.55	0.16	0.16	0.09	«	6.27
28	30.30	0.49	2.81	4.19	Н.о.	Н.о.	Н.о.	31.81	Н.о.	2.91	Н.о.	Н.о.	Н.о.	«	72.51
29	21.27	2.61	3.29	11.18	«	«	«	23.88	0.35	8.52	«	«	«	«	71.10
30	28.54	0.39	3.10	4.45	«	«	«	31.75	«	0.60	«	«	«	«	68.83
31	30.91	Н.о.	2.07	3.55	0.31	«	«	31.55	4.15	0.36	«	«	«	«	73.90
32	21.27	2.61	3.29	11.18	Н.о.	«	«	23.88	0.35	0.52	«	«	«	«	63.10
33	16.29	8.64	3.70	23.62	0.78	«	«	23.46	0.50	8.90	«	«	«	0.87	86.76
34	20.15	5.94	3.31	19.30	0.50	«	«	27.56	0.47	6.05	«	«	«	0.60	83.28
$\bar{X}$	24.10	2.95	3.08	11.07	0.23	Н.о.	Н.о.	27.70	0.83	3.98	Н.о.	Н.о.	Н.о.	0.21	74.21
$S_{\bar{X}}$	5.31	3.00	0.48	7.30	0.29			3.69	1.37	3.52				0.34	7.60

Примечание. Каждый анализ представляет усредненный состав микрокорки на участке 200 × 200 мкм. Дефицит суммы обусловлен входением в состав корок серпентиновых и карбонатных минералов. Статистические параметры: $\bar{X}$ — среднее арифметическое, $S_{\bar{X}}$ — стандартное отклонение, Н.о. — не обнаружено.

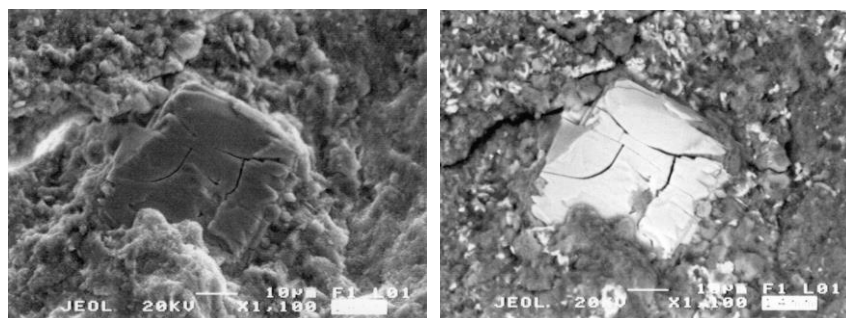


Рис. 62. Трещиноватое зерно перовскита в кимберлитовой микрокорке, нарастающей на кавернозную поверхность граната. Трубка Зарница, глубина 38 м. СЭМ-изображения в режимах вторичных (слева) и упруго-отраженных (справа) электронов

Наряду с собственно перовскитом в кимберлитовых микрокорках обнаружены единичные зерна перовскитоподобного титанового оксида, варьирующегося по составу от пиррофанит-перовскит-ильменита до перовскит-пиррофанит-

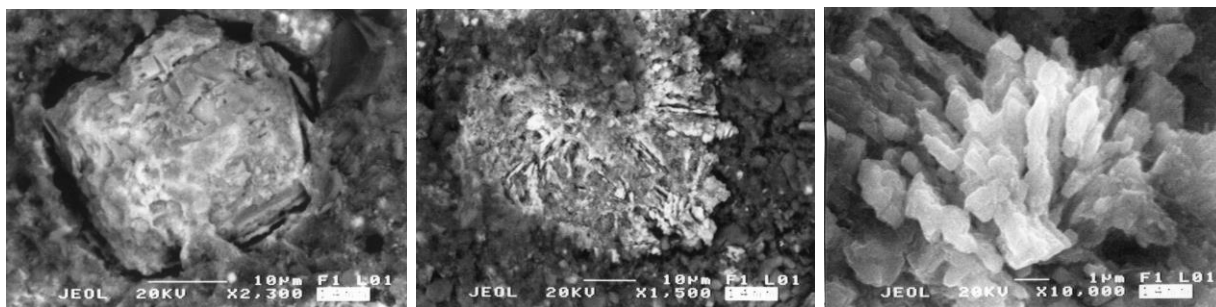


Рис. 63. Зерна перовскита, покрытые пленкой стронцианита (более светлое), из кимберлитовой микрокорки на гранате. Трубка Зарница, глубина 17 м. СЭМ-изображения в режиме вторичных электронов

ильменита (табл. 15, ан. № 6—9), а также кристаллиты необычных REE-титановых оксидов размером 3—5 мкм (рис. 64).

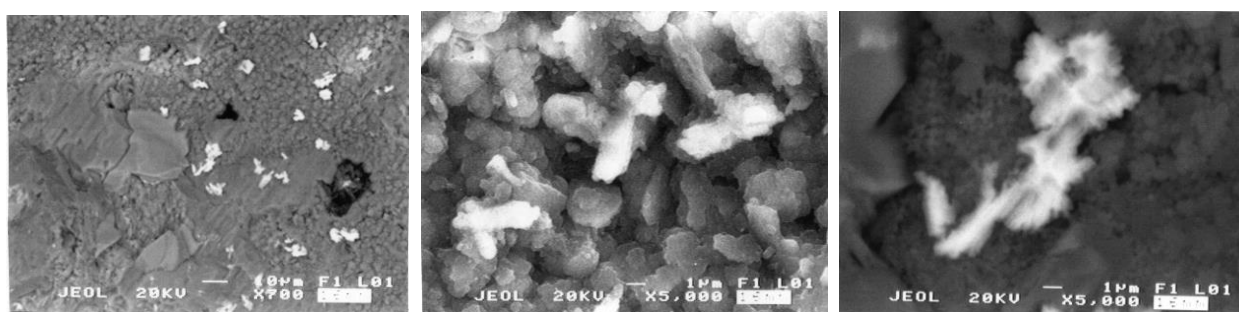


Рис. 64. Выделения REE-титановых оксидов в кимберлитовой микрокорке на гранате. Трубка Зарница, глубина 59 м. СЭМ-изображения в режиме вторичных и упруго-отраженных электронов

В настоящее время о конституции последних минералов еще трудно судить, но постоянная примесь в них железа, марганца и кальция располагает к предположению о том, что они относятся к системе твердых растворов лопарит-перовскит-ильменит-пирофанитового состава. Ранее на вероятное существование в сибирских кимберлитах таких минералов указывали находки ильменита и перовскита, обогащенных редкими землями до 2—6.5 мас. %. Не исключено, что именно такого рода фазы и отвечают за хорошо известную в кимберлитах прямую корреляцию содержаний лантаноидов, TiO_2 и суммарной FeO [Василенко и др., 2003]. Следует также напомнить, что лопаритсодержащие твердые растворы в связи с алмазоносными субстратами уже регистрировались и на Урале, где они генетически увязаны с взрывной стадией извержения мантийных щелочно-ультраосновных магматитов [Чайковский, 2006].

Остается добавить, что в ассоциации с REE-Ca-Fe-титановыми оксидами в кимберлитовых микрокорках на зернах гранатов нами установлены единичные выделения хромсодержащего титаномагнетита (табл. 15, ан. № 18) и самородной металлической фазы усредненного состава $Fe_{0.90}Mn_{0.07}Cr_{0.02}Ni_{0.01}$.

Согласно полученным данным, гранаты, отобранные по разрезу Зарницы, довольно широко изменяются по химическому составу, включая и содержание Cr_2O_3 (табл. 16). Последнее колеблется в пределах от 0.75 до 11.10 мас. %, значительно превосходя в своих максимальных значениях критерий отнесения гранатов к алмаз-пироповой фации глубинности [Соболев, 1983]. На диаграмме академика Н. В. Соболева 73 % точек состава исследованных нами зарницынских гранатов приходится на поле лерцолитового парагенезиса, 23 % — на поле неалмазоносного дунит-гарцбургитового парагенезиса, 4 % — на поле верлитового парагенезиса. В целом полученное нами распределение сходится с данными наших предшественников [Антонова и др., 2007] и вообще является довольно обычным для продуктивных трубок Восточно-Сибирской алмазоносной провинции. При

этом обращает на себя внимание тот факт, что, судя по результатам наших исследований, гранаты в трубке Зарница в действительности оказываются не столь высококальциевыми, как об этом сообщалось. Напротив, получается, что содержание СаО в зарницинских гранатах существенно уступает средним данным по якутским трубкам [Соболев и др., 1978].

Таблица 15

Химический состав титановых (1—9), редкоземельно-титановых (10—17) и железных (18) оксидов, выявленных в кимберлитовых микрокорках, нарастающих на зерна гранатов из трубки Зарница, мас. %

№ п/п	TiO ₂	Fe ₂ O ₃	Cr ₂ O ₃	La ₂ O ₃	Ce ₂ O ₃	Pr ₂ O ₃	Nd ₂ O ₃	MnO	CaO	SrO	Nb ₂ O ₅	V ₂ O ₅
1	57.19	2.01	«	«	«	«	«	«	39.28	H.o.	0.72	0.80
2	57.18	1.29	«	H.o.	H.o.	«	H.o.	H.o.	39.47	«	0.96	1.10
3	56.80	1.45	«	«	1.98	«	«	«	39.77	«	H.o.	H.o.
4	57.17	1.86	«	«	H.o.	«	«	«	39.95	«	1.02	
5	46.14	1.47	H.o.	H.o.	H.o.	H.o.	H.o.	H.o.	35.50	16.89	H.o.	H.o.
6	54.10	23.99	«	«	«	«	«	5.77	14.80	«	1.34	
7	55.00	23.11	«	«	«	«	«	3.96	15.74	«	1.17	1.02
8	40.82	48.96	«	«	«	«	«	7.49	2.73	«	H.o.	H.o.
9	48.89	43.95	0.45	«	«	«	«	5.13	1.58	«	H.o.	H.o.
10	60.43	11.58	«	«	13.65	«	4.95	6.58	2.81	«	«	«
11	59.73	10.44	1.45	«	14.41	«	5.86	5.48	2.63	«	«	«
12	55.86	10.25	H.o.	4.08	14.40	«	4.64	6.46	2.86	«	«	1.45
13	55.27	8.16	1.08	5.88	16.29	«	5.60	5.15	2.57	«	«	1.08
14	67.61	0.28	1.12	H.o.	14.73	«	5.86	7.20	3.20	«	«	H.o.
15	47.74	29.71	H.o.	«	12.27	«	4.09	4.27	1.92	«	«	«
16	43.19	30.17	«	«	12.15	3.50	4.19	4.96	1.84	«	«	«
17	60.02	21.19	«	4.40	0.27	H.o.	5.52	5.55	3.05	«	«	«
18	5.74	91.81	0.85	«	«	«	«	0.80	0.80	«	«	«

По содержанию собственно Cr₂O₃ исследованные нами гранаты колеблются от хромсодержащих до сильно хромистых, уступая, правда, гранатам из ураганно алмазонасных трубок. В рамках химико-генетической классификации исследуемые гранаты на 88.5 % соответствуют ХГГ № 5 (слабо алмазонасные лерцолиты с низко-

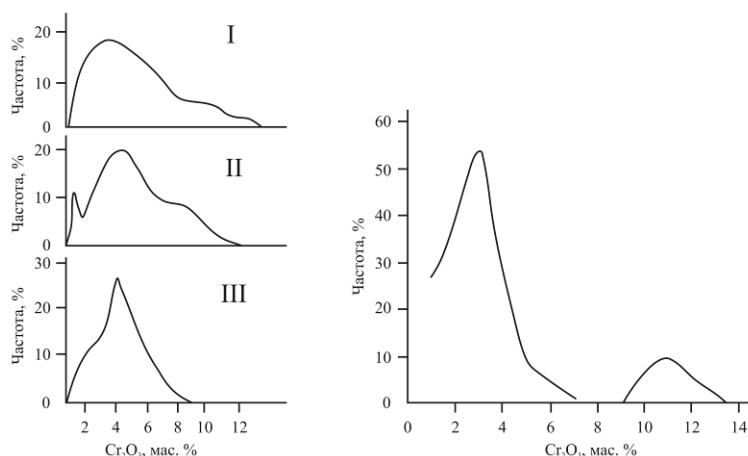


Рис. 65. Распределение гранатов по содержанию Cr₂O₃ в сибирских кимберлитовых трубках. Слева — графики Н. Н. Сарсадских [Сарсадских, 1981] для алмазонасных (I, II) и неалмазонасных (III) трубок, построенные по данным Н. В. Соболева с соавторами [Соболев и др., 1978]. Справа — график, построенный нами по новым данным, полученным для Зарницы

среднехромистым пиропом), на 8 % — ХГГ № 2 (средне алмазонасные лерцолиты и дунит-гарцбургиты с высокохромистым пиропом) и на 3.5 % — ХГГ № 4 (слабо-средне алмазонасные лерцолиты со среднехромистым пиропом). Распределение по группам С. И. Костровицкого имеет следующий вид (%): № 2 — 26.9, № 3 — 61.5; № 4 — 11.6. Информативным оказалось и распределение исследуемых гранатов непосредственно по содержанию Cr₂O₃. Соответствующий график довольно близко совпал с графиком распределения пиропов именно из алмазонасных, а не «пустых» трубок (рис. 65).

Таблица 16

Химический состав гранатов из трубки Зарница, мас. %

№ п/п	SiO ₂	TiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	FeO	Cr ₂ O ₃	MgO	MnO	NiO	CuO	CaO	Na ₂ O+K ₂ O	H ₂ O	П.п.п.	Сумма
С поверхности трубки [Сарсадских, Попугаева, 1955]															
1	38.70	0.25	20.50	0.77	7.97	4.20	21.36	0.11	Н.о.	Н.о.	5.80	0.25	Сл.	0.24	99.91
2	41.16	0.48	26.05	4.77	2.80	2.33	16.35	0.13	«	«	5.16	0.12	0.32	0.48	99.67
3	39.90	0.60	28.40	6.51	7.04	0.42	12.25	0.08	«	«	5.06	0.20	Сл.	Сл.	100.46
4	28.80	0.53	27.15	16.45	Н.о.	0.60	15.32	Н.о.	«	«	9.50	Н.о.	Н.о.	Н.о.	98.35
С глубины 17—90 м															
5	40.60	0.98	20.48	10.63	Н.о.	0.75	20.85	0.42	Н.о.	Н.о.	4.27	Н.о.	Н.о.	Н.о.	98.98
6	40.91	1.23	20.15	10.48	«	0.77	21.57	0.29	«	«	4.57	«	«	«	99.97
7	41.34	Н.о.	14.26	6.49	«	10.44	21.94	Н.о.	«	«	5.72	«	«	«	100.19
8	41.03	«	14.47	6.71	«	10.72	20.42	«	0.44	0.68	6.10	«	«	«	100.57
9	41.11	«	13.04	7.32	«	11.10	21.30	0.40	Н.о.	Н.о.	6.20	«	«	«	100.47
10	42.81	0.26	20.77	5.23	«	3.46	24.40	Н.о.	«	«	3.41	«	«	«	100.34
11	40.82	0.48	18.64	7.13	«	4.49	22.05	0.33	«	«	4.16	«	«	«	98.10
12	41.85	0.43	18.58	6.69	«	4.67	23.22	0.34	«	«	4.33	«	«	«	100.11
13	41.84	0.46	19.76	7.86	«	2.77	22.98	Н.о.	«	«	4.23	«	«	«	99.90
14	41.81	0.34	20.39	7.51	«	2.55	22.64	0.42	«	«	3.99	«	«	«	99.71
15	42.32	0.30	20.47	7.70	«	2.91	22.95	Н.о.	«	«	4.05	«	«	«	100.70
16	41.60	Н.о.	20.14	7.73	«	2.71	22.23	«	«	«	4.06	«	«	«	98.47
17	41.76	0.47	19.99	7.26	«	3.73	22.09	«	«	«	4.79	«	«	«	100.09
18	42.43	0.44	20.33	6.51	«	3.55	23.70	«	«	«	3.81	«	«	«	100.79
19	41.46	0.70	19.61	7.25	«	3.40	22.92	«	«	«	4.12	«	«	«	99.46
20	41.86	0.63	20.50	7.37	«	3.74	21.84	0.35	«	«	4.57	«	«	«	100.86
21	41.34	«	21.46	11.67	«	0.63	19.20	0.36	«	«	4.98	«	«	«	99.64
22	40.93	0.33	21.13	12.22	«	0.61	19.48	0.38	«	«	4.64	«	«	«	99.72
23	41.18	0.46	21.21	12.25	«	0.65	19.32	0.39	«	«	4.90	«	«	«	100.36
24	41.75	Н.о.	22.22	11.14	«	0.65	19.59	0.33	«	«	4.58	«	«	«	100.26
25	41.46	0.52	21.59	12.00	«	0.62	19.51	0.33	«	«	4.98	«	«	«	101.01
26	42.16	0.58	19.43	7.21	«	2.58	24.30	0.35	«	«	3.67	«	«	«	100.28
27	42.18	0.67	19.65	7.47	«	2.82	23.99	0.32	«	«	3.68	«	«	«	100.78
28	38.81	0.43	18.48	7.28	«	3.28	20.58	Н.о.	«	«	4.24	«	«	«	100.37
29	39.43	0.60	19.84	10.94	«	2.67	19.34	«	«	«	7.14	«	«	«	99.96
30	40.91	0.39	19.47	11.97	«	2.66	19.80	0.49	«	«	4.28	«	«	«	99.97
$\bar{X}$	41.37	0.41	19.46	8.62	Н.о.	3.42	21.62	0.21	0.02	0.03	4.59	Н.о.	Н.о.	Н.о.	Н.о.
$S\bar{X}$	0.85	0.30	2.20	2.17		2.91	1.65	0.18	0.08	0.13	0.85				
$V\bar{X}$	2	73	11	25		85	8	86	400	433	18				

Примечание. Результаты химического (1—4) и рентгеноспектрального микрозондового (5—30) анализов.

Статистические параметры: $\bar{X}$ — среднее арифметическое, $S\bar{X}$ — стандартное отклонение,

$V\bar{X}$ — коэффициент вариации.

Эмпирические формулы:

- 5 — $(Mg_{2.39}Ca_{0.44}Fe_{0.17})_3(Al_{1.22}Cr_{0.69}Fe_{0.18})_2[Si_3O_{12}]$;
6 — $(Mg_{2.24}Ca_{0.48}Fe_{0.21}Ni_{0.03}Cu_{0.04})_3(Al_{1.25}Cr_{0.62}Fe_{0.16})_{2.03}[Si_3O_{12}]$;
7 — $(Mg_{2.33}Ca_{0.48}Fe_{0.17}Mn_{0.02})_3(Al_{1.12}Cr_{0.64}Fe_{0.23})_{1.99}[Si_3O_{12}]$;
8 — $(Mg_{2.56}Ca_{0.26}Fe_{0.18})_3(Al_{1.71}Cr_{0.19}Fe_{0.09})_{1.99}[(Ti_{0.01}Si_3)_{3.01}O_{12}]$;
9 — $(Mg_{2.41}Ca_{0.32}Fe_{0.18}Mn_{0.02})_3(Al_{1.60}Cr_{0.26}Fe_{0.14})_2[(Ti_{0.03}Si_{2.77})_3O_{12}]$;
10 — $(Mg_{2.48}Ca_{0.33}Fe_{0.17}Mn_{0.02})_3(Al_{1.55}Cr_{0.26}Fe_{0.19})_2[(Ti_{0.02}Si_{2.97})_{2.99}O_{12}]$;
11 — $Mg_{2.45}Ca_{0.32}Fe_{0.33})_3(Al_{1.65}Cr_{0.16}Fe_{0.19})_{1.99}[(Ti_{0.02}Si_{2.97})_{3.99}O_{12}]$;
12 — $(Mg_{2.42}Ca_{0.31}Fe_{0.25}Mn_{0.02})_3(Al_{1.71}Cr_{0.14}Fe_{0.15})_2[(Ti_{0.02}Si_{2.98})_3O_{12}]$;
13 — $(Mg_{2.43}Ca_{0.31}Fe_{0.26})_3(Al_{1.70}Cr_{0.16}Fe_{0.15})_{1.99}[(Ti_{0.02}Si_{2.98})_3O_{12}]$;
14 — $(Mg_{2.41}Ca_{0.28}Fe_{0.18})_3(Al_{1.71}Cr_{0.15}Fe_{0.14})_2[Si_3O_{12}]$;
15 — $(Mg_{2.09}Ca_{0.39}Fe_{0.50}Mn_{0.02})_3(Al_{1.83}Cr_{0.04}Fe_{0.14})_{1.99}[Si_3O_{12}]$;
16 — $(Mg_{2.11}Ca_{0.36}Fe_{0.51}Mn_{0.02})_3(Al_{1.80}Cr_{0.03}Fe_{0.15})_{1.98}[(Ti_{0.02}Si_{2.96})_{2.98}O_{12}]$;
17 — $Mg_{2.09}Ca_{0.38}Fe_{0.51}Mn_{0.02})_3(Al_{1.80}Cr_{0.04}Fe_{0.15})_{1.99}[(Ti_{0.02}Si_{2.98})_3O_{12}]$;
18 — $(Mg_{2.11}Ca_{0.35}Fe_{0.52}Mn_{0.02})_3(Al_{1.88}Cr_{0.04}Fe_{0.08})_2[Si_3O_{12}]$;
19 — $(Mg_{2.10}Ca_{0.38}Fe_{0.50}Mn_{0.02})_3(Al_{1.82}Cr_{0.04}Fe_{0.15})_{2.01}[(Ti_{0.03}Si_{2.97})_3O_{12}]$;
20 — $(Mg_{2.58}Ca_{0.28}Fe_{0.12}Mn_{0.02})_3(Al_{1.61}Cr_{0.14}Fe_{0.26})_{2.01}[(Ti_{0.03}Si_{2.97})_3O_{12}]$;

- 21 — $(\text{Mg}_{2.56}\text{Ca}_{0.26}\text{Fe}_{0.18})_3(\text{Al}_{1.71}\text{Cr}_{0.19}\text{Fe}_{0.09})_{1.99}[(\text{Ti}_{0.01}\text{Si}_3)_{3.01}\text{O}_{12}]$;
- 22 — $(\text{Mg}_{2.17}\text{Ca}_{0.32}\text{Fe}_{0.51})_3(\text{Al}_{1.74}\text{Cr}_{0.16}\text{Fe}_{0.10})_2[(\text{Ti}_{0.03}\text{Si}_{2.97})_3\text{O}_{12}]$;
- 23 — $(\text{Mg}_{2.16}\text{Ca}_{0.33}\text{Fe}_{0.48}\text{Mn}_{0.03})_3(\text{Al}_{1.68}\text{Cr}_{0.15}\text{Fe}_{0.17})_2[(\text{Ti}_{0.02}\text{Si}_{2.98})_3\text{O}_{12}]$;
- 24 — $(\text{Mg}_{2.36}\text{Ca}_{0.36}\text{Fe}_{0.28})_3(\text{Al}_{1.68}\text{Cr}_{0.21}\text{Fe}_{0.11})_{1.99}[(\text{Ti}_{0.02}\text{Si}_{2.98})_3\text{O}_{12}]$;
- 25 — $(\text{Mg}_{2.49}\text{Ca}_{0.29}\text{Fe}_{0.22})_3(\text{Al}_{1.68}\text{Cr}_{0.20}\text{Fe}_{0.12})_2[(\text{Ti}_{0.02}\text{Si}_{2.98})_3\text{O}_{12}]$;
- 26 — $(\text{Mg}_{2.46}\text{Ca}_{0.31}\text{Fe}_{0.23})_3(\text{Al}_{1.65}\text{Cr}_{0.19}\text{Fe}_{0.16})_{1.99}[(\text{Ti}_{0.04}\text{Si}_{2.96})_3\text{O}_{12}]$;
- 27 — $(\text{Mg}_{2.32}\text{Ca}_{0.35}\text{Fe}_{0.31})_3(\text{Al}_{1.71}\text{Cr}_{0.21}\text{Fe}_{0.08})_2[(\text{Ti}_{0.03}\text{Si}_{2.97})_3\text{O}_{12}]$;
- 28 — $(\text{Mg}_{2.27}\text{Ca}_{0.33}\text{Fe}_{0.37}\text{Mn}_{0.03})_3(\text{Al}_{1.75}\text{Cr}_{0.04}\text{Fe}_{0.21})_2[(\text{Ti}_{0.05}\text{Si}_{2.95})_3\text{O}_{12}]$;
- 29 — $(\text{Mg}_{2.32}\text{Ca}_{0.30}\text{Fe}_{0.36}\text{Mn}_{0.02})_3(\text{Al}_{1.75}\text{Cr}_{0.04}\text{Fe}_{0.20})_{1.99}[(\text{Ti}_{0.07}\text{Si}_{2.93})_3\text{O}_{12}]$;
- 30 — $(\text{Mg}_{2.37}\text{Ca}_{0.35}\text{Fe}_{0.28})_3(\text{Al}_{1.67}\text{Cr}_{0.20}\text{Fe}_{0.14})_{2.01}[(\text{Ti}_{0.02}\text{Si}_{2.98})_3\text{O}_{12}]$

Таким образом, по всем использованным нами критериям выходит, что кальциевость и хромистость гранатов из трубки Зарница вполне достигает значений, свидетельствующих о ее промышленной алмазности.

Расчет эмпирических формул показывает, что в зарничинских гранатах относительно гексаэдрической структурной позиции имеется постоянный избыток железа, варьирующийся от 0.08 до 0.26 формульной единицы. Это можно расценивать как указание на присутствие в исследуемых минералах ионов Fe^{3+} [Силаев, Трейвус, 2010]. Есть ли возможность объективно подтвердить такой вывод? В. П. Лютоевым для исследуемых минералов были получены спектры ЭПР, зарегистрированные при комнатной температуре образцов на радиоспектрометре X-диапазона SE/X-2547. В этих спектрах в области g-фактора 2.00 проявились широкая полоса, на фоне которой обнаружались дополнительные сигналы со значениями g-факторов 2.5 и 5.0. Обычно такого рода ЭПР-спектры приписываются ионам трехвалентного железа, которые могут заселять как кубически, так и октаэдрически координированные ионами кислорода катионные позиции, характеризующиеся высокими параметрами начального расщепления. Впоследствии были проведены исследования на мёссбауэровском спектрометре MS-1104Em, ^{57}Fe . Полученные ЯГР-спектры (рис. 66) хорошо

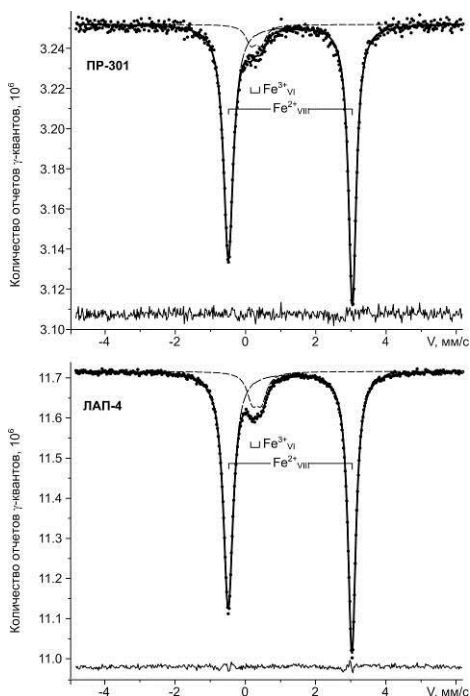


Рис. 66. Мёссбауэровские спектры гранатов из речной россыпи в нижнем течении р. Оленек (вверху)

аппроксимируются суммой двух дублетов, главный из которых с большой величиной квадрупольного расщепления ($QS = 3.5$ мм/с) относится к ионам железа в гексаэдрических позициях кристаллической структуры граната, т. е. к ионам $^{VIII}\text{Fe}^{2+}$. Дополнительный же дублет с малым расщеплением ($QS = 0.26$ мм/с) отвечает ионам железа в октаэдрических позициях, т. е. ионам $^{VI}\text{Fe}^{3+}$. При этом обнаруживается, что концентрация октаэдрического железа заметно повышается при переходе от неалмазных кимберлитовых трубок к алмазным.

Следовательно, проведенные спектроскопические исследования показали, что в зарничинских гранатах ионы железа действительно находятся в двух валентных состояниях — в двухвалентном (около 80—90 %) и трехвалентном (10—20 %). Очевидно, что спектроскопические данные близко совпадают с результатами выше упомянутых расчетов эмпирических кристаллохимических формул и, безусловно, подтверждают предположение, выдвинутое еще Л. А. Попугаевой и Н. Н. Сарсадских о присутствии в соответствующих гранатах андрадитового минала.

Определившись с проблемой трехвалентного железа, следует обратиться к оценкам параметра элементарной ячейки гранатов. Соответствующие исследования были проведены для отдельных зерен Б. А. Макеевым на

дифрактометре XRD-6000 фирмы Shimadzu в комплексе с анализом их состава. В результате выяснилось, что параметр a_0 в исследованных зернах варьируется в пределах 1.14930—1.15535 нм, очевидно отражая охарактеризованные выше колебания химического состава. При этом полученное нами минимальное значение практически совпало с определениями, сделанными С. И. Футергендлер для первых гранатов из Зарницы [табл. 9]. Следует также отметить, что наши оценки параметра z я. зарницинских гранатов лишь на немного превышают значения параметра для чистого пироп, не достигая ни кноррингитового, ни гроссулярового значений. Понятно, что в таких условиях вести расчет хрома в гранатах, содержащих примесь андрадитового и альмандинового миалов, на уваровитовый миал не приходится.

Результаты проведенных с учетом спектроскопических и рентгеноструктурных данных расчетов миального состава зарницинских гранатов представлены в табл. 17. Из них следует, что среди гранатов резко преобладают альмандин-пироп и альмандин-кноррингит-пироп (в сумме встречаемость более 46 %). За ними в последовательности

Таблица 17

Миальный состав гранатов из трубки Зарница, мол. %

№ п/п	М и а л ы									
	Пироп	Кноррингит	Альмандин	Гроссуляр	Андрадит	Спессартин	Шорломит	Хагерит	Условный $\text{Ni}_3\text{Al}_2\text{Si}_3\text{O}_{12}$	Условный $\text{Cu}_3\text{Al}_2\text{Si}_3\text{O}_{12}$
С поверхности трубки, рассчитано по данным [Сарсадских, Попугаевой, 1955]										
1	54.71	12.3	17.37	14.68	Нет	0.22	0.72	Нет	Нет	Нет
2	57.33	1.27	23.12	15.94	Нет	0.17	2.17	Нет	Нет	Нет
3	49.10	1.58	26.55	21.13	«	Нет	1.64	«	«	«
С глубины 17—90 м										
4	49.14	29.91	5.64	6.14	8.47	Нет	0.70	Нет	Нет	Нет
5	43.66	31.00	7.00	8.00	8.00	«	Нет	«	1.00	1.34
6	45.40	32.16	5.69	4.52	11.56	0.67	«	«	Нет	Нет
7	75.18	9.48	5.99	4.16	4.49	Нет	0.70	«	«	«
8	65.47	12.92	8.28	5.10	5.48	0.66	2.09	«	«	«
9	68.41	12.95	5.64	2.49	8.46	0.66	1.39	«	«	«
10	72.38	7.97	7.64	2.16	8.46	Нет	1.39	«	«	«
11	72.39	6.97	8.30	3.82	6.47	0.66	1.39	«	«	«
12	71.85	7.93	8.58	3.81	6.44	Нет	1.39	«	«	«
13	72.89	7.41	9.35	3.34	7.01	«	Нет	«	«	«
14	67.85	1.99	16.56	0.66	6.96	0.66	«	«	«	«
15	67.18	1.51	17.18	5.53	6.53	0.66	1.41	«	«	«
16	66.25	2.00	17.02	6.16	6.51	0.66	1.40	«	«	«
17	68.34	2.00	17.34	7.66	4.00	0.66	Нет	«	«	«
18	66.48	1.97	16.40	6.51	5.92	0.65	2.07	«	«	«
19	75.55	6.96	3.98	Нет	9.34	0.66	1.49	2.02	«	«
20	73.76	7.81	5.28	«	8.40	0.64	3.13	0.98	«	«
21	62.50	7.94	16.87	7.14	3.47	Нет	2.08	Нет	«	«
22	63.25	7.47	19.42	3.49	7.47	1.00	1.39	«	«	«
23	66.80	10.47	9.36	7.48	4.49	Нет	1.40	«	«	«
24	71.71	9.96	7.38	4.58	4.98	«	1.39	«	«	«
25	69.66	9.39	7.51	4.35	5.93	«	3.16	«	«	«
26	64.95	10.44	10.34	9.04	2.48	0.66	2.09	«	«	«
27	70.37	1.98	12.29	2.97	7.93	0.99	3.47	«	«	«
28	70.75	1.98	11.89	3.46	6.43	0.65	4.84	«	«	«
29	67.89	9.91	9.25	67.89	5.95	Нет	1.39	«	«	«
$\bar{X}$	66.54	9.71	10.39	6.94	6.60	0.41	1.53	0.12	0.04	0.05
$S\bar{X}$	8.15	8.44	4.59	12.41	1.94	0.36	1.15	0.42	0.19	0.25
$V\bar{X}$	12	87	44	179	29	88	75	350	475	500

Примечание. Статистические параметры: $\bar{X}$ — среднее арифметическое, $S\bar{X}$ — стандартное отклонение, $V\bar{X}$ — коэффициент вариации (%).

убывания встречаемости идут кноррингит-альмандин-пироп, андрадит-кноррингит-пироп, кноррингит-альмандин-пироп и кноррингит-пироп, андрадит-пироп и андрадит-

альмандин-пироп. Таким образом, получается, что состав зарницинских гранатов в основном определяется тремя структурно наиболее плотными миналами — пиропом, альмандином и кноррингитом, параметры э. я. которых лежат в пределах (справочные данные) 1.146—1.166 нм. Очевидно, что эти оценки вполне согласуются с вышеприведенными прямыми определениями параметра a_0 .

Методом ICP-MS в исследуемых зарницинских гранатах было установлено до 50 микроэлементов, в том числе 14 лантаноидов, содержания которых варьируются от 20 мг/т до более 4000 г/т. По всему этому диапазону микроэлементы распределяются весьма неравномерно, разбиваясь, по крайней мере, на шесть групп: 1) Be, Cs, Tl, W, Mo, Bi (<1 г/т); 2) Li, Ge, Sn, Pb, As, Sb, Se (1—10 г/т); 3) Rb, Y, Ga, Co, Cu, Ag, Hf, U (>10—50 г/т); 4) Sr, Ni, Zn, Sc, Ta (>50—100); 5) Ln, Nb, V, P, Th (>100—1000 г/т); 6) Na, K, Ba, Zr (>1000 г/т). В этой ассоциации микроэлементов особый интерес вызывает никель, по содержанию которого, используя оливин-гранатовый геотермометр Г. О'Нейла и Б. Вуда [Griffin, Ryan, 1996] можно оценить температуру кристаллизации зарницинского граната примерно в 1100 °С.

Обобщая результаты наших исследований мы приходим к следующему заключению. По совокупности своих свойств гранаты из трубки Зарница, если не все, то, по крайней мере, частично вполне отвечают признакам барофильности [Костровицкий, де Бруин, 2004] и достаточно хорошо сопоставляются с гранатами промышленно алмазоносных трубок. Максимальные содержания хрома в исследованных нами минералах соответствуют, судя по многочисленным экспериментальным данным [Быкова, Геншафт, 1972; Малиновский, Дорышев, 1975_{1—3}; Малиновский и др., 1975; Рингвуд, 1978; Дорышев и др., 1997], условиям кристаллизации при температуре порядка 1200°С и давлении не менее 25 кбар. Этого вполне достаточно для отнесения кимберлитов в трубке Зарница к пироп-алмазной фации глубинности.

Ильменит

Пикроильменит и в настоящее время сохраняет свой статус важнейшего минерала-индикатора кимберлитов наряду с хромисто-магнезиальным гранатом [Табунов, 1979; Алымова и др., 2002; Алымова и др., 2004; Алымова и др., 2008; Ащепков и др., 2004; Ащепков и др., 2005; Хмельков, 2005₂]. Кроме того, он продолжает рассматриваться в качестве парагенетического или по З. В. Бартошинскому парастерического спутника алмаза. В СССР открытие этого минерала в упомянутых качествах было сделано, безусловно, Л. А. Попугаевой и с Н. Н. Сарсадских. Именно этими исследователями впервые было показано, что кимберлитовый ильменит обладает рядом специфических качеств: 1) сильно магнезиальным составом, из-за чего соответствующий минерал первоначально был назван «двупреломляющим» ильменитом, а в современной номенклатуре определяется как пикроильменит; 2) варьированием степени фазовой гомогенности вплоть до образования гематит-ильменитовых или шпинелид-ильменитовых структур распада твердых растворов, что иногда используется и в качестве дополнительного критерия продуктивности кимберлитов на алмазы [Францессон, 1968; Сергеева, 1970; Доусон, 1983; Гаранин и др., 1984_{1,2}; Дак, 2003]; 3) весьма частым развитием на зернах пикроильменита реакционных кайм, свидетельствующих о длительной истории его образования и преобразования.

Как известно, реакционные каймы на зернах пикроильменита присутствуют практически всегда, будучи представленными тремя генерациями, из которых, по крайней мере, одна может быть действительно использована в качестве критерия алмазоносности кимберлитов.

К наиболее ранней и наиболее перспективной в упомянутом выше смысле генерации относятся *ильменит-шпинелид-перовскитовые* каймы, образование которых приписывают либо процессам мантийно-метасоматического изменения ильменита, либо его взаимодействию с кимберлитовым расплавом на стадии, предшествующей

извержению, или в самом его начале [Табунов, Лопатин, 1961; Frick, 1973; Haggerty, 1973; Vostor, Boyd, 1980; Vostor, Meyer, 1989; Геншафт, Илупин, 1982; Agee et al., 1982; Клопов и др., 1984]. Химическое уравнение соответствующей реакции обычно представляется в следующем виде: $(\text{Mg,Fe})\text{TiO}_3 \times \text{Fe}_2\text{O}_3 + \text{CaCO}_3 = \text{CaTiO}_3 + (\text{Mg,Fe})\text{Fe}_2\text{O}_4 + \text{CO}_2$ [Хмельков, 2005₁]. Иногда обнаруживается, что ильменит-шпинелид-перовскитовые каймы неоднородны, характеризуясь микрозональностью, подчеркивающей диффузионно-метасоматический способ их образования. К объектам такого рода стоит, вероятно, отнести и каймы замещения пикроильменита армалколитоводобной фазой в уральских алмазонасных пирокластитах [Чайковский, 2001].

Вторая генерация, представленная *шпинелид-титанитовыми* каймами, генетически увязывается с серпентинизацией кимберлитов [Frick, 1973; Клопов и др., 1984] и трактуются как результат реакций: 1) $\text{CaTiO}_3 + \text{SiO}_2$ (освободившийся после серпентинизации оливина) = CaTiSiO_5 ; 2) $3\text{Fe}_2\text{TiO}_4 + 3\text{CaCO}_3 + 3\text{SiO}_2 = 3\text{CaTiSiO}_5 + 3\text{CO}_2 + 2\text{Fe}_3\text{O}_4$.

Появление третьей, наиболее поздней генерации *лейкоксовых* кайм объясняется гипергенными преобразованиями «латеритного типа» [Бовкун и др., 2008], в ходе которых на месте ильменита остается лишь гидратированные оксиды титана. Этот процесс схематически может быть представлен [Быков, 1979] в виде последовательности превращений FeTiO_3 (ильменит) $\rightarrow \text{Fe}_2\text{TiO}_3\text{O}_9$ (псевдуртил) $\rightarrow \text{TiO}_2$ (рутил (лейкоксен)). Конечным результатом такого изменения ильменита являются каймы, состоящие из TiO_2 на 92—95 мас. % [Езерский, 2001].

Предметом наших исследований послужила представленная О. В. Тарских коллекция мономинеральных проб [Силаев и др., 2008₁], состоящих из оскольчато-обломковидных зерен размером от 0.5 до 2 мм (рис. 67). Как известно, в кимберлитовых трубках на глубине такой пикроильменит обычно преобладает над желваковым [Илупин, Геншафт, 1986; Ащепков и др., 2005; Бовкун и др., 2008]. В ходе нашей работы было установлено, что большинство зерен зарницинского пикроильменита характеризуется фазовой гомогенностью, не обнаруживая субиндивидов распада даже при мезонанометровых разрешениях. Как известно, присутствие именно такой разновидности

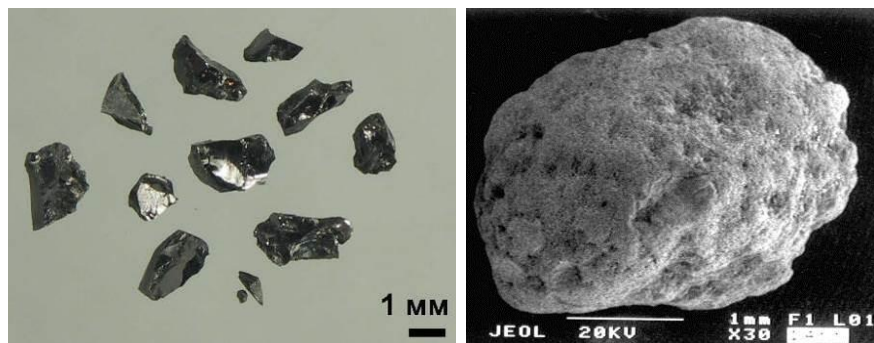


Рис. 67. Слева — исследованные оскольчато-обломковидные зерна пикроильменита из трубки Зарница (снято под биноклем), справа — типичный желваковый ильменит из коллекции Л. А. Попугаевой (СЭМ-изображение в режиме вторичных электронов)

расценивается при оценке продуктивности кимберлитов как благоприятный признак. Однако в нашем случае наряду с фазово-гомогенными встречаются и зерна с хорошо развитыми структурами распада. В таких зернах наблюдается характерная картина прорастания основной массы пикроильменита гораздо более

железистыми, ориентированными параллельно друг другу прерывистыми ламелями, длина которых колеблется от 10 до 40 мкм, а толщина изменяется в пределах 1—5 мкм. Некоторые ламели имеют локальные утолщения размером до 15×20 мкм. Встречаются зерна, в которых ламели распада изгибаются с образованием микроплойчатости. При этом утолщения ламелей не происходит. Мёсбауэровские спектры, полученные от фазово-гетерогенного пикроильменита, достаточно близки спектрам так называемого гемоильменита, т. е. в нашем случае ламели сложены не шпинелидами, а гематитоподобной фазой.

По данным рентгеноструктурного анализа, проведенного на отдельных зернах, параметры э. я. исследуемого пикроильменита колеблются в следующих пределах (нм): $a_0 = 0.5070\text{—}0.5080 \pm 0.0003$; $c_0 = 1.3905\text{—}1.3980 \pm 0.0015$. Приведенные значения, безусловно, подтверждают существование в соответствующих минералах существенной примеси гейкилитового минала.

На большинстве зерен пикроильменита так же, как и на зернах выше рассмотренных гранатов, обнаружались полиминеральные корки (рис. 68, а, б). Но в данном случае эти корки оказались более протяженными, в среднем более толстыми и гораздо сильнее

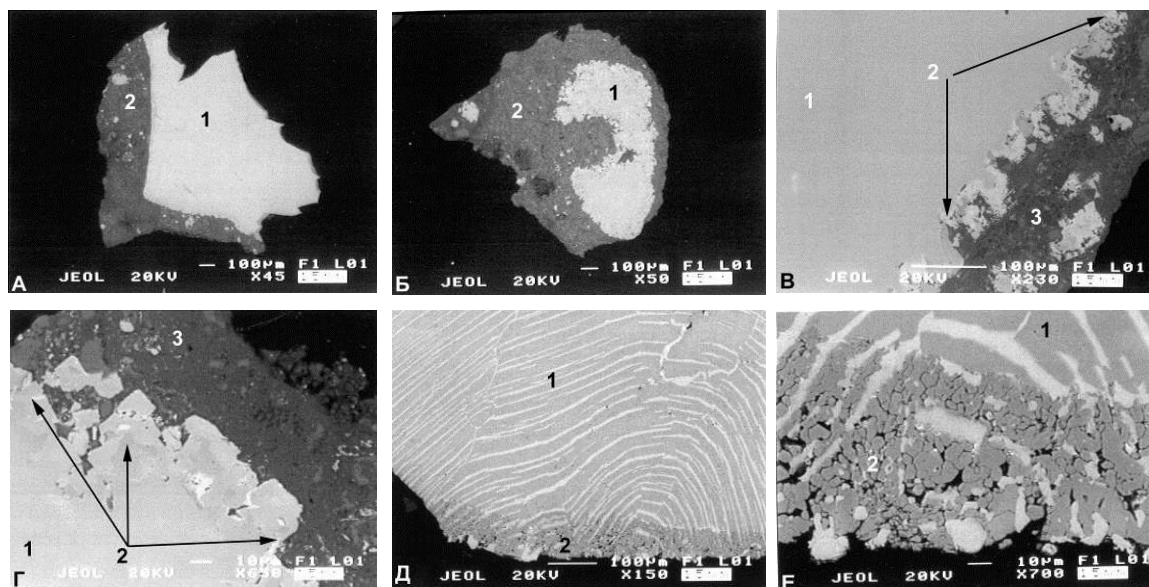


Рис. 68. Зерна пикроильменита с реакционными каймами и корками обрастания кимберлитом: а, б — общий вид (1 — пикроильменит, 2 — кимберлитовая корка); в, г — структурные отношения между первичным фазово-гомогенным пикроильменитом (1), реакционной каймой (2) и кимберлитовой коркой (3); д, е — структурные отношения между первичным фазово-гетерогенным пикроильменитом (1) и реакционной каймой перовскитового состава (2)

варьирующими по толщине даже в пределах отдельных зерен от 8 до 35 до 90—750 мкм. Химический состав рассматриваемых микрокорок (табл. 14) по большинству компонентов, как и в ситуации с гранами, хорошо согласуется с составом кимберлитов Далдыно-Алакитского района. Отклонение по содержанию титана и железа можно объяснить наводками от ильменитового субстрата. Но в данном случае в отличие от микрокорок на зернах граната выявляется фосфор, прямо коррелирующий с кальцием. Последнее очевидно свидетельствует о примеси апатита. Изредка в кимберлитовых корках на зернах пикроильменита обнаруживаются зерна Ca-Mg стронцийсодержащего карбоната, похожего на доломит. Однако микрозондовые анализы этого карбоната с использованием разных, в том числе и карбонатных эталонов показали, что в нем относительно стехиометрии доломита проявляется значительный дефицит магния при пропорциональном избытке кальция, т. е. этот двойной карбонат, если и является доломитом, то сильно разупорядоченным: $(\text{Ca}_{1.14\text{—}1.19}\text{Sr}_{0.02\text{—}0.03})(\text{Mg}_{0.76\text{—}0.82}\text{Fe}_{0\text{—}0.02})[\text{CO}_3]_2$.

Практически во всех исследованных нами случаях кимберлитовые корки отделяются от первичного пикроильменита каймами, резко отличающимися от внутренних частей зерен, как составом, так и строением (рис. 68, в, г). Толщина упомянутых кайм очень непостоянная, изменяясь в отдельных зернах от 3—30 до 25—100 мкм. Нижние границы кайм всегда одновременно резкие и извилистые, что отражает их наложенный реакционный характер по отношению к первичному пикроильмениту. Последнее особенно наглядно показывают фазово-гетерогенные зерна, в которых индивиды распада подверглись в каймах очевидному замещению (рис. 68, д, е). Верхние границы кайм

выглядят еще более извилистыми из-за множества бухтообразных заливов в нее вещества кимберлитовых корок. Это мы рассматриваем как доказательство докимберлитового образования кайм, лишь впоследствии подвергшихся резорбированию со стороны кимберлитовой магмы или флюидизата. Сделанный нами вывод подтверждается фактом развития реакционных кайм и на зернах без кимберлитовых оторочек.

Большинство выявляющихся на зернах пикроильменита реакционных кайм характеризуется мозаичным строением, подразделяясь по составу на пять разновидностей: 1) шпинелидную с единичными выделениями рутила-(Fe, Nb), температуру образования которого можно оценить в 1000—1300°C [Ковальский и др., 1979]; 2) шпинелидную с участками, сложенными вторичным пикроильменитом (рис. 68, г); 3) практически нацело перовскитовую со спорадическими выделениями шпинелидов на самом краю каймы (рис. 69, а); 4) шпинелид-перовскит-пикроильменитовую (рис. 69, б); 5) перовскитовую с метакристаллами шпинелидов, в которых наблюдаются реликты вторичного марганцовистого ильменита (рис. 69, в, г). Следует подчеркнуть, что все из перечисленных выше вариантов состава реакционных кайм в той или иной степени уже упоминались в литературе. На нашем материале подтверждается также вывод о тяготении шпинелидов в шпинелид-перовскитовых каймах к внешней их границе. Примечательно, что в каймах на исследованных нами зернах не удалось обнаружить титанита, который отмечался Л. А. Попугаевой и Н. Н. Сарсадских и в образцах с поверхности Зарницы, а позже был найден в составе келифитовых кайм на зернах ильменита и в других трубках [Клопов и др., 1984].

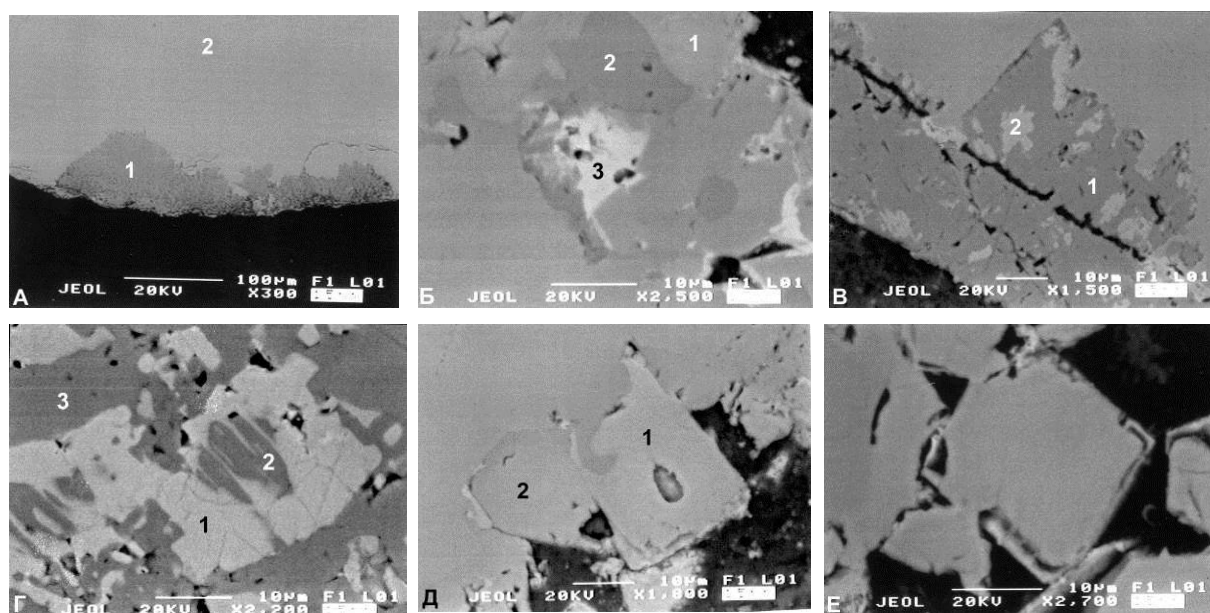


Рис. 69. Строение и состав реакционных кайм на зернах пикроильменита: а — кайма перовскита (1) на зерне пикроильменита (2) без кимберлитовой оторочки; б — кайма мозаичного строения, сложенная гейкилит-ильменитом (1), перовскитом (2) и шпинелидами (3); в — кайма, состоящая из перовскита (1) и шпинелида (2); г — метакристаллы шпинелида (1) с реликтами пиррофанит-ильменита (2) в окружении гейкилит-ильменита (3); д — метакристалл шпинелида (1) в срастании с перовскитом (2); е — идиоморфный метакристалл хромшпинелида с приповерхностной зонкой титаномagnetита

По химическому составу (табл. 18) первичный минерал в исследованных нами фазово-гомогенных зернах может быть отнесен ко второй химико-генетической группе — мелкокристальному пикроильмениту из связующей массы кимберлитов [Гаранин и др., 1983; Гаранин и др., 1984_{1,2}]. Как известно, именно такая разновидность наиболее характерна для Зарницы [Амшинский, Похиленко, 1983; Алымова и др., 2002; Тарских, Шалкина, 2004]. В качестве типоморфной примеси в рассматриваемом минерале установлены хром и ниобий — известные индикаторы глубинного

алмазосопровождающего ильменита [Геншафт и др., 1983]. Выявлена обратная корреляция между содержаниями Cr_2O_3 и MgO , что считается важной особенностью зарничинского пикроильменита [Алымова и др., 2004; Костровицкий и др., 2006; Алымова и др., 2008]. По содержанию Cr_2O_3 изученный нами ильменит статистически отвечает среднехромистой популяции, также характерной именно для Зарницы [Алымова и др., 2002].

Таблица 18

Химический состав (мас. %) пикроильменита и продуктов его келифитизации

Параметры	SiO ₂	TiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	Cr ₂ O ₃	MgO	MnO	CaO	V ₂ O ₅	Nb ₂ O ₅
Пикроильменит первичный фазово-гомогенный (45)										
$\bar{X}$	0.04	46.78	0.63	43.82	0.78	6.97	0.18	0.02	0.67	0.03
$S\bar{X}$	0.17	1.69	0.87	2.35	0.41	0.88	0.21	0.08	0.32	0.12
$V\bar{X}$, %	425	3.6	138	5.4	53	12.6	117	400	48	400
Пикроильменит первичный, фазово-гетерогенный, по площади (3)										
$\bar{X}$	Не обн.	44.05	0.63	45.86	1.08	6.56	0.48	0.17	0.72	Не обн.
$S\bar{X}$		0.18	0.11	0.79	0.04	0.04	0.04	0.17	0.04	
$V\bar{X}$, %		0.4	17.5	1.7	3.7	0.6	8.3	100	5.5	
Пикроильменит первичный, фазово-гетерогенный, основная масса (8)										
$\bar{X}$	Не обн.	49.27	0.25	40.91	0.63	7.96	0.23	Не обн.	0.32	Не обн.
$S\bar{X}$		4.19	0.25	5.96	0.43	2.66	0.23		0.43	
$V\bar{X}$, %		8.5	100	14.6	68	33	100		134	
Пикроильменит первичный, фазово-гетерогенный, субиндивиды распада (7)										
$\bar{X}$	0.07	22.06	1.17	68.67	2.17	5.12	0.61	Не обн.	0.87	Не обн.
$S\bar{X}$	0.17	10.59	0.80	13.89	1.14	2.65	0.31		0.57	
$V\bar{X}$, %	243	48	68	20	52	52	51		66	
Гейкилит-ильменит в каймах (7)										
$\bar{X}$	0.17	52.99	0.65	31.00	1.23	12.16	0.72	0.33	0.47	0.09
$S\bar{X}$	0.20	2.31	0.31	3.22	1.28	1.30	0.32	0.27	0.43	0.23
$V\bar{X}$, %	118	4.4	48	10	104	11	44	82	91	255
Пирофанит-ильменит в каймах (2)										
$\bar{X}$	Не обн.	49.58		40.45	0.29	0.83	5.60	1.50	0.38	Не обн.
$S\bar{X}$		0.14		0.25	0.29	0.15	0.13	0.32	0.38	
$V\bar{X}$, %		0.3		0.6	100	18	2.3	21	100	
Перовскит (16)										
$\bar{X}$	0.14	55.35	0.21	2.81	0.46	0.09	0.14	39.56	0.52	0.55
$S\bar{X}$	0.28	1.74	0.29	2.85	0.51	0.23	0.56	2.61	0.54	0.72
$V\bar{X}$, %	200	3.1	138	101	111	255	400	6.6	104	131
Шпинелиды (20)										
$\bar{X}$	0.47	13.41	2.51	71.74	4.28	6.22	0.99	0.17	0.30	Не обн.
$S\bar{X}$	0.66	8.72	2.19	17.55	9.38	4.49	0.40	0.20	0.50	
$V\bar{X}$, %	140	65	87	24	219	72	40	118	167	

Примечание. Здесь и в последующих таблицах: $\bar{X}$ — среднее арифметическое, $S_{\bar{X}}$ — стандартное отклонение, $V_{\bar{X}}, \%$ — коэффициент вариации. В скобках — число анализов.

Первичный фазово-гетерогенный пикроильменит по валовому химическому составу тоже может быть отнесен ко второй ХГТ, но в отличие от вышерассмотренного минерала в нем содержится больше железа, хрома и марганца. Похоже, что именно эта особенность, а не место и условия образования обусловила его фазовую неустойчивость.

В результате экссолюции такой пикроильменит разделился на матрикс, приближающийся по составу к выше рассмотренному фазово-гомогенному пикроильмениту, и железистые ламели. Распад первичного твердого раствора был, очевидно, неполным, что отражается в довольно значительной титанистости гематитообразной фазы в ламелях.

На диаграмме $\text{TiO}_2\text{-MgO}$ [Хмельков, 2005₂; Саблуков и др., 2008] все фигуративные точки состава первичного зарницинского пикроильменита укладываются в центральную часть кимберлитового тренда (рис. 70). Но при этом поле точек состава матрикса в фазово-гетерогенных зернах располагается в области несколько больших значений TiO_2 и MgO . Поле точек состава железистых ламелл тоже накладывается на кимберлитовый тренд, закономерно сдвигаясь на левый его фланг в область минимальных значений TiO_2 и MgO . Очевидно, что вся эта картина находится в полном согласии с вышеприведенными данными.

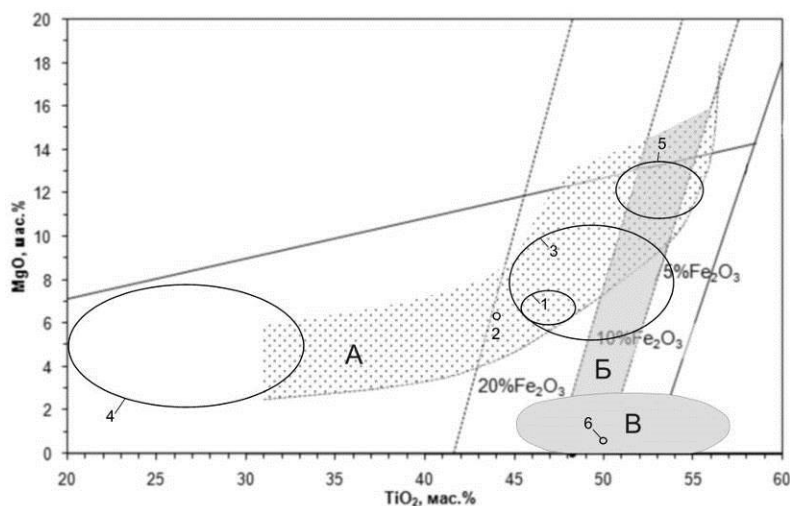


Рис. 70. Диаграмма $\text{TiO}_2\text{-MgO}$ состава пикроильменита по А. М. Хмелькову [Хмельков, 2005₂]. Тренды химизма: А — кимберлитовый, Б — базальтоидный. Круговые поля — данные авторов: 1—4 — пикроильменит первичный фазово-гомогенный (1); фазово-гетерогенный — усредненное (2), матрикс (3), ламелли (4); 5, 6 — вторичный гейкилит-ильменит (5) и пирофанит-ильменит (6) в реакционных каймах

Расчеты минимального состава первичного пикроильменита показывают (табл. 19), что фазово-гомогенные зерна сложены гейкилит-ильменитом с относительно низким (менее 10 мол. %) содержанием гематитового минала. Гипотетический твердый раствор, подвергшийся впоследствии распаду, может быть определен как гематит-гейкилит-ильменит, а продукты распада — ламели и основная масса — являются соответственно гейкилит-ильменит-гематитом и гейкилит-ильменитом. Последний отличается самым низким среди исследованных нами минералов содержанием гематитового минала.

Вторичный ильменит из реакционных кайм весьма существенно отличается от первичного, будучи представленным двумя разновидностями. Первая из этих разновидностей, наиболее распространённая в каймах, характеризуется более высокой, чем у первичного пикроильменита, магниальностью, повышенным содержанием примеси Mn, Ca и Si и, напротив, несколько пониженным содержанием примеси Cr и особенно V (табл. 18). В минимальном отношении рассматриваемая разновидность вторичного пикроильменита является почти эквимолекулярной смесью гейкилита и ильменита при незначительном участии других минералов (табл. 19). Такие параметры состава свидетельствуют о высокобаричности условий образования [Green, Sobolev, 1975; Griffin et al., 1997], а, следовательно, могут расцениваться как еще один аргумент в пользу предположения о мантийном происхождении такого рода реакционных кайм. Вторая разновидность новообразованного ильменита встречается лишь изредка в форме реликтов в метакристаллах шпинелидов. Она имеет специфичный пирофанит-ильменитовый состав.

На диаграмме $\text{TiO}_2\text{-MgO}$ фигуративные точки состава вторичного гейкилит-ильменита приходятся на правый фланг кимберлитового тренда, т. е. на область наиболее высоких значений TiO_2 и MgO . Точки же пирофанит-ильменита сильно отскакивают, попадая на базальтоидный тренд, что подчеркивает аномальность состава этой разновидности.

Минальный состав (мол. %) пикроильменита и продуктов его келифитизации

Параметры	MgTiO ₃	FeTiO ₃	FeFeO ₃	MnTiO ₃	CaTiO ₃	FeVO ₃	FeNbO ₃	Al ₂ O ₃	Cr ₂ O ₃
Пикроильменит первичный, фазово-гомогенный (45)									
$\bar{X}$	26.93	60.62	9.72	0.53	0.04	0.78	0.02	0.68	0.74
$S\bar{x}$	4.64	2.47	3.14	0.51	0.20	0.59	0.14	0.56	0.49
$V\bar{x}$, %	17.2	4.1	32.3	96.2	500	7.6	700	82.4	66.2
Пикроильменит первичный, фазово-гетерогенный, по площади (3)									
$\bar{X}$	17.53	56.33	14.17	0.83	0.33	0.83	Нет	0.83	0.83
$S\bar{x}$	10.56	0.47	0.62	0.24	0.47	0.24		0.24	0.24
$V\bar{x}$, %	60.2	0.8	4.4	28.9	142	28.9		28.9	28.9
Пикроильменит первичный, фазово-гетерогенный, основная масса (8)									
$\bar{X}$	29.37	61.24	7.35	0.50	Нет	0.50	Нет	0.44	0.62
$S\bar{x}$	8.65	4.72	3.76	0.50		0.86		0.46	0.41
$V\bar{x}$, %	29.5	7.71	51.2	100		172		104	66.1
Пикроильменит первичный, фазово-гетерогенный, субиндивиды распада (7)									
$\bar{X}$	18.90	20.61	53.90	1.29	Нет	1.43	Нет	1.43	2.44
$S\bar{x}$	9.57	10.07	20.12	0.70		0.91		1.32	1.05
$V\bar{x}$, %	197	48.8	37.3	54.3		63.6		92.3	43
Гейкилит-ильменит в келифитовых каймах (7)									
$\bar{X}$	43.19	48.90	3.50	1.57	1.20	1.25	0.99	1.00	1.50
$S\bar{x}$	3.96	3.72	2.30	0.73	0.40	0.43	0.01	0.32	1.12
$V\bar{x}$, %	9.2	7.6	66	46	33	34	1	32	75
Пирофанит-ильменит в келифитовых каймах (2)									
$\bar{X}$	3.50	75.50	0.75	12.50	4.00	0.50	0	0	0.25
$S\bar{x}$	0.50	2.50	0.75	0.50	1.00	0.50	0	0	0.25
$V\bar{x}$, %	14.3	3.3	100	4	25	100	0	0	100

В наиболее генерализованном виде вариации химизма зарницинского пикроильменита могут быть показаны на диаграмме основных миналов (рис. 71). На этой диаграмме видно, что все данные, полученные как для первичных, так и вторичных ильменитов, не выходят за пределы границ области варьирования состава кимберлитового пикроильменита, установленных группой В. К. Гаранина. Кроме того, обнаруживается, что поля состава гейкилит-ильменита и пирофанит-ильменита из реакционных кайм почти симметрично располагаются относительно поля состава первичного пикроильменита. Это отражает тот факт, что вторичные ильменитовые минералы образовались за счет первичного пикроильменита вероятно в результате как бы дифференциации состава исходного минерала. За пределами границ варьирования состава кимберлитового

пикроильменита располагаются только локальное поле состава редких мирмекитоподобных выделений вторичного

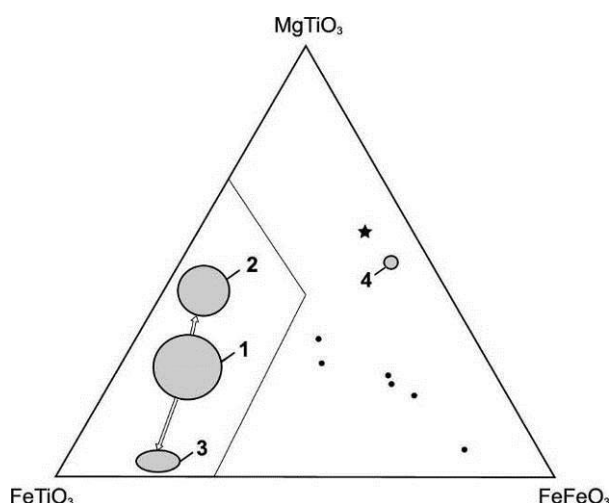


Рис. 71. Типоморфизм минального состава пикроильменита из трубки Зарница. Поля: 1 — пикроильменит первичный; 2, 3 — соответственно гейкилит-ильменит и пирофанит-ильменит в реакционных каймах; 4 — мирмекитоподобные выделения гемогейкилита в каймах. Точки: гематитоподобная фаза в индивидах распада гематит-пикроильменитовых твердых растворов. Звездочка — результат пересчета данных Л. А. Попугаевой и Н. Н. Сарсадских, приведенных в табл. 7

гемогейкилита и точки состава гаматитоподобной фазы, слагающей ламели распада в фазово-гетерогенных зернах. Следует отметить, что эти точки демонстрируют практически линейную тенденцию обогащения ламелей гематитовым миналом при стабильном сохранении пропорции между примесями ильменитового и гейкилитового миналов.

Остается добавить следующее. На диаграмму основных миналов нами вынесена точка состава первого проанализированного Л. А. Попугаевой пикроильменита из Зарницы (табл. 7). Эта точка оказалась далеко за пределами хорошо изученной к настоящему времени области состава кимберлитовых ильменитов. Мы предполагаем, что причиной такого отклонения является низкое качество химических анализов, производимых в середине 1950-х гг. во ВСЕГЕИ.

Значительный интерес вызывают различия разновидностей первичного и вторичного пикроильменита по величинам так называемых коэффициентов магнезиальности $K_{Mg} = 100Mg/(Mg + Fe)$ и окисленности железа $K_{овп} = 100Fe^{3+}/(Fe^{3+} + Fe^{2+})$ [Костровицкий и др., 2006₂; Алымова и др., 2008]. Расчеты показали, что в ряду разновидностей первичного пикроильменита коэффициент K_{Mg} изменяется в узких пределах 21.71—28.01. В группе вторичных минералов этот коэффициент колеблется скачкообразно, то резко возрастаю у ильменит-гейкилита до 44, то, напротив, резко падая у пиррофанит-ильменита до 4. Еще более контрастные различия выявляются по коэффициенту окисленности. В этом случае обнаруживается устойчивая тенденция к некоторому возрастанию $K_{овп}$ в ряду первичных минералов в направлении от фазово-гомогенного пикроильменита (9.94) к протопикроильменитовым твердым растворам (14.67) и далее к продуктам распада — основной массе (20.27) и ламелям (28.88). Переход от первичного пикроильменита к вторичному в реакционных каймах, напротив, сопровождается весьма резким падением значения $K_{овп}$ — до 1.05 у гейкилит-ильменита и практически до нуля у пиррофанит-ильменита.

Как было показано выше, кроме вторичных ильменитов важнейшими компонентами реакционных кайм являются перовскит и шпинелиды, наиболее отчетливо обнаруживающие все признаки более позднего, метасоматического развития по первичному пикроильмениту. Состав этих реакционных минералов характеризуется необычной поликомпонентностью, явно обнаруживая унаследованность от замещенного ими минерала (табл. 18). В случае перовскита на такое замещение прямо указывает тот факт, что среди примесных преобладают именно ильменитовый, гейкилитовый и

Таблица 20

Минальный состав (мол. %) перовскита из келифитовых кайм на зернах пикроильменита

Параметры	CaTiO ₃	FeTiO ₃	MgTiO ₃	MnTiO ₃	CaFeO ₃	Fe ₂ O ₃	CaVO ₃	FeVO ₃	FeNbO ₃	Al ₂ O ₃	Cr ₂ O ₃
$\bar{X}$	94.5	1.01	0.25	0.25	0.86	0.72	0.32	0.95	0.38	0.25	0.51
$S\bar{X}$	4.42	2.36	0.67	0.97	1.16	1.82	0.59	1.21	0.49	0.40	0.57
$V\bar{X}$, %	4.7	234	268	388	135	253	184	127	129	160	112

Таблица 21

Минальный состав (мол. %) шпинелидных твердых растворов из келифитовых кайм на зернах пикроильменита

Параметры	FeFe ₂ O ₄	Fe ₂ TiO ₄	Mg ₂ TiO ₄	Fe ₂ VO ₄	Fe ₂ SiO ₄	FeCr ₂ O ₄	MgAl ₂ O ₄	FeAl ₂ O ₄	MgFe ₂ O ₄	MnFe ₂ O ₄	CaFe ₂ O ₄	TiO ₂
$\bar{X}$	43.83	21.95	13.99	0.72	1.85	6.48	4.78	0.18	2.58	3.15	0.65	0.05
$S\bar{X}$	24.72	15.92	10.70	1.25	2.53	13.04	4.62	0.78	6.22	1.84	0.79	0.22
$V\bar{X}$, %	56	72.5	76.5	174	137	201	97	433	241	58	121	440

пирофанитовый миналы (табл. 20). Еще более сложная картина минального состава обнаруживается у шпинелидов (табл. 21), которые по этому признаку подразделяются как минимум на четыре семейства (рис. 72). Все эти минералы развиваются близко одновременно с перовскитом, но явно эпигенетически по отношению к первичному пикроильмениту, образуя при этом характерные метакристалльные формы (рис. 69, г—е). Примечательно, что нами ни в одном из индивидов шпинелидных твердых растворов не

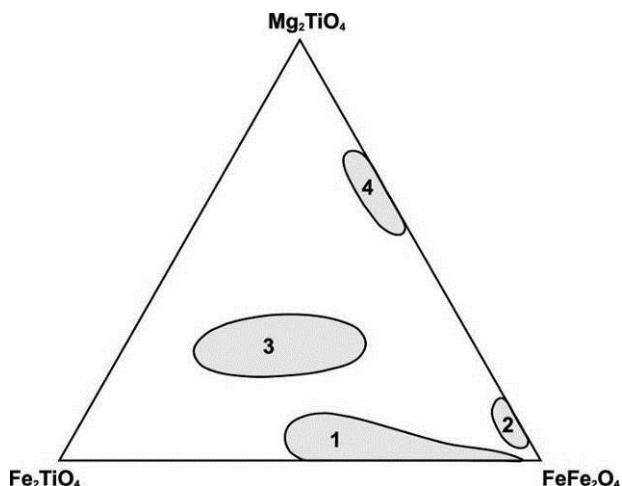


Рис. 72. Типоморфизм минального состава шпинелидов в реакционных каймах на зернах пикроильменита из трубки Зарница. Поля (в скобках частота встречаемости, %): 1 — титаномагнетита; 2 — хромшпинелидов; 3 — магнезиального титаномагнетита; 4 — титаномагнитоферрита

наблюдались структуры распада, хотя известно, что в коровых магнетитах фазовая гетерогенизация наступает уже при содержании TiO_2 и Al_2O_3 2—3 мас. % [Гайдукова и др., 1984]. В сравнении с типично кимберлитовыми шпинелидами [Бовкун и др., 2005] выявленные в реакционных каймах минералы выглядят абсолютно аномальными, отличаясь, прежде всего, необычно высокой титанистостью, унаследованной, очевидно, от замещенного ими первичного пикроильменита.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Таким образом, современные результаты исследований гранатов и ильменитов из трубки Зарница убедительно подтверждают справедливость всех принципиальных выводов, сделанных Н. Н. Сарсадских и Л. А. Попугаевой. Сверх этого новые данные свидетельствуют о том, что трубка Зарница, судя по свойствам индикаторных минералов, если и уступает по продуктивности ураганно (Мир) и богато алмазоносным (Удачная, Юбилейная) трубкам, то промышленной она является, безусловно. Следовательно, Л. А. Попугаева была вправе утверждать, что в 1954 г. она открыла не просто кимберлитовую трубку с алмазами, но промышленно-алмазоносную трубку. В этой связи остается только восхищаться тем фактом, что первая же из открытых в Восточной Сибири кимберлитовых трубок оказалась промышленной, хотя мировая статистика, в частности статистика фирмы Де Бирс [Скиннер, 2008] говорят, что таковыми оказываются только 6 % трубок от числа алмазоносных, т. е. каждая 17-я, и менее 1 % трубок от их общего числа, т. е. реже, чем каждая сотая!

Подводя итог нашим рассуждениям об открытии Л. А. Попугаевой и Н. Н. Сарсадских, следует отметить следующее. Во всей этой истории, прежде всего, поражает во многом интуитивная, но в то же время четко и закономерно организованная исследовательская работа, осознанно нацеленная на открытие алмазоносной трубки. Очевидно, что нашим героиням пришлось делать это в условиях, когда уровень развития алмазной геологии не только в СССР, но и вообще в мире был еще мягко говоря невысок, а аналитические возможности — и того ниже. Это само по себе предполагало громадную роль в осуществлении открытия личных талантов и изощренной умственной работы, восполняющей дефицит знаний и экспериментальных возможностей.

Особое внимание надо обратить на то, что в первых полевых сезонах 1950—1953 гг. Н. Н. Сарсадских и Л. А. Попугаева еще не чувствуют и не понимают за что именно можно зацепиться, на что необходимо обратить особое внимание и поэтому при анализе минералогического материала акцентируются на существующих в то время гипотезах о некимберлитовых алмазоносных породах. Однако обработка полевого материала было для них уже тогда явно не простым тыканьем пальцем в дырку на удачу — попадешь-не-попадешь. Даже в этот еще далекий от открытия период в работе Н. Н. Сарсадских и Л. А. Попугаевой чувствуется научно-исследовательский подход. И хотя у них еще не было настоящих зацепок, но их талантливая мысль уже работала, подводя к новому методу шлихоминералогических поисков. Этому способствовало, конечно, и активное обсуждение полученных за 1950—1953 гг. результатов с коллегами, в первую очередь с лучшим в СССР на то время специалистом в минералогии алмаза и минералов-индикаторов кимберлитов А. А. Кухаренко.

Очевидно, что решающую роль в создании шлихоминералогического метода поиска алмазоносных кимберлитов по ассоциации пироба и пикроильменита сыграли непосредственные находки Л. А. Попугаевой этих минералов совместно с алмазом на р. Далдын в 1953 г. Но и последовавшие за этим обсуждения найденных минералов с А. А. Кухаренко и его настойчивые рекомендации, основанные на знании минералогии южноафриканских кимберлитов, также были судьбоносными. Существенно, что в учебных экспозициях кафедры минералогии Ленинградского университета к тому времени уже имелась вполне представительная коллекция пироба и пикроильменитов из южноафриканских алмазоносных кимберлитовых трубок. Достаточно легко и уверенно Н. Н. Сарсадских и особенно, Л. А. Попугаева восприняли идею о связи алмазов и с аналогичными минералами на Сибирской платформе. Причиной такой восприимчивости послужила, разумеется, не слепая доверчивость наших героинь, а собственный опыт и известные им факты нахождения в речных осадках Западной Якутии необычных по составу и свойствам гранатов и ильменита в ассоциации с алмазом. Они просто быстрее

других сообщали, тем более в условиях, когда А. А. Кухаренко дал им бесценный ориентир.

Нет никаких сомнений в том, что в свой легендарный полевой сезон 1954 г. Л. А. Попугаева ехала с осознанным намерением открыть алмазоносную кимберлитовую трубку, используя при этом шлиховые ореолы пироба и пикроильменита. Конечно, в то время состав этих минералов определялся с серьезными ошибками из-за примитивных методов анализа. Но, тем не менее, уже было известно, что алмазосопровождающие гранат и ильменит характеризуются необычно высокой магнезиальностью, не свойственной этим минералам в известных на то время горных породах Западной Якутии. Поражает тщательность, с которой первооткрывательницы сибирских кимберлитов изучали минералы, как в полевых, так и в лабораторных условиях. Сколь много внимания они уделяли описанию морфологии зерен, скрупулезно выслеживая и фиксируя микроскульптуры на поверхности минеральных зерен. Все это было совершенно не случайным, отражая особенности уже развивающейся, прежде всего в Ленинграде, уникальной советской школы минералогов-онтогенистов. В рамках этой школы наблюдательность ценилась, прежде всего! Но кроме этого, требовались и глубокие знания законов кристаллизации, хорошее пространственное воображение и недюженая фантазия. Все компоненты ленинградской минералогической школы было использованы и при разработке шлихоминералогического метода поисков месторождений алмазоносных кимберлитов. Именно Л. А. Попугаева и Н. Н. Сарсадских были на этом пути первыми, именно на их пионерский опыт и ориентировались следовавшие за ними поисковики. Так по кирпичику и складывалось современное здание поисковой алмазной геологии, возникали и апробировались одна за другой гипотезы, обеспечив открытие сотен кимберлитовых тел на Сибирской платформе, в том числе и промышленно, богато и ураганно алмазоносных.

Какие уроки для новых поколений геологов и минералогов может преподать рассматриваемый нами отчет Н. Н. Сарсадских и Л. А. Попугаевой? *Во-первых*, авторы Отчета продемонстрировали впечатляющую эффективность тщательного минералогического анализа объектов исследований уже в полевых условиях. Когда-то другая великая первооткрывательница алмазных месторождений на Среднем Урале Н. В. Введенская назвала такой метод «маршрутной минералогией», противопоставляя его методу «лабораторской минералогии», оторванной от непосредственных полевых наблюдений. *Во-вторых*, работы на Далдыне указали на громадное значение оценки гранулометрии и формы минеральных индивидов, а также пропорций между минералами уже при отмывке шлихов. Это фактически уже при шлиховании вело к искомому месторождению. *В-третьих*, именно Л. А. Попугаева и Н. Н. Сарсадских показали, что анализ даже некристаллографической морфологии минералов может служить источником важной генетической и поисковой информации. На этом направлении в настоящее время достигнуты колоссальные успехи, обеспеченные применением, прежде всего, растровой и высокоразрешающей просвечивающей электронной микроскопии, а также атомно-силовой микроскопии.

Пионерские работы Л. А. Попугаевой и Н. Н. Сарсадских указали на необходимость кардинального улучшения методов изучения конституции, т. е. химического состава и структуры минералов. Буквально за первые 10—15 лет после открытия трубки Зарница ситуация в области изучения кимберлитовых минералов, включая алмаз, разительно изменилась. Уже к 1970-м гг. был накоплен огромный экспериментальный материал, полученный с помощью микрозондовых исследований, который обусловил революционные перемены и в методах поисков и оценки алмазных месторождений. Эти достижения связаны в первую очередь с именами академиков В. С. и Н. В. Соболевых, а также их учеников Н. П. Похиленко, В. П. Афанасьева и др., заложивших фундамент современных минералогических знаний о кимберлитах.

Именно новосибирской школой академиков Соболевых были выявлены неизвестные ранее минералогические признаки алмазности, сформулированы на новом уровне минералогические критерии оценки алмазности кимберлитовых месторождений с использованием все тех же пироповых гранатов, пикроильменита, алмаза, а также многих других минералов. В частности, было показано, что гранаты в кимберлитах не являются однородными по составу, подразделяясь по соотношению Cr_2O_3 и CaO , по крайней мере, на четыре парагенезиса: 1) алмазных гарцбургитов, 2) неалмазных гарцбургитов, 3) лерцолитов, 4) верлитов. Для кимберлитовых хромитов тоже было установлено, что их состав широко варьируется (рис. 73), но при содержании Cr_2O_3 более 62 мас. % и TiO_2 менее 0.7 мас. %/ они отвечают именно алмазным гарцбургитам.

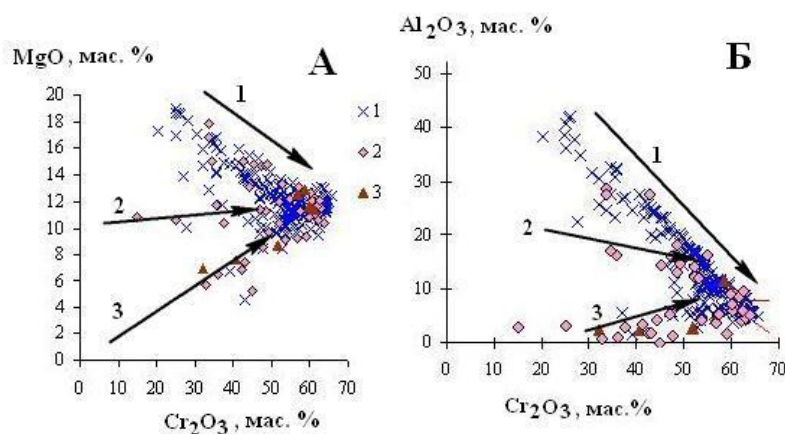


Рис. 73. Химизм хромшпинелидов из кимберлитов Верхне-Мунского поля (1, 2 — трубки соответственно Заполярная и Новинка) и Прианабарского района (3). Тренды на А: 1 — магноферрито-хромитовый, 2 — магноферритохромито-магнохромитохромитовый, 3 — магнохромито-магнохромитохромитовый. Тренды на Б: 1 — шпинеле-хромитовый, 2 — герцинито-хромитовый, 3 — магнетито-хромитовый. По В. К. Гаранину

кимберлитовых минералов — гранатов, пикроильменита, хромшпинелидов, клинопироксенов, оливина. Как известно, основанный на таких классификациях метод «статистика Гаранина» сыграл положительную роль при успешных поисках алмазных кимберлитов на Накынском поле. В конце 1990-х годов получил развитие высокочувствительный ионный микрозондовый метод определения в мантийных минералах микроэлементов, в частности, никеля в пиропе, по содержанию которого теперь есть возможность надежно диагностировать гранат алмазного парагенезиса и оценивать температуру его кристаллизации.

К настоящему времени в области минералогии алмазных пород достигнут еще более впечатляющий прогресс. Теперь состав минералов, включая и алмаз, можно исследовать с локальностью в нанометровом диапазоне, а их реальную структуру удастся анализировать и даже визуализировать не только на уровне элементарной структурной ячейки, но и в масштабе структурных дефектов.

За прошедшие с момента открытия трубки Зарница 60 лет достигнуты громадные успехи не только в минералогии, но и в геолого-геофизических науках. Однако за это время многократно возросли и трудности поисков алмазных месторождений, поскольку фонд относительно легко открываемых с поверхности алмазных месторождений практически исчерпался (рис. 74). Понятно, что ценность факта открытия в таких условиях новых месторождений будет только увеличиваться, поскольку теперь может пойти речь об открытии не только конкретного месторождения, но и ранее неизвестного их генетического типа, а иногда и феномена неизвестного ранее типа алмазности

Все это ознаменовало значительный прогресс в развитии шлихоминералогического метода поисков алмазных кимберлитов. Следующий шаг в этом направлении был сделан в конце 1980-х гг., когда началась компьютеризация алмазной минералогии, позволившая использовать более изощренные программы статистической обработки экспериментальных

данных и оперативно анализировать громадные массивы данных. Одним из результатов «компьютерной революции» стала разработка В. К. Гараниным и Г. П. Кудрявцевой индикативной классификации важнейших

провинции. Очевидно, что будущие открытия такого масштаба потребуют применения дистанционных методов с «посвечиванием» земной коры на большую глубину, революционных перемен в знаниях о минералах и минералообразовании, выхода на новый уровень понимания процессов мантийно-коровых взаимодействий.

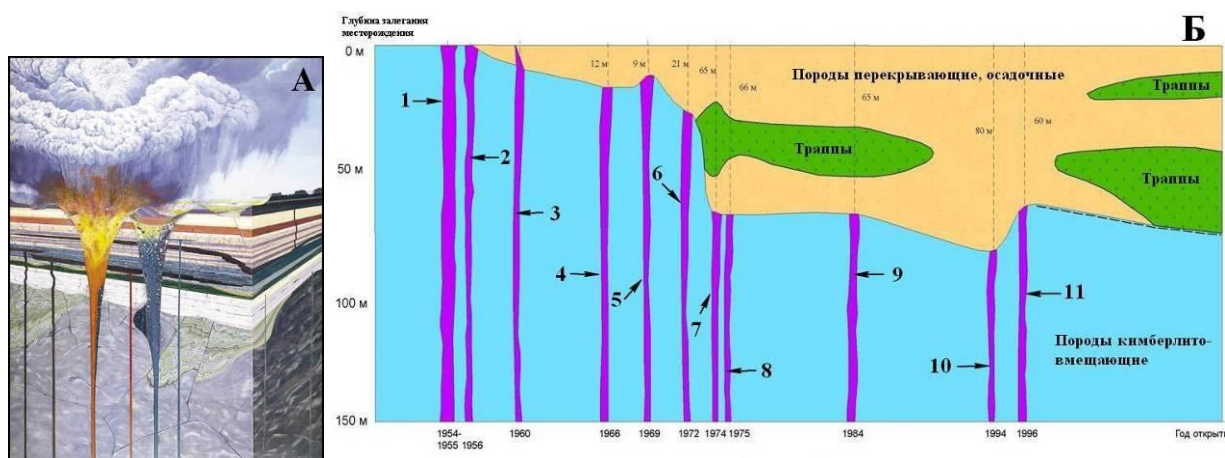


Рис. 74. Слева — геологическая реконструкция процесса извержения алмазоносных кимберлитов, справа — схема геологических условий залегания крупнейших алмазных месторождений в Восточно-Сибирской (Якутской) провинции. Кимберлитовые трубки: 1 — Зарница, Мир, Удачная, Сытыканская; 2 — Верхнемунское поле; 3 — Айхал; 4 — имени XXIII съезда КПСС; 5 — Интернациональная; 6 — Дачная; 7 — Комсомольская; 8 — Юбилейная; 9 — Краснопреснинская; 10 — Ботуобинская; 11 — Нюрбинская. По А. К. Гаранину

Все это, конечно, только добавит увлекательности поискам алмазных месторождений. Однако никому и никогда не следует забывать о том, что начало этому гигантскому делу на евразийских пространствах нашего великого Отечества положили вовсе не сильные и бывалые мужчины, а две изящные, внешне беззащитные, но очень сильные духом и необыкновенно талантливые русские женщины.

ЛИТЕРАТУРА

К предисловию Е. Б. Трейвуса

- Бетехтин А. Г., Болдырев А. К., Григорьев Д. П., Соболев В. С., Разумовский Н. К., Черных В. В., Шафрановский И. И. и др.* Курс минералогии / Под ред. проф. А. К. Болдырева, доц. Н. К. Разумовского и доц. В. В. Черных. Л.—М.: ОНТИ, 1936. 1051 с.
- Борисов С. З.* Алмазы и вожди. М.: АК «Алмазы России—Саха», 2000. 207 с.
- Введенская Н. В. и др.* Алмазники Урала. Сборник статей и воспоминаний / Под ред. Н. В. Введенской. Пермь: ГОУ ВПО «Пермский государственный университет», 2007. 121 с.
- Введенская Н. В.* Алмазы Вижая. М. — г. Лысьва, Пермской области: Изд-во Горнозаводского краеведческого музея им. М. П. Старостина, 2004. 238 с.
- Вернадский В. И.* Опыт описательной минералогии. Т. 1. Вып. 4. С.-Пб.: Типография Имп. Академии Наук, 1912. С. 497—656.
- Вернадский В. И., Курбатов С. М.* Земные силикаты, алюмосиликаты и их аналоги. Л.—М.: ОНТИ НКТП СССР, 1937. 378 с.
- Гневушев М. А.* Якутские алмазы. М.: Учпедгиз, 1963. 103 с.
- Елагина Е. Н.* Алмазные экспедиции. Т. II. М.: Издательский Дом «Полярный круг», 2003. 382 с.
- Елагина Е. Н.* Лариса и после смерти не обрела покоя // Вестник АЛРОСА, 1999. № 14 (32). С. 10.
- Кухаренко А. А.* Алмазы Урала. М.: Госгеолтехиздат, 1955. 515 с.
- Масайтис В. Л.* Где там алмазы? Сибирская Диамантиада. С.-Пб.: Издательство «ВСЕГЕИ», 2004. 216 с.
- Мелуа А. И.* Геологи и горные инженеры. Нефтяники. Т. 2. М., С.-Пб.: «Гуманистика», 2003. 1180 с.
- Неметаллические ископаемые СССР / Гл. ред. Н. П. Горбунов. Т. I. М.-Л.: Изд-во АН СССР, 1936. 580 с.
- Осипов В.* Тайна Сибирской платформы. М.: Молодая гвардия, 1957. 222 с.
- Попугаева Л. А.* Исследование некоторых видов камнесамоцветного сырья и перспективы его использования в отечественной ювелирной промышленности // Обобщ. доклад опубл. работ на соискание ученой степени канд. геол.-минер. наук. Л., 1970. 62 с.
- Попугаева Л. А.* «Мы мало считаемся с людьми и событиями». Письмо скульптору В. В. Исаевой. 14.01.1959 г. Подготовлено к публикации Е. Б. Трейвусом // Вестник АЛРОСА, 2007. № 10 (135). С. 13.
- Сарсадских Н. Н.* Открытие «Зарницы». История длиной в 40 лет. С.-Пб.: Эхо. 1997. 42 с. (1-ое изд.). 2004. 51 с. (2-ое изд.).
- Силаев В. И.* Зарница над сибирской диамантиной. Уроки истории великого геологического открытия // Уральский геологический журнал, 2007. № 6 (60). С. 139—184.
- Силаев В. И.* Златокудрая хозяйка алмазной реки // Вестник Института геологии Коми НЦ УрО РАН, 2006. № 8. С. 46—50.
- Соболев В. С.* Геология месторождений алмазов Африки, Австралии, о-ва Борнео и Северной Америки. М.: Госгеолтехиздат, 1951. 126 с.
- Сусов М. В.* Неизвестные страницы в истории открытия якутских алмазов. М.: ОАО «Институт Гипропроект», 2002. 147 с.
- Трейвус Е. Б.* Геолог-первооткрыватель и защитник Родины Лариса Попугаева // Вестник Института геологии Коми НЦ УрО РАН, 2008₁. № 1. С. 23—24.
- Трейвус Е. Б.* Голгофа геолога Попугаевой // Нева, 2003. № 9. С. 159—169.
- Трейвус Е. Б.* Знаменитый геолог А.П. Буров и открытие сибирских алмазов // Уральский геологический журнал, 2011. № 4.
- Трейвус Е. Б.* Как делалось «открытие века». Найден дневник Ларисы Попугаевой // Санкт-Петербургский университет, 2007₁. № 9 (3757). С. 42—47.

Трейвус Е. Б. «Мы мало считаемся с людьми и событиями». (Письмо Л. А. Попугаевой скульптору В. В. Исаевой от 14.01.1959 г.) // Вестник АЛРОСА, 2007₂. № 10 (135). С. 13.

Трейвус Е. Б. Надломленная судьба. Повесть о геологе Ларисе Попугаевой. С.-Пб.: НИИ Земной коры при СПбГУ, 2004. 135 с.

Трейвус Е. Б. Сверкнувшая как зарница. Повесть о геологе Ларисе Попугаевой. С.-Пб.: Геологический факультет СПбГУ, 2009. 168 с.

Трейвус Е. Б. Служебная записка секретаря райкома партии // КЛИО, 2008₂. № 3 (42). С. 5—9.

Трейвус Е. Б. Памяти Ларисы Попугаевой // КЛИО, 2008₃. № 3 (42). С. 15—19.

Трейвус Е. Б. Пермский университет — «Alma Mater» геолога Ларисы Попугаевой // Проблемы минералогии, петрографии и металлогении: Материалы научных чтений памяти П. Н. Чирвинского. Вып. 11. Пермь: Изд-во Пермского ун-та, 2008. С. 345.

Ферсман А. Е. Драгоценные и цветные камни СССР. Т. II. Л.: Изд-во Росс. Академии Наук, 1925. 386 с.

Юзмухаметов Р. Н. Грани алмазной истории. Мирный. 2003. 136 с.

Юзмухаметов Р. Н. Женщины-первооткрывательницы якутских алмазов. Якутск: Бичик, 1998. 100 с.

Юзмухаметов Р. Н. Звёздный час и трагедия Ларисы Попугаевой. Якутск: Бичик, 2004. 63 с.

Юзмухаметов Р. Н. История поисков и открытия коренных месторождений алмазов в Якутии (1948—1955 гг.). Якутск: Бичик. 2001. 148 с.

Юзмухаметов Р. Н. История поисков и открытия месторождений алмазов в России. Якутск: Изд-во ЯНИЦ СО РАН, 2006. 319 с.

Smith G. R. Gemstones. London: Metthuen, 1950. 537 p.

Wende D. Piropen Rausch. Larisa stürzt ein Weltmonopol // Jugend und Technik, 1975. № 11. S. 984—988.

Williams Gardner F. The Diamond Mines of South Africa: Some Account of their Rise and Development. N.Y.: Macmillan Co, 1902. 681 p.

Williams Alpheus F. The genesis of the diamond. V. 1. P. 352. V. 2. P. 353—636. London: E. Benn, 1932.

К Отчету

Битц В. Процессы концентрации в аллювиальных и связанных с аллювием алмазных россыпях Юго-Западной, Южной, Центральной и Восточной Африки. Перевод иностранной литературы.

Василенский Н. Предварительная заметка о месторождениях кимберлитовой брекчии в Бак-Ванга. Перевод иностранной литературы, 1951.

Верхооген Ж. Кимберлитовые трубки Катанги. Перевод иностранной литературы.

Вильямс А. Ф. Генезис алмазов. Перевод иностранной литературы.

Винчелл А. П. Оптическая минералогия. М.: Изд-во ИЛ, 1949.

Кухаренко А. А. Изучение вещественного состава алмазоносных россыпей западного склона Урала и минералогия уральских алмазов. 1946 г. // Фонды Центральной экспедиции.

Краснов И. И., Масайтис В. Л. Промежуточный отчет Тунгусско-Ленской экспедиции и 5-й комплексной партии по теме № 8 за 1952 г. // Фонды ВСЕГЕИ.

Ларсен Е., Берман Г. Определение прозрачных минералов под микроскопом. М., 1937.

Полинар Г. Алмазные месторождения в бассейне р. Касаи в Бельгийском Конго и Анголе. Перевод иностранной литературы.

Подкопаев Е. И. Шлихо-минералогическая характеристика района верховьев рр. Оленёк, Арга-Сала, Мойеро и истоков рр. Мархи и Моркоки. 1952 г. // Фонды НИИГА.

Пуминов А. П. Результаты геолого-геоморфологических исследований и поисковых работ на алмазы в бассейне верховий р. Мархи и в области водоразделов рр. Тюнг, Муна и Беке. 1963 г. // Фонды НИИГА.

Рабкин М. И. Геологическое строение, петрология и тектоника Анабарского кристаллического массива. 1954 г. // Фонды НИИГА.

Риманн В. О кимберлите и альнэйте в Бразилии. Перевод иностранной литературы.

Сарсадских Н. Н. Отчет о работе тематической партии № 26 по составлению шлиховой карты сибирской платформы в 1950 г. // Фонды Центральной экспедиции.

Сарсадских Н. Н. Отчет о работе тематической партии № 26 по составлению шлиховой карты Сибирской платформы в 1951 г. 1952 г. // Фонды Центральной экспедиции.

Сарсадских Н. Н. Отчет о работе тематической партии № 26 по составлению шлиховой карты Сибирской платформы в 1952 г. (Окончательный отчет за 1950, 1951 и 1952 гг.). 1953 г. // Фонды Центральной экспедиции.

Соболев В. С. Геология месторождений Африки, Австралии, о-ва Борнео и Северной Америки. М.: Госгеолтехиздат, 1951. 126 с.

Файнштейн Г. Х. Геолого-геоморфологический очерк и перспективы алмазности среднего течения р. Вилюй. Промежуточный отчет партии № 1 Амакинской экспедиции за 1949 г. // Фонды Амакинской экспедиции.

Файнштейн Г. Х., Буханевич В. А. Отчет о работе второй Восточной комплексной партии в 1950 г. в Сунтарском районе ЯАССР. Т. 1-К // Фонды Амакинской экспедиции.

Харгер Х. С. Алмазные трубки и трещины Южной Африки. Перевод иностранной литературы, 1953.

Чирвинский П. Н. Средний химический состав главных минералов изверженных, метаморфических и осадочных пород. Харьков: Изд-во Харьковского ун-та, 1953.

Штутцер О. Месторождения алмаза. Перевод иностранной литературы (Stutzer O. Die Lagerstätten der Diamanten. Berlin, 1935)

Шуберт Б. О присутствии алмаза в Габоне (Французская Экваториальная Африка), связанного с кимберлитами и с метаморфическими карбонатными породами. Перевод иностранной литературы.

К сноскам в Отчете и к последнему разделу

Алтухова З. А. Автолитовые кимберлитовые брекчии Якутии. Якутск: ЯНЦ СО СССР, 1990. 218 с.

Алымова Н. В., Костровицкий С. И., Иванов А. С., Серов В. П. О генезисе пикроильменита // Проблемы минералогии, петрографии и металлогении: Научные чтения памяти П. Н. Чирвинского. Вып. 4. Пермь: Изд-во Пермского ун-та, 2002. С. 36—43.

Алымова Н. В., Костровицкий С. И., Иванов А. С., Серов В. П. Пикроильменит из кимберлитов Далдынского поля (Якутия) // Доклады РАН, 2004. Т. 395. № 6. С. 799—802.

Алымова Н. В., Костровицкий С. И., Яковлев Д. А. Методические основы использования информации о составе пикроильменита в поисковых целях // Проблемы прогнозирования и поисков месторождений алмазов на закрытых территориях. Якутск: Изд-во ЯНЦ СО УрО РАН, 2008. С. 295—299.

Амишинский А. Н., Похиленко Н. П. Особенности состава пикроильменитов из кимберлитовой трубки Зарница // Геология и геофизика, 1983. № 11. С. 116—119.

Антонова Т. А., Татьянченко А. И., Ротман А. Я. Внутренне строение алмазов и особенности гранатов кимберлитовой трубки Зарница (Далдынское поле, Якутия) // Спектроскопия и кристаллохимия минералов—2007: Материалы международной научной конференции. Екатеринбург, 2007. С. 3.

Анфилов В. Н. Условия зарождения и роста кристаллов алмаза // Минералогия Урала — 2003: Материалы IV Всероссийского совещания. Миасс: изд-во ИМин, 2003. С. 207—211.

- Арсеньев А. А.* О закономерности размещения кимберлитов в восточной части Сибирской платформы // Доклады АН СССР, 1961. Т. 137. № 5. С. 1170—1173.
- Арсеньев В. А., Дубов Н. В., Дубова Т. А.* Использование вихревых структур для прогноза алмазности // Руды и металлы, 2003. № 3. С. 29—34.
- Афанасьев В. П.* О механическом износе кимберлитовых минералов в шлихах // Советская геология, 1986. № 10. С. 81—87.
- Афанасьев В. П.* Типизация шлихо-минералогических поисковых обстановок Якутской алмазодобывающей провинции // Советская геология, 1989. № 1. С. 24—33.
- Афанасьев В. П., Зинчук Н. Н., Похиленко Н. П.* Морфология и морфогенез индикаторных минералов кимберлитов. Новосибирск: Изд-во «Манускрипт», 2001. 276 с.
- Афанасьев В. П., Зинчук Н. Н., Похиленко Н. П.* Поисковая минералогия алмаза. Новосибирск: Академическое изд-во «Гео», 2010. 650 с.
- Афанасьев В. П., Логвинова А. М., Зинчук Н. Н.* Эффект коррозионного растрескивания мантийных минералов // Известия Вузов, Геология и разведка, 2000. № 3. С. 43—52.
- Афанасьев В. П., Николенко Е. И., Тычков Н. С. и др.* Механический износ индикаторных минералов кимберлитов: экспериментальные исследования // Геология и геофизика, 2008. Т. 49. № 2. С. 120—127.
- Афанасьев В. П., Соболев Н. В., Кириллова Г. А., Юсупов Т. С.* Относительная абразивная устойчивость пиропы и пикроильменита — индикаторных минералов кимберлитов // Доклады АН СССР, 1994. Т. 337. № 3. С. 359—362.
- Ащепков И. В., Владыкин Н. В., Николаева И. В. и др.* О минералогии и геохимии мантийных включений и строении мантийной колонны кимберлитовой трубки Юбилейная, Алакитское поле // Доклады АН СССР, 2004. Т. 395. № 4. С. 517—523.
- Ащепков И. В., Владыкин Н. В., Ротман А. Я. и др.* Закономерности вариации составов пикроильменита из кимберлитов Якутии // Геология алмазов — настоящее и будущее. Воронеж: Изд-во Воронежского ун-та, 2005. С. 910—924.
- Бартошинский З. В., Бекеша С. Н., Боткунов А. И. и др.* О конусах растворения на кристаллах циркона из кимберлитовой трубки «Мир» // Доклады АН СССР, 1982. Т. 267. № 6. С. 1444—1448.
- Барышев А. Н.* Периодичность размещения алмазодобывающих систем как критерий их прогноза на закрытых территориях // Проблемы прогнозирования и поисков месторождений алмазов на закрытых территориях. Якутск: Изд-во ЯНЦ СО РАН, 2008. С. 11—17.
- Бессмертных С. Ф., Поспеева Е. В., Овчинников О. И.* Изучение особенностей строения консолидированной коры Далдыно-Алакитского алмазодобывающего района по данным региональной сейсморазведки МОВ-ОГТ и электроразведки МТЗ // Проблемы прогнозирования и поисков месторождений алмазов на закрытых территориях. Якутск: Изд-во ЯНЦ СО РАН, 2008. С. 55—62.
- Благулькина В. А., Ровша В. С., Сарсадских Н. Н.* К минералогии связующей массы кимберлита // Записки ВМО, 1966. Ч. 94. № 1. С. 471—475.
- Бобриневич А. П., Бондаренко М. Н., Гневушев М. А., Кинд Н. В., Корешков Б. Я., Курылева Н. А., Нефедова З. Д., Попова Е. Э., Попугаева Л. А., Скульский В. Д., Смирнов В. И., Юркевич Р. К., Файнштейн Г. Х., Щукин В. Н.* Алмазы Сибири / Под ред. А. П. Букова и В. С. Соболева. М.: Госгеолтехиздат, 1957. 159 с.
- Бобриневич А. П., Бондаренко М. Н., Гневушев М. А., Красов Л. М., Смирнов Г. И., Юркевич Р. К.* Алмазные месторождения Якутии. Под. ред. В. С. Соболева. М.: Гомгеолтехиздат, 1959. 527 с.
- Бобриневич А. Н., Смирнов Г. И., Соболев В. С.* Ксенолит эклогита с алмазами // Доклады АН СССР, 1959. Т. 126. № 3.
- Бовкун А. В., Гаранин В. К., Кудрявцева Г. П., Серов И. В.* Генетические аспекты особенностей микрокристаллических шпинелидов из связующей массы кимберлитов

- Якутии // Геология алмазов — настоящее и будущее. Воронеж: Изд-во Воронежского ун-та, 2005. С. 732—743.
- Бовкун А. В., Третьяченко В. В., Гаранин В. К.* Особенности индикаторных минералов кимберлитов из поздневизейского коллектора бассейна р. Падун Зимнебережного района // Известия Вузов. Геология и разведка, 2008. № 5. С. 11—17.
- Богатилов О. А., Кононова В. А., Зинчук Н. Н. и др.* Геохимические критерии продуктивности кимберлитов Якутской алмазоносной провинции // Геология алмазов — настоящее и будущее. Воронеж: Изд-во Воронежского ун-та, 2005. С. 743—752.
- Борис Е. И.* Направления детальных алмазописковых работ на правобережье нижнего течения р. Ирелях // Проблемы прогнозирования и поисков месторождений алмазов на закрытых территориях. Якутск: Изд-во ЯНЦ СО УрО РАН, 2008. С. 225—227.
- Боткунов А. И.* Сохранность (целостность) кристаллов алмазов из трубки «Мир» // Записки ВМО, 1967. Ч. 96. № 3. С. 312—315.
- Боткунов А. И., Гаранин В. К., Крот А. Н., Кудрявцева А. Н.* Минеральные включения в гранатах из кимберлитов Якутии, их генетическое и прикладное значение // Геология рудных месторождений, 1987. № 1. С. 15—29.
- Быков А. Д.* Дискретность гипергенных превращений ильменита // Доклады АН СССР, 1979. Т. 247. № 1. С. 189—192.
- Быкова Ю. М., Геншафт Ю. С.* Синтез хромовых гранатов ряда пироп-кноррингит // Геохимия, 1972. № 210. С. 1291—1293.
- Варшавский А. В.* Аномальное двупреломление и внутренняя морфология алмаза. М. Наука, 1968.
- Василенко В. Б., Леснов Ф. П., Зинчук Н. Н. и др.* О сопряженности распределений редкоземельных элементов и породообразующих оксидов в породах кимберлитовой формации // Проблемы прогнозирования, поисков и изучения месторождений полезных ископаемых на пороге XXI века. Воронеж: Изд-во Воронежского ун-та, 2003. С. 33—38.
- Василенко В. Б., Зинчук Н. Н., Красавчиков В. О. и др.* Критерии петрохимической идентификации кимберлитов // Геология и геофизика, 2000. Т. 41. № 12. С. 1748—1759.
- Введенская Н. В.* О возможном проявлении алмазоносного кимберлитового магматизма на Западном склоне Среднего Урала // Вестник Института геологии Коми НЦ УрО РАН, 2008. № 10. С. 16—19.
- Вишневский А. А., Колесник Ю. Н., Харьков А. Д.* О генезисе келифитовых кайм на пиропсах из кимберлитов // Минералогический журнал, 1984. Т. 6. № 4. С. 55—66.
- Владимиров Б. М., Твердохлебов В. А., Колесников Т. Г.* Геология и петрография изверженных пород юго-западной части гвинейско-либерийского щита. М.: Наука, 1971. 242 с.
- Гайдукова В. С., Соколов С. В., Дубинчук В. Т. и др.* О многоступенчатом распаде магнетита из железных руд Ковдорского месторождения // Минералогический журнал, 1984. № 1. Т. 6. С. 64—70.
- Галимов Э. М.* Кавитация как механизм синтеза природных алмазов // Известия АН СССР, Сер. геол., 1973. № 1. С. 22—37.
- Галимов Э. М., Боткунов А. И., Гаранин В. К. и др.* Угледородсодержащие флюидные включения в оливине и гранате из кимберлитовой трубки Удачная // Геохимия, 1989. № 7. С. 1011—1014.
- Гаранин В. К.* Введение в минералогию алмазных месторождений. М.: МГУ, 1989. 208 с.
- Гаранин В. К., Кудрявцева Г. П., Лапин А. В.* Типоморфные особенности ильменита из кимберлитов, массивов щелочных ультраосновных пород и карбонатитов // Геология рудных месторождений, 1978. № 4. С. 3—32.
- Гаранин В. К., Кудрявцева Г. П., Посухова Т. В., Сошкина Л. Т.* Комплексное изучение минералов-спутников алмаза // Советская геология, 1984. № 11. С. 96—108.

- Гаранин В. К., Кудрявцева Г. П., Сошкина Л. Т. Генезис ильменита из кимберлитов // Доклады АН СССР, 1983. № 272. Т. 5. С. 1190—1195.
- Гаранин В. К., Кудрявцева Г. П., Сошкина Л. Т. Ильменит из кимберлитов. М.: Изд-во МГУ, 1984. 240 с.
- Геншафт Ю. С., Илупин И. П. Каймы изменения ильменитов в кимберлитах // Минералогический журнал, 1982. Т. 4. № 4. С. 79—84.
- Геншафт Ю. С., Илупин И. П., Кулинин В. М., Витоженц Г. Ч. Типоморфизм ильменита глубинных магматических пород // Состав и свойства глубинных пород земной коры и верхней мантии. М.: Изд-во Института физики Земли АН СССР, 1983. С. 95—190.
- Гневушев М. А. Алмазы Западной Якутии // Автореферат кандидатской диссертации. Л., 1958. 16 с.
- Гневушев М. А. О следах растворения на гранях алмаза // Записки ВМО, 1956. Ч. 85. № 3. С. 401—403.
- Гневушев М. А. Якутские алмазы. М.: Учпедгиз, 1963. 103 с.
- Гневушев М. А., Бобков Н. А., Бартошинский З. В. Следы травления и растворения на якутских алмазах // Минералогический сборник Львовского геол. об-ва, 1957. № 11. С. 22—57.
- Гневушев М. А., Калинин А. И., Михеев В. И., Смирнов Г. И. Изменение размеров ячейки гранатов в зависимости от состава // Записки ВМО, 1956. Ч. 85. № 4. С. 472—490.
- Горяинов И. Н., Митрошин М. И., Леонова Т. С. и др. «Метеоритный» парагенезис — (муассанит + самородное железо + алмаз?) в траппах северо-запада Сибирской платформы // Доклады АН СССР, 1976. Т. 228. № 2. С. 453—455.
- Граханов С. А. Геологическое строение и алмазоносность россыпей севера Якутской алмазоносной провинции. Воронеж: Изд-во Воронежского ун-та, 2000. 78 с.
- Граханов С. А. Особенности формирования и закономерности размещения россыпей алмазов северо-востока Сибирской платформы // Автореферат дис. док. геол.-мин. наук. Якутск, 2007. 40 с.
- Дак А. И. Пикроильмениты из магнитной фракции шлихов Якутской кимберлитовой провинции // Новые данные в науках о Земле: Материалы Международной конференции. Т. 2. М., 2003. С. 18.
- Дорышев А. И., Брай Г. П., Гирнис А. В. и др. Гранаты пироп-кноррингитового ряда в условиях мантии Земли: экспериментальное изучение в системе $MgO-Al_2O_3-SiO_2-Cr_2O_3$ // Геология и геофизика, 1997. № 2. С. 523—545.
- Доусон Дж. Кимберлиты и ксенолиты в них. М.: Мир, 1983. 300 с.
- Дэвис Г. Л., Соболев Н. В., Харькив А. Д. Новые данные о возрасте кимберлитов Якутии, полученные уран-свинцовым методом по цирконам // Доклады АН СССР, 1980. Т. 254. № 1. С. 175—179.
- Езерский В. А. Ильменит и продукты его замещения из алмазоносных отложений Красновишерского района // Проблемы минералогии, петрографии и металлогении: Материалы Научных чтений памяти П. Н. Чирвинского. Пермь: Изд-во Пермского ун-та, 2001. Вып. 3. С. 86—93.
- Зинчук Н. Н. Коры выветривания и вторичные изменения кимберлитов Сибирской платформы (в связи с проблемой поисков и разработки алмазных месторождений). Новосибирск: Изд-во Новосибирского ун-та, 1994.
- Зинчук Н. Н. Петрографическая характеристика основных типов пород, перспективных на алмазы верхнепалеозойских осадочных пород Сибирской платформы // Проблемы минералогии, петрографии и металлогении: Материалы Научных чтений памяти П. Н. Чирвинского. Пермь: Изд-во Пермского ун-та, 2013. Вып. 16. С. 88—108.
- Зинчук Н. Н., Коптиль В. И. Особенности алмазов из кимберлитовых тел Сибирской платформы // Геология алмазов — настоящее и будущее, Воронеж: Изд-во Воронежского ун-та, 2005. С. 1000—1020.

- Зинчук Н. Н., Коптиль В. И.* Типоморфизм алмазов Сибирской платформы. М.: Недра, 2003. 603 с.
- Зинчук Н. Н., Котельников Д. Д., Борис Е. И.* Древние коры выветривания и поиски алмазных месторождений. М.: Недра, 1983.
- Зинчук Н. З., Пизнюр А. В.* О вскипании алмазоносных магм // Проблемы прогнозирования, поисков и изучения месторождений полезных ископаемых на пороге XXI века. Воронеж: Изд-во Воронежского ун-та, 2003. С. 374—376.
- Зинчук Н. Н., Стегницкий Ю. Б.* Продукты выветривания кимберлитовых пород как дополнительный критерий при поисково-разведочных работах на алмазы (на примере трубок Накынского поля и Катока, Ангола) // Геология алмаза — настоящее и будущее (геологи к 50-летию юбилею г. Мирный и алмазодобывающей промышленности России). Воронеж: Изд-во Воронежского ун-та, 2005. С. 1369—1384.
- Илупин И. П.* Кимберлиты Якутии — линейное расположение трубок и вещественный состав // Руды и металлы, 2003. № 5—6. С. 60—68.
- Илупин И. П.* О диагностике пироба в шлихах // Известия Вузов. Геология и геофизика, 1960. № 2.
- Илупин И. П., Геншафт Ю. С.* О метасоматических замещениях пикроильменита в кимберлитах // Минералогический журнал, 1986. Т. 8. № 5. С. 65—72.
- Каргин А. В., Голубева Ю. Ю., Кононова В. А.* Закономерности пространственного распределения вещественных характеристик кимберлитов Далдыно-Алаkitского района (Якутия) // Проблемы прогнозирования и поисков месторождений алмазов на закрытых территориях. Якутск: Изд-во ФНИЦ СО РАН, 2008. С. 68—75.
- Квасница В. Н., Вуйко В. И., Цымбал Ю. С. и др.* Кристалломорфология и парагенезисы ограненных гранатов из кимберлитов // Минералогический журнал, 1986. Т. 8. № 1. С. 30—44.
- Кинд Н. В.* Если идти по пиробам... // Химия и жизнь, 1987. № 1. С. 56—57.
- Клопов В. И., Малов Ю. В., Овсянников Е. А.* Реакционные каймы на пикроильменитах из кимберлитов // Геохимия, 1984. № 10. С. 1466—1473.
- Коваль А. Ю., Макеев Б. А.* Минералы-индикаторы алмазоносного магматизма из шлиховых потоков нижнего течения р. Оленёк (северо-восток Якутии) // Вестник Института геологии Коми НЦ УрО РАН, 2009. № 6. С. 7—13.
- Ковальский В. В., Буланова Г. П., Никишов К. Н. и др.* Состав гранатов, хромитов и рутилов, ассоциирующих с алмазами из кимберлитовых трубок Якутии // Доклады АН СССР, 1979. Т. 247. № 4. С. 946—951.
- Ковальский В. В., Никишов К. Н., Егоров О. С.* Кимберлитовые и карбонатитовые образования восточного и юго-восточного склонов Анабарской синеклизы. М.: Наука, 1969. 288 с.
- Костровицкий С. И.* Физические условия, гидравлика и кинематика заполнения кимберлитовых трубок. М.: Наука, 1976.
- Костровицкий С. И., Алымова Н. В., Яковлев Д. А. и др.* Минералогическая паспортизация разных таксонов кимберлитового магматизма — методическая основа поисковых работ на алмазы // Руды и металлы, 2006₁. № 4. С. 27—37.
- Костровицкий С. И., Алымова Н. В., Яковлев Д. А. и др.* Особенности типохимизма пикроильменита из алмазоносных полей Якутской провинции // Доклады РАН, 2006₂. И. 406. №; 3. С. 350—354.
- Костровицкий С. И., де Бруин Д.* Хромистая ассоциация минералов в слюдистых кимберлитах Далдынского поля (Якутская провинция) // Геология и геофизика, 2004. Т. 45. № 5. С. 565—576.
- Кривошлык Н. Н.* особенности морфологии и некоторые вопросы генезиса автолитов в кимберлитовых брекчиях // Геология и геофизика, 1976. № 7. С. 106—109.
- Кротков В. В., Кудрявцева Г. П., Богатиков О. А. и др.* Новые технологии разведки алмазных месторождений. М.: Изд-во ГЕОС, 2001. 310 с.

Крючков А. И., Харьков А. Д. Взаимоотношения кимберлитов и траппов в Далдыно-Алакитском районе // Советская геология, 1989, № 8. С. 25—34.

Крючков А. И., Харьков А. Д., Rogовой В. В. Динамическое воздействие траппов на кимберлиты и идентификация отторженцев кимберлитов // Отечественная геология, 1994. № 5. С. 16—23.

Курылёва Н. А. О петрографии сибирских кимберлитов // Записки ВМО, 1958. Ч. 87. № 2. С. 233—237.

Кухаренко Н. А. К вопросу о глубинности строения земной коры в районах развития кимберлитового магматизма // Доклады АН СССР, 1982. Т. 267. № 5. С. 1189—1191.

Лазько Е. Е. К вопросу о происхождении граната в кимберлитах трубки «Удачная» // Записки ВМО, 1971. Ч. 100. № 6. С. 703—712.

Лебедев А. П. Некоторые проблемы петрологии коренных алмазоносных пород в СССР // Известия АН СССР. Сер. геол., 1957. № 11.

Леонтьев Л. Н., Каденский А. А. О природе кимберлитовых трубок Якутии // ДАН СССР, 1957. Т. 115. № 2.

Литинский В. А. Биректинская экспедиция — поиски алмазов, 2012. // http://world.lib.ru/litinskiy_w_a/birekta-1.shtml.

Лобанова Е. Б., Макеев Б. А., Шевчук С. С. Типоморфизм гранатов дунит-гарцбургитового, лерцолитового и эклогитового парагенезисов из кимберлитовых трубок Якутской кимберлитовой провинции // Модели образования алмаза и его коренных источников. Перспективы алмазоносности Украинского щита и сопредельных территорий: Материалы Международной конференции. Киев: Изд-во «Тов. ЦПКОМ Принт», 2012. С. 116—119.

Лобанова Е. Б., Силаев В. И., Макеев Б. А., Грановская Н. В. Типоморфизм гранатов из кимберлитовых трубок на примере Якутской алмазоносной провинции // Проблемы минералогии, петрографии и металлогении: Научные чтения памяти П. Н. Чирвинского. Пермь: Изд-во Пермского ун-та, 2014. Вып. 17. С. 3—21.

Ляхович В. В. Цирконы алмазных пород // Доклады АН СССР, 1996. Т. 346. № 6. С. 778—781.

Малиновский В. И., Дорошев А. М. К вопросу об устойчивости коррингита // Экспериментальные исследования по минералогии (1974—1975 гг.). Новосибирск: Изд-во ИГГ СО АН СССР, 1975₁. С. 106—109.

Малиновский В. И., Дорошев А. М. Начало границы плавления пироба // Экспериментальные исследования по минералогии (1974—1975 гг.). Новосибирск: Изд-во ИГГ СО АН СССР, 1975₂. С. 101—103.

Малиновский В. И., Дорошев А. М. Нижняя по давлению граница устойчивости пироба // Экспериментальные исследования по минералогии (1974—1975 гг.). Новосибирск: Изд-во ИГГ СО АН СССР, 1975₃. С. 95—100.

Малиновский В. И., Дорошев А. М., Ран Э. Н. Устойчивость хромсодержащих гранатов ряда пироп-кноррингит // Экспериментальные исследования по минералогии (1974—1975 гг.). Новосибирск: Изд-во ИГГ СО АН СССР, 1975. С. 110—115.

Мамчур Г. П., Мельник Ю. М., Харьков А. Д., Ярыныч О. А. О происхождении карбонатов и битумного вещества в кимберлитовых трубках по данным изотопного состава вещества углерода // Геохимия, 1980. № 4.

Маракушев А. А., Черенкова А. Ф., Черенков В. Г., Панях Н. А. Полифациальность алмазных пород кимберлитовых и лампроитовых трубок // Доклады РАН, 1994. Т. 337. № 4. С. 490—493.

Масайтис В. Л. Где там алмазы? Сибирская Диамантина. СПб: Изд-во ВСЕГЕИ, 2004. 216 с.

Махлаев Л. В., Голубева И. И. Магматогенные флюидизированные (псевдосжиженные) системы и их роль в породообразовании и сопутствующей

минерализации // Проблемы геологии и минералогии. К семидесятилетию академика Н. П. Юшкина. Сыктывкар: Геопринт, 2006. С. 143—159.

Махлаев Л. В., Голубева И. И. Являются ли кимберлиты магматическими породами? // Вестник Института геологии Коми НЦ УрО РАН, 2007. № 12. С. 6—12.

Милашев В. А., Шульгина Н. И. Новые данные о возрасте кимберлитов Сибирской платформы // Доклады АН СССР, 1959. Т. 126. № 6.

Минералогические таблицы. Справочник / *Е. И. Семенов, О. Е. Юшко-Захарова, И. Е. Максимюк и др.* М.: Недра, 1981. 399 с.

Михайлов М. В., Гридасов Н. В. К вопросу о возрасте кимберлитовой трубки «Мир» // Материалы по геологии и полезным ископаемым Якутской АССР. Вып. XI. Якутск, 1963.

Никифорова А. Ю., Тарских О. В. Типохимизм гранатов из кимберлитов ряда трубок Алаakit-Мархинского поля в свете оценки перспектив их алмазоносности // Проблемы прогнозирования и поисков месторождений алмазов на закрытых территориях. Якутск: Изд-во ЯНЦ СО РАН, 2008. С. 191—196.

Одинцов М. М. По Восточной Сибири в геологических партиях. Иркутск, 1981. 189 с.

Оффман П. Е. О некоторых тектонических закономерностях проявления вулканизма на Сибирской платформе // Известия АН СССР. Сер. геол., 1956. № 5.

Оханкин Н. А., Чубугина В. Л. О пиробах и хромдиопсиде в базальтовых трубках Минучинского межгорного прогиба // Доклады АН СССР, 1960. Т. 132. № 2. С. 439—442.

Петровский В. А., Силаев В. И., Сухарев А. Е. и др. Флюидные фазы в карбонадо и их генетическая информативность // Геохимия, 2008. № 7. С. 748—765.

Плотникова М. И., Сарсадских Н. Н., Уманец В. Н. О значении минералов-спутников алмаза аллювиальных россыпей для определения местоположения коренных источников // Перемещение полезных компонентов в долинах. Якутск: Изд-во ЯФ СО АН СССР, 1977. С. 51—61.

Помазанский Б. С. Неоднородное распределение центров фотолуминесценции в алмазах ряда коренных и россыпных источников Сибирской платформы // Геология алмазов — настоящее и будущее. Воронеж: Изд-во Воронежского ун-та, 2005. С. 1076—1083.

Попивняк И. В., Демин Б. Г., Левицкий В. В., Коптиль В. И. Новые данные о летучих компонентах мантийных минералообразующих сред // Доклады АН СССР, 1980. Т. 254. № 5. С. 1238—1241.

Применение аэрометодов при поисках коренных месторождений алмазов. М.-Л., 1957.

Попугаева Л. А. Заявление Управляющему Союзным трестом № 2. А. Л. Куницыну от 6.10.1954 г. // Личный архив Л. А. Попугаевой. СПб.

Прокопчук Б. И., Кострюков М. С., Королева Н. М. К вопросу о сохранности пироба в зависимости от дальности транспортировки // Геология и геофизика, 1964. № 5.

Пуминов А. Г. О первых находках пироба в аллювиальных отложениях Сибирской платформы // Сборник статей по геологии Арктики под ред. М. Ф. Лобанова, М., 1956. С. 318—321.

Рингвуд А. Е. Синтез серии твердых растворов пироп-кноррингит // Проблемы петрологии земной коры и верхней мантии. Новосибирск: Наука, 1978. С. 139—145.

Родионов А. С., Похиленко Н. П., Соболев Н. В. Сравнительная характеристика главных минералов концентрата двух разновидностей кимберлита трубки Дальняя // Геология и геофизика, 1984. № 5—6. С. 38—49.

Рожков И. С., Михалев Г. П., Зарицкий Л. М. Алмазные россыпи Мало-Ботуобинского района Западной Якутии. М.: Изд-во АН СССР, 1963. 137 с.

Рожков И. С., Харькив А. Д., Мельник Ю. М. Древняя кора выветривания кимберлитов трубки им. XXIII съезда КПСС (Якутия) // Доклады АН СССР, 1969. Т. 188. № 5. С. 1130—1135.

Розен О. М., Манаков А. В., Горев Н. И., Зинчук Н. Н. Кимберлиты, ультраосновные щелочные комплексы с карбонатитами и траппы — разные формы плюмового магматизма на Сибирском кратоне // Проблемы прогнозирования и поисков месторождений алмазов на закрытых территориях. Якутск: Изд-во ЯНЦ СО РАН, 2008. С. 32—38.

Розен О. М., Серенко В. П., Спеццус З. В. и др. Якутская кимберлитовая провинция: положение в структуре Сибирского кратона, особенности состава верхней и нижней коры // Геология и геофизика, 2002. Т. 43. № 1. С. 3—26.

Саблуков С. М., Саблукова Л. И., Стегницкий Ю. Б., Бензерук В. И. Литосферная мантия Накынского кимберлитового поля (Якутия) по данным изучения мантийных ксенолитов трубки Нюрбинской // Проблемы прогнозирования и поисков месторождений алмазов на закрытых территориях. Якутск: Изд-во ФНЦ СО РАН, 2008. С. 106—113.

Салтыков О. Г., Скриплева Г. И. Эволюция зерен пикроильменита в потоковых отложениях Мало-Ботуобинского района (Западная Якутия) // Геология и геофизика, 1973, № 2. С. 112—117.

Сарсадских Н. Н. Использование плотности пироба в качестве критерия поисков месторождений алмазов // Минералогические критерии оценки рудоносности. Л.: Наука, 1981. С. 150—156.

Сарсадских Н. Н. Минералогия рыхлых и коренных пород восточной части Сибирской платформы и минералогические критерии поисков месторождений алмазов // Автореферат кандидатской диссертации. Л.: ЛГУ, 1959. 12 с.

Сарсадских Н. Н. О неоднородности вещества верхней мантии // Доклады АН СССР, 1970. Т. 193. № 6. С. 1392—1395.

Сарсадских Н. Н. Открытие «Зарницы». История длиной 40 лет. СПб: Изд-во ВВМ, 2004. 51 с.

Сарсадских Н. Н. Поиски месторождений по пиробу // Бюллетень ОНТИ МГ и ОН СССР, 1958. № 1 (13).

Сарсадских Н. Н. Региональные и локальные закономерности размещения эндогенных месторождений алмаза. Л.: Недра, 1973. 68 с.

Сарсадских Н. Н. Составление шлиховой карты на территории Сибирской платформы. Окончательный отчет партии № 26 за 1950—1952 гг. Ленинград, 1953 г. Фонды ВСЕГЕИ.

Сарсадских Н. Н., Благулькина В. А. Петрографические и петрогенетические отличия кимберлитов от пород, сходных с ними по некоторым признакам // Записки ВМО, 1969. Ч. 98. № 4. С. 415—421.

Сарсадских Н. Н., Благулькина В. А., Силин Ю. И. Об абсолютном возрасте кимберлитов Якутии // Доклады АН СССР, 1966. Т. 168. № 2.

Сарсадских Н. Н., Попугаева Л. А. Новые данные о проявлении ультраосновного магматизма на Сибирской платформы // Разведка и охрана недр, 1955. № 5. С. 11—20.

Сарсадских Н. Н., Ровша В. Г. Об условиях генезиса минералов-спутников алмаза в кимберлитах Якутии // Записки ВМО, 1960. Ч. 89. № 4. С.

Сафронов А. Ф., Смелов А. П., Зайцев А. И. Проблемы тектонического контроля алмазоносных кимберлитов Сибирской платформы // Отечественная геология, 2001. № 5. С. 3—5.

Сергеева Н. Е. Электронно-микроскопическое изучение пикроильменитов из кимберлитовых трубок Якутии // Вестник МГУ. Сер. геол., 1970. № 3.

Сидоров Е. Г., Осипенко А. Б., Козлов А. П. и др. О потенциальной алмазоносности гранатовых амфиболитов п-ва Камчатский мыс (Восточная Камчатка) // Записки РМО, 2006. Ч. 135. № 1. С. 3—20.

Силаев В. И., Лютое В. П., Чайковский И. И. и др. Фактор размерности индивидов в минералогии // Минералогическая интервенция в микро- и наномир: Материалы Международного минералогического семинара. Сыктывкар: Геопринт, 2009₁. С. 67—72.

Силаев В. И., Тарских О. В., Сухарев А. Е., Филиппов В. Н. Келифитизация мантийного пикроильменита на примере алмазоносной трубки Зарница // Вестник Института геологии Коми НЦ УрО РАН, 2008₁. № 5. С. 5—10.

Силаев В. И., Трейвус Е. Б. Историческая коллекция мантийных минералов Л. А. Попугаевой как актуальный объект научного исследования // Минеральное разнообразие — исследование и сохранение: Труды докладов на V Международном симпозиуме «Сохранение минерального разнообразия». София, 2010. С. 149—157.

Силаев В. И., Чайковский И. И., Ракин В. И., Тетерин И. П. Признаки осколкообразующей фации алмазов в уральских месторождениях // Литосфера, 2008₂. № 6. С. 54—62.

Силаев В. И., Шанина С. Н., Петровский В. А., Плоскова С. И. Минералогическая коллекция Л. А. Попугаевой как культурно-исторический феномен и актуальный объект исследований // Вестник Института геологии Коми НЦ УрО РАН, 2009₂. № 1. С. 13—21.

Скиннер Ч. Де Бирс и алмазный путь // Смирновский сборник—2008. М.: Фонд имени В. И. Смирнова, 2008. С. 15—44.

Скульский В. Те алмазные маршруты // Мирнинский рабочий, 1989. 25 июля.

Соболев Н. В. О минералогических критериях алмазоносных кимберлитов // Геология и геофизика, 1971. № 3. С. 70—80.

Соболев Н. В. Парагенезисы алмаза и проблема глубинного минералообразования // Записки ВМО, 1983. Ч. 112. № 4. С. 389—397.

Соболев Н. В. Парагенетические типы гранатов. Новосибирск: Наука, 1964

Соболев Н. В., Бартошинский З. В., Ефимова Э. С. и др. Ассоциация оливин-гранат-хромдиопсид из якутского алмаза // Доклады АН СССР, 1970. Т. 192. № 6. С. 1349—1352.

Соболев Н. В., Лаврентьев Ю. Г., Поспелова Л. Н., Соболев Е. В. Хромовые пиропы из алмазов Якутии // Доклады АН СССР, 1969. Т. 189. № 1. С. 162—165.

Соболев Н. В., Похиленко Н. П., Зюзин Н. И. Хромсодержащие гранат из ксенолитов ультраосновных пород в кимберлитах Якутии // Геология и геофизика, 1973, № 2. С. 66—73.

Соболев Н. В., Похиленко Н. П., Лаврентьев Ю. Г., Усова Л. В. Роль хрома в гранатах из кимберлитов // Проблемы петрологии земной коры и верхней мантии. Новосибирск: Наука, 1978. С. 145—168.

Соболев Н. В., Харькив А. Д., Вишневский А. А. и др. Кристаллы граната с включениями алмаза из кимберлитов (трубка «Им. XXIII съезда КПСС, Якутия) // Минералогический журнал, 1986. Т. 8. № 2. С. 23—31.

Соболева А. А., Шишкин М. А., Романова Н. В. и др. Ультраосновные лампрофиры западного склона Полярного Урала // Вестник Института геологии Коми НЦ УрО РАН, 2007. № 3. С. 2—7.

Сонин В. М., Наберухина А. В., Федорова Е. Н., Туркин А. И. Травление алмаза в силикатном расплаве при атмосферном давлении // Записки ВМО, 2000. № 5. С. 76—81.

Сонин В. М., Чепуров А. И., Афанасьев В. П., Зинчук Н. Н. О происхождении дисковых скульптур на кристаллах алмаза // Доклады РАН, 1998. Т. 360. № 5. С. 669—672.

Сохор М. И., Футергендлер С. И. Рентгенографическое исследование образований кубический алмаз — лонсдейлит // Кристаллография, 1974. Т. 19, № 4. С. 759—762.

Сусов М. В. Неизвестные страницы в истории открытия якутских алмазов. М.: ОАО «Институт Гипропроект», 2002. 147 с.

Сухарев А. Е., Петровский В. А. Минералогия карбонадо и экспериментальные модели их образования. Екатеринбург: УрО РАН, 2007. 193 с.

Табунов С. М. Типоморфизм ильменита из кимберлитов и возможности его использования при поисках алмазов // Минералы и парагенезисы минералов горных пород и руд. Л.: Наука, 1979.

Табунов С. М., Лопатин Б. Г. Кимберлиты района Лучакан // Труды НИИ геологии Арктики, 1961. Вып. 125. С. 135—159.

Тарских О. В., Шалкина М. В. Результаты исследования индикаторных минералов кимберлитов из коренных источников Якутской алмазоносной провинции // Вопросы методики прогнозирования и поисков месторождений полезных ископаемых. Якутск: Изд-во СО РАН, 2004. С. 237—242.

Титова В. М. Ромбический узор поверхностных трещин на округлых кристаллах алмаза // Материалы по изучению алмазов в алмазоносных районах СССР. Новая серия. М., 1960. Вып. 40. С. 113—123.

Толстов А. В. Пространственно-временные аспекты и геолого-генетические предпосылки продуктивности кимберлитов и карбонатитов севера Сибирской платформы // Алмазы и алмазоносность Тимано-Уральского региона: Материалы Всероссийского совещания. Сыктывкар: Геопринт, 2001. С. 136—138.

Томиленко А. А., Ковязин С. В., Похилenko Л. Н. Первичные флюидные включения в гранате из алмазоносного эклогита из кимберлитовой трубки «Удачная», Якутия // Алмазы и благородные металлы Тимано-Уральского региона: Материалы Всероссийского совещания. Сыктывкар: Геопринт, 2006. С. 132—133.

Третьякова Ю. В., Решетняк Н. Б., Терпигорова З. А. Циркон кимберлитового типа в шлихо-минералогических обстановках Архангельской области (предварительные результаты) // Алмазы и алмазоносность Тимано-Уральского региона: Материалы Всероссийского совещания. Сыктывкар: Геопринт, 2001. С. 177.

Тронева Н. В., Васильева Г. Л., Илупин И. П. Новые данные о гранатах и келифитовых каймах из кимберлитов Якутии // Доклады АН СССР, 1979. Т. 247. № 6. С. 1471—1474.

Уханов А. В., Рябчиков И. Д., Харькив А. Д. Литосферная мантия Якутской кимберлитовой провинции. М.: Наука, 1988. 286 с.

Филатов В. Ф., Гогин Ю. А., Никитенко В. П. Пиропы в девонских отложениях Ыгыаттинской впадины (Сибирская платформа) // Доклады АН СССР, 1990. Т. 310. № 5. С. 1201—1203.

Футергендлер С. И. Исследование включений в алмазах методом рентгеноструктурного анализа // Записки ВМО, 1956. Ч. 85. № 2.

Футергендлер С. И. Рентгенографическое исследование отечественных алмазов и включенных в них минералов // Автореферат кандидатской диссертации. Л.: ЛГУ, 1964. 19 с.

Футергендлер С. И. Рентгенографическое исследование твердых включений в алмазах // Кристаллография, 1958. Т. 3. № 4.

Футергендлер С. И. Рентгенографическое исследование твердых включений в уральских и якутских алмазах // Труды ВСЕГЕИ, 1960. Вып. 40. С. 73—87.

Футергендлер С. И. Случай обрастания рутила кристалликами алмаза // Геология и геофизика, 1965. № 1. С. 172—173.

Хабардин Ю. И. Путь к алмазной трубке. М., 1999.

Харькив А. Д. Минералогические основы поисков алмазных месторождений. М.: Недра, 1978.

Харькив А. Д., Абагинская Ю. А. Гранаты оранжево-красного цвета из кимберлитов Якутии и их генетические особенности // Геология и геофизика, 1975. № 3. С. 46—51.

Харькив А. Д., Зинчук Н. Н., Зуев В. М. Геолого-генетические основы шлихоминералогического метода поисков алмазных месторождений. М.: Недра, 1995.

Харькив А. Д., Зинчук Н. Н., Зуев В. М. История алмаза. М.: Недра, 1977. 601 с.

- Харькив А. Д., Зинчук Н. Н., Крючков А. И. Коренные месторождения алмазов Мира. М.: Недра, 1998. 555 с.
- Харькив А. Д., Квасница В. Н., Сафронов А. Ф., Зинчук Н. Н. Типоморфизм алмаза и его минералов спутников из кимберлитов. Киев: Наукова Думка, 1989.
- Хейман Р. Б. Растворение кристаллов. Пер. с нем. под науч. ред. Е. Б. Трейвуса. Л.: Недра, 1979. 272 с.
- Хмельков А. М. О генезисе кайм на пикроильменитах Тайгикун-Нембинского кимберлитового поля (Эвенкия) // Геология и геофизика, 2005₁. Т. 46. № 2. С. 198—205.
- Хмельков А. М. Основные минералы кимберлитов и их эволюция в процессе ореолообразования. Новосибирск: АРТА, 2008. 252 с.
- Хмельков А. М. Особенности состава ильменита из кимберлитов и конвергентных им пород // Геология алмазов — настоящее и будущее. Воронеж, ВГУ, 2005₂. С. 721—724.
- Хмельков А. М. Оценка дальности переноса кимберлитовых минералов при алмазопойсковых работах // Алмазы и благородные металлы Тимано-Уральского региона: Материалы Всероссийского совещания. Сыктывкар: Геопринт, 2006. С. 38—40.
- Чайковский И. И. Индикаторы плазменных процессов в алмазоносных пирокластитах Среднего Урала // Теория, история, философия и практика минералогии: Материалы IV Международного минералогического семинара. Сыктывкар: Геопринт, 2006. С. 200—201.
- Чайковский И. И. Петрология и минералогия интрузивных алмазоносных пирокластитов Вишерского Урала. Пермь: Изд-во Пермского ун-та, 2001. 324 с.
- Читовская В. Второе дыхание трубки «Зарница» // Вилуйские зори, 2001, № 6 (о начале разработки Зарницы).
- Шамина Э. А. Кора выветривания кимберлитов Якутии // Геология и условия образования алмазных месторождений. Пермь: Изд-во Пермского ун-та, 1970. С. 165—170.
- Шамина Э. А. Коры выветривания кимберлитовых пород Якутии. Новосибирск: Наука, 1979. 151 с.
- Щукин В. Н. Щедрое лето 1955 года // Мирнинский рабочий, 1985. 22 и 25 июня.
- Эрлих Э. Найти месторождение // <http://magazines.russ.ru/zvezda/2004/10/er14.html>.
- Юзмухаметов Р. Н. История поисков и открытия месторождений алмазов в России. Якутск: Изд-во ЯНЦ СО РАН, 2006. 319 с.
- Юшкин Н. П., Фишман М. А. О происхождении поверхности округлых зерен пироба из алмазоносных кимберлитов // Известия Вузов. Геология и разведка, 1971. № 3. С. 53—56.
- Agee J. J., Garrison J. R., Taylor L. A. Petrogenesis of oxide minerals in kimberlite, Elliot Country, Kentucky // Amer. Mineral., 1982. V. 67. № 1/2. P. 28—42.
- Boctor N. Z., Boyd F. R. Oxidse minerals in the Lighobong kimberlite, Lesotho // Amer. Miner., 1980. V. 65. № 7/8. P. 631—638.
- Boctor N. Z., Meyer H. O. Oxide and sulfide minerals in kimberlite from Green Mountain, Colorado // The Mantle Sample: Inclusions in kimberlites and other volcanics (AGU, Wash. DC). Washington, 1989. V. I. P. 217—228.
- Dowson J. B., Stephens W. E. Statistial classification of garnets from kimberlite and assotiated Xenolites // J. of Geology, 1975. V. 83. # 5. P. 589—609.
- Frick C. Kimberlite ilmenites // Trans. Geophys. Soc. S. Afr., 1973. V. 76. 2. P. 85—94.
- Haggerty S. E. Spinels of unigue composition associated with ilmenite reactions in the Lighobong kimbrlrit pipe, Lesotho // Lesotho kimberlites maseru, 1973. P. 57—66.
- Green D. H., Sobolev N. V. Coexisting garnets and ilmenites synthesized at high pressures from pyrolite and their significance for kimberlitic assemblages // Contr. Miner. Petrol., 1975. V. 50.

Griffin W. L., Moore R. O., Ruan C. G. et. al. Geochemistry of magnesian ilmenite megacrysts from Southern African kimberlites // Russian Geol. Geophys., 1997. V. 38 (2). P. 398—419.

Griffin W. L., Ryan C. G. An experimental calibration of the «nickel in garnet» geothermometer with applications, by D. Canil: discussion // Contrib Mineral Petrol, 1996. V. 124. P. 216—218.

Stolper E. The speciation of water in silicate melts // Geochim. et Cosmochim. Acta, 1982. V. 46. P. 2609—2620.

Winchell H. The composition of garnet // Am. Mineral., 1958. V. 43.

ОТЗЫВ

об отчете тематической партии № 26 о работах в среднем течении р. Даалдын в 1954 году (авторы Сарсадских Н. Н. и Попугаева Л. А., Центральная экспедиция Союзного треста № 2 Министерства геологии и охраны недр, 1959 г.)

Рецензируемая работа состоит из 165 страниц машинописного текста, иллюстрированного 51 фотографией и 22 микрофотографиями в тексте и 4 картами, списка литературы и полевого дневника на 40 страницах машинописи¹¹⁰. Она является расширенным информационным отчетом тематической партии № 26, ведущей работы на Сибирской платформе, начиная с 1950 г. В рецензируемом отчете освещаются в основном результаты работ партии № 26 в 1954 г. по поискам коренных источников пироба и ильменита; эти работы привели к открытию впервые на территории СССР кимберлитовой алмазоносной трубки. Отчет состоит из введения, трех глав и заключения. Во введении излагается история организации партии № 26 и освещается характер работ этой партии за 1950—1954 гг.

Глава первая содержит описание результатов работ партии № 26 за период с 1950 по 1953 гг. включительно. Здесь кратко, но четко показана методика работ этой шлиховой партии, в течение 1950—1952 гг. изучавшей минералогический состав рыхлых и коренных пород Вилюйского алмазоносного бассейна и установившей связь основных минералов россыпей с коренными породами. Показано, по какой причине на 1953 г. было запланировано и выполнено исследование шлиховых материалов в верховьях реки Мархи, в которых было обнаружено значительное содержание пироба и двупреломляющего ильменита, весьма сходных с аналогичными минералами на кимберлитовых трубках Ю. Африки.

У рецензента не возникает сомнений в том, что полевые работы партии № 26 в 1954 г. в бассейне реки Мархи были организованы не случайно, а как логический результат работ этой партии за предыдущие четыре года.

В главе второй описываются результаты полевых работ 1954 г. Автор этой главы дает краткое описание геоморфологии и геологии района исследований, описание участков, подвергшихся шлиховому обследованию, описание минералогического состава шлихов и краткую характеристику морфологических особенностей главных минералов тяжелых фракций аллювия. Морфология наиболее ценных минералов шлихов — пироба и ильменита иллюстрируется фотографиями.

В главе третьей дается описание месторождения «Зарница», т. е. кимберлитовой трубки, обнаруженной Л. А. Попугаевой. Описание дано как по полевым, так и по результатам камеральной обработки полевого материала, дано настолько полно, насколько это позволил довольно скудный материал, имеющийся в распоряжении авторов. Скудность материала не является виной авторов отчета, обработан же этот материал всесторонне и с несомненностью показывает, что Л. А. Попугаева открыла действительно алмазоносную кимберлитовую трубку. Значение этого открытия для промышленности трудно переоценить. Это открытие явилось следствием правильно запланированных, методически правильно и целеустремленно проведенных партией № 26 работ, т. е. практическим завершением хорошей и ценной научной работы, а не случайностью. С идеями и предложениями, излагаемыми авторами в разделе «Заключение», можно согласиться. Правда, я не думаю, что кимберлитовые трубки следует искать только в окраинных областях тунгусской синеклизы, как это можно заключить из высказываний авторов на стр. 153. Мне представляется, что подобно Ю.

¹¹⁰ Дневник к настоящему времени по неизвестным для подготовителей настоящего издания причинам не сохранился.

Африке, эти трубки гирляндами нанизаны на зоны разломов в пределах Сибирской платформы и не только на те из них, которые «сопровождают опускание тунгусского бассейна по его окраинам.

В тексте работы, в общем написанной хорошим языком (если исключить некоторое злоупотребление словом «очевидно», иногда применяемом авторами даже в случаях, являющихся далеко не очевидными), мною сделано довольно много чисто редакционных замечаний, перечислять которые едва ли имеет смысл; авторы легко могут их учесть. По существу же работы у меня есть лишь одно принципиальное замечание.

На стр. 97 дан минеральный состав кимберлитовой брекчии, в котором, к удивлению, не фигурирует серпентин, хотя авторы указывают на то, что магнезиальные силикаты, слагающие брекчию, серпентинизированы; на стр. 107 в таблице 5 приведены химические анализы трех проб кимберлитовой брекчии и для сравнения — четыре анализа кимберлитовых брекчий из месторождений Ю. Африки. Авторы указывают, что сибирская кимберлитовая брекчия значительно серпентинизирована и карбонатизирована. Однако они не замечают того, что главным отличием анализов этой брекчии от анализов ее южно-африканских аналогов является необычайно (я бы сказал даже — неправдоподобно) низкая величина потерь при прокаливании ($\text{CO}_2 + \text{H}_2\text{O}$) для сибирской брекчии, не поднимающаяся выше 2 %, в то время как в африканских кимберлитах она не опускается ниже 10 %. В чем дело? Как в породе, значительно серпентинизированной и карбонатизированной, может быть столь малая величина потерь при прокаливании? Почему среди минерального состава кимберлитовой брекчии (смотри стр. 97) отсутствуют серпентин и карбонат?

Очень жаль, что указанные мною факты не привлекли внимание авторов и не подверглись обсуждению; может быть это извинительно для информационного отчета.

В общем же необходимо всемерно одобрить тематику партии № 26, стоящую на верном и плодотворном (в научном и практическом отношениях) пути, категорически поддержать необходимость и целесообразность продолжения работ этой партии.

Рассмотренному отчету, имея в виду его информационный характер и предлагая, что все необходимые указанные мною редакционные исправления авторами будут выполнены, я склонен дать **отличную** оценку.

Член-корр. АН СССР, профессор **П. М. Татарин**ов

ОТЗЫВ

об отчете тематической партии № 26 о работах в среднем течении р. Даалдын в 1954 г.
Авторы отчета Н. Н. Сарсадских и Л. А. Попугаева

Отчет содержит изложение результатов шлихового опробования и рекогносцировочных геологических исследований участка среднего течения р. Даалдын (притока Мархи), проводившихся авторами в 1954 году. Значительное внимание авторами уделено обоснованиям к постановке детальных работ в 1954 году, которые были получены ими же в результате исследований предыдущих лет (1952—1953 гг.). Затем излагаются результаты исследований 1954 года по р. Даалдын и по отдельным его притокам и затем, с особой подробностью — по участку месторождения Зарница. В заключительной главе приводятся общие выводы по алмазности района и по его перспективам. В основных разделах отчета (главы II и III) преимущественное внимание уделено авторами подробной характеристике материалов шлихового опробования, а также описанию кимберлитоподобных пород, обнаруженных ими в делювии на участке месторождения Зарница. Такое распределение материала можно считать правильным, поскольку основной задачей партии являлось изучение минералогического состава рыхлых алмазоносных отложений. Значительно менее полно представлен в отчете материал по геологическому строению района, что должно, очевидно, составить задачу дальнейших исследований.

Описание минералогического состава шлихов сделано с большой полнотой, снабжено прекрасно выполненными цветными микрофотографиями, дающими по возможности полное представление об описываемых минералах. Умело используя оптические, химические и другие методы исследования, авторы выделили ряд разновидностей граната, ильменита и других минералов и их заключения и выводы в этом отношении должны будут, несомненно, оказать большую помощь при дальнейших исследованиях алмазоносных районов Сибири.

Особый интерес представляет описание кимберлитовой алмазоносной породы, впервые установленной авторами в Восточной Сибири. Данные, имевшиеся в распоряжении авторов, по геологии и петрографии этих образований были, как видно очень скудными, однако они обработаны с большой полнотой.

По отчету могут быть сделаны некоторые замечания. Так, например, на стр. 14 говорится о повышенной магнезиальности оливина и пироксена в траппах р. Мархи, но фактического материала в обоснование этого важного вывода не дается. На стр. 16 сказано, что андрадит редко встречается на Сибирской платформе, но в действительности, андрадит является одним из наиболее обычных минералов скарнов и гидротермальных прожилков, связанных с траппами в тунгусском бассейне. На стр. 46 сказано, что выводы о связи между содержанием пироба и ильменита и количеством алмаза в россыпях являются пока предварительными, а в других местах отчета говорится об этой связи как уже прочно установленной. При описании кимберлитов (стр. 63 и др.) говорится, что участки кимберлита, лишенные обломков, представлены стеклом, замещенным серпентином и др., но никаких подтверждений в пользу того, что здесь действительно было «стекло», не приводится. Из описания обломка эклогита (стр. 89) и из знакомства с этой породой в шлифе создается впечатление, что это скорее не эклогит, а гранато-плагиоклазовый гнейс, и что этот обломок не принадлежит кимберлитовой магме, а является скорее посторонним (чуждым) включением (к последнему выводу справедливо приходят и сами авторы). Вообще в составе описываемых кимберлитоподобных пород еще, конечно, остается много загадочного, и прежде всего, остается неясным первичный характер этой породы (вне влияния серпентинизации и других наложенных процессов).

Отчет в целом написан хорошим ясным языком, хорошо иллюстрирован и дает полное представление о проделанной авторами работе и заслуживает **положительной** оценки.

Старший научный сотрудник Института
геологических наук АН СССР, доктор
геолого-минералогических наук
26 апреля 1955 г.

Лебедев А. П.

ОТЗЫВ

на монографию Н. Н. Сарсадских и Л. А. Попугаевой «АЛМАЗОНОСНАЯ КИМБЕРЛИТОВАЯ ТРУБКА ЗАРНИЦА», подготовленную к изданию Институтом геологии Коми НЦ УрО РАН, Комиссией по истории минералогии РМО РАН и Минералогическим музеем РАН

Рассматриваемая рукопись является работой уникальной, как по содержанию, так и по форме. Насколько можно судить, она не имеет аналогов не только у нас в стране, но и вообще в Море. В ее основе лежит подлинный текст, написанный более полувека назад ленинградскими геологами, официально признанными открывателями первой кимберлитовой трубки в нашей стране, находившийся все это время в архивах крупнейшего геологического института (ВСЕГЕИ) в форме рукописи, а потому практически неизвестный (в силу крайне ограниченного доступа) даже специалистам. В то же время, когда он был написан, даже его авторы (не говоря уже о весьма немногочисленных читателях) не могли и представить себе ни масштабов того, что было в этом рукописном отчете изложено, ни уж, тем более, грандиозности порожденных теми исследованиями событий. Это в должной мере могут понимать лишь современные исследователи и специалисты.

Открытие алмазонасных кимберлитов Якутии принадлежит к наиболее выдающимся достижениям нашей геологии, но по ряду обстоятельств это событие даже в этом славном перечне заслуживает, вне всяких сомнений, первого места. Во-первых, на основе этого открытия в нашей стране сформировалась алмазодобывающая промышленность таких масштабов, которые вывели нас в кратчайший срок в ограниченное число мировых лидеров данного направления. Во-вторых, якутские кимберлиты оказались первыми коренными источниками алмазов, обнаруженными за пределами Африканского континента. Это сейчас они известны на всех материках, кроме, разве что, Антарктиды (да и то, несомненно, временно), но тогда все ограничивалось Африкой, причем только Южной. В-третьих, это открытие было полной сенсацией для мировой геологической общественности: его вообще не ждали, а от нашей страны — и подавно!

И это последнее обстоятельство сразу же породило огромное количество домыслов, сводившихся, в основном, к интерпретации этого открытия как абсолютно случайного: ну повезло же этим русским! Повезло, но не более того. Хотя, в самом деле, это открытие было далеко не случайным. Целенаправленные поиски алмазов начались в нашей стране еще в тридцатые годы. В сороковые годы были открыты первые промышленные месторождения на Урале, в процессе изучения которых сформировалась школа первых российских специалистов-алмазников, преимущественно ленинградских. В послевоенные годы объемы соответствующих поисков резко возросли. И результаты не заставили ждать себя долго. Не прошло и десяти лет после Победы, как была открыта первая кимберлитовая трубка. И все же, даже для большинства специалистов нашей страны это открытие выглядело неожиданным, поскольку работы велись в режиме весьма строгой секретности. Поэтому и у нас не обошлось без мифов, снижавших ценность соответствующих открытий, особенно первых. Если сам факт открытия Якутской провинции алмазонасных кимберлитов признавался выдающимся достижением, отмеченным, к тому же, высшими государственными наградами и премиями, то находка первой трубки, трубки «Зарница» рассматривалась многими современниками как результат невероятного личного везения ее реальной первооткрывательницы Ларисы Попугаевой. Везения, но не более того. С годами такое отношение только крепло. Да, повезло молодой женщине, начинающему специалисту, но причем тут заслуги? Все заслуги по праву принадлежат знаменитой Амакинской экспедиции. А роль

непроизводительных геологов, представлявших науку — ВСЕГЕИ и (тем более!) Ленинградский университет, роль А. А. Кухаренко, Н. Н. Сарсадских, Л. А. Попугаевой вообще сомнительна, и уж, по крайней мере, непонятна. Так и сейчас считают многие.

Опубликование данного отчета возвращает нас к самому факту этого выдающегося открытия и раскрывает его истоки. Первичность изложенных материалов позволяет ощутить подлинность тех далеких событий и разобраться в реальных приоритетах. В то же время мы имеем возможность подойти к их оценке со знанием всех последующих достижений, чего были, естественно, лишены современники.

Перейдем от эмоций к формальному рассмотрению рукописи. Основу ее составляет рукописный фондовый отчет Н. Н. Сарсадских и Л. А. Попугаевой «О результатах работ, проведенных тематической партией № 26 Центральной экспедиции и партией № 182 Амакинской экспедиции в среднем течении р. Даалдын в 1954 году». Редактирование было минимальным и носило сугубо технический характер. Авторский текст и первичная структура отчета сохранены полностью.

В этой связи особо отметим глубокий такт специалистов, готовивших данное издание. Они не только полностью сохранили авторский текст, составляющий основу настоящей работы, но и все неизбежные комментарии к нему дали в форме подстраничных примечаний, которые совершенно не препятствуют чтению исходного материала, а главное — не навязывают какой-либо иной позиции. Они лишь показывают возможности новой интерпретации тех или иных исходных представлений, обусловленной многочисленными трудами последующих исследователей, касающимися как геологии региона в целом, так и минералогии и петрографии кимберлитов и ассоциирующихся с ними пород.

Сопровождается отчет и дополнительными публикациями, также обусловленными появившимися новыми данными, которые следовало бы принимать во внимание современному читателю. Именно по этой причине публикуемому отчету предшествует вступительная глава с обзором всех реальных исторических нюансов и анализом различных наложенных версий, сопровождавших эти исследования и свершенные в их ходе открытия, составленная минералогом высокой квалификации Е. Б. Трейвусом, лично знакомым со всеми участниками тех работ.

В дополнительной главе приведены результаты современных исследований наиболее интересных минералов из коллекции Л. А. Попугаевой, отобранных ею непосредственно на трубке «Зарница», которые не могли быть выполнены в те годы по причине отсутствия соответствующих методов и соответствующей аппаратуры. К чести первооткрывателей, материал для таких исследований был собран ими, и оказался сохраненным.

Особую ценность представляют подобранные составителями монографии отзывы на работы Н. Н. Сарсадских и Л. А. Попугаевой, составленные в свое время авторитетными специалистами — П. М. Татариновым и А. Н. Лебедевым, а также другие существенные документы, включая и письмо Ларисы Анатольевны тогдашнему главе государстве — первому секретарю ЦК КПСС Н. С. Хрущеву.

У меня нет ни малейших сомнений, что рассматриваемую работу нужно издавать. Что касается научной стороны, то содержащиеся в ней материалы никоим образом не утратили за прошедшие годы своего значения. Подчеркну при этом особо, что книга эта будет иметь не только геологически познавательную ценность, она несет и весьма существенный воспитательный заряд, поскольку на реальном и конкретном примере показывает, как именно нужно работать на благо своей страны и во имя своей любимой науки. Я утверждаю это без малейшего преувеличения! Не менее существенно и то, что эта публикация положит конец многим мифам, сложившимся в свое время, и стойко сохраняющимся поныне. Я возвращаюсь, прежде всего, к мифу о некоем невероятном везении, которое привело Ларису Анатольевну к ее знаменитому открытию. Без везения, пожалуй, никакие открытия вообще невозможны. И все же из материалов рецензируемой

рукописи видно, что главным фактором открытия был труд. Труд, невероятный как по объему, так и по напряженности. В тот год Л. А. Попугаева прошла далеким и сложным таежным маршрутом в тяжелейших ландшафтно-климатических условиях более 400 км. У нее не было даже рации. Вся ответственность за выполнение этих работ, как и за благополучное возвращение на исходную базу, лежала только на ней. Приведенные в отчете карты и схемы не оставляют сомнений, что со всем этим она справилась отлично.

Особый интерес вызывает у меня план трубки «Зарница», составленный Л. А. Попугаевой непосредственно в поле на основе картирования элювия кимберлитов и вмещающих пород. Последующая детальная съемка, опирающаяся на данные геофизики, подкрепленные материалами бурения, принципиальных изменений в рисовку трубки не внесла! Главный ее контур был очерчен на том самом первичном глазомерном плане! Не менее интересен и сопровождающий этот план разрез «Зарницы», из которого со всей очевидностью следует, что Лариса Анатольевна представляла это тело как крутопадающую изометричную в плане интрузию, то есть — либо как шток, либо как диатрему, в чем она явно опережала геологов Амакинской экспедиции, как и других своих современников.

Что касается замечаний, то они порождаются только технической проблемой, обусловленной уникальностью этой публикации. Полагаю, что титульный лист должен быть принципиально переработан. Конечно, необходимо, чтобы название будущей монографии отображало подлинное авторство, тех, кто написал данный отчет. Да, это работа Попугаевой и Сарсадских. Но отчет этих исследователей составляет лишь чуть более половины объема будущей книги. К тому, что написано Трейвусом, Силаевым, Петровским и Гараниным, авторы отчета отношения не имеют и за то не отвечают. Как выйти из этой ситуации? Думаю, что в данном случае следует поместить фамилии авторов не перед названием, а после него. Монография должна называться, как это и предлагается, АЛМАЗОНОСНАЯ КИМБЕРЛИТОВАЯ ТРУБКА ЗАРНИЦА. Далее должно следовать в скобках «отчет Н. Н. Сарсадских и Л. А. Попугаевой о работах 1954 года». А далее должна быть сноска: «Подготовлен к изданию ВСЕГЕИ и Институтом геологии Коми НЦ УрО РАН». Все прочие сведения будут указаны в аннотации и введении. При такой форме все будет понятно и уместно.

Главный научный сотрудник лаборатории петрографии
ИГ Коми НЦ УрО РАН, д. г.-м. н., профессор **Л. В. Махлаев**

РЕЦЕНЗИЯ

на подготовленный к печати в качестве научной монографии отчет Н. Н. Сарсадских и Л. А. Попугаевой *«О результатах работ, проведенных тематической партией № 26 Центральной экспедиции и партией № 182 Амакинской экспедиции в среднем течении р. Даалдын в 1954 году»*.

Отчет представляет собой результат пятилетних (1950—1955 гг.) тематических исследований, завершившихся открытием первой алмазоносной кимберлитовой трубки Советского Союза. Эта работа, получившая в свое время рецензии и отличные отзывы от члена-корреспондента АН СССР профессора П. М. Татарина и старшего научного сотрудника Института геологических наук АН СССР доктора геолого-минералогических наук А. Н. Лебедева, так и не стала достоянием геологической общественности, выйдя под грифом «совершенно секретно».

Об освоении Якутской кимберлитовой провинции — истории великого геологического открытия — написано множество работ художественно-публицистического плана, рассказывающих о случайных находках алмазов, теоретических заблуждениях, пионерах-первооткрывателях алмазоносных кимберлитовых трубок и последующих событиях, омраченных закулисной борьбой за видные места под «приоритетом» и «заслуженные» награды Родины. К сожалению именно такова история многих открытий и изобретений.

Рецензируемый отчет является хорошим примером великолепного применения научной методики. Стоит напомнить, что положительного шлихоминералогического опыта поисков коренных месторождений алмазов на момент организации массовых геологоразведочных работ в Якутии просто не существовало. Не было его и у уральских исследователей А. П. Бурова, В. О. Ружицкого, М. А. Гневушева, В. Д. Скульского и др., несмотря на то, что за их плечами стояла не одна промышленная россыпь, открытая на Урале. При использовании разработанного в 1930—1940-х гг. весьма трудоемкого метода крупнообъемного (до 20—30 м³) опробования, ориентированного только на сам алмаз, в Якутии были открыты лишь некоторые россыпные объекты. Кризис организованных таким образом поисков заставил самих уральцев, в частности В. Д. Скульского, перейти на упрощенную и более оперативную схему — «метод нахала», предусматривающий отбор проб объемом всего 2—3 м³. Это придало поисковым работам новый импульс, но редкая встречаемость самого алмаза в шлихах диктовала необходимость выявления и его вероятных спутников, с помощью которых можно было бы быстрее выйти к коренным объектам.

Однако в начале 1950-х гг в научных и производственных кругах с минералами-спутниками была полная неопределенность, чему способствовала и информационная изолированность Советского Союза, не позволявшая использовать опыт поисков кимберлитовых трубок в Южной Африке. Несмотря на это авторы отчета, начав с алмазоносного участка на р. Мархе, методично шаг за шагом проследили и установили новую неизвестную в коренных породах Якутии парагенетическую ассоциацию минералов-спутников алмаза (хромистый пироп, двупреломляющий (пикро-)ильменит, хромдиопсид, перовскит, хромит) и показали их морфологические особенности, диктующие необходимость изменения применявшейся ранее методики шлиховой съемки (в частности степени домывки шлиха). Ими же была выявлена первая алмазоносная трубка Советского Союза и дано первое минералого-петрографическое описание якутских кимберлитов. Попутно они доказали необходимость дополнения шлиховых поисков валунно-галечным методом и впервые выявили быстрое (на расстоянии до одного километра от трубки) разубоживание зерен пироба и ильменита сорным обломочным материалом. Именно в рассматриваемом отчете была детально описана неизвестная ранее

методика минералогических поисков коренных алмазных месторождений, которая, вопреки «грифу секретности», была почти мгновенно воспринята отечественными геологами, взята на вооружение и весьма эффективно использована для открытия многих промышленно-алмазоносных объектов сначала в Восточной Сибири, а позже и в других регионах России.

Подготовленная к печати книга еще раз показывает, что истина в геологии открывается только тем, кто сам идет от «лотка и камня» что называется до самого конца, не уповая на всякого рода авторитетные мнения и догмы. Этот великий урок следует усвоить и нам современным специалистам на Урале, где коренные месторождения алмаза имеют весьма мало общего с типичными кимберлитами, требуя для своего поиска новых прорывных идей и новых методов. Путеводной звездой на этом сложном пути может, как раз, и послужить невероятный подвиг двух хрупких женщин, до конца осиливших свой научный маршрут к огромным алмазным сокровищам по дикой якутской тайге.

Несмотря на более чем полувековую историю отчет представляется актуальным, поучительным и, несомненно, заслуживающим публикации в открытой печати.

Зав. лабораторией геологии месторождений полезных ископаемых
Горного института УрО РАН



И.И. Чайковский

Подпись И.И. Чайковского заверяю.
Специалист по кадрам ГИ УрО РАН

Л.А. Еремина



Министерство геологии и охраны недр
Главуралсибгеология
Союзный трест № 2

ПРОТОКОЛ
заседания комиссии Союзного треста № 2
по рассмотрению и утверждению геологических отчетов

2 августа 1955 г.

г. Москва

ПРИСУТСТВОВАЛИ:

Гл. инженер треста № 2	— Меркурьев Н. Д.
гл. геолог треста № 2	— Буров А. П.
Нач-к производ-геологич. отдела	— Романов Г. П.
И. о. нач-ка отдела техники и механизации	— Бонас О. В.
Ст. инженер производ-геоло- гического отдела	— Надеждинская Е. А.
Начальник партии № 210 Орловской экспедиции	— Цейтлин С. М.
Геолог партии № 210	— Воскресенская Н. А.
Геолог партии № 23 Центральной экспедиции	— Равская Ф. С.

Председатель	Буров А. П.
Секреталь	Надеждинская Е. А.

ПОВЕСТКА ДНЯ:

рассмотрение отчета о тематических работах, проведенных в 1954 г. в среднем течении р. Даалдын.

Авторы отчета: **Сарсадских Н. Н., Попугаева Л. А.**

СЛУШАЛИ:

1. Сообщение старшего инженера производственно-геологического отдела треста Надеждинской Е. А. о результатах тематических работ, проведенных в 1954 г. в среднем течении р. Даалдын.

2. Отзыв на отчет члена-корреспондента АН СССР профессора П. М. Татарина (отзыв помещен перед текстом отчета).

3. Отзыв на отчет Н. Н. Сарсадских и Л. А. Попугаевой доктора геолого-минералогических наук А. П. Лебедева (отзыв помещен перед текстом отчета).

На рассмотрение комиссии представлен отчет о результатах тематических работ, проведенных в 1954 г. в бассейне среднего течения р. Даалдын, состоящий из 1 тома на 166 листах плюс 2 листа графических приложений.

В отчете изложены результаты тематических работ за 1954 год, проведенных партией № 26 Центральной экспедиции в содружестве с партией № 182 Амакинской экспедиции.

Целевым назначением работ явилось проведение детальной шлиховой съемки в бассейне р. Даалдын, левого притока верхнего течения р. Мархи, с целью оконтуривания области распространения пироп-ильменитовой ассоциации, выявленной работами партии № 26 Центральной экспедиции в 1953 г., а также поисков коренного источника пироба и ильменита и коренных алмазоносных пород.

В результате детальной шлиховой съемки, проведенной Л. А. Попугаевой на водоразделе р. Шестопаловки (Дьяха) и кл. Загадочного (бассейн среднего течения р. Даалдын — левого притока р. Мархи) в элювии были найдены обломки кимберлита, плагиоклазового эклогита, двупреломляющего ильменита, многочисленные зерна пироба и магнетита.

В лотковой пробе, взятой из элювия кимберлитов, был найден кристалл алмаза весом 4.2 мг. Кроме того, в камеральный период, при химическом разложении элювия кимберлита, было извлечено три зерна алмаза размерами от 0.2 до 0.5 мм. Микроскопическое исследование и химические анализы показали, что найденная порода является настоящим кимберлитом, совершенно сходным с алмазоносными кимберлитами Ю. Африки. Таким образом, в результате работ 1954 г. впервые на территории СССР были найдены кимберлиты и установлено наличие в них алмазов. Открытие алмазоносных кимберлитов в бассейне р. Даалдын является фактом огромной важности и вносит ясность в вопрос о генезисе алмазов если не всей Сибирской платформы, то, по крайней мере, бассейна р. Вилюя¹¹¹.

На основании полевых и камеральных работ авторы отчета приходят к следующим выводам:

1. Наличие пироба и ильменита в отложениях ряда притоков р. Даалдына, а также в бассейне рр. М. Ботубии и Тюнга указывает, что открытая в 1954 году кимберлитовая трубка «Зарница» является не единственной в бассейне р. Вилюя.

2. Коренные месторождения алмазов (трубки взрыва) приурочены «к зонам глубинных разломов, сопровождающих опускание тунгусского бассейна» (стр. 99—100).

3. Спутниками алмазов в россыпях бассейна р. Вилюя являются пироп и двупреломляющий ильменит, а также хромдиопсид, перовскит и хромит.

4. Существующая в системе Союзного треста № 2 методика шлиховой съемки в связи со спецификой минералогического состава сибирских россыпей должна быть изменена в части степени домывки шлихов, а также увеличения объема промываемых проб и методики подсчета количественно-минералогического состава шлиха.

КОМИССИЯ КОНСТАТИРУЕТ:

1. В рассматриваемом отчете излагаются результаты полевых и камеральных работ, проведенных в 1954 г. в бассейне среднего течения р. Даалдын партией № 26 Центральной экспедиции в содружестве с партией № 182 Амакинской экспедиции.

В итоге этих работ получены весьма важные геологические результаты — впервые в СССР установлены коренные алмазоносные породы.

2. Полевой материал по работам 1954 г. обработан авторами отчета всесторонне и с большой полнотой.

3. Текст отчета написан с исчерпывающей полнотой, содержит ряд анализов горных пород и отдельных минералов, хорошо иллюстрирован и дает полное представление о проделанной авторами работе.

¹¹¹ К моменту оформления настоящего протокола в «бассейне р. Вилюя» уже были открыты две новые богато алмазоносные трубки — Мир на р. Ирелях — притоке р. М. Ботубии и Удачная — на р. Далдын в примерно 25—30 км выше устья р. Дьяхи.

4. Выводы авторов отчета существенных возражений не вызывают. Однако едва ли можно согласиться с мнением о том, что кимберлитовые трубки следует искать только в окраинных областях тунгусской синиклизы. Очевидно, что кимберлитовые трубки на Сибирской платформе, по аналогии с Ю. Африкой, располагаются не только в зонах разломов, приуроченных к окраинам тунгусской синиклизы, но и в зонах разломов внутри Сибирской платформы.

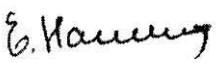
5. В оформлении отчета Центральной экспедицией допущена ошибка — отчет оформлен за титулом только Центральной экспедиции, что неправильно. В связи с тем, что описанные в отчете работы ставились и выполнялись как содружеские работы Центральной экспедиции и Амакинской экспедиции, отчет должен быть оформлен за двумя титулами — Центральной и Амакинской экспедиций.

КОМИССИЯ ПОСТАНОВЛЯЕТ:

1. Отчет о результатах работ, проведенных в бассейне среднего течения р. Даалдын партией № 26 Центральной экспедиции в содружестве с партией № 182 Амакинской экспедиции, принять с **отличной** оценкой.

2. Обязать Центральную экспедицию изменить титульный лист отчета в соответствии с указанием комиссии.

Председатель  А. Буров

Секретарь  Е. Надеждинская

«Копия»

Управляющему Союзного Треста № 2
А. Л. Куницыну
от геолога партии № 26 Центр. эксп.
Попугаевой Л. А.

Заявление

С 1950 г. 26 тематическая партия Центральной экспедиции ведет научно-исследовательские работы на территории Сибирской платформы по составлению шлихо-минералогической карты Сибирской платформы, поисков нужных минералогических ассоциаций минералов с целью поисков богатых алмазоносных россыпей, а также поисков коренных месторождений алмазов. В 1953 г., работая в верховьях р. Мархи, партия № 26 в среднем течении р. Даалдын (левый приток р. Мархи), установила алмазоносность р. Даалдын и в его бассейне обнаружила кроваво-красные зерна граната, которые были определены при камеральной обработке как пиропы. По окончании [летних] работ начальником партии Сарсадских Н. Н. была написана в Амакинской экспедиции докладная записка об установлении алмазоносности р. Даалдын. Как выяснилось летом 1954 г., никаких работ в районе верхнего течения р. Мархи и, в частности, по р. Даалдын Амакинской экспедицией запланировано не было, и никакие работы там не велись.

В результате обработки собранного летом 1953 г. материала по бассейну р. Даалдын было установлено, что найденные в руслах двух небольших речек (притоки р. Даалдын — р. Кен-Юрях и р. Шестопаловка) кроваво-красные зерна граната оказались пиропами, а рудный минерал — особым нетрапповым ильменитом. При сравнении этих минералов с минералами из образцов южноафриканских кимберлитов (коллекция Лен. гос. университета) А. А. Кухаренко подтвердил их сходство и предложил организовать работы в бассейне р. Даалдын с целью выяснения первоисточников пиропы и нетраппового ильменита. Партией № 26 зимой 1953 г. был написан проект работ в бассейне р. Даалдын на проведение там геолого-петрологической съемки летом 1954 г. Этот проект трестом не был утвержден и, таким образом, не было отпущено средств на летние работы. В июне 1954 г.¹¹² по результатам камеральной обработки в трест была написана докладная записка, в которой указывалось на необходимость постановки работ в бассейне р. Даалдын с целью, как указывалось выше, поисков первоисточников пиропы и нетраппового ильменита и выяснения связи их как спутников с алмазами Сибирской платформы.

Задачей партии в 1954 г. было составление в Ленинграде по своим сборам и фондовым материалам Сводной шлихо-минералогической карты Сибирской платформы. Написанная в трест докладная записка указывала, что необходимые летом работы в бассейне р. Даалдын явятся необходимым вкладом в карту с целью выяснения нужных поисковых шлихо-минералогических ассоциаций для алмазов.

Летние работы не были предусмотрены в смете Центральной экспедиции, и поэтому по разрешению треста они были организованы так: я, геолог партии № 26 Центральной экспедиции, как исполнитель работ получала зарплату по своей партии, а транспортные перевозки и оплата рабочего осуществлялась по 5 компл. партии Амакинской экспедиции.

В июле 1954 г., прибыв в пос. Нюрбу, чтобы получить разрешение на вылет к месту работ, я доложила руководству Амакинской экспедиции о задачах, поставленных перед нами. В результате летом 1954 г., работая в бассейне р. Даалдын (я и один лаборант, т. Беликов Ф. А.), нам удалось установить, проводя шлиховую пироповую съемку,

¹¹² В Отчете 1955 г. указано, что эта докладная записка была передана в Трест еще в мае 1954 г.

первоисточники пиропы и нетраппового ильменита, установить их несомненную связь с алмазонасностью бассейна р. Даалдын и р. Мархи, а также открыть коренное месторождение алмазов в верхнем течении р. Шестопаловки (лев. приток р. Даалдын). Никакой возможности сообщить о полученных результатах в трест и в Ц. экспедицию у меня не было летом.

По прибытии в пос. Нюрбу в сентябре 1954 г. полученные результаты работ были сообщены находившемуся там руководству треста (т. Меркурьеву и Бурову). По их указанию на собравшемся совещании геологов мною было сделано о результатах работ информационное сообщение с демонстрацией образцов. В сообщении я указывала, что первично полученный материал предстоит обработать нашей экспедицией, что необходимо в дальнейшем ставить там геофизические, тяжелые горные и взрывные работы, и организовать в будущем году детальные тематические научно-исследовательские работы по изучению открытого месторождения «Зарница» и поиском и изучению намеченных пироповой съемкой других подобных месторождений. Тут то и началось. Дальнейшая постановка вопроса была очень непонятна мне и удивительно несправедлива.

Мне было запрещено как либо информировать трест и экспедицию о полученных результатах. Сказано дальше, что, мол, Центр. эксп. будет в дальнейшем заниматься Алданской плитой, а, мол, все, чего удалось достичь в этом году в бассейне р. Даалдын, будет передано, нет, даже передается Амакинской экспедиции как территориально там расположенной. Неоднократные попытки доказать, что отбирать эти работы у Центральной экспедиции невозможно и несправедливо, то, что я геолог Центр. экспедиции и т. д., не привели ни к чему. В результате мне было предложено, будучи в Нюрбе, написать информационный отчет о летних работах, составить карту, и когда все это было сделано, мне ультимативно было предложено перейти в Амакинскую экспедицию для продолжения исследовательских работ на месторождении. Я говорила руководству Треста и Амакинской экспедиции, что это крайне несправедливое решение вопроса, и мне необходимо сообщить об этом в Центр. эксп. Мне было сказано, что Трест сообщит об этом сам, а работы будет вести только Амакинская экспедиция. Отказаться от работ, так кропотливо полученных в результате многолетних работ *партии № 26, мне казалось совершенно невозможным*. Апеллировать к справедливости было негде и не к кому, поэтому я дала согласие на работу в Амакинской экспедиции с тем, чтобы по приезде в свою экспедицию лично объяснить сложившуюся ситуацию и отстаивать перед трестом продолжение этих работ по исследованию и изучению [открытого мною] месторождения, поиска новых месторождений силами Центральной экспедиции и партии № 26, которая вела эти работы и сотрудником которой я являюсь.

Лишить нас, как геологов, этих работ представляется мне невозможным. Ведь это плод кропотливых трудов целого нашего коллектива во главе с покойным М. Ф. Шестопаловым, который так поддерживал и отстаивал эти работы, в частности, работы этого года.

В связи с вышеизложенным я убедительно прошу Вас отменить изданный в Нюрбе руководством треста № 2 приказ о моем переводе в Амакинскую экспедицию и оставить меня в штатах 26 партии Центральной экспедиции, где я все время работала, и где сейчас мы обрабатываем собранный летом 1954 г. материал для шлихоминералогической карты Сибирской платформы.

6/X—1954 г. Геолог партии № 26 Ц. Л. А. Попугаева»¹¹³

¹¹³ «Заявление», судя по его последней фразе, написано уже в Ленинграде, куда Л. А. Попугаева вернулась только в ноябре 1954 г. Следовательно, в указании его даты допущена описка. Написание «Заявления» следует, вероятно, отнести к 6/XII-1954 г.

Глубокоуважаемый Никита Сергеевич!¹¹⁴

21 августа 1957 года исполнилось 3 года, как в нашей стране открыто первое коренное месторождение алмазов, давшее возможность в дальнейшем создавать в Якутской АССР свою отечественную алмазодобывающую промышленность. В связи с этим я внимательно по документам и отчетам, еще раз изучив историю открытия алмазов, решила написать Вам это письмо.

Находки на территории Сибирской платформы в 1947—1949 гг. в россыпях рек такого важного для нашей промышленности полезного ископаемого, каким является алмаз, естественно, выдвинули необходимость постановки широких научно-исследовательских работ, имеющих целью решение, с одной стороны, задачи обобщения разрозненных данных по геоморфологии, геологии, стратиграфии, петрографии и минералогии, а с другой стороны, задачи установления пути сноса рыхлого материала и происхождения алмаза. Начиная с 1950 г., такие работы велись различными организациями — Третьим главным геологическим управлением, Союзным трестом № 2 Главуралсибгеологии (ныне III Главк Министерства геологии и охраны недр), Академией Наук Союза ССР (АН СССР), Научно-исследовательским институтом геологии арктики (НИИГА), Всесоюзным геологическим институтом (ВСЕГЕИ), Всесоюзным институтом минерального сырья (ВИМС), Иркутским геологическим управлением и т. д.

Одну из таких тематических минералогических работ на Сибирской платформе с 1950 г. по 1955 г. вела и партия № 26 Центральной экспедиции Союзного треста № 2 Главуралсибгеологии. Этой партией все эти годы руководила геолог Наталья Николаевна САРСАДСКИХ, а я была геологом этой партии¹¹⁵. Целью работ нашей партии было — составление сводной шлихоминералогической карты Сибирской платформы и выяснение для Сибири минералов-спутников алмаза, которые необходимы для поисков коренных и россыпных месторождений этого драгоценного камня. До 1953 года спутники сибирских алмазов не было известны, и все поиски последних велись вслепую или с применением уральских поисковых критериев, непригодных для Сибири. Основная методика поисков алмаза основывалась на чисто механической промывке сотен тысяч кубометров рыхлых речных отложений с последующим просмотром концентратов на рентгене и извлечении из них отдельных алмазов. Открытие коренных материнских пород алмаза в таких условиях было невозможно.

Справедливость требует отметить, что еще в 1952 г. работниками НИИГА А. П. ПУМИНОВЫМ и Е. И. ПОДКОПАЕВЫМ., а в 1953 г. партией Иркутского геологического управления, руководимой геологом А. С. ШАМЕС, в речных отложениях сибирских рек был обнаружен минерал пироп, являющийся спутником алмаза, но никаких практических выводов из этих находок, к сожалению, сделано тогда не было.

И вот летом 1953 года, работая вместе с Н. Н. САРСАДСКИХ в верховьях реки Мархи (приток реки Вилюй) в районе, где партиями НИИГА в 1952 г. в русле реки Мархи были найдены алмазы, нам удалось в бассейне небольшой реки Даалдын (приток реки Мархи) обнаружить пироп и особый ильменит. Эти-то минералы после тщательной обработки с учетом данных Ю. Африки были нами определены как надежные генетические спутники алмазов для Сибири. Полученные данные были подтверждены опытным специалистом по алмазам доцентом Ленинградского госуниверситета А. А. КУХАРЕНКО, сравнивавшим наши минералы из Сибири с такими же минералами из

¹¹⁴ Н. С. Хрущев — в 1953–1964 гг. Первый секретарь ЦК КПСС, а с 1958 г. еще и Председатель Совета Министров СССР.

¹¹⁵ Еще одно подтверждение того, что Л. А. Попугаева никогда не принижала роли Н. Н. Сарсадских, вопреки вымыслам, все еще распространяемым на этот счет.

коренных алмазоносных пород — кимберлитов Ю. Африки (образец породы имелся в коллекции на кафедре минералогии Ленинградского университета). Исходя из этого, в мае 1954 года нами совместно с геологами А. А. Кухаренко и И. И. Красновым была направлена в Союзный трест № 2 на имя Управляющего трестом А. Л. КУНИЦЫНА докладная записка, в которой мы предлагали в районе нахождения в 1953 г. большого количества пиропы и ильменита — в среднем течении реки Даалдын, провести в 1954 г. пироп-ильменитовую шлихо-минералогическую съемку с целью обнаружения пород, являющихся первоисточником этих минералов, и попутным поиском кимберлитоподобных алмазоносных пород. Одновременно предлагалось установить связь пиропы и ильменита с алмазностью реки Даалдын, которая была установлена нами еще в 1953 году.

На основании этой докладной записки 15 июня 1954 года приказом № 114 по Центральной экспедиции Союзного треста № 26 я, ПОПУГАЕВА Лариса Анатольевна — геолог партии № 26, и рабочий БЕЛИКОВ Федор Алексеевич были командированы на летние работы в район, рекомендованный нами в докладной записке. Н. Н. САРСАДСКИХ находилась в это время в декретном отпуске и только поэтому не смогла выехать на полевые работы.

Прибыв в поселок Нюрбу (база геолого-разведочной Амакинской экспедиции), я ознакомила геологов экспедиции и главного геолога экспедиции Р. К. ЮРКЕВИЧА, только в конце 1953 г. приступившего к работе в экспедиции и совершенно не знающего алмазного дела, с результатами работ партии № 26 по выявлению спутников сибирских алмазов. В ряде шлихов из других районов Сибири, данных мне на просмотр геологом Г. Х. ФАЙНШТЕЙНОМ, удалось также обнаружить пиропы. В связи с этим я рекомендовала геологам Амакинской экспедиции провести в районах работ их партий «пироповую» шлиховую съемку, а также поиск первоисточников этого минерала. Геологи очень живо откликнулись на этот простой и надежный поисковый метод и уже летом 1954 года его приняли на вооружение партий Амакинской экспедиции¹¹⁶.

К летним работам в районе реки Даалдын мы с Ф. А. БЕЛИКОВЫМ приступили 15 июля 1954 года, куда нас доставил самолет По-2, пилотируемый опытным летчиком Виктором НОВИКОВЫМ. В результате проведенных нами в этом отдаленном от всех населенных пунктов районе шлихо-минералогических работ и геологической съемки 21 августа 1954 года мной совместно с отлично, не покладая рук, работавшим Ф. А. БЕЛИКОВЫМ впервые на территории Советского Союза было открыто и оконтурено первое коренное месторождение алмаза — кимберлитовая трубка, названная нами «Зарницей».

Алмазность кимберлитов нами была установлена в полевых условиях. Кроме того, в результате работ удалось установить, что коренные месторождения алмазов в исследуемом районе не единичны, а множественны. Находки же пиропов в других частях Сибирской платформы указывали на то, что коренные месторождения алмазов на Сибирской платформе присутствуют в нескольких районах. По аналогии с Ю. Африкой было ясно, что и у нас коренные месторождения алмазов располагаются группами — кустами, по линиям разломов земной коры и, несомненно, среди этих групп трубок будут встречаться трубки, очень богатые алмазами, бедные ими и даже совсем пустые. Так оно и оказалось впоследствии при проведении широких разведочных и геофизических работ в 1955—1956 гг. и в настоящее время. Так, в 1955 году в районе реки Даалдын среди 10 обнаруженных, кроме трубки «Зарница», кимберлитовых трубок — «Полярная», «Ленинградская», «Долгожданная» и др. отряд, руководимый молодым, только что

¹¹⁶ Это не совсем так. В действительности амакинские геологи восприняли рассказы Л. А. Попугаевой скептически, поскольку в выявленных на то время аллювиальных алмазных россыпях им не приходилось наблюдать ни пиропы, ни ильменита [Кинд, 1987]. Как потом показала сама Л. А. Попугаева, причиной этого было не только низкое качество работы практикующих геологов, но и быстрое рассеяние минералов-спутников алмаза по траектории речного переноса.

приступившим к работе в этом районе геологом В. Н. ЩУКИНЫМ, используя предложенный нами с Н. Н. Сарсадских метод пироповой шлиховой съемки, в ручье, где еще в 1953 году мной были констатированы пиропы, обнаружил, да, именно не открыл, а обнаружил трубку «Удачную», оказавшуюся чрезвычайно богатой алмазами. Кроме того, тоже в 1955 году, в совсем другом районе Сибири — на реке М. Батуобии (приток реки Вилюй), прорабом партии № 132 Амакинской экспедиции Ю. И. ХАБАРДИНЫМ была обнаружена кимберлитовая трубка «Мир» — сейчас наиболее алмазоносная.

Так обнаруживаются все новые и новые коренные месторождения алмаза.

Работая в 1954 году с Ф. А. БЕЛИКОВЫМ в районе открытой нами трубки «Зарница», мне удалось выяснить возможность дешифрирования поисков подобных тел на аэрофотоснимках. В дополнение к этому большое содержание в кимберлите трубки «Зарница» рудных минералов, в частности магнетита, позволило мне рекомендовать постановку для поисков коренных месторождений алмазов и геофизические методы разведки. В сочетании с пироп-ильменитовой съемкой эти методы сейчас широко и с успехом применяются.

Обо всех результатах своих летних работ в 1954 году я, прибыв в поселок Нюрбу, написала «Информационный отчет о результатах работ партии № 182 Амакинской экспедиции и партии № 26 Центральной экспедиции в районе среднего течения реки Даалдын в 1954 г.» (Отчет находится в фондах Союзного треста № 2). Осенью 1954 года после окончания полевых работ мне было поручено сделать 29 сентября 1954 года доклад об открытии первого в Советском Союзе месторождения алмазов — трубки «Зарница» на конференции сибирских геологов, собравшихся в это время в пос. Нюрба. На конференции присутствовали сотрудники базирующейся в Нюрбе Амакинской экспедиции, геологи других экспедиций Союзного треста № 2, а также различных организаций, работавших на Сибирской платформе. На конференции присутствовали также главный геолог Союзного треста № 2 А. П. БУРОВ и главный инженер этого треста Н. Д. МЕРКУРЬЕВ. В решениях этой конференции на основании мнения большинства геологов была отмечена чрезвычайная важность открытия «Зарницы» как первого импульса для постановки под совершенно новым углом зрения больших геологических поисково-разведочных работ в целях создания в ближайшие годы нашей отечественной алмазодобывающей промышленности.

Единодушно геологами был принят на вооружение предложенный нами с Н. Н. Сарсадских метод поисков алмазных месторождений по спутникам алмаза — минералам пиропу и ильмениту. Но тут же на конференции с наглостью, не знающей границ, главный геолог Амакинской экспедиции Р. К. ЮРКЕВИЧ приписывает честь разработки и применения этого метода чуть ли не своей персоне. И, увы, присутствовавшее на конференции руководство треста восприняло это как должное.¹¹⁷ Но не в этом главное, а в

¹¹⁷ Увы, приписывание чужих заслуг тем, кто не только не был причастен, но даже мешал становлению шлихоминералогического метода, успешно продолжается. Так, в одной из уже современных книг к числу основоположников этого метода отнесены А. А. Кухаренко, В. С. Соболев, А. П. Буров, М. М. Одинцов, а к числу разработчиков — В. П. Афанасьев, М. А. Гневушев, И. П. Илупин, Н. П. Похиленко, Н. Н. Сарсадских, Н. В. Соболев, А. Д. Харьков, Е. Д. Черный, Г. Х. Файнштейн, Дж. Герни, Дж. Доусон, В. Е. Стеффенс. А вот первооткрывательнице места в этом удивительном списке, разумеется, не нашлось. В другом недавнем издании «Российское минералогическое общество. СПб, 2006» на стр. 13 можно прочесть не менее любопытное: «Одно из наиболее замечательных событий этого периода — открытие Якутской алмазоносной провинции, перспективность которой была обоснована В. С. Соболевым. Минералогические критерии, разработанные А. А. Кухаренко и Н. Н. Сарсадских и использованные при поисках кимберлитов геологами А. Н. Попугаевой, Н. В. Кинд, Е. Н. Елагиной, В. Н. Щукиным и др. внесли решающий вклад в это эпохальное событие». Здесь поражает даже не извращение реальных событий, а то, что составители юбилейного альбома, посвященного истории общенационального минералогического общества, даже не знают или уже не помнят имени-отчества национальной героини Ларисы Анатольевны. Однако и это не предел. В другой относительно недавно опубликованной книге большой ученый и писатель поделился и вовсе сенсационной мыслью: «Мы ведем отсчет открытия Якутской алмазоносной провинции с 1952 г.». То есть «они» открыли эту самую провинцию еще до открытия

том, что и шлихоминералогический метод, и результат его использования — открытие коренного месторождения алмазов, были по достоинству оценены геологами.

По возвращении в Ленинград я в декабре 1954 года доложила о результатах полевых работ в районе р. Даалдын в Центральной экспедиции в присутствии большой аудитории ленинградских геологов. Здесь геологами также единодушно было высказано мнение о том, что обнаружение спутников алмаза — минералов пироба и пикроильменита, и применение их для поисков коренных и россыпных месторождений алмаза полностью себя оправдало на практике и, несомненно, является открытием первостепенной важности. Геологи подчеркнули, что результат многолетних работ партии № 26, завершившихся открытием первого коренного месторождения алмазов — кимберлитовой трубки «Зарница», есть блестящее сочетание теоретических прогнозов с практикой. Открытие это, конечно, не случайность. Несомненно, что в дальнейшем геологи-алмазники Сибири, пользуясь «пиробовым» методом поисков будут уже должны, обязаны не открывать, а обнаруживать все новые и новые коренные и россыпные месторождения алмаза. Так оно в действительности сейчас и происходит — после 1954 года В. Н. ЩУКИН обнаружил трубку «Удачную», Ю. И. ХАБАРДИН — трубку «Мир», и т. д., и т. д.

На XX съезде КПСС в феврале месяце 1955 г., когда было известно лишь единственное коренное месторождение алмазов — трубка «Зарница», Н. А. БУЛГАНИН¹¹⁸ оценил открытие коренного месторождения алмазов в Якутии как «... замечательное открытие последних лет»...¹¹⁹.

18 апреля 1955 г., обработав вместе с начальником партии № 26 Центральной экспедиции Союзного треста № 2 Н. Н. САРСАДСКИХ собранный мной в районе реки Даалдын в 1954 г. материал, мы защищали написанный нами «Отчет партии № 26 о работах в среднем течении р. Даалдын в 1954 г.» (Отчет находится в фондах Союзного треста № 2). Рецензировавшие этот отчет доктор геолого-минералогических наук чл.-корр. АН СССР профессор П. М. ТАТАРИНОВ дал высокую оценку открытию первого коренного месторождения алмазов для промышленности СССР, что видно из прилагаемой к настоящему письму копии его отзыва. Высокую оценку отчету дал также второй рецензент доктор геолого-минералогических наук, старший научный сотрудник Института геологии АН СССР А. Н. ЛЕБЕДЕВ (копия его отзыва также приложена к этому письму).

25 апреля 1955 года приказ № 31 по Союзному тресту № 2 Главуралсибгеологии отмечает чрезвычайную важность разработанной партией № 26 Центральной экспедиции новой методики поисков коренного месторождения алмазов, завершившейся открытием первого в Советском Союзе коренного месторождения этого минерала (к письму приложена копия приказа¹²⁰).

2 августа 1955 года указанный выше отчет партии № 26 принимался в г. Москве на заседании комиссии Союзного треста № 2 по рассмотрению и утверждению геологических отчетов. На заседании присутствовали главный геолог треста А. П. БУРОВ,

первых алмазоносных трубок — Зарницы, Удачной и Мир. Почему так, спрашивается? А потому, что в 1952 г. К. С. Забурдин и Н. Н. Ерошин на р. Омонос нашли выходы необычной по строению и составу брекчии, которую их начальник в НИИГА запретил называть кимберлитом. Только после подвига Л. А. Попугаевой эти хитрецы вдруг прозрели и стали требовать себе часть славы и престижа. Правда опять глупо и чрезмерно — открытая К. С. Забурдиным и Н. Т. Ерошиным кимберлитовая трубка оказалась все-таки неалмазоносной (по возрасту она мезозойская), а поэтому никак не могла привести к «открытию Якутской алмазоносной провинции».

¹¹⁸ В те годы Председатель Совета Министров СССР.

¹¹⁹ Здесь Л. А. Попугаева допустила неточность. Упомянутый съезд состоялся в феврале 1956 г., и Н. А. Булганин, несомненно, имел в виду не Зарницу, а открытые в 1955 г. высоко алмазоносные трубки Мир и Удачную.

¹²⁰ Этот приказ воспроизведен в книге Н. Н. Сарсадских [Сарсадских, 2004] и в книге Р. Н. Юзмухаметова [Юзмухамедов, 2006].

главный инженер треста Н. Д. МЕРКУРЬЕВ, старший геолог Е. А. Надеждинская и др. В протоколе этого заседания отмечается, что партией № 26 получены весьма важные геологические результаты (копия протокола Союзного треста № 2 приложена к настоящему письму¹²¹).

В период с 1956 года по настоящее время, когда алмазы были рассекречены, в широкой печати — в различных газетах и журналах, появились отклики на открытие первого в Советском Союзе месторождения алмазов. В этих статьях дается оценка важности этого открытия для промышленности СССР. Следует отметить, что опубликованные отзывы написаны не только корреспондентами газет и журналов, оценивающими события со слов алмазников, но также и специалистами геологами (14 из таких отзывов, помещенных в печати, я прилагаю к настоящему письму¹²²).

После всех описанных выше событий, будучи в ультимативном порядке переведенной приказом Союзного треста № 2 в Амакинскую экспедицию этого же треста, я с ноября 1954 г. по октябрь 1956 года продолжала работать геологом партии № 167 на Даалдыне в районе открытого мной первого алмазного коренного месторождения — трубки «Зарница», с целью изучения геологии района и выявления новых кимберлитовых трубок (в прикладываемой к этому письму характеристике отмечена и моя работа в Амакинской экспедиции¹²³).

25 октября 1956 года после написания отчета по партии № 167 за 1955 год по моей настоятельной просьбе меня перевели снова на работу в Центральную экспедицию, которая теперь относится к ВСЕГЕИ, где я работала геологом партии № 119 до 1 января 1957 г. В последней партии я работала над изучением кимберлитов трубки «Мир».

С 1 января 1957 года я зачислена в аспирантуру ВСЕГЕИ, где и занимаюсь в настоящее время.

Безусловно, никакое открытие вообще и алмазов в частности не могло и не было сделано на пустом месте. Открытию предшествовали долгие годы упорного труда многих и многих специалистов-геологов по самым различным геологическим вопросам.

Известно, что первые общегеологические прогнозы о возможности по аналогии с Ю. Африкой искать алмазы на сходной с ней геологической территории Сибирской платформы (Якутская АССР) были высказаны геологами В. С. СОБОЛЕВЫМ, А. П. БУРОВЫМ, Ю. М. ШЕЙНМАНОМ и Г. Г. МООРОМ. Поэтому-то и пошли поисковики-алмазники в Сибирь. Туда были переброшены с Урала многие опытные геологи (Н. В. КИНД, М. И. ПЛОТНИКОВА, Н. Н. САРСАДСКИХ, М. А. ГНЕВУШЕВ, В. Д. СКУЛЬСКИЙ и многие другие). В Сибири начали искать алмазы и геологи Иркутского геологического управления — М. М. ОДИНЦОВ, Г. Х. ФАЙНШТЕЙН, В. Б. БЕЛОВ и др. Так появились в 1945—1947 гг. единичные находки алмазов в россыпях на р. Н. Тунгуска, а в 1947 г. партия Иркутского геологического управления, руководимая Г. Х. ФАЙНШТЕЙНОМ, впервые обнаружила алмаз в россыпях на р. Вилуй¹²⁴.

В связи с находками алмазов на р. Вилуй в пос. Нюрбу из Иркутска в 1951—1952 гг. перебрасывается Амакинская экспедиция. В труднейших условиях Севера Б. Я. КОРЕШКОВ — инженер-обогащатель, и. о. начальника экспедиции, организует планомерное продолжение работ в районе, несмотря на колоссальные трудности с жильем, снаряжением и продовольствием. И лишь когда работы уже были в полном разгаре, т. е. в конце 1953 г., начальником экспедиции Москва назначает М. Н. БОНДАРЕНКО, а гл. геологом — человека, нового в алмазном деле — Р. К. ЮРКЕВИЧА. Работая на Вилуе, партии Амакинской экспедиции, главным геологом которой с 1950 до конца 1953 г. был М. А. Гневушев, уже к 1953 году обнаружили алмазы еще на ряде

¹²¹ Упомянутый протокол находится выше как Приложение № 5

¹²² Публикации находятся сейчас в фонде Л. А. Попугаевой в архиве Музея истории СПбГУ.

¹²³ Эта характеристика также находится в упомянутом выше фонде Л. А. Попугаевой.

¹²⁴ В изложении некоторых событий и оценке роли в них отдельных лиц Л. А. Попугаева допускает неточности.

притоков р. Вилюй. В частности, партия, руководимая геологом В. Б. БЕЛОВЫМ, обнаружила алмазы в россыпях на реке Мархе. В это же время в 1950—52 гг. геологи НИИГА находят алмазы и в верховьях р. Мархи. Так все больше и больше расширялась площадь речных бассейнов, зараженных алмазами. Но откуда они? Вот вопрос, который стоял неразрешенной задачей. В ходе работ появлялись различные теории и прогнозы о возможности находок алмаза в тех или иных геологических условиях и в связи с теми или иными породами Сибирской платформы.

Были предположения и выводы ошибочные (В. С. ТРОФИМОВ, П. Е. ОФФМАН, Г. Х. ФАЙНШТЕЙН и др.). Были предположения и прогнозы интересные и, как показали дальнейшие события, правильные (В. С. СОБОЛЕВ, А. П. БУРОВ, М. А. ГНЕВУШЕВ, Н. А. БОБКОВ, Н. В. КИНД, И. И. КРАСНОВ и др.). Так, например, М. А. ГНЕВУШЕВ и покойный Н. А. БОБКОВ, изучая алмазы вилюйских россыпей, дают правильный прогноз алмазоносности в целом по платформе и по бассейну правых притоков р. Вилюй — р. Малая Батуобия, в частности. И. И. КРАСНОВ и В. Л. МАСАЙТИС. указывали на возможность находки ультраосновных алмазоносных пород в зонах определенных разломов земной коры. Все это были правильные, хорошие общие положения, но никаких конкретных научно-обоснованных критериев поисков не существовало.

К сожалению, все работы на Вилую по поискам алмазов в россыпях были основаны, как я уже указывала, на чисто механическом промывании и обогащении сотен и тысяч кубометров песков. Тратилось много сил и колоссальные средства. Геолог Г. Х. ФАЙНШТЕЙН ухитрился даже, зная, что алмаз — минерал ультраосновных пород, связывать, тем не менее, его происхождение с минералами основных пород, которые широко развиты на Сибирской платформе и называются траппами. Эти и многие другие ложные представления сильно тормозили ход открытия алмазных месторождений, годных для промышленного использования. Однако анализ постепенно накапливавшегося огромного фактического материала давал возможность отметить ложные представления и находить правильные пути к решению поставленной задачи. Так, в 1954 году, завершая труд огромного коллектива геологов, были открыты, как я уже рассказывала выше, сначала спутники алмаза — пироп и ильменит, а потом и первое коренное алмазное месторождение.

И вот поэтому-то, естественно, всеобщее недоумение и возмущение у десятков, нет, сотен геологов и в широких кругах общественности, знакомой с открытием месторождений алмазов по печати, вызвало опубликование 22 апреля 1957 г. сообщения о присуждении ряду геологов от имени народа Ленинской премии за открытие алмазных месторождений в Сибири. Не вдаваясь в возмутительные подробности, предшествовавшие выходу в свет Указа о премиях, я выражаю как коммунист и как геолог от своего имени и от имени многих моих коллег по работе крайнее возмущение безобразной в наше время и в нашей стране алмазной эпопеей, увы, похожей на Клондайк¹²⁵. События, описанные в так поносимой книге В. Д. Дудинцева «Не хлебом единым» или в книге Д. Гранина «Искатели», или в фельетоне Сем. Нариньяни «Зеленая улица», помещенном в газете «Правда» от 7 июня 1957 г., а также и некоторых других произведениях — все это пастельные краски по сравнению с тем, как обстояло дело с алмазами. Но все это, к нашему стыду, звенья одной и той же цепи.

С неприкрытым цинизмом, наплевав, мягко выражаясь, на мнение огромного коллектива геологов и вообще широкой общественности, Министерство геологии представило в Комитет по Ленинским премиям злоумышленно искаженный, вопреки фактам и документам, материал и ложные характеристики геологов, чьи имена

¹²⁵ Здесь Л. А. Попугаева имеет, очевидно, в виду не собственно «алмазную эпопею», а возню вокруг назначений в лауреаты Ленинской премии.

действительно, если алмазы стоят того, должны быть отмечены такой высокой и почетной наградой как премия имени Владимира Ильича Ленина¹²⁶.

На фоне существующего положения вещей напрашивается ряд вопросов:

1. В чем же состоит изменение в методе присвоения ранее Сталинских, а теперь Ленинских премий, о котором говорилось в печати при введении снова премии имени В. И. Ленина?

2. Почему и на каком основании кандидатуры, выдвигаемые на те или иные высокие правительственные награды и, в частности, на Ленинскую премию не обсуждались в кругу геологической общественности, а проводились с санкции Министерства геологии, как все мы тому свидетели, «из-под полы»?

3. Что это за «непререкаемые» авторитеты в Министерстве геологии выносили свое «высокое» суждение о лицах, достойных получить такую высокую награду, и на каких документах было основано такое суждение?

4. Каков же метод обсуждения работ и голосования в Комитете по Ленинским премиям? Только формальный по представлению той или иной организации¹²⁷ или же документальный разбор представленных работ?

5. До каких пор по должности и рангам (я имею в виду Р. К. ЮРКЕВИЧА.), а не по действительным заслугам, будут оцениваться люди и венчаться лауреатами «наездники» в науке?

6. Почему при оценке важности открытия алмазов попрано значение научного прогноза и его практическое претворение в жизнь?

7. Почему не отвечает ясно, вразумительно и обоснованно именно Комитет по Ленинским премиям на запросы от отдельных лиц и организаций по поводу награждения Ленинской премией за алмазы лиц, в своем большинстве второстепенных? Ведь именно Комитету поручена беспристрастная высококвалифицированная документально подтвержденная оценка тех или иных работ и открытий.

8. Почему на большинство запросов отвечает Министерство геологии? И почему в своих беспринципных ответах Министерство, тщетно пытаясь объяснить мотивы своего решения по алмазному делу, указывает, что де трубка «Зарница» — непромышленное месторождение? Ведь ясно каждому, что дело не в этом — это раз. А, во-вторых, это указание отвратительно тем, что в 40000 карат, которые в 1956 г. были сданы государству при безобразно проведенной попутной добыче алмазов с разведываемых месторождений, вошли несколько тысяч карат алмазов и из трубки «Зарница», на которой как на одной из наиболее интересных в геологическом отношении и сейчас ведутся работы и из которой продолжают извлекать алмазы?¹²⁸

9. Почему замалчивается сделанное специалистами «Гипрозолота» заключение о том, что такой отдаленный и труднодоступный район, как Даалдынский, где находится трубка «Удачная», будет промышленным, если только представится возможность эксплуатировать там не одну трубку «Удачную»?

¹²⁶ Лауреатами Ленинской премии за открытие алмазных месторождений по указу от 27 апреля 1957 г. стали А. П. Буров, В. Б. Белов, Г. Х. Файнштейн, В. Н. Щукин, Ю. И. Хабардин, Р. К. Юркевич, А. Н. Здота.

¹²⁷ В настоящее время считается, что списки кандидатур выдвигались от Якутского обкома КПСС, Союзного треста № 2 и Мингео СССР. Собственно Амакинская экспедиция к этому, как будто, причастна была косвенно. Во всяком случае спорные фигуранты (В. Б. Белов, Г. Х. Файнштейн), были навязаны, именно обкомом КПСС [Юзмухаметов, 2006]. Кандидатуру Л. А. Попугаевой исключили из списка на самом верху — в Мингео СССР (похоже, что это сделал лично министр Антропов). Вероятнее всего, что именно с этим исключением и связано появление среди «алмазных» ленинских лауреатов горного мастера А. Н. Здоты.

¹²⁸ Здесь Л. А. Попугаева под «отвратительным» подразумевала, разумеется, не трубку Зарницу и ее высококачественные алмазы, а необоснованное отнесение Зарницы к промышленно неперспективным объектам.

10. Где логика? Когда звание лауреата Ленинской премии как первооткрывателю железорудного месторождения в Сибири присуждают летчику, обнаружившему аномалию с воздуха, а имена авторов не только метода поисков алмазных месторождений, но и открытия первой алмазоносной кимберлитовой трубки предано недостойному забвению?

11. На каком основании мое письмо в ЦК на имя Н. С. ХРУЩЕВА от 10/II—55 г., в котором я посвящаю открытие первого алмазного месторождения XX съезду партии, попало к работнику ЦК товарищу ЯМНОВУ и осталось под сукном? (Копию моего письма от 10/II—55 г. в ЦК на имя Н. С. ХРУЩЕВА я прикладываю к настоящему письму¹²⁹).

12. Почему моя личная длительная беседа с работником ЦК КПСС товарищем ЯМНОВЫМ 6 марта 1955 г. и беседа в пос. Нюрбе 14—15 августа 1956 года с представителем Якутского обкома тов. ЕГОШИНЫМ о ненормальном положении с алмазным вопросом канули в вечность?

13. Почему письма, адресованные геологами в ЦК КПСС, в частности, письмо геологов Центральной экспедиции на имя Н. А. БУЛГАНИНА в 1956 году, где высказываются претензии к Министерству геологии, обязательно попадают на разбор в Министерство геологии, которое по любому вопросу начинает свои ответы со слова «...нескромно...» и далее все поворачивает приблизительно так: ...«что хорошо, то Главк, что плохо — коллектив...»?

14. Почему за выяснением действительного положения вещей по тому или иному вопросу обращаются только к руководству, а не к коллективам и документам?

15. Как и что в связи с материалом, который изложен в настоящем письме, я должна сообщить в ответе на письмо французских друзей, полученное мной из Парижа, которые просят меня рассказать об открытии в нашей стране алмазных коренных месторождений?

16. Почему и на каком основании в статье министра геологии и охраны недр П. Я. АНТРОПОВА, помещенной в журнале «Разведка и охрана недр» и посвященной достижениям советской геологии, открытие алмазных месторождений в нашей стране отодвинуто на целый год вперед — указан 1955 г.¹³⁰? Замечу, что на запрос в редакцию журнала, почему в статье искажена дата открытия, мне ответили, что де министр имел в виду наиболее богатое месторождение. А кому, как не министру геологии, следует понимать, что в нашем случае дело было не в том, какое из месторождений богаче, а в том, что в 1954, а не в 1955 г. был успешно апробирован новый метод поисков, использование которого привело к открытию первого в истории СССР кимберлитового месторождения алмазов, повлекшему за собой все последующие открытия?

Заканчивая свое письмо, хочу спросить, перебирая бесконечное количество отчетов и документов в связи с историей алмазов: а где же КОРЕШКОВ¹³¹, построивший Нюрбу, где ГНЕВУШЕВ, оставивший немало?

¹²⁹ Упомянутое письмо от 10/II-55 г. не сохранилось.

¹³⁰ Здесь имеется в виду статья министра П. Я. Антропова «Некоторые итоги геологических работ в СССР» // Разведка и охрана недр, 1956, № 11. В этой статье сообщалось буквально следующее: «...в апреле 1955 г. впервые в Советском Союзе найдено коренное месторождение алмазов, сложенное теми же кимберлитовыми породами, что и известные всему миру месторождения Южной Африки» (с. 3). Очевидно, что Л. А. Попугаеву возмутило отсутствие упоминания о Зарнице, открытой годом раньше и послужившей руководящим примером. Но в упомянутой статье были допущены еще две странные для министра геологии СССР ошибки: в 1955 г. были найдены две, а не одна, богатые алмазоносные трубки (Мир и Удачная), и не в апреле, а в июне.

¹³¹ Очень противоречивая личность. Выдающийся хозяйственник, многое сделавший для Уральской Алмазной экспедиции, потом отстроивший базу Амкинской экспедиции и множество полевых стационаров. Но наряду с этим некомпетентно вмешивавшийся в геологическую практику, мешавший нормальному сотрудничеству экспедиционных геологов и научных специалистов. В частности именно он придумал для последних определение «гастролеры» и систематически принижал их роль в открытии алмазоносных кимберлитов, поощряя низменный инстинкт корыстничества в некоторых амакинских фигурантах «алмазных» историй.

Убедительно прошу разобрать серьезно, с привлечением документов, настоящее письмо. Судя по решениям последних пленумов ЦК, справедливые выводы сделать можно и должно. Настоятельно также прошу, чтобы это письмо по примеру других писем и, в частности, моего первого письма в ЦК КПСС от 10/II—55 г. не застревало в бесконечных фильтрах и не пересылалось формально в Министерство геологии, где люди неспособны беспристрастно разобраться в позорном финале, каким венчается такое замечательное событие как открытие коренных алмазных месторождений¹³².

Прошу в случае надобности вызвать меня и непременно сообщить мне Ваше решение по изложенному в письме материалу.

Уважающая Вас чл. КПСС, геолог

(Попугаева Л. А.)

Мой адрес: г. Ленинград, Можайская ул., д. 39, кв. 15.

« » сентября 1957 г.¹³³

¹³² Похоже, что с письмом Л. А. Попугаевой все именно так и получилось. Личный опыт одного из подготовителей настоящего издания свидетельствует, что в этом отношении у нас с хрущевских времен практически ничего не изменилось.

¹³³ Из сохранившегося последнего листика черновика этого письма видно, что оно было написано не позже 3 сентября того же года. Однако, судя по сохранившейся почтовой квитанции, чистовой вариант письма был отправлен Н. С. Хрущеву 2 октября 1957 г. Было ли отправленное письмо идентично публикуемому черновику подготовителям настоящего издания неизвестно. Последним толчком к отправке этого письма, несомненно, явилась публикация днем раньше (1 октября 1957 г.) Указа Президиума Верховного Совета СССР о награждении свыше трех сотен людей разными орденами и медалями в связи с 325-летием добровольного вхождения Якутии в состав России. Как ни странно, но Л. А. Попугаеву на открытие Зарницы наградили орденом Ленина именно по этому Указу.

В. И. Силаев

ЗЛАТОКУДРАЯ ХОЗЯЙКА АЛМАЗНОЙ РЕКИ¹³⁴

«В маршруты трудные ходили,
Опорой были для мужчин.
И горевали, и любили,
И путь прошли свой до седин»
А. Журавлева

Прошлый, XX век был не только временем чудовищных социальных экспериментов и самоистребительных мировых войн. Это был также золотой век геологии, вобравший в себя как беспрецедентные научные достижения в области кристаллохимии, минералогии, петрологии, тектоники, так и открытия величайших месторождений полезных ископаемых. К числу последних, бесспорно, относятся российские Диамантины [1], выявленные на Урале и в Восточной Сибири.

Предыстория этих открытий относится к первой трети XIX века, когда на Средний Урал в сопровождении графа Полье и молодого фрайбергского минералога Шмидта приехал знаменитый путешественник и естествоиспытатель А. Гумбольдт [2, 3]. Эта поездка была неслучайной. А. Гумбольдт считал, что геология Урала очень сходна с геологией Бразилии и поэтому на Урале должны быть алмазы. Уверенность великого дилетанта была столь сильной, что он обещал русскому самодержцу привести с Урала настоящий русский самоцвет. В начале июля 1829 г. при осмотре Крестовоздвиженских золото-платиновых приисков графини Полье смотритель передал визитерам небольшую коллекцию «камушков», в которой находился и «тяжеловес», найденный 14-летним промывальщиком Павлом Поповым. Уже через несколько дней тот же мальчик принес смотрителю еще два камня. Все эти три «тяжеловеса» массой 105—253 мг (0.5—1.3 карата) были определены минералогом Шмидтом как алмазы. Один из камней был подарен Гумбольдту по случаю его 60-летнего юбилея. Следует отметить, что столь стремительное подтверждение обещаний Гумбольдта вызвало не только изумление и восторг, но и сомнения. Практически сразу же возникла легенда о фальсификации, которой придерживались, например, великие русские минералоги-академики П. В. Еремеев и Н. И. Кокшаров. Однако последующие события рассеяли все сомнения. К 1930-м годам, когда в СССР начиналась история систематических исследований алмазности, в уральских золотоплатиновых россыпях уже были найдены 220 алмазов хорошего качества, самый крупный из которых достигал 3 кар.

Как известно, в официальную историю открытий русских алмазов вписаны в основном мужские имена. Однако в действительности упомянутая история имеет скорее не мужское, а женское лицо. И это лицо было прекрасным (фото 1). Первое место в замечательной плеяде красавиц-первооткрывательниц отечественных алмазных месторождений по праву принадлежит **Наталье Викторовне Введенской** (фото 2), жизнь которой не может не служить весьма поучительным примером ответственного отношения к собственному таланту и нелегкой судьбе [4].

¹³⁴ Вестник Института геологии Коми НЦ УрО РАН, 2006. № 8. С. 46—50.



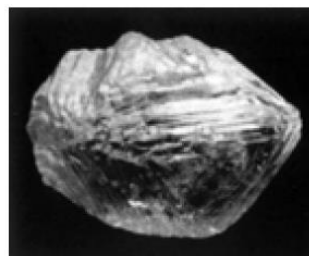
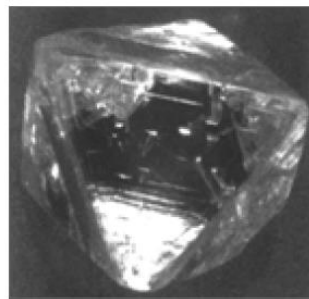
Потугаева Лариса Анатольевна. Алмаз «Лариса Потугаева». 29.4 кар, трубка Мир



Сарсадских Наталья Николаевна. Верховье Вилуя, 1951 г. Алмаз «Наталья Сарсадских» 72.85 кар



Елагина Екатерина Николаевна. Алмаз «Екатерина Елагина», 78.07 кар, трубка Удачная



Кинд Наталья Владимировна. Алмаз «Наталья Кинд», 58.55 кар, трубка Удачная



Фот. 1. Женские лица истории открытий российских алмазных месторождений [1, 4, 5].

Чудесная девочка Наташа родилась в глубоко интеллигентной семье, имевшей предками тех, кого иногда называют «законодателями светских салонов». Ее отец — Виктор Георгиевич Введенский, обладая тремя высшими образованиями и владея несколькими иностранными языками, пропал на службе. Наша героиня росла под присмотром няньки Степаниды, происходившей из смоленских крестьян. К 12 годам Наташа уже скакала верхом и даже владела азами стиплчейза. Еще через год она

осиротела — умерла мама. Оставшись на попечении любимого, но вечно занятого отца, своенравная девочка почти забросила учебу в школе. Она запоем читала Фенимора Купера и Джека Лондона, в особенности необыкновенно увлекательные повести и рассказы о путешественниках и золотоискателях. В свободное от чтения время верховодила уличными мальчишками. Закончилось все это вполне закономерно — семиклассницу Наташу Введенскую оставили на второй год. После семилетки повзрослевшая Наташа окончила два курса химического техникума, затем поступила на экстернат географического факультета МГУ. Через год она была зачислена сразу на второй курс по новой, неслыханной ранее специальности «геоморфология». В связи с этим надо сделать одно замечание.

Как ни странно, но многие открытия в области геологии российских алмазов были сделаны именно геоморфологами по образованию, ставшими впоследствии блистательными геологами. Такой была, например, Н. В. Кинд — «юная леди» [4], окончившая географический факультет МГУ и долго числившаяся геоморфологом. Однако в период открытий первых кимберлитовых трубок в Восточной Сибири именно Наталья Кинд



Фот. 2. Введенская Наталья Викторовна — на пороге большой жизни. Москва, 1938 г. [4]

зарекомендовала себя как один из лучших специалистов по региональной геологии [6]. Еще более удивительной является история В. Г. Горшкова [7]. Боевой летчик-штурмовик, узник Маутхаузена. После войны вернулся в авиацию, обслуживая геологические партии Вилуйской геолого-съемочной экспедиции. Затем оставил небо ради учебы в МГУ. В экспедицию вернулся дипломированным геоморфологом, а в 1957-1958 гг., будучи уже начальником поискового отряда, он стал одним из первооткрывателей Приленской области россыпей с очень качественными округлыми алмазами уральского типа.

На свою первую производственную практику в 1935 г. Наташа Введенская собиралась на Кольский полуостров, но как-то неожиданно уехала в Казахстан. Похоже, что в этом был перст судьбы, поскольку в первые же дни своей практики она познакомилась со студентом-геологом из Свердловска Иваном Герасимовым. Это были, что называется, любовь с первого взгляда и одновременно типичная советская история

послереволюционного смещения социальных классов и сословий.

Ваня Герасимов (фото 3), потомственный крестьянский сын, окончил среднюю школу в Старом Осколе. Затем учительствовал в родной деревне, служил секретарем районной комсомольской организации. С началом коллективизации он в 24 года был назначен председателем одного из первых колхозов, что, очевидно, открывало перед ним перспективу большой советской карьеры. Однако здоровая натура молодого человека не вынесла мерзостей сталинской аграрной реформы. Уже через год после «великого перелома» русской деревни секретарь-председатель вербует рабочим в «Дальстрой»,



Фот. 3. Студент Иван Герасимов — крестьянский сын и надежда уральской алмазной геологии. Кустанайская степь, Казахстан, 1935 г. [4]

доезжает с эшеленом до Урала и здесь его судьба вновь круто меняется. Случилось поистине чудо. Завербованному трудармейцу удалось отпроситься для поступления в Уральский университет на геологический факультет. На первом курсе студент Герасимов учится, что называется без отрыва от производства. После лекций копает котлованы под строительство будущего «Уралмаша». К занятиям готовится на железнодорожном вокзале. Здесь же ночует, постелив под себя газетку и подложив под голову портфель с конспектами. Питается главным образом гороховым супом в университетской столовой — «дежурным блюдом победившего социализма» (по выражению студентов).

На фоне такой жизни работа в полевой геологической партии, да еще рядом с высокой, изящной, голубоглазой москвичкой-геоморфологом не могла не показаться сущим раем на земле. Через год поженились. В 1937 г. у молодой четы родилась дочь Ирина, а вскоре началась и их славная биография в алмазной геологии.

Для нашей страны это время было очень тяжелым. В Европе сильно пахло порохом, а в Португалии была ликвидирована последняя торговая фирма, закупавшая в обход международного бойкота алмазы для военной промышленности СССР. В этих условиях СНК СССР принимает решение о срочном развертывании поисков алмазов на Среднем Урале. Для проведения поисковых работ в 1938 г. организуются две группы партий — ленинградская на базе ЦНИГРИ—ВСЕГЕИ (А. П. Буров, М. Ф. Шестопалов, А. А. Кухаренко) и московская на базе ВИМС (В. О. Ружицкий, В. С. Трофимов). На Урале до сих пор существует легенда, согласно которой Берия, напутствуя А. А. Кухаренко, обещал в случае неудачи поисков алмазов расстрелять всех этих отчаянных людей собственноручно. В 1940 г. московская и ленинградская группы партий объединяются в ставшую впоследствии знаменитой Уральскую алмазную экспедицию. Руководство экспедицией было возложено на замечательно одаренных людей (фото 4), роль которых в истории нашего государства все еще недооценена. Последнее в особенности относится к В. О. Ружицкому — не только лучшему в то время специалисту по разведке алмазных россыпей, но и истинному первооткрывателю Вилуйской россыпи [2, 7—9], с которой в 1950-е гг. и началась история Восточно-Сибирской алмазоносной провинции.



*Буров
Александр Петрович,
главный геолог*



*Шестопалов
Михаил Федорович,
начальник*



*Ружицкий
Василий Оникеевич,
руководитель группы
партий и организатор
первой в СССР опытной
добычи россыпных алмазов*

Фот. 4. Отцы-руководители Уральской алмазной экспедиции, обеспечившей уникальным сырьем военную промышленность СССР в 1940—1945 гг. [1, 7]

К работе в Уральской алмазной экспедиции было привлечено множество молодых выпускников ленинградских и московских вузов, составивших первое легендарное поколение отечественных специалистов-алмазников: Г. С. Бискэ, Н. В. Введенская, И. Н. Герасимов, М. А. Гневушев, Г. Н. Келль, Н. В. Кинд, М. И. Маланьин, В. В. Руманцева, Н. Н. Сарсадских, В. Д. Скульский и др. Учиться искать алмазы и обеспечивать ими советскую промышленность приходилось практически одновременно. Первые продуктивные россыпи были открыты уже к началу 1941 г.: «Ершов лог» (А. А. Аверин), «Крестовоздвиженская» (С. А. Годован), «Усть-Койвинская» на р. Чусовой (Н. Н. Гераков), «Медведкинская» (И. Н. Герасимов, В. Д. Скульский).

Известие о начале войны наша героиня встретила в пос. Промысла, в окрестностях которого партия И. Н. Герасимова вела разведку Медведкинской россыпи. Наташа — уже начальник большого геоморфологического отряда, но очень необычный: «...Фигура как у шестнадцатилетней, в лице — ни капли строгости, глаза голубые, косы золотистые, при разговоре с незнакомыми людьми краснеет» (из воспоминаний сотрудников). Работали и до войны очень тяжело, но с наступлением военного времени стали, к тому же, сильно голодать. На рабочую карточку получали 600 г черного непропеченного хлеба, которым

приходилось делиться с неработающими членами семьи, вообще лишенными какой-либо поддержки. «Немного лучше кормили лишь Мышонка — верховую лошадь начальника партии...» [4]. Выжили благодаря молодости, силе духа и упомянутому выше начальнику — В. О. Ружицкому, который правдами и неправдами выбивал, доставал, выменивал и выпрашивал продовольствие, горючее, материалы, фураж, инструменты, спецодежду. «В голодные годы на Усть-Тырыме В. О. и К. П. Ружицкие тайком от нас родителей подкармливали из своих пайков нашу дочь Ирину» (из письма Н. В. Введенской). В таких условиях уральские геологи не только обеспечивали, но временами и увеличивали поставку алмазов на оборонные заводы. Именно в самые тяжелые военные годы фактически и была создана первая алмазодобывающая промышленность СССР [10].

К концу войны почти все поисковые партии УАЭ переместились с западного склона Урала на восточный, ближе, как тогда казалось, к вероятным коренным источникам алмазов. В те годы большинство авторитетных специалистов [11] и руководителей отрасли (Г. К. Волосюк, А. П. Буров) считали, что первоисточником уральских камней являются магматические породы базит-ультрабазитовых платиноносных массивов, например Тагильского и Исовского. В мае 1945 г. подошла очередь переезда на восток и для партии И. Н. Герасимова, хотя сам он и Н. В. Введенская имели совершенно другой взгляд на природу коренных источников алмазов. Они считали, что алмазы в уральские россыпи переходили из местного источника, в роли которого выступали еще не опознанные магматические породы, возможно, подстилающие россыпи. Однако решению руководителей экспедиции пришлось все-таки подчиниться и заплатить за это страшной ценой — летом 1945 г. в автомобильной катастрофе под г. Орском погиб И. Н. Герасимов (фото 5). На взлете оборвалась жизнь самого перспективного в СССР поисковика алмазов, человека, лучше которого «настоящих людей не бывает» (из письма Г. С. Бискэ — геоморфолога Уральской алмазной экспедиции).



Фот. 5. Иван Никифорович Герасимов — начальник Вороновской ГРП и первооткрыватель алмазных россыпей на Среднем Урале [4]

После гибели мужа вся тяжесть руководства текущими работами Орской геолого-поисковой партии, а также вся полнота ответственности (еще был жив Сталин) за подготовку сводного отчета о результатах многолетних поисков легли на хрупкие плечи буквально выпавшей из реальной жизни молодой вдовы. Осенью 1945 г. она даже потеряла продуктовые карточки, что для всей семьи практически означало приговор к голодной смерти. На этот раз спасителем стал заместитель председателя Комитета по делам геологии Г. К. Волосюк, лично распорядившийся выписать дубликат потерянных карточек [4].

Однако Н. В. Введенской все же удалось собраться. Она завершила начатый мужем отчет и даже выполнила план полевых работ (фото 6). Уже к концу 1946 г. у Натальи Викторовны сложилось убеждение в бесперспективности продолжения поисков в Восточно-Уральской зоне. Об этом свидетельствовали не только бесплодность уже проведенных там работ, но и некоторые теоретические соображения. В частности, Н. В. Введенская считала, что алмазы следует искать не в зоне геосинклинального вулканизма, а на окраине Русской платформы, т. е. на западном склоне Урала [12].

Звездное время Н. В. Введенской началось дождливой осенью 1947 г., когда из Ленинграда от руководства Третьего Главного геологического управления поступил запрос на проект поисковых работ на 1948 г. В ответ на этот запрос Наталья Викторовна,



Фот. 6. Н. В. Введенская с дочерью Ириной [4].
За два года до открытия «Алмазной» реки.

не колеблясь, направляет телеграмму о бессмысленности поисков на восточном склоне. Последовал срочный вызов. Доклад Н. В. Введенской на НТС Главка состоялся 10 декабря в конференц-зале нынешнего ВСЕГЕИ в присутствии не только руководителей, но и почти всех на то время отечественных специалистов-алмазников (В. С. Трофимова, А. А. Кухаренко, И. И. Краснова, Н. П. Вербицкой, М. А. Гневушева, П. Г. Гусевой, Н. В. Кинд, М. И. Плотниковой, Н. Н. Сарсадских, Н. В. Сафоновой). Суть выступления Н. В. Введенской была краткой, конкретной, ясной и бескомпромиссной. Она заявила, что в течение двух лет Орской партией на восточном склоне не удалось обнаружить ни одного алмаза. На западном же склоне аллювиальные отложения оказались алмазоносными почти повсеместно, обнаруживая при этом повышение содержания камней в направлении от долины р. Чусовой на юге до верховья р. Койвы на севере. Отсюда последовал вывод о нецелесообразности

продолжения поисковых работ на восточном склоне Урала и о необходимости продолжения таких работ в Западно-Уральской зоне.

Сделанный доклад, а главное, его заключение были встречены аудиторией крайне негативно. В выступлениях оппонентов было все: и сомнения в геологической компетентности докладчика-«геоморфолога» (А. А. Кухаренко), и обвинения в безответственности и очернительстве прежних выводов авторитетных специалистов (В. С. Трофимов). Однако не обошлось и без «рояля в кустах». Неожиданную для себя Н. В. Введенская получила поддержку от главного инженера главка А. Д. Ишкова, показавшегося ей при первой личной встрече крайне неприятным субъектом — настоящим «волком в овечьей шкуре» [4]. Как это часто бывает, первое впечатление оказалось совершенно ошибочным. Среди общего шума и несогласных выкриков поднялась высокая фигура главного инженера с холодным, властным и усмешливым лицом. Его твердое, убедительное и абсолютно солидарное с выводами докладчика выступление было выслушано в полной тишине и привело к единогласному решению о перебазировании Орской партии на западный склон с целью «ревизионного опробования речных песков в бассейне р. Вижай». Мечта Натальи Викторовны начала сбываться.

Переезд зимой большой поисково-геолого-разведочной партии от г. Верхнеуральска в пос. Пашия на расстояние значительно более 500 км казался совершенно невероятным. Однако он стал практически возможным, благодаря героизму геологов, администраторов и рабочих, доверившихся Н. В. Введенской (Г. Н. Келль, И. Н. Брауславский, А. П. Акаткин, Н. Н. Ведерников, М. Н. Гаврилов, Н. Жучкина, Ю. С. Мачульская, Т. С. Невская, Ф. А. Петрович, Д. С. Талменев, А. Н. Траувеллер, П. Н. Успенский, Н. А. Чельцов). Уже 11 марта 1948 г. три бригады горняков приступили к работе на Вижае. К непосредственной полевой работе были привлечены не только геологи, но и «лабораторские» минералоги, что отличало метод организации поисковых работ Введенской от ранее практиковавшегося «метода Кухаренко». Кроме того, вездесущая Наталья Викторовна ввела новое правило отдельно-последовательного опробования аллювиальных отложений с особым вниманием к базальному приплотиковому их горизонту. Впоследствии это вызвало резкую критику со стороны некоторых известных специалистов (например, В. С. Трофимова), но на практике очень быстро принесло успех.

В мае был добыт первый алмаз, а вскоре выяснилось, что на р. Вижай алмазоносными являются не только пески и галечники надпойменных террас, но и русловой аллювий. Более того, современные речные осадки оказались богаче террасовых и ложковых отложений, что явно корреспондировалось именно с идеей И. Н. Герасимова о местных первоисточниках россыпных алмазов на Урале. Новый — Вижайский — алмазоносный бассейн стал столь быстро обретать реальные очертания, что уже в 1949 г. здесь началась промышленная добыча.

Через 15 лет на Северном Урале А. Д. Ишковым на продолжении меридиональной зоны алмазоносности, намеченной еще в упомянутом выше докладе Н. В. Введенской, будет обнаружено первое внедолинное россыпное месторождение алмазов [13]. А еще через 30 лет в пределах «Ишковского» участка В. Р. Остроумовым, А. Я. Рыбальченко и В. Я. Колобяниным будут установлены вулканогенный материал базит-ультрабазитового состава и первичные минералы-спутники алмаза. Предвидения И. Н. Герасимова и Н. В. Введенской подтвердятся. Вскоре после этого появятся первые представления об особом, «уральском» типе алмазных месторождений (А. Я. Рыбальченко, Л. И. Лукьянова, Ю. В. Шурубор, И. И. Чайковский), что даст новый импульс исследованиям далеко за пределами уральской алмазоносной провинции. Вот таким образом и сойдутся времена.

Однако на исходе 1949 г. хозяйка «Алмазной» реки ничего этого еще не знает. Она смотрит на искрящиеся кристаллы очередной партии вижайских алмазов, подготовленной для передачи государству. Видит в них слезы отчаяния и надежд многих людей, причастных к этому открытию. Берет ручку и подписывает им путевку в жизнь, желая каждому из «своих» камней собственного счастья.

В заключение хотелось бы сказать следующее. Наталья Викторовна Введенская, Иван Никифорович Герасимов и их славные коллеги по тяжкому геологическому ремеслу являются представителями первого советского поколения русских людей, вероятно, самого лучшего в истории СССР. К этому поколению относились и мои родители, о которых я сейчас тоже думаю. Главный урок жизни этих неповторимых людей состоит в том, что все они осознанно и честно служили не вождям, не партийным секретарям и президентам, а государству как единственному гаранту выживания великого народа-пассионария в самых неблагоприятных для него исторических условиях. И именно в силу такого служения эти люди, пройдя через голод, войны и репрессии, не озлобились, не изругались и не приняли в своем громадном большинстве идеологии пораженчества и капитулянтства перед теми, кого русские только за последние два века четырежды спасли от самоуничтожения.

ЛИТЕРАТУРА

1. Масайтис В. Л. Где там алмазы? Сибирская Диамантина. СПб: Изд-во ВСЕ-ГЕИ, 2004. 216 с.
2. Елисеев В. И. К истории открытия сибирских алмазов // Бюллетень МОИП Отд. геол.. 1994. Т. 69. Вып. 4. С. 92—106.
3. Харьков А. Д., Зинчук Н. Н., Зуев В. М. История алмаза. М.: Недра, 1997. 601 с.
4. Введенская Н. В. Алмазы Вижая. М. — г. Лысьва, Пермской обл.: Изд-во Горнозаводского краеведческого музея им. М. П. Старостина, 2004. 238 с.
5. Хабардин Ю. И. Путь к алмазной трубке. М.: ЗАО «Геоинформ-марк», 1999. 276 с.
6. Бобриевич А. П., Бондаренко М. Н., Гневушее М. А., Кинд Н. В. и др. Алмазы Сибири. М.: Госгеол-техиздат. 1957.
7. Сусов М. В. Неизвестные страницы в истории открытия якутских алмазов. М.: ОАО «Институт гипропроект», 2002. С. 147.

8. Наумов Г. В. Геолого-географические исследования и поиски полезных ископаемых в западной части Якутской АССР // История исследований полезных ископаемых экспедициями АН СССР. М.: Изд-во АН СССР, 1966. С. 126—150.
9. Сусов М. В. Неизвестная история открытия Вилуйских алмазов в Якутии // Разведка и охрана недр, 2000. № 3—4. С. 45—47.
10. Ружицкий В. О. Роль ВИМСа в решении задачи создания отечественной сырьевой базы алмазов // Докладная записка. Архив ВИМС. М., 1947.
11. Трофимов В. С. Канадский тип коренных месторождений алмаза и перспективы обнаружения его на территории Союза//Разведка недр, 1939. № 7.
12. Введенская Н. В. Геолого-геоморфологическое строение и алмазоносность бассейна р. Вижая: Автореф. дис. канд. геол.-минер. наук. М.: Изд-во ВИМС, 1954.
13. Козубовский А. И., Ишков А. Л., Белов В. Б. Вишерские алмазы на Урале // Разведка недр. 1967. №7. С. 14—16.

В. И. Силаев

ЗАРНИЦА НАД СИБИРСКОЙ ДИАМАНТИНОЙ. УРОКИ ИСТОРИИ ВЕЛИКОГО ГЕОЛОГИЧЕСКОГО ОТКРЫТИЯ¹³⁵

«Средь хаоса таежного распада
Нашла алмаз девчонка лениградка»
Е. Долматовский «Алмазы»¹³⁶

В 2004 г. Институт Земной коры Санкт-Петербургского университета опубликовал очень хорошую книгу о роли личности в истории геологических открытий [1]. Эта книга вопреки своему грустному названию («Надломленная судьба») рисует образ необыкновенно успешного человека, а именно *Ларисы Анатольевны Гринцевич-Попугаевой* — первооткрывательницы отечественных коренных месторождений алмазов. Будучи дочерью расстрелянного «врага народа» и исподволь снедаемая опасным недугом — гипертонией эта чудесная женщина все превозмогла, и все успела: повоевать, выучиться, выйти замуж, родить прекрасную дочь и стать еще при жизни, несмотря на многие хулы, вдохновляющей легендой даже для искушенных профессионалов. Какая уж тут надломленность судьбы!

Автор книги — *Евгений Борисович Трейвус* — известный ученый-кристаллогенетик, по статьям и книгам которого [2—4] многие, включая и сочинителя настоящего очерка, учились понимать секреты природного минералообразования. Надо со всей определенностью сказать, что написание такой книги о Л. А. Попугаевой именно в Санкт-Петербургском университете по соседству с ВСЕГЕИ потребовало от ее автора немалого мужества, поскольку там многие годы либо замалчивали заслуги его героини, либо рассказывали и продолжают рассказывать о ней до сих пор [5] совсем другие истории. Примером сравнительно мягкого варианта подобных суждений может служить следующая цитата: «...опыт позволил Александру Александровичу быстро и безошибочно диагностировать пироп в шлихах Н. Н. Сарсадских из района, в котором затем ею и Л. А. Попугаевой была впервые в России открыта алмазоносная кимберлитовая трубка» [6, с. 114]. В процитированном тексте правильно акцентировано внимание на выдающейся роли А. А. Кухаренко в фазово-генетическом диагнозе минерала, но в остальном все изложено, мягко говоря, неточно. В действительности первые, осознанно проанализированные шлихи с алмазосопровождающим пиропом и пикроильменитом принадлежали не Н. Н. Сарсадских, а именно Л. А. Попугаевой. И упомянутую трубку «впервые открыла» вовсе не Н. Н. Сарсадских с Л. А. Попугаевой, а собственно Л. А. Попугаева с коллектором Ф. А. Беликовым и в «сотрудничестве» с собакой Пушком. Невозможно ведь открыть какое-либо месторождение в Якутии, пребывая при этом, как Н. Н. Сарсадских, в Ленинграде!

К сожалению, книга Е. Б. Трейвуса вышла тиражом всего в 200 экземпляров, немедленно став библиографической редкостью, недоступной не только для массового читателя, но и для многих людей, профессионально занимающихся алмазной геологией. Поэтому мне кажется, что развернутый реферат этой книги в сопровождении некоторых специальных комментариев может оказаться полезным.

¹³⁵ Уральский геологический журнал, 2007. № 6. С. 139—184.

¹³⁶ Цитировано по [7].



Рис. 1. Перекресток ул. Лахтинской и Большого проспекта Петроградской стороны в современном Санкт-Петербурге, где 19 сентября 1977 г. остановилось сердце первооткрывательницы коренных месторождений алмазов в СССР Ларисы Анатольевны Попугаевой. Фото Д. Н. Ремизова, 2007 г.

Большую часть своей жизни Лариса Анатольевна Гринцевич-Попугаева провела действительно в Ленинграде. Так что прекрасный поэт Е. Долматовский скорее всего был прав, когда написал о «девчонке ленинградке». Она и умерла здесь же буквально в двух кварталах от созданного благодаря ей ВНИИЮвелирпрома (рис. 1). Однако по своему рождению Лариса Гринцевич — калужанка, настоящая российская провинциалка, на которых наше удивительное Отечество только и держится. Ее родители были убежденными коммунистами-ленинцами. Они даже свою дочь дома звали особенным именем Нинель, что означало «Ленин», только наоборот. Приведенная в книге Е. Б. Трейвуса фотография отца Ларисы — *Анатолия*

Рафаиловича Гринцевича сразу же пробуждает в памяти слова Б. Окуджавы о «комиссарах в пыльных шлемах». Это впечатление, вероятно, не случайное, поскольку отец Ларисы не только был занят на партийной работе, но уже в феврале 1938 г. попал под секиру сталинского термидора¹³⁷. Мама Ларисы Анатольевны — *Ольга Сергеевна Цветкова* происходила из хорошей русской рабочей семьи¹³⁸, имея по женской линии польские корни. По этой довольно распространенной на Руси причине сама Лариса Анатольевна считала себя человеком «польских кровей». Ольга Сергеевна была, очевидно, тоже весьма незаурядной женщиной. Оставшись после гибели мужа одна с двумя детьми, она не только обеспечила им условия для выживания и хорошего образования, но и сама уже в зрелом возрасте стала профессиональным искусствоведам, старшим научным сотрудником, автором статей и книг по архитектуре Ленинграда.

Школу Лариса закончила в 1941 г. с «золотым» аттестатом, т. е. была прирожденной отличницей, что подтвердили и все последующие события. Вскоре она без экзаменов зачисляется на геолого-почвенный факультет Ленинградского госуниверситета. Однако началась война, и Лариса вместо ученья стала вместе со своей мамой рыть окопы. В августе, уже перед самым установлением блокады Ленинграда Гринцевичам удалось вырваться в г. Молотов, нынешнюю Пермь. Здесь Лариса поступила на геолого-географический факультет местного университета, но учиться геологии ей и на этот раз не удалось. Преподаватели и старшекурсники ушли на войну, а младостуденты были привлечены на курсы сначала медсестер, а затем и пулеметчиков. Впрочем, и это продлилось недолго. Очень скоро Лариса Гринцевич добровольно мобилизовалась в РККА, где стала служить в зенитной артиллерийской дивизии Особой Московской армии ПВО. На этом следует остановиться подробнее.

Некоторые могут подумать, что служба в те годы в Москве или Подмоскovie артиллеристкой-зенитчицей была сугубо тыловой. В действительности же эти девочки

¹³⁷ «Он служил секретарем сельского райкома партии в Одесской области. Навел в своём районе порядок: кого снял, кого отдал под суд, крестьянам вернули незаконно отнятое у них имущество — хаты и прочее. Не боялся критиковать обком партии. Добился увольнения с должности уполномоченного НКВД по району. Судя по всему, честнейший человек» (из письма Е. Б. Трейвуса).

¹³⁸ «Замечательным человеком был и дед Ларисы по матери Сергей Цветков. Токарь по металлу. Участвовал в революционном движении. Уволили с Путиловского завода... до революции мыкался по мелким мастерским. Штурмовал Зимний дворец, потом был комиссаром Петрограда по озеленению. Не дал уничтожить кованую художественную решетку у сада около Зимнего. Ее перенесли, и она стоит сейчас у сада им. 9-го января у Кировского завода. Умер в ссылке в Средней Азии» (из письма Е. Б. Трейвуса).

были настоящими фронтовичками, фактически закрывшими своими нежными телами небо над столицей Родины. Вот что по этому поводу писали впоследствии вполне компетентные эксперты: «...во время решающей фазы немецкого наступления мозговой центр обороны русских, движущая пружина русского сопротивления, не подвергался воздействию немецкой авиации. Почему? Каждый немецкий летчик, участвовавший в сражении под Москвой, знает ответ. Русские солдаты создали исключительно сильную противовоздушную оборону вокруг столицы» [8, с. 121]. Разумеется, это суждение сугубо исторического масштаба. Однако за ним кроется и жуткая конкретность личных судеб юных зенитчиц, о которых рассказано на все времена Борисом Васильевым.

В гражданскую жизнь из армии Лариса вернулась только после Победы в связи с вызовом из Ленинградского университета (рис. 2). С 14 августа она уже числится студенткой. Жить и учиться в послевоенном Ленинграде было очень трудно. «Прехорошенькая девушка с красивыми каштановыми волосами и большими голубыми глазами» проходила до третьего курса в застиранной гимнастерке. Однако ей это, похоже, не слишком мешало. Она чудно училась, была комсоргом и парторгом (вступила в ВКП (б) на фронте). На четвертом курсе стала чемпионом университета по стрельбе. Надо полагать, что для фронтовички такое достижение не было особенно в тягость.

Нельзя не упомянуть и о том, что в университете у Ларисы были замечательные учителя: академик А. А. Полканов (петрография), профессора С. С. Кузнецов (историческая геология), С. М. Курбатов (минералогия) и О. М. Аншелес (кристаллография), доценты В. Б. Татарский (кристаллооптика) и А. А. Кухаренко (шлиховой метод). Начиная с третьего курса, она специализировалась по минералогии, активно участвуя в деятельности соответствующего научного семинара. Первая полевая практика случилась в 1947 г. в составе литологической партии кафедры общей геологии ЛГУ. На следующий год Лариса уже работает в Центральной Карелии старшим коллектором в составе Сунской партии Ленинградского (Северо-Западного) геологического управления (рис. 3).



Рис. 2. Артиллеристка-зенитчица Лариса Гринцевич перед демобилизацией. Весна 1945 г.



Рис. 3. На геологической практике в Центральной Карелии. Лариса исследует медносульфидные и магнетитовые рудопроявления на западном побережье оз. Селецкого

Диплом Лариса Гринцевич написала по специальности «Геохимия и поиски полезных ископаемых». Защитила его в 1950 г. почти без отрыва от производства, получив квалификацию «Геолог-геохимик». Как отличница распределилась в только что организованную во ВСЕГЕИ для научных поисков алмазов Тунгусско-Ленскую экспедицию, к уже тогда легендарному И. И. Краснову. Вскоре компетентные органы спохватились, поскольку на столь закрытую тематику «просочилась» дочь расстрелянного политзаключенного. Однако Лариса в экспедиции Краснова оказалась, как ни странно, единственным

партийным членом, и органы госбезопасности от нее отступились. Сейчас это иначе как Знамением Судьбы и не назовешь.

Уже летом 1950 года Лариса сплавляется по р. Непа и далее по Нижней Тунгуске в составе экспедиции И. И. Краснова. С картой и неизменной книгой И. Эренбурга «Буря» на коленях она гребет наравне с мужчинами (рис. 4) и при этом успевает самостоятельно

обследовать порядка 200 км береговых обнажений. Перед этим маршрутом Лариса знакомится с Н. Н. Сарсадских, сотрудницей Центральной экспедиции Союзного треста № 2 Главуралсибгеологии. Наталья Николаевна тогда только приступала к реализации на территории Сибирской платформы амбициозной и как оказалось впоследствии весьма эффективной программы шлихоминералогических поисков алмазных месторождений.



Рис. 4. Вниз по Нижней Тунгуске с экспедицией И. И. Краснова, 1950 г.

Соответствующая тема «Шлиховая карта Сибирской платформы» была поставлена в Центральной экспедиции благодаря М. Ф. Шестопалову — одному из первых не только серьезных отечественных исследователей алмазоносности [9, 10], но и организаторов алмазной отрасли в СССР [11]. Встреча в 1950 г. на многие годы определила судьбу этих двух необычных женщин.

Весной 1951 г. Л. Гринцевич переходит на работу к Н. Н. Сарсадских. Со стороны И. И. Краснова к этому преград не было, поскольку мудрый и дальновидный Иван Иванович, очевидно, понимал, что силы и ресурсы для столь специфичной работы как минералогические поиски коренных источников алмазов лучше не распылять¹³⁹. В первый свой полевой сезон, проведенный в составе Центральной экспедиции, Лариса отправилась искать алмазы на Приполярный Урал (рис. 5). Сейчас это может восприниматься как нонсенс, однако в те годы так не думали и искали алмазы по всей территории СССР — от Кольского п-ва до Казахстана и даже

Дальнего Востока [12].

На р. Щугор алмазов Лариса, конечно, не нашла, но зато вскоре вышла замуж. Ее избранником стал брат школьной подруги *Виктор Степанович Попугаев*, инженер-железнодорожник, впоследствии кандидат технических наук и проректор вечернего и заочного обучения в ЛИСИ. О счастье в начавшемся браке лучше всего говорит дневник самой Ларисы [7]. В 1952 г. у Попугаевых родилась желанная дочь, которую назвали *Наташей* в честь Натальи Николаевны Сарсадских. Материальное положение молодой семьи было столь тяжелым, что уже к весне 1953 г. Лариса была вынуждена вернуться в партию Сарсадских на должность геолога. Именно с этого момента и начинается кульминация ее необыкновенной судьбы.



Рис. 5. Поиски алмазов на р. Щугор в 1951 г., Приполярный Урал

К весне 1953 г. у Н. Н. Сарсадских начинают складываться собственные представления о геологии сибирских алмазов. Она уже отказывается верить в их неместный источник и сомневается в однозначно «трапповом» происхождении их минералов-спутников [13]. Именно поэтому две сотрудницы и подруги готовятся к длинному и трудному маршруту в район верховий р. Мархи, левого притока Вилюя. Этот район выбран не случайно. Решающее значение имело то обстоятельство, что по наметкам И. И. Краснова и В. Л. Масайтиса, блестяще подтвердившимся впоследствии [14], выбранная Н. Н. Сарсадских для опоискования территория пересекалась глубинным диагональным разломом, получившим со временем название Мархинско-Олёникского. Кроме того, эта территория располагалась в стороне от сплошных полей платобазальтов, потенциальную алмазоносность которых пока что не подвергают сомнению многие видные геологи

¹³⁹ Вообще И. И. Краснов, будучи по образованию и опыту работы в Уральской Алмазной экспедиции геоморфологом, наверняка смутно представлял себе, чем именно должны заниматься минералоги и что именно они должны искать с лотком в руке.

Амакинской экспедиции¹⁴⁰. Правда другая часть геологов полагает, что сибирские алмазы имеют внеплатформенное происхождение, являясь результатом дальнего привноса и даже многократного переотложения в «древние галечники» по уральскому образцу. Например, амакинские геологи Г. Х. Файнштейн и В. Д. Скульский, даже после открытия трубки Зарница, написали в своем отчете: «В бассейнах реки Ирелях и других рек южной части Вилуйского бассейна, вероятнее всего, происходит современный перемыв промежуточных источников алмазов. Современный размыв коренных источников маловероятен или же играет подчиненную роль...» [12]. И это сообщалось о районе, где уже в следующем году будет открыта особенно богатая алмазами кимберлитовая трубка Мир!

Следует добавить, что в рассматриваемое время набрала силу еще одна гипотеза, выдвинутая научным сотрудником ГИН АН СССР П. Е. Оффманом. С легкой руки и бойкого языка этого «заядлого и обаятельного красноречивого» [15] в качестве «материнской алмазной породы» стали рассматривать обнаруженные на Вилюе против устья его притока — р. Ахтаранды гроссуляр-серпентиновые и гроссуляр-везувий-серпентиновые скарны, якобы образовавшиеся за счет туфов основного и ультраосновного состава. Последние, как утверждал сам П. Е. Оффман, заполнили так называемую вулканическую трубку Эринга [16]. Удивительно, но и у этой экстравагантной идеи в те годы были свои сторонники даже среди действительно серьезных специалистов. Например, Н. В. Кинд в 1952 г. написала в своем отчете, что алмазы «...вилуйского бассейна имеют местные источники, связанные в первую очередь с постмагматическими процессами». У других — эйфория по поводу пресловутой «трубки Эринга» и вовсе зашкаливала. Г. Х. Файнштейн, Е. Н. Бондаренко и В. Н. Назаренко вообще пообещали, что «...на р. Ахтаранде будут в последующие годы констатированы промышленные концентрации алмазов» и что «...нет никаких оснований сомневаться в том, что между Ахтарандой и Кучугуй-Хана будут установлены россыпи с промышленными концентрациями алмазов» [17]. Вряд ли стоит напоминать о том, что ничего путного из этой идеи и этих обещаний так и не вышло¹⁴¹.

Отряд Н. Н. Сарсадских между тем готовится к полевым работам основательно. Планируя свой маршрут, наши героини, вероятно, знают и учитывают тот факт, что в намывных в 1950 г. в среднем течении р. Мархи по рекомендации В. О. Ружицкого концентратах уже нашли алмазы «неуральского» типа. Лариса не расстается с опубликованной в 1951 г. книгой В. С. Соболева [18], крупнейшим на то время обобщением мирового опыта поисков алмазов. Между прочим, в этой замечательной книге было написано, что в коренных алмазоносных породах «...нет таких минералов, присутствие которых являлось бы универсальным поисковым признаком». Кроме чтения, Лариса упорно учится мыть шлихи на пляже у Петропавловской крепости [5] под присмотром и попечением чудесного человека — *Федора Алексеевича Беликова*, в прошлом фронтовика, а ныне личного шофера начальника Центральной экспедиции М. Ф. Шестопалова. Похоже, что Федор Алексеевич был редчайшим образцом почти сказочно-положительного героя: «грузчика, моториста, завхоза, коллектора, финансиста», и к тому же еще охотника, телохранителя, повара и т. д. [1, 7].

Пока собирались в поле, в Амакинской экспедиции сменилось руководство. Вместо начальника П. К. Кузьмина, имевшего опыт работы на уральских алмазных россыпях, и главного геолога М. А. Гневушева, тоже в прошлом уральского алмазника, очень много

¹⁴⁰ В отчете Г. Х. Файнштейна за 1954 г.: «Мы считаем в первом приближении формацию сибирских траппов наиболее вероятными первоисточниками сибирских алмазов вообще и вилуйских в частности». Цитировано по [17].

¹⁴¹ «В результате полевых наблюдений и последующего изучения шлифов мы однозначно пришли к заключению, что в ахтарандинском обнажении выходят на поверхность скарны, которые образовались при воздействии трапповой магмы на...палеозойские известняки. Таким образом, трубка «Эринга» П. Е. Оффмана превратилась в миф» [19].

сделавших для организации сотрудничества амакинских геологов с научными специалистами из Москвы и Ленинграда, пришли соответственно В. И. Жерехов и Р. К. Юркевич. Вскоре в «Амаке» началась эпоха холодной войны со «смежниками» и «гастролерами»¹⁴² из научных организаций, склонных, как утверждалось, к «бутафорским идеям и прогнозам» [17].

Сам переход через два перевала от р. Оленёк до р. Далдын, правый приток р. Мархи (рис. 6) был для отряда Сарсадских, очевидно, очень тяжёлым: Ночью мёрзли, днём страдали от зверского гнуса, местами шли по краю горящей тайги, прижимаясь к руслам рек, затем мокли под частыми дождями, переходящими в снег. А тут ещё очень распространенная у нас беда с полевыми рабочими — «неповоротливыми, злыми и ленивыми» и при этом ещё «нытиками и хвастунами» [7]. Отдушиной был все тот же Ф. А. Беликов, поистине ангел-хранитель отчаянных ленинградских геологинь.



Рис. 6. Схема маршрута Н. Н. Сарсадских, Л. А. Попугаевой и Ф. А. Беликова трудным летом 1953 г. Из книги Е. Б. Трейвуса [1].

К верховьям левого притока Далдына руч. Алы-Урях вышли 23 августа. Там разделили продукты и полевой скарб. Н. Н. Сарсадских с оленеводами ушла по р. Сытыкан на Далдын-Мархинский водораздел, а Лариса с Беликовым, собакой Верным¹⁴³ и одним из рабочих стала сплавляться по Алы-Уряху к Далдыну. Именно ее задачей была отмывка шлихов с предполагаемыми минералами-спутниками алмаза. Почти до самого Далдына не столько плыли, сколько очень тяжело перетаскивали лодку через многочисленные трапповые пороги. 25 августа встретили обнажение известняков, залегающих под траппами. На следующий день добрались до устья Алы-Уряха, где удалось взять первый шлих. Потом вышли на Далдын: «Красиво... Широкая река, помыли шлихи». 28 августа они уже плывут по Далдыну. Траппами здесь и «не пахнет», в русле и по берегам видны только раннепалеозойские известняки. 29 августа отмыли на шлих террасовые

отложения. В шлихе с устья руч. «Суходолка»¹⁴⁴ оказались крупные (5—10 мм) зерна двух незнакомых минералов — черного и красного, точнее красного с необычным фиолетовым оттенком. Уже стало плохо с продуктами, «погоды отвратные». 31 августа где-то в среднем течении Далдына выбрали косу для отмывки генерального шлиха [20]. Пробу объемом до трех кубов (300 ведер) начали мыть 4-го сентября, закончили только 10-го. «Кулистана нет, как нет»¹⁴⁵. Однако в шлихе обнаружилось множество зерен все тех же двух таинственных минералов — фиолетово-красного и черного.

После шлихования с 11 по 18 или даже 19 сентября маршрутили по притокам Далдына и заснеженным трапповым «хребтам». 20-го сентября сплавились к Мархе, где, наконец, объединились с группой Н. Н. Сарсадских. Вечером устроили баню и стирку. Потом «кое-чем поужинали и залегли с Наташей спать» [7]. На следующий день уже в полном составе поплыли вниз по р. Мархе. В пос. Шелогонцы прибыли 23 сентября: «Причалили... На берегу стоят... Это члены партии № 9 НИИГА Медведева. Поговорили... — радостно за сельское хозяйство... За Корею и Германию тоже приятно»

¹⁴² Определение «гастролеры» придумал, вероятно, Г. Х. Файнштейн, использовавший его в своем пасквильном письме в ЦК КПСС на рубеже 1949/1950 гг. [19].

¹⁴³ «...он единственная моя радость в поле. Ласковый такой и поистине Верный» [7]. Попугаева вообще очень любила собак: «У Ларисы в Ленинграде была собака, которую полупарализовало и она ходила под себя. Когда Ларису спрашивали, почему она ее не усыпит, отвечала, что она не может так поступить, поскольку собака же живая» (из письма Е. Б. Трейвуса).

¹⁴⁴ Приток руч. Киенг-Юрях, названный «Суходолкой» самой Л. А. Попугаевой, которая вообще любила давать названия всему, что попадалось на пути.

¹⁴⁵ Несколько позже в шлихе именно этой пробы будет обнаружен первый попугаевский алмаз размером в 2 мм.

[7]. 8 октября Попугаева с Беликовым все еще в Шелогонцах, ждут самолет до Нюрбы. В Иркутске, где тогда находилось мудрое руководство Амакинской экспедиции, они появятся только к 12 октября. Намытые Попугаевой минералы никакого интереса у амакинцев, включая и самого главного геолога Р. К. Юркевича, не вызовут. Как стало понятно позже, у них к этому времени уже был готов ответ на любые минералогические находки «гастролеров». И ответ этот находился далеко на севере — в пределах Анабарского щита.

В Ленинграде вывезенный с Далдына черный минерал по своему химическому составу оказался «двупреломляющим ильменитом» (т. е. пикроильменитом). Красный же пытались идентифицировать по общему виду под биноклем и оптическим свойствам. Сейчас уже невозможно установить, кто именно из минералогов Центральной экспедиции решил отнести его к благородной шпинели. Возможно, причиной этого послужил не только цвет, но и слишком высокий (1.734—1.780) относительно «чистого» пироба показатель преломления. Однако такое суждение, как теперь очевидно, было ошибочным. У благородной шпинели соответствующий показатель немногим выше пиробового, к тому же в ней никогда не бывает значительного содержания хрома, как это случается с кимберлитовыми гранатами. Давно и хорошо известно, что именно ничтожная (сотые доли %) концентрация структурного хрома в шпинели и придает ей «альмандинный» или «рубиновый» цвета [21].

Следовательно, минералам из Центральной экспедиции было бы достаточно сделать спектральный полуколичественный анализ, чтобы исключить рубиновую шпинель из числа претендентов на идентичность попугаевскому фиолетово-красному минералу. Кроме того, уже очень давно известно, что благородные шпинели образуются в условиях амфиболитовой фации регионального метаморфизма (реже), либо в магнезиальных скарнах (чаще). В СССР в те годы объекты с красной шпинелью были известны только на Памире [22]. Откуда же таким минералам было взяться в аллювии р. Далдын, формирующемся на ложе не затронутых метаморфизмом палеозойских известняков?

Можно сказать и больше. Вся эта многократно описанная [1, 13, 17 и др.] история с походом к А. А. Кухаренко за визуальной диагностикой далдынского красного минерала выглядит в настоящее время странно и даже не совсем правдоподобно. Ведь в Ленинграде тех лет уже существовали, по крайней мере, две хорошие рентгеновские лаборатории¹⁴⁶, опиравшиеся в своей работе на прекрасный для того времени «Рентгенометрический определитель» А. К. Болдырева, В. И. Михеева, В. Н. Дубинина и Г. А. Ковалева, первое издание которого относится еще к 1938—1939 гг. В этих лабораториях в 1950-х годах можно было успешно решать не только диагностические, но и гораздо более сложные задачи. Например, в 1951 г. практически в тех же интерьерах, что и минералоги Центральной экспедиции, студенты Н. А. Бобков и Ю. В. Казицын осуществляют блистательное минералого-кристаллографическое исследование впервые выявленного именно ими корунд-шпинелидного твердого раствора [23, 24]. Конечно, и диагностика гранатовых твердых растворов из Якутии в те годы не было особенно трудной задачей, чему есть прямое доказательство [25].

Не исключено, что наши героини просто постеснялись обратиться в сторонние для них рентгеновские лаборатории, попытавшись найти показавшийся им более простым и быстрым экспертный способ определения минерала. Однако, как не оценивай в настоящее время их поведение, следует признать, что они очень быстро и по достоинству оценили полученную от А. А. Кухаренко информацию. В многочисленных публикациях утверждается, что уже зимой 1953 г. или ранней весной 1954 г. в адрес главного геолога 2-го Союзного треста А. П. Бурова поступила докладная записка с описанием

¹⁴⁶ Одна в Горном институте под руководством В. И. Михеева, другая в Ленинградском университете под руководством В. А. Франк-Каменецкого.

шлихоминералогического метода поисков коренных источников алмазов по аллювиальным ореолам рассеяния алмазосопровождающего пироба. При этом в приписывании авторства упомянутой записки и соответственно метода «пиробовой съемки» до сих пор существует крайняя разногласия. В указанной связи упоминаются имена Н. Н. Сарсадских и Л. А. Попугаевой по отдельности, Н. Н. Сарсадских и Л. А. Попугаевой совместно, А. А. Кухаренко, А. А. Кухаренко «совместно с М. Ф. Шестопаловым» [26], И. И. Краснова и даже самого А. П. Бурова. Наше мнение об этом состоит в следующем.

Было бы разумным говорить, что так называемый пиробовый метод поиска алмазных месторождений не мог родиться раньше открытия первой алмазоносной кимберлитовой трубки, поскольку априори могут рождаться идеи, но не методы. Следовательно, настоящей «повитухой» пресловутого метода может быть признана только Л. А. Попугаева, что на подсознательном уровне уже давно известно профессиональным геологам. Однако этот вывод не исчерпывает всей исторической правды, поскольку пиробовый метод поисков алмазных месторождений является лишь разновидностью метода количественного шлихоминералогического анализа, который придумал А. А. Кухаренко еще в 1940-х гг. в бытность своей работы в Уральской алмазной экспедиции [27]. Позже он в течение многих лет преподавал этот метод студентам Ленинградского университета, включая, разумеется, и Ларису Гринцевич. В настоящее время изобретение А. А. Кухаренко существует во множестве модификаций. В частности автор настоящего очерка в качестве шлихового минерала-спутника аллювиального золота использовал эпидот, отличающийся не цветом, а специфичной люминесценцией [28]. Следовательно, можно заключить, что решающий интеллектуальный вклад в создание шлихоминералогического метода поисков алмазных месторождений по пиробу по праву принадлежит А. А. Кухаренко, у которого действительно «...есть достаточные основания считаться равноправным соавтором сделанных открытий...» [17].

Начавшийся 1954 год принес Н. Н. Сарсадских, родившей в феврале дочь, большие хлопоты. Прежде всего, надо было добиться от руководства Союзного треста № 2 разрешения на выезд в поле и, разумеется, решить вопрос финансирования. Первое обращение к управляющему трестом оказалось неудачным. Но в мае, вероятно, под влиянием А. П. Бурова запрашиваемое разрешение было все же дано. Однако тут же возникла проблема с деньгами. Выход из положения пришлось искать на месте. Помог И. И. Краснов, который «гениально» договорился о прикомандировании шлихоминералогического отряда ВСЕГЕИ к партии № 182¹⁴⁷ Амакинской экспедиции и соответственно о погашении этой экспедицией всех расходов.

После организационных тревожений вдруг выяснилось, что Лариса Попугаева, под которую и планировалось поле 1954 г., наотрез отказывается выезжать в Якутию. Есть легенда [29] о том, что А. П. Буров, узнав об этом, с присущим ему парадоксальным юмором телеграфировал: «Если в поле не хочет ехать Попугаева, то пусть едет Гринцевич». Конечно такую реакцию можно было расценивать как довольно нелепую шутку оторванного от конкретной обстановки крупного чиновника. Однако время показало, насколько умным и проницательным был этот человек.

Почему-то считается, что причиной отказа Ларисы Попугаевой от полевых работ были неуверенность в собственных силах и боязнь полевых трудностей. При этом не учитывается не только личный характер нашей героини, но и тот факт, что к 1954 г. в ее активе уже было несколько практически самостоятельных экспедиций, включая две по сибирской тайге. Впрочем, возможно, Лариса действительно побаивалась ответственности. Однако есть все основания полагать, что для отказа от полевых работ у нее была и гораздо более серьезная причина. Здесь не место распространяться об этой

¹⁴⁷ Начальником этой партии, проводившей камеральные работы в Ленинграде, был В. Л. Масайтис.

причине, но, похоже, что, дав все же себя уговорить, Л. А. Попугаева заплатила за открытие Зарницы страшную цену.

Свое окончательное решение о выезде на полевые работы в Якутию Лариса приняла, вероятно, только у кровати умирающего М. Ф. Шестопалова. В Нюрбу она с бессменным Ф. А. Беликовым вылетела в июне после похорон. Известно, что до пос. Шелогонцы ее сопровождал супруг. Затем В. С. Попугаев вернулся в Ленинград, в дальнейший путь к великому открытию двинулась уже не столько мужняя жена Попугаева, сколько юная зенитчица Гринцевич. Вот Вам и «шутка» Бурова!

В памяти очевидцев сохранилось впечатление о поразительной странности поведения Ларисы на базе Амакинской экспедиции. Она буквально всем и каждому рассказывала о своих планах, показывала сделанные во ВСЕГЕИ фотографии красных гранатов, объясняла особенности поисков алмазов по «пиропам». Это было крайне необычно в те времена, когда геологи боялись обвинений в космополитизме и преклонении перед Западом (пироп — спутник алмаза в южноафриканских месторождениях), из-за безумного режима секретности¹⁴⁸ вынуждены были, таясь от собственных рабочих, шепотом делиться итогами маршрутных наблюдений [30], а порой и перемещались по поисковой территории словно партизаны [31]. Понятно, что на этом фоне столь безоглядное, внешне легкомысленное¹⁴⁹, но поистине моцартовское поведение «девчонки ленинградки» произвело на многих неизгладимое впечатление. Впрочем, идея искать алмазные месторождения по «пиропам» настоящей поддержки у тогдашних амакинцев все равно не нашла: «...в Якутии в россыпях алмазы находили без пиропов. Большинство геологов горячо сомневалось» [32]¹⁵⁰

Из Шелогонцев Лариса, Ф. А. Беликов и подобранная ими в Нюрбе собака Пушок¹⁵¹ на ПО-2 перелетели в среднее течение Далдына, вероятно на речную отмель, где почти год назад намыли пиропы и кристаллик алмаза. Перелет не был особенно длинным (100 км), но при посадке и взлете летчики сильно рисковали. Далее отряд Попугаевой медленно (примерно 2 км в день) двинулся по Далдыну, отмывая шлихи и регистрируя количество в них зерен красного граната. Е. Б. Трейвус предполагает, что Л. А. Попугаева отбирала пробы как бы двух типов. Какие-то из них она в соответствии с договоренностью в Ленинграде с Н. Н. Сарсадских. не оставляла, только отмечая в дневнике наличие или отсутствие в них пиропов. Другие же, числом 36 она сохранила и вывезла позже в Ленинград для обстоятельного минералогического изучения. Места отбора именно таких проб показаны на соответствующей шлихоминералогической карте, опубликованной В. Л. Масайтисом [17]. Мне же по собственному опыту думается, что у Попугаевой не было специальной градации проб. Просто она сохранила для последующей работы только те из них, которые дали значительный шлик интересных для нее минералов.

¹⁴⁸ Как известно, именно по этой причине из работы В. С. Соболева, опубликованной в 1951 г. [18], был исключен даже сугубо научный вывод о перспективности на алмазоносность севера Сибирской платформы.

¹⁴⁹ «Мать Ларисы выговаривала дочери, что она любит поделиться своей радостью, а люди воспринимают это как хвастовство» (из письма Е. Б. Трейвуса)

¹⁵⁰ К этому тогда не были готовы и гораздо более квалифицированные специалисты. Например, в 1950 г. минералогами В. О. Ружицкого из ВИМС «... в шлихах с Малой Ботуобии было отмечено присутствие граната в виде зерен красного и розового цвета. Никто тогда не заинтересовался этим гранатом» [19].

¹⁵¹ «Пушок всегда был резв и весел, с одинаковым рвением лаял на мышей, бурундуков и других живых существ, оберегая нас. Спугнул лося, которого Беликов застрелил» (Из стенограммы выступления Л. Попугаевой, процитированной в письме Е. Б. Трейвуса).

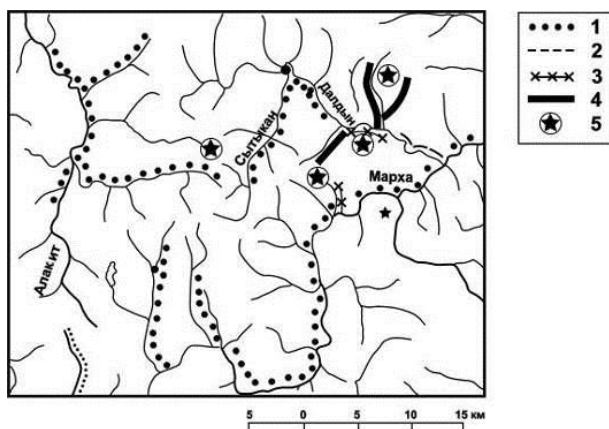


Рис. 7. Схема изменения концентрации пиропов в аллювиальных отложениях в верховьях рек Марха и Алаakit. Из книги Е. Б. Трейвуса [1]. 1—4 — градации среднего содержания пиропов в 10 л пробе исходного материала: менее одного знака (1), до 50 знаков (2), до 1000 знаков (3), более 1000 знаков (4). 5 — алмазоносные кимберлитовые трубки

Судя по упомянутой шлихоминералогической карте (рис. 7), впервые опубликованной еще в 1958 г. Н. Н. Сарсадских [33], но составленной именно Л. А. Попугаевой¹⁵² концентрация пиропов в шлихах по мере подъема по Далдыну оставалась сравнительно невысокой, но стабильной. В устье левого притока, который Лариса назовет в память о М. Ф. Шестопалове речкой *Шестопаловкой*, М. М. Одинцов в своих мемуарах [34] обозначит как ручей *Крутой*, а топографы позже нанесут на карту как ручей *Дьяха*, содержание пиропов вдруг подскочило в 20 раз. Однако Попугаева минует этот распадок и продолжает движение по Далдыну, поскольку и в его аллювии содержание пиропов заметно растет. Так прошли еще 5 км до правого притока Далдына — руч.

Киенг-Юрях. Поднялись по этому ручью, всякий раз намывая шлихи с ураганным (более 1000 знаков на ведерную пробу) количеством лилово-красного граната. Однако коренного источника этого минерала не нашли. Лишь позже на Киенг-Юряхе будет найдено пять трубок. Особенно повезет В. Н. Щукину, который в основном по шлиховым ореолам красного граната только в 1955 г. откроет три трубки, в том числе и уникальную трубку Удачную на ручье «Пироповом», подаренном ему именно Л. А. Попугаевой. Фактически опытному геологу-поисковику В. Н. Щукину в этом случае потребовалось лишь придти, посмотреть и подтвердить попугаевский прогноз.

29 июля в устье Киенг-Юряха к Попугаевой прилетели М. А. Гневушев и И. И. Краснов, которые, похоже, очень надеялись на ее успех. Как гласит легенда, именно в их присутствии Лариса в речных песках неожиданно нашла алмаз, чем, вероятно, еще более укрепила в своих начальниках и коллегах ощущение приближающегося События. Следует отметить, что именно к этому времени относится данная М. А. Гневушевым характеристика Л. Попугаевой как человека «необычайно упорного и настойчивого во всем» [1].

Выше Киенг-Юряха содержание пиропов в шлихах, намытых на Дардыне, резко упало до фона в один знак на ведерную пробу. Дальше подниматься по Далдыну показалось бессмысленным. К этому времени Попугаева с Беликовым находились в поле уже месяц и сумели отшлиховать не менее 20 км речной сети¹⁵³. Решили вернуться к руч. Дьяха, в устье которого уже намылось много пиропов. По ручью поднимались, разделившись по берегам. Пробы стали отбирать через каждые 100 м, сократив их объем до 1 л, поскольку содержание пиропов в них увеличивалось все больше и больше. Так дошли до развилка. Сначала поднялись по левому притоку Дьяхи, ручейку «Загадочному», как его назвала Попугаева («Загадочное место!»). Действительно, очень скоро в этом распадке нашли обломки невиданной еще горной породы, «облепленные пиропом». Вернулись на Дьяху и проследили его до болотистого водораздела. Где-то здесь заночевали «в пол глаза» под открытым небом. Практически ничего не ели,

¹⁵² «Эта карта была составлена Попугаевой и прислана ею Сарсадских из Нюрбы летом 1956 г. для их многолетнего совместного отчета. Об этом есть переписка, датированная летом 1956 г». (Из письма Е. Б. Трейвуса).

¹⁵³ По оценкам Е. Б. Трейвуса за весь полевой сезон 1954 г. Л. А. Попугаева прошла со шлиховым опробованием по самому Далдыну не менее 20 км, а по трем его притокам еще около 55 км.

поскольку лагерь со скудными припасами остался на Далдыне. Утром 21 августа немного спустились по руслу Дьяхи и решили подняться по сухой ложбинке на стрелку между Дьяхой и Загадочным. Подъем был пологим и потому довольно длинным — около 1.5—2 км. По ходу отбирали пробы и отмывали их, всякий раз возвращаясь к Дьяхе. Постепенно оказались на слабовыпуклой площадке с развалами известняков и редколесьем. Никаких признаков коренного источника пиропов. Но Лариса не сдается, разбивает местность на квадраты числом, равным числу оставшихся полевых дней, и приступает к их толи vyhаживанию, толи «выпалзыванию». К середине очередного дня работы начинает моросить дождь. Наткнулись на место прежней стоянки иркутских геологов-съемщиков¹⁵⁴. Натянули тент. Беликов разжег костер. Лариса присела на камень, покурила «Беломор», отковырнула дерн носком сапога и вдруг увидела «голубую землю, и всю в пиробах».

Описанная последовательность событий соответствует книге Е. Б. Трейвуса, примерно совпадает с пересказом Е. Н. Елагиной слов самой Ларисы и кажется нам наиболее правдоподобной. Однако существует бесчисленное множество и других описаний момента открытия первой кимберлитовой трубки. Самое живописное из них состоит в следующем [29]: «Покуривая, Лариса рассматривала почву. Неожиданно у своих ног она заметила смоляно-черный камешек. Лариса подняла его, лизнула, попробовала на зуб — оказался крепким. «Вероятно, пикроильменит», — решила она.... «Давай, Федюня, копнем вот здесь в последний раз» — ласково попросила Лариса Беликова. И тут под моховым покровом неожиданно показалась глина с кусками зеленоватой породы. «Возможно, это элювий кимберлита» — сказала Лариса —... вдруг в одной из закопушек показали куски зеленовато-серой породы, сплошь усыпанные ярко-красными пиропами. Да это же, Федюня, настоящий кимберлит, — воскликнула Лариса. — И мы стоим на кимберлитовой трубке!». Читая подобные тексты, трудно избавиться от ощущения какой-то избыточности пафоса, словно речь идет не о двух замотанных почти двухмесячными скитаниями и оголодавших геологах, а о киношном самодержце российском, поставившем ногу на завоеванном балтийском берегу. Кроме того, крайне сомнительным представляется и то, что молодой геолог, еще менее года назад в Ленинграде испытывавший затруднения с диагностикой довольно простого минерала, теперь в глухой тайге с первого взгляда узнала еще никем из ее русских современников невиданную горную породу — кимберлит¹⁵⁵. Да и термина «пикроильменит» тогда еще никто не знал. Даже в 1955 г. Л. Попугаева и Н. Сарсадских этот минерал будут называть всего лишь двупреломляющим или просвечивающимся ильменитом.

В книгах В. Л. Масайтиса и Е. Б. Трейвуса есть очень важная подробность, которая, вероятно, гораздо реалистичнее отражает чувства и поведение Л. А. Попугаевой после обнаружения «голубой земли» с пиропами. Речь идет о предпринятой ею и Ф. А. Беликовым шурфовке и заверке объекта линиями закопуш, в результате чего удалось определиться и с формой, и с размерами¹⁵⁶ «богатого ильменито-пиропового и, возможно, алмазного месторождения» (из заявочной записки Л. Гринцевич-Попугаевой). Примечательно, что ровно через год уже при открытии трубки Мир абсолютно то же самое будут делать Ю. И. Хабардин, Е. Н. Елагина и В. Авдеенко [30, 31].

¹⁵⁴ Стоянка М. М. Одинцова и его маршрутной группы, они первыми побывали на трубке Зарница, но так и ничего не поняли.

¹⁵⁵ По свидетельству В. Л. Масайтиса [17] Л. А. Попугаева не употребляла слов «кимберлит» и «трубка» даже в своем докладе на знаменитом геологическом совещании в пос. Нюрба осенью 1954 г. Кроме того, «В. Н. Шукин в своих воспоминаниях упомянул, что Лариса, появившаяся в Нюрбе, говорила только о брекчии» (из письма Е. Б. Трейвуса).

¹⁵⁶ Поистине достоин удивления тот факт, что сделанная Л. А. Попугаевой и Ф. А. Беликовым оценка размеров выхода «Зарницы» на поверхность оказалась очень близкой к современным данным, полученным на основе полной ее вскрыши [39].

Вот таким образом и произошло «открытие века»¹⁵⁷ (рис. 8), не потребовавшее ни громадных ассигнований, ни особенных организационных усилий со стороны государства [17].

В опубликованной литературе существует множество оценок эффективности «пиропового метода», реализованного Л. А. Попугаевой при открытии «Зарницы». В частности рассказывают [17], что летом 1955 г. отряд М. М. Одинцова на водоразделе рр. Оленёка и Мархи якобы проследил «пироповый след» на десятки километров пока не уткнулся в кимберлитовую трубку «Сытыканскую», уже обнаруженную к тому времени



Рис. 8. Слева — великолепное «трио» (по выражению самой Л. А. Попугаевой) после открытия «Зарницы», около 22 августа 1954 г. Справа — у восстановленного в 1994 г. заявочного столба на месте открытия трубки «Зарница», 1994 г. (слева направо): писатель Ю. Н. Юзмухаметов, Ф. А. Беликов, Н. Н. Сарсадских, Н. В. Попугаева

В. Н. Щукиным. Однако это, скорее всего, лишь ещё одна пустопорожняя легенда из множества других подобных легенд, сопутствующих имени М. М. Одинцова [34, 35]. В действительности же, если судить по выше приведённой шлихоминералогической карте Л. А. Попугаевой (рис. 7), таких протяжённых пироповых «следов» кимберлитовые трубки в условиях Далдыно-Мархинского участка не дают. Ураганные концентрации пироба в шлихах, непосредственно указывающие на близость его коренного источника, не простираются здесь далее чем на 5—6 км. Ещё на 3—4 км уходит ореол с легко регистрирующимся содержанием пироба до 1000 знаков на 10 л пробы. Плюс 2.5—3 км шлейфа с содержанием пироба до 50 знаков. Вот и все! Следовательно, даже при очень тщательной работе «пироповую нить» можно было в

лучшем случае «ухватить» только за 10—15 км от искомого объекта, что, кстати, подтвердилось и всем последующим опытом шлиховых поисков алмазных месторождений в Сибири [36—38]. Этого конечно очень мало для организации быстрого и сплошного опойска значительных территорий, даже если на них существует развитая речная сеть. И именно поэтому «пироповый метод» поиска кимберлитовых трубок, вокруг авторства которого до сих пор ведется столько споров, уже во второй половине 1950-х гг. уступил в условиях Якутии место аэрофотосъемке и магнитометрии, о чем так замечательно рассказано в книге М. В. Сусова [19]. Очевидно, что эффективности применения магнитки на алмазоносной территории Сибирской платформы сильно поспособствовал преимущественно карбонатный состав окружающих трубки горных пород.

Вместе с тем следует подчеркнуть, что и шлихоминералогический метод поисков коренных алмазных месторождений сохранил и вероятно никогда не потеряет своего геологического значения. Известно, что с его помощью канадские геологи вышли на алмазоносные кимберлитовые трубки в бассейне р. Макензи, в Австралии он помог открыть знаменитую трубку «Аргайл», а в 1990-х годах на р. Оредеж в ленинградской области его успешно использовали для поисков алмазоносных ксенотуффизитов в красноцветных девонских песчаниках¹⁵⁸. Существует и множество других примеров.

¹⁵⁷ Примерно на это время приходится еще одно алмазное «открытие века» — получение в компании Джeneral Электрик (США) и фирме ASEA (Швеция) первых синтетических алмазов. Основной вклад в это сделали физики — «долинно-силиконовые мальчики» Ф. П. Бонди, Р. Х. Венторф, Х. М. Стронг и Х. Т. Холл.

¹⁵⁸ Из письма Е. Б. Трейвуся.

Общеизвестно, что открытие первой алмазоносной кимберлитовой трубки имело колоссальный резонанс, хотя самой первооткрывательнице оно принесло не столько творческую радость, сколько множество бед и разочарований. Всё это многократно обсуждалось и описывалось в статьях и книгах. Считается, что самое интригующее в этой истории состоит в причинах, мотивах и последствиях неожиданного перехода Л. А. Попугаевой из Центральной экспедиции Союзного треста № 2 в Амакинскую экспедицию, практически оформленного «задним числом». Сейчас уже твёрдо установлено, что этот переход осуществлялся под большим моральным давлением со стороны руководителей Амакинской экспедиции и поэтому оценивается практически всеми мемуаристами сугубо негативно [1, 12, 13, 17, 19, 29]. Однако если не ограничиваться только моральным аспектом, то в настоящее время на эту историю можно посмотреть и под иным углом зрения.

Представим себе, что в 1954 г до сознания все еще сталинистского руководства СССР доходит, что открытие коренных месторождений алмазов в Сибири явилось результатом не «целенаправленных» и крайне дорогостоящих геологических поисков и разведок, а «случайного» успеха нескольких «смежников» из Ленинграда. Что бы после этого стало с руководителями Амакинской экспедиции, упомянутого выше треста и рядовыми геологами? Если таким образом повернуть историю, то можно понять следующее. У начальника экспедиции М. Н. Бондаренко (рис. 9), возможно и «жаждавшего славы и почета самодура» [19]¹⁵⁹, но при этом уже исключенного из ВКПб из-за репрессированного отца, не было, в сущности, иного способа защитить себя и своих сотрудников от неизбежно назревавших оргвыводов как «приватизировать»



Рис.9. Слева — начальник Амакинской геологоразведочной экспедиции Михаил Несторович Бондаренко, справа — его «жертва» Лариса Анатольевна Попугаева (портрет В. Гущина, начало 1960-х гг.)

первооткрывательницу вместе с ее открытием. Этому, между прочим, поспособствовала вовсе не Л. А. Попугаева, как об этом продолжают рассказывать [5], а, во-первых, сама Н. Н. Сарсадских, не включившая вовремя в план Треста на 1954 г полевые работы своей партии, и, во-вторых, И. И. Краснов, придумавший столь «гениальный» план финансирования работы Попугаевой за счет Амакинской экспедиции.

Известно также о множестве обвинений самой Ларисы Попугаевой в глупости,

¹⁵⁹ В действительности М. Н. Бондаренко вовсе не был так плох, как об этом пишут. Это был боевой русский генерал в отставке, с большими организаторскими способностями и опытом. Жесткий, конечно, но с женщинами не воевавший. По воспоминаниям Е. Н. Елагиной: «...монументальная широкая фигура с шапкой густых вьющихся волос с грубыми чертами лица. Его громадный рост увеличивался еще за счет генеральской папахи...он продолжал носить также брюки с широкими лампасами, что придавало ему еще большую внушительность». Во всей истории открытия трубки Зарница и последовавших злоключений Л. А. Попугаевой начальник экспедиции Бондаренко был единственным, кто выполнил все ей обещанное: «перейдешь в экспедицию, проработаешь год-два как принцесса, затем отпущу со всеми материалами в Ленинград и помогу поступить в аспирантуру». Все именно так и вышло. На Зарнице лично для Попугаевой срубили деревянный домик (снесли его сравнительно недавно), дали ей возможность соавторства в первой, теперь уже поистине легендарной монографии о сибирских алмазных месторождениях [Бобриевич и др., 1957], помогли с поступлением в аспирантуру в условиях, когда Попугаеву со скандалом выгнали из ВСЕГЕИ, сохранили и передали потомкам память о ней как о великой первооткрывательнице, увековечив как минимум в двух памятниках.

эгоизме, и даже корысти. Однако следует задаться еще одним вопросом. Допустим, она из пос. Яральный вылетела бы не на базу Амакинской экспедиции, а в пос. Оленёк, из которого через г. Якутск проследовала бы в Ленинград? Что бы мы тогда вообще знали о ней и её достижениях? И что бы мы знали в этой связи о Н. Н. Сарсадских и разных прочих? Кто и что могло бы помешать руководству Амакинской экспедиции присвоить себе приоритет открытия, что называется на корню? Ведь за Попугаевой и Беликовым почти месяц до обнаружения Зарницы ходил отряд весьма искушённого в алмазных поисках В. Д. Скульского, который был в курсе почти всего, что делали ленинградцы¹⁶⁰ Как известно, поползновение к этому последовало уже в ноябре 1954 г., когда высадившейся на Зарнице разведочный отряд Амакинской экспедиции сразу же стал претендовать на ее первооткрывательство, сославшись на получение от Л. А. Попугаевой якобы недостаточно точных географических координат трубки. Вот и получается, что в конечном итоге правыми оказались не досужие умники и моралисты, а все-таки Лариса Попугаева¹⁶¹ которая не только блестяще реализовала идею «пиропового метода» и открыла Зарницу, но и, согласившись перейти в Амакинскую экспедицию, спасла, вероятно, множество людей от жестоких гонений, сохранила доступ к каменному материалу и обеспечила перспективу возвращения приоритета открытия Зарницы славной ленинградской геологической школе. Такая вот диалектика. И может быть поэтому,



Рис. 10. Фрагмент памятника Л. А. Попугаевой в г. Удачном. Скульптор — Валерий Александрович Барков

вопреки хуле со стороны некоторых ленинградских коллег, именно Л. А. Попугаевой недалеко от открытой ею кимберлитовой трубки поставлен памятник. Очень талантливая, надо сказать, скульптура, навевающая щемящую грусть одиночества молодой, прекрасной, успешной и все-таки не очень счастливой женщины¹⁶² (рис. 10).

В Ленинград к мужу, дочери и своим неблагодарным коллегам Лариса вернулась только в ноябре. Вскоре в Центральной экспедиции состоялось заседание с участием множества возбужденных сотрудников ленинградских геологических организаций, на котором примадонной выступала уже Н. Н. Сарсадских. Как сообщается [13], в ходе этого собрания из лаборатории обогатителей поступило сведение о находке в попугаевских образцах коренных пород еще одного алмаза. Уже к весне 1955 г. у Н. Н. Сарсадских и Л. А. Попугаевой накопился большой экспериментальный материал, на основе которого они пишут обстоятельную статью, быстро опубликованную вопреки запрету тогдашнего министра геологии [13] в хорошем научно-практическом журнале [41]. В этой статье, представляющей большую ценность и в настоящее время¹⁶³, авторы, проявившие еще год назад невероятную беспомощность при элементарном диагнозе минералов, выглядят совершенно иначе. Можно с уверенностью констатировать, что именно с этой статьи и начинается писаная история русских кимберлитов, хотя сами

¹⁶⁰ «Шпионская» по выражению Л. Попугаевой группа В. Д. Скульского лишь упустила сам момент открытия трубки на руч. Дьяхе.

¹⁶¹ «Правильно сделала, что ... дала согласие на переход в Амаку, вырвала из рук местных заправил материал, который мы обрабатывали зимой» (Из так называемого письма-исповеди Л. А. Попугаевой, опубликованного в 1999 г.) Цитировано по [17]

¹⁶² Сама Л. А. Попугаева была противницей подобных изваяний: «Найдется много объектов, желающих запечатлеть свои физиономии и фигуры. На здоровье... Их, вероятно, нужно воспевать и ваять. Но это не для меня» [40].

¹⁶³ Как ни странно, но в лучшей на сегодня монографии, посвященной алмазам Сибирской платформы [39], не нашлось места для ссылки на эту принципиальную публикацию.

ее авторы еще прячутся за прозрачным эвфемизмом «кимберлитоподобные породы».

Для автора настоящего очерка самым интересным в упомянутой статье являются результаты первых в СССР анализов кимберлитовых гранатов. Следует признать, что с позиции современных требований к качеству аналитики данные, приведенные в статье Н. Н. Сарсадских и Л. А. Попугаевой, небезупречны. В них, очевидно, имеются серьезные погрешности в определении пропорции между магнием и кальцием, а также в оценке валового содержания и валентных форм железа. Это, конечно, затрудняет интерпретацию, но не исключает ее возможности.

Прежде всего, необходимо подчеркнуть, что изученные Н. Н. Сарсадских и Л. А. Попугаевой гранаты из Зарницы определенно отличаются от гранатов из неалмазоносных сибирских трубок [42], соответствуя в рамках современной классификации [43] хромсодержащей и мало хромистой (Cr_2O_3 0.42—4.20 мас. %) разновидностям пироба. При этом они заметно уступают по хромистости включениям гранатов в алмазах трубки Удачной [44], но превосходят их по железистости. По своим оптическим свойствам и параметру элементарной ячейки, согласно диаграммам М. А. Гневушева и Е. Е. Лазько, опубликованным в период 1955—1970 гг. [25, 45], оранжевая разность попугаевских гранатов соответствуетgrossуляр-пироп-альмандину, а лиловая, кроваво-красная и бледно-розовая разности — grossуляр-альмандин-пиропу. Содержание grossуляра в рассматриваемом ряду цветных разностей гранатовых твердых растворов, судя по упомянутым диаграммам, возрастает в направлении от лиловой разности к оранжевой и далее к кроваво-красной и бледно-розовой.

На диаграмме Н. В. Соболева точки гранатов из Зарницы явно ложатся в поле лерцолитового тренда, что характерно как для алмазоносных кимберлитов, так и мантийных ксенолитов в них. На другой современной диаграмме (рис. 11), заимствованной у В. К. Гаранина [46] и дополненной данными Н. В. Соболева с соавторами [47, 48], точки состава гранатов из Зарницы накладываются на поля гранатов из ильменитовых и магнезиальных гипербазитов богато алмазоносных трубок Мир и Удачная. Наконец, на диаграмме общего химизма, приведённой по [49], исследованные Н. Н. Сарсадских и Л. А. Попугаевой минералы распределяются между полями состава гранатов из алмазоносных кимберлитов и ксенолитов неалмазоносных эклогитов (рис. 12).

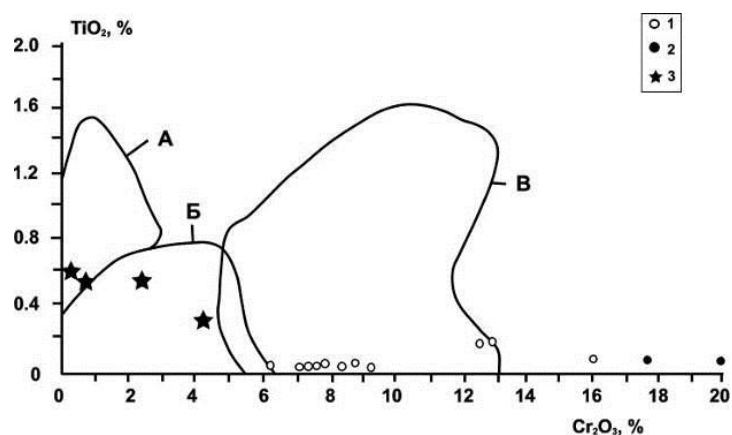


Рис. 11. Диаграмма В. К. Гаранина с соавторами [46] соотношений TiO_2 и Cr_2O_3 в гранатах из ильменитовых гипербазитов трубок «Мир», «Обнаженная» и «Удачная» (А); магнезиальных гипербазитов трубок «Мир» и «Обнаженная» (Б); магнезиальных гипербазитов трубки «Удачной» (В). Фигуративные точки состава гранатов: 1 — включения в алмазах Якутии [47]; 2 — из алмазоносных пироповых серпентинитов трубки «Айхал» [48]; 3 — из кимберлитов трубки «Зарница» [41]

Значительный интерес предоставляет пересчёт химического состава попугаевских гранатов на минералы. В силу некоторых особенностей исходных данных упомянутый пересчёт приходится осуществлять многократно, исходя последовательно из нескольких гипотез. Это обусловлено, во-первых, указанием на присутствие в соответствующих гранатах трёхвалентного железа, что делает необходимой проверку на нормативное содержание андрадита, а во-вторых, присутствием хрома в одновременном сочетании с кальцием и магнием. Последнее создает неопределённость в отношении выбора минеральной формы хрома — кноррингит или уваровит? Иногда считается, что в

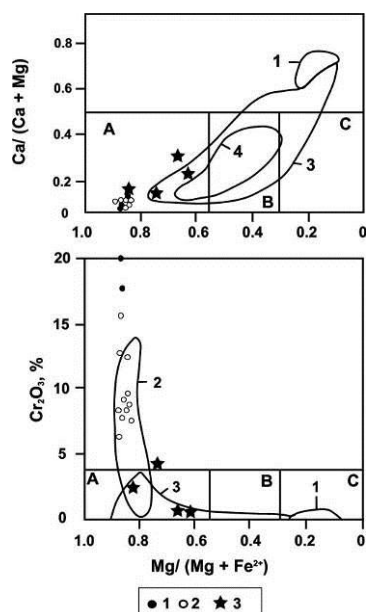


Рис. 12. Диаграмма химизма гранатов из амфиболитов и алмазо-содержащих пород по [49]. Поля состава гранатов: 1 — ранней генерации из амфиболитов; 2 — из кимберлитов; 3 — из включений неалмазных эклогитов; 4 — из включений алмазных эклогитов. Зоны А, В, С — области состава неалмазных эклогитов. Фигуративные точки состава гранатов: 1 — включения в алмазах Якутии [47]; 2 — из алмазных пироповых серпентинитов трубки Айхал [48]; 3 — из кимберлитов трубки Зарница [41]

гранатах из алмазных месторождений хром всегда связан с кноррингитовой компонентой. Однако на самом деле это далеко не так, среди таких гранатов встречаются и существенно уваровитовые разновидности [50].

Проведённые нами расчеты показали (таблица), что *оранжевая* разность попугаевских гранатов с большой вероятностью является кноррингитосодержащимgrossуляр-альмандин-пиропом. *Лиловая* разность может быть равновероятно отнесена либо к андрадито-уваровитосодержащему grossуляр-альмандин-пиропу, либо к уваровитосодержащему алмандин-пиропу или кноррингитосодержащему grossуляр-альмандин-пиропу. *Бледно-розовая* разность отвечает уваровито- или кноррингито-содержащему grossуляр-альмандин-пиропу. Состав *крово-красной* разности из-за похоже значительной ошибки в определении железа на миналы не рассчитывается. Таким образом, по результатам расчёта нормативно-минального состава гранаты из трубки Зарница оказываются более пироповыми, чем это следовало из выше приведённых оценок, осуществленных по оптическим свойствам и метрике кристаллической решетки.

Итак, гранат в открытой Л. А. Попугаевой кимберлитовой трубке является относительно малохромистым grossуляр-альмандин-пиропом, вполне сопоставимым с гранатами из существенно алмазных субстратов (рис. 13). Содержание в нем хрома, судя по надежным экспериментальным данным [51—53], соответствует условиям кристаллизации при температуре порядка 1200°C и давлении не менее 25 кбар, что вполне достаточно для пироп-алмазной фации мантийных пород. На это же указывает и постоянная примесь в гранатах щелочей ($\text{Na}_2\text{O} + \text{K}_2\text{O} = 0.12\text{—}1.25 \text{ мас. \%}$)¹⁶⁴, являющаяся, как известно, прямым индикатором высокобарических условий кристаллизации [54].

Очевидно, что приведенные сведения подтверждают современную оценку Зарницы как промышленно алмазной трубки [39]. Странно только, что такого вывода пришлось ждать столь долго [12]. Еще большее удивление вызывает старательский фарт Ларисы Попугаевой, открывшей в 1954 г. не просто первую трубку алмазных



Рис. 13. Треугольник минального состава гранатов из амфиболитов и алмазосодержащих пород по [49]. Поля состава гранатов: 1 — из амфиболитов; 2 — из эклогитов и гнейсов ультравысокобарических (UHP) комплексов; 3 — из гранатовых перидотитов; 4 — из лампроитов. Фигуративные точки состава гранатов: 1 — включения в алмазах Якутии [47]; 2 — из алмазных пироповых серпентинитов трубки Айхал [48]; 3 — из кимберлитов трубки Зарница [41]. Р — теоретический «родолит» по [55]; Р* — реальный гранат пиропо-grossуляро-альмандинового состава из метаморфических комплексов Таймыра [56]

¹⁶⁴ Это обусловлено твердофазным растворением щелочного пироксена в гранате.

кимберлитов, а трубку с промышленным содержанием алмазов. В настоящее время ни для кого не является тайной, что даже в такой продуктивной провинции, как Якутская, алмазоносными являются только около 15 % кимберлитовых трубок, а промышленно алмазоносными не более 2—3 %!

Обсуждая состав гранатов из Зарницы, невозможно не коснуться и известной по многим публикациям истории ошибочного отождествления кимберлитовых гранатов с так называемым родолитом, поступавшем по идее М. М. Одинцова в реки Вилюйского бассейна с Анабарского щита. Вообще-то минералогам хорошо известно, что «родолит» это устаревшее и давно исключенное из номенклатуры название пироба. Тем не менее, оно и до сих пор иногда встречается как определение граната промежуточного пиробальмандинового состава, правда, главным образом, в неминералогической литературе. Известна также оценка химического состава «родолита» [55], которому на выше приведенном рис. 13 отвечает точка Р, располагающаяся далеко за пределами полей состава как попугаевских гранатов, так и гранатов из кимберлитов вообще.

В 1950-е гг. в Амакинской экспедиции считалось, что гранаты именно такого состава попали в аллювий сибирских рек из метаморфических пород, размывавшихся севернее Тунгусской и Вилюйской синеклиз. Однако впоследствии оказалось, что гранаты метаморфических комплексов на севере Центральной и Восточной Сибири вовсе не похожи на пресловутый родолит, являясь в основном альмандином с незначительными и примерно равновеликими примесямиgrossуляра и пироба [56]. На рис. 13 среднему составу такого рода гранатов отвечает не точка Р, а точка Р*, вполне закономерно попадающая в поле состава гранатов из регионально-метаморфических амфиболитов.

Таким образом, почти маниакальная склонность амакинских геологов 1952—1954 гг. относить гранаты, намытые в бассейнах рек Мархи, Малой Ботуобии, Тунга и самого Вилюя, на счет якобы привнесенного с Анабарского щита «родолита» была, безусловно, вредным заблуждением.

Из Ленинграда в Амакинскую экспедицию Л. А. Попугаева вернулась в марте 1955 г. Из коллег провожать ее в аэропорт пришел только Ф. А. Беликов. Похоже, что больше их пути никогда не пересекутся, хотя оба они до конца своих дней будут жить и работать в Ленинграде. Вплоть до своего ухода из экспедиции в ноябре 1956 г. Лариса Анатольевна занималась съемкой «Зарницы», результаты чего хорошо видны в первой книге, посвященной сибирским алмазам [57]. В дальнейшей жизни Л. А. Попугаевой, подробно и очень достоверно описанной в книге Е. Б. Трейвуса, было много важных событий: учеба в аспирантуре¹⁶⁵ (рис. 14), общение с членами советского Правительства, изыскания камней-самоцветов для возрождающейся в СССР российской ювелирной промышленности, успешная защита диссертации¹⁶⁶. Однако все это и многое другое, в том числе и неприятное, послужило лишь фоном для главного подвига ее жизни — открытия первого за пределами Южной Африки промышленного месторождения кимберлитовых алмазов.

Оценивая масштаб содеянного Л. А. Попугаевой никак нельзя обойти вниманием тему роли в истории открытия алмазоносных кимберлитов на Сибирской платформе «плановых научных прогнозов... и целенаправленных геолого-поисковых работ... в тесном единении науки и производства» [58]. В этом отношении также существует великое множество мнений и суждений. Например, среди авторов упомянутого научного прогноза назывались академик В. И. Вернадский [59], основатель ВИМС и член-корреспондент АН СССР Н. М. Федоровский [60], руководитель алмазной геологии СССР А. П. Буров [61] и даже писатель-фантаст И. А. Ефремов [62]. Нелепость таких

¹⁶⁵ Научными руководителями Л. А. Попугаевой были сначала П. М. Татаринов, потом Д. П. Григорьев.

¹⁶⁶ Свою диссертацию она блестяще защитила в Ленинградском горном институте 4 ноября 1970 г. Большую поддержку ей в этом оказал академик А. В. Сидоренко. — самый лучший в истории СССР министр геологии.

приписываний в настоящее время совершенно очевидна. Достаточно привести лишь одну цитату, например, из книги самого Н. М. Федоровского¹⁶⁷ «Судя по примеру Южной Африки, алмазы нужно искать в области распространения тяжелых магнезиальных магм, богатых минералом оливином... Тип ... южноафриканских месторождений пока что не встречен, возможно, что он будет найден в многочисленных вулканических областях Сибири и Северного Урала».



Рис. 14. Л. А. Попугаева (крайняя слева) со своим научным руководителем проф. Д. П. Григорьевым и коллегами в музее Горного Института. Из книги В. И. Елисеева [29]. Слева от Д. П. Григорьева: первая — Римма Павловна Горшенина, вторая — Наталья Абакумова (Ерофеева). Из писем Е. Б. Трейвуса: «Римма..., выпуск 1957 г. Мы учились с ней в разных группах... Она вспоминается теперь как дружелюбная, скромная, улыбчивая, добрая девушка, державшаяся незаметно. В Горном Институте не работала, в аспирантуре у Д. П. не была, зашла к нему по какому-то делу и почти случайно оказалась на этой фотографии. Всю жизнь проработала в Северо-Западном геологическом управлении, много лет занималась геокартингом Ленинградской, Псковской и Новгородской областей, затем в той же организации трудилась в проектно-счётном бюро. Наташа ... моя однокурсница ..., дочь замминистра геологии. Компанейская, живая девица. Она защитила кандидатскую у Д. П. Григорьева. Потом работала у него доцентом, была секретарем Ученого совета. Занималась, в частности, натуральным камнем в архитектуре Ленинграда, обследовала состояние камня в церкви Спаса на крови»

Несколько сложнее обстоит дело с оценкой роли академика В. С. Соболева [63—65]. Легенда о его невероятно точном предсказании открытия Якутской алмазоносной провинции уже прочно укоренилась в сознании нескольких поколений геологов. Однако для людей, действительно причастных к этому открытию, такая легенда сомнительна¹⁶⁸. В чем же состоит причина возникшего противоречия?

Известно, что обоснованные апелляции к алмазной геологии Южно-Африканской платформы появились в СССР

лишь после обнаружения В. С. Соболевым в коллекции Н. Н. Урванцева, привезенной с р. Горбита — правого притока В. Таймыры, ультраосновной щелочной породы эффузивного облика. Именно эта находка и привела к выводу «о необходимости проверки указанной области

с точки зрения алмазоносности в связи с возможным нахождением настоящих кимберлитов» [66]. Несколько позже уже Г. Г. Моор среди каменного материала А. А. Кардикова и П. Н. Кабанова, отобранного на р. Хетты, нашел щелочные базальтоиды и даже переопределил щелочные эффузивы В. С. Соболева как «слюдяной кимберлит» [67]. Принимая во внимание все эти вполне добросовестно добытые факты, следует, однако, понимать, что территория, рекомендованная В. С. Соболевым и Г. Г. Мором для поисков алмазоносных кимберлитов и вскоре провозглашенная новой петрографической провинцией [68], не только располагается за пределами реально алмазоносной части Сибирской платформы, но и не стала до настоящего времени местом обнаружения

¹⁶⁷ «В стране алмазов и золота».

¹⁶⁸ «Весьма сомневаюсь также в выдающейся роли академика В. С. Соболева относительно алмазных прогнозов. В печати они появились в 1959 г., а ранее ни звука не было слышно от него о кимберлитах в районе Вилюя» (из письма Е. Н. Елагиной Е. Б. Трейвусу).

кимберлитов хотя бы с убогим содержанием алмазов¹⁶⁹ Более того, не исключено, что, проигнорировав рекомендацию В. С. Соболева о развертывании поисков алмазов на северных территориях Центральной Сибири, руководство геологической отраслью СССР существенно приблизило время действительного открытия коренных алмазных месторождений.

Следует сказать несколько слов и о так называемом прогнозе алмазных месторождений, приписываемом М. М. Одинцову. Как известно, сам Михаил Михайлович в качестве потенциально алмазоносной территории называл бассейн р. Илимпеи — левого притока р. Нижней Тунгуски, поскольку упорно связывал образование алмазов с «дериватами трапповой магмы, выполняющими, вулканические аппараты-кратеры»¹⁷⁰ Следовательно, и его прогноз относился к районам, весьма удаленным от действительно алмазоносных площадей.

Вероятно единственным человеком, который на рубеже 1940/1950 гг. твердо связывал перспективы алмазоносности с собственно кимберлитами, предполагаемыми во внутренней части Сибирской платформы, и при этом за пределами трапповых полей, был Ю. М. Шейнманн [17]. Но как раз именно он в это время в основном сидел под арестом¹⁷¹ и никак не мог повлиять на деятельность Амакинской экспедиции.

Таким образом, можно признать, что пресловутые научные прогнозы в действительности никак не содействовали открытию коренных алмазных месторождений на Сибирской платформе. Однако этот вывод, кажущийся нам вполне справедливым, не может служить укором в адрес ученых и специалистов 1940—50-х годов, поскольку научная база для подобных прогнозов появилась только к середине 1960-х гг. в виде так называемого правила Клиффорда [69, 70]. Как теперь широко известно, промышленно алмазоносные кимберлиты образуются только в пределах кратонов архейской консолидации (архонов). На территории Сибирской платформы такой кратон имеется только один и располагается он в центральной части платформы, где и получила развитие коренная алмазоносность промышленного масштаба. Вся окружающая этот кратон территория, включая Алданский и Анабарский щиты, представляет собой сложно построенный ансамбль протонов и тектонов, в пределах которых обнаружение алмазных месторождений кимберлитового типа крайне маловероятно [71].

Обратимся теперь к вопросу о значении «целенаправленных геолого-поисковых работ». Известно, что для реализации государственного Постановления от 1946 г. руководством геологической отрасли СССР были выдвинуты две стратегии. Первая стратегия, сформулированная М. Ф. Шестопаловым, предусматривала сосредоточение геолого-съёмочных и поисковых работ на территориях с уже выявленными признаками щелочно-ультраосновного, в том числе и предположительно кимберлитового магматизма. Совершенно очевидно, что в соответствии с этой стратегией первоочередным районом таких поисков должен был стать север Центральной Сибири, рекомендованный В. С. Соболевым и Г. Г. Моором. Тем не менее, для практической реализации была избрана другая стратегия, выдвинутая А. П. Буровым и состоявшая, во-первых, в развертывании

¹⁶⁹ По свидетельству проф. Л. В. Махлаева на этой территории в 1961 г. были открыты кимберлитовые трубки, оказавшиеся, однако, практически неалмазоносными.

¹⁷⁰ Например, в отчете Туганарской партии за 1948 было написано: «...оливиновые диабазы жерловой фации «Чумагора» по своему химическому составу отождествляются с алмазоносными авгитовыми диабазами Нового Южного Уэльса... трубки взрыва «Чумагор» и «Тунор» могут быть первыми коренными месторождениями алмазов в Советском Союзе». Цитировано по [19].

¹⁷¹ В 1938 г. Ю. М. Шейнманн был арестован за «участие в деятельности шпионско-вредительской организации», а в 1949 г. был осужден по так называемому Красноярскому делу за «сокрытие перспективных месторождений». Его статья о стратегии поисков алмазоносных кимберлитов на Сибирской платформе была опубликована только в 2001 г. [17].

работ по всей территории СССР вне зависимости от геологических установок¹⁷², а во-вторых, в использовании «уральского» метода поисков, который заключался в систематическом крупнообъемном (50—100 м³) опробовании русловых, террасовых и водораздельных аллювиальных галечников. Именно поэтому соответствующие работы Тунгусской (впоследствии Амакинской) экспедиции в конце 1940-х гг. развернулись в основном в бассейне р. Нижней Тунгуски, где для реализации буровской стратегии имелись наилучшие условия. И именно потому Амакинская экспедиция сначала сопротивлялась самой идее переноса геологических поисков к востоку на территорию Вилуйской синиклизы, а затем после открытия не Г. Х. Файнштейном, а В. О. Ружицким и его коллегами по Северной экспедиции ВИМС первой алмазной россыпи на р. Вилуей упорно сосредотачивала свои усилия только на разведке долины этой реки.

Таким образом, следует признать, что «целенаправленная» геологическая деятельность Амакинской экспедиции вплоть до осени 1954 г. была сориентирована на то, что угодно, но только не на поиски алмазоносных кимберлитов, что бы об этом не говорили и не писали позже. При всем том в рассматриваемой истории со стратегиями имеется какая-то странная, почти мистическая ирония. Выбранная для Сибири буровская стратегия с геологической точки зрения была, разумеется, гораздо хуже забракованной шестопаловской. Тем не менее, именно она подвела поисковиков и научных специалистов вплотную к продуктивной на алмазы территории.

Остановимся, наконец, на еще одном вопросе, имеющем отношение к открытию алмазных месторождений в Сибири, а именно на красивой, но довольно лживой легенде о «тесном единении науки и производства» [58]. Об этом как-то не принято говорить и писать, но шила в мешке все равно не утаишь. Существовавшее в Российской империи сотрудничество между учеными людьми, государством и горными предпринимателями¹⁷³, превратилось в условиях СССР скорее в унижение и третирование научных специалистов. В этом контексте отношение в Амакинской экспедиции к сотрудникам научных учреждений как к «гастролерам» и даже того хуже было вполне рутинным делом. В качестве иллюстрации можно привести, по крайней мере, два очень типичных и прискорбных примера.

Первый из таких примеров относится к истории открытия в 1949 г. первой промышленной россыпи алмазов на р. Вилуей. В настоящее время совершенно очевидно, что это открытие состоялось только благодаря мужеству и профессионализму В. О. Ружицкого и его сотрудников [19]. Тем не менее, амакинским геологам удалось не только ошельмовать Ружицкого, но и поставить его в положение, реально угрожавшее ему гибелью¹⁷⁴.

Второй пример «единения науки и производства» связан с именем сотрудника ГИН АН СССР А. А. Арсеньева, которого до сих пор осуждают только за попытку вылететь на трубку Зарница уже осенью 1954 г. для сбора каменного материала. Этим судьям, вероятно так же, как и начальнику Амакинской экспедиции М. Н. Бондаренко, пресекавшему полезную для науки и практики инициативу, все еще кажется, что интересы А. А. Арсеньева не простирались далее желания «примазаться» к открытию Л. А. Попугаевой.

¹⁷² Например, уже неоднократно упоминавшийся выше И. И. Краснов со своими сотрудниками по Ангарской экспедиции в 1947 г. искал алмазы в бассейне рр. Чуны и Бирюсы [72], где и до сих пор не обнаружено ни кимберлитов, ни коренных алмазных месторождений.

¹⁷³ Например, гениальный кристаллограф Е. С. Федоров на Северном Урале по заказу администрации Богословского горного округа очень успешно занимался геологической съемкой и поисковыми работами, в результате чего к обоюдному удовольствию заказчиков и ученого удалось весьма прилично нарастить запасы сырья для Турьинских медных рудников [73].

¹⁷⁴ Думается, что в 1950 г., когда случилась эта провокация, у В. О. Ружицкого была реальная перспектива двинуться в лагеря вслед за Ю. М. Шейнманном, М. М. Тетяевым, Ф. Н. Шаховым и многими другими замечательными учеными геологами.

Итак, мы подходим к финалу наших размышлений над замечательной книгой Е. Б. Трейвуса. Если открытие коренных алмазных месторождений на Сибирской платформе не явилось прямым следствием научного прогноза, не было непосредственным результатом громадных ассигнований и систематических геолого-поисковых работ, то, что же тогда могло стать причиной этого «открытия века», в которое американцы отказывались верить даже после сообщения о нем на XX Съезде КПСС? Мне думается, что таких причин было три.

Первой из них стало существование великой ленинградской школы минералогической кристаллографии и минералогии, основанной Е. С. Федоровым, развитой О. М. Аншелесом, И. И. Шафрановским, В. И. Михеевым, А. К. Болдыревым, Д. П. Григорьевым, В. Б. Татарским, А. А. Кухаренко, и продолженной в приложении к алмазам их наследниками по прямой линии — М. А. Гневушевым и Н. А. Бобковым.

Вторая причина состояла в появлении в СССР замечательной плеяды отечественных специалистов алмазников — геологов, минералогов, геоморфологов, разведчиков и обогащателей, которая начала формироваться в конце 1930-х гг. на Урале, доказала свою эффективность в тяжелейшие годы войны и приняла в послевоенное время на себя основное бремя поисков и разведок алмазных месторождений в Якутии: А. П. Буров, М. Ф. Шестопалов, Г. К. Волосюк, В. О. Ружицкий, Н. В. Введенская, А. О. Аверин, Н. П. Вербицкая, Н. Н. Гераков, И. Н. Герасимов, М. А. Гневушев, С. А. Годован, П. Г. Гусева, Е. Н. Елагина, А. Д. Ишков, Г. Н. и М. Н. Келль, Н. В. Кинд, И. И. Краснов, А. А. Кухаренко, М. И. Маланьин, Г. А. Коц, Ю. Л. Орлов, В. В. Румянцева-Скульская, Н. Н. Сарсадских, В. Д. Скульский, В. С. Трофимов, Н. А. Чельцов, М. М. Черкашина и многие другие.

И, наконец, *третьей* — решающей причиной стал самоотверженный, поистине героический талант и труд молодой и прекрасной русской женщины — *Ларисы Анатольевны Попугаевой*. Вечная ей благодарность и память.

ЛИТЕРАТУРА

1. **Трейвус Е. Б.** Надломленная судьба: Повесть о геологе Ларисе Попугаевой. Санкт-Петербург, 2004. 136 с.
2. **Трейвус Е. Б.** Кинетика роста и растворения кристаллов. Л.: Изд-во ЛГУ, 1979. 248 с.
3. **Трейвус Е. Б.** Зависимость формы кристаллов от температуры и пересыщения раствора // Записки ВМО, 1988. Ч. 117. № 4. С. 401—411.
4. **Трейвус Е. Б.** Введение в термодинамику кристаллогенезиса. Л.: Изд-во ЛГУ, 1990. 151 с.
5. **Молчанова И.** Алмазная королева // Московский Комсомолец в Питере, 2007. 09.05.
6. **Булах А. Г., Кривовичев В. Г., Орлова М. П.** Пути к алмазам // Записки ВМО, 1994. Ч. 123. № 5. С. 112—115.
7. **Трейвус Е. Б.** Как далось «открытие века» // Санкт-Петербургский университет, 2007. № 9 (3757). С. 42—47.
8. **Карел П.** Почему немцы не могли взять Москву? // От «Барбароссы» до «Терминала». Взгляд с Запада. М.: Политиздат, 1988. С. 119—121.
9. **Шестопалов М. Ф.** Находки алмазов и алмазоносных пород в СССР // Труды ЦНИЛКС, 1938. Вып. 4.
10. **Шестопалов М. Ф.** Ультраосновной массив Китоиских Альп Восточного Саяна и связанные с ним месторождения // Труды ЦНИЛКС, 1938. Вып. 4.
11. **Силаев В. И.** Златокудрая хозяйка алмазной реки // Вестник Института геологии Коми НЦ УрО РАН, 2006. № 8. С. 46—50.

12. Харьков А. Д., Зинчук Н. Н., Зуев В. М. История алмаза. М.: Недра, 1997. 601 с.
13. Сарсадских Н. Н. Открытие «Зарницы». История длиной 40 лет. СПб: Изд-во ВВМ, 2004. 51 с.
14. Арсеньев А. А. О закономерности размещения кимберлитов в восточной части Сибирской платформы // Доклады АН СССР, 1961. Т. 137. № 5. С. 1170—1173.
15. Юзмухаметов Р. Н. Алмазная царевна. Мирный: Изд-во ООО «Мирнинская городская типография», 2000.
16. Оффман П. Е., Новикова А. С. Вулканическая трубка Эринга // Известия АН СССР. Сер. геол., 1955. № 4. С. 121—139.
17. Масайтис В. Л. Где там алмазы? Сибирская Диамантина. СПб: Изд-во ВСЕГЕИ, 2004. 216 с.
18. Соболев В. С. Геология месторождений Африки, Австралии, о-ва Борнео и Северной Америки. М.: Госгеолтехиздат, 1951. 126 с.
19. Сусов М. В. Неизвестные страницы в истории открытия якутских алмазов. М.: ОАО «Институт Гидропроект», 2002. 145 с.
20. Попугаева Л. А. Исследование некоторых видов камнесамоцветного сырья и перспективы его использования в отечественной ювелирной промышленности // Обобщающий доклад опубликованных работ на соискание ученой степени кандидата геол.- минер. наук. Л., 1970.
21. Буканов В. В., Платонов А. Н., Таран М. Н. Окраска ювелирных шпинелей из месторождения Кухилал // Записки ВМО, 1977. Ч. 104. № 5. С. 567—571.
22. Колесникова Т. А. благородная шпинель, клиногумит и манассеит месторождения Кухилал (Памир) // Драгоценные и цветные камни. М.: Наука, 1980. С. 181—189.
23. Бобков Н. А., Казицын Ю. В. Новый минерал магналюмоксид // Записки ВМО, 1951. Ч. 80. № 2. С. 108—121.
24. Бобков Н. А., Казицын Ю. В. О шпинелях Южной Якутии // Записки ВМО, 1954. № 2. С. 163—167.
25. Гневушев М. А., Калинин А. И., Михеев В. И., Смирнов Г. И. Изменение размеров ячейки гранатов в зависимости от состава // Записки ВМО, 1956. Ч. 85. № 4. С. 472—490.
26. Александр Александрович Кухаренко (к 70-летию со дня рождения) // Записки ВМО, 1984. Ч. 113. № 5. С. 644—645.
27. Введенская Н. В., Бурова Т. А., Бурневская В. А. и др. Алмазники Урала. Пермь: Изд-во Пермского ун-та, 2007. 120 с.
28. Кузнецов Г. В., Силаев В. И., Польшин Э. В. и др. Эпидот как индикатор рудоносности (спектроскопия и люминесценция). Киев: Изд-во ИГФМ АН УССРЮ 1988. 29 с.
29. Елисеев В. И. Алмазы и их происхождение. М.: Тера, 2000. 384 с.
30. Хабардин Ю. И. Путь к алмазной трубке. М.: ЗАО «Геоинформмарк», 1999. 276 с.
31. Елагина Е. Н. Три дня на Иреляхе // Химия и жизнь, 1987. № 1. С. 58—61.
32. Кинд Н. В. Если идти по пиропам... // Химия и жизнь, 1987. № 1. С. 56—57.
33. Сарсадских Н. Н. Поиски месторождений алмазов по минералам-спутникам // Информационный сборник ВСЕГЕИ, 1958. № 5.
34. Одинцов М. М. По Восточной Сибири в геологических партиях. Иркутск: Вост.-Сиб. Кн. Изд-во, 1981. 191 с.
35. Файнштейн Г. Х. За нами встают города. Иркутск, 1988. 252 с.
36. Афанасьев В. П. О механическом износе кимберлитовых минералов в шлихах // Советская геология, 1986. № 10. С. 81—87.

37. Салтыков О. Г., Скриплева Г. И. Эволюция зерен пикроильменита в потоковых отложениях Мало-Ботуобинского района // Геология и геофизика, 1973. № 2. С. 112—117.
38. Плотникова М. И., Сарсадских Н. Н., Уманец В. Н. О значении минералов-спутников алмаза аллювиальных россыпей для определения местоположения коренных источников // Перемещение полезных компонентов в долинах. Якутск: Изд-во ЯФ СО АН СССР, 1977. С. 51—61.
39. Зинчук Н. Н., Коптиль В. И. Типоморфизм алмазов Сибирской платформы. М.: Недра, 2003. 603 с.
40. Трейвус Е. «Мы мало считаемся с людьми и событиями» // Вестник Алроса, 2007. № 10. С. 13.
41. Сарсадских Н. Н., Попугаева Л. А. Новые данные о проявлении ультраосновного магматизма на Сибирской платформе // Разведка и охрана недр, 1955. № 5. С. 11—20.
42. Охупкин Н. А., Чубугина В. Л. О пиробах и хромдиопсиде в базальтовых трубках Минусинского межгорного прогиба // Доклады АН СССР, 1960. Т. 132, № 2. С. 439—442.
43. Соболев Н. В., Похиленко Н. П., Лаврентьев Ю. Т. Роль хрома в гранатах из кимберлитов // Проблемы петрологии земной коры и верхней мантии. Новосибирск: Наука, 1978. С. 145—168.
44. Соболев Н. В., Бартошинский З. В., Ефимова Э. С. и др. Ассоциация оливин-гранат-хромдиопсид из якутского алмаза // Доклады АН СССР, 1970. Т. 192. № 6. С. 1349—1352.
45. Лазько Е. Е. К вопросу о происхождении граната в кимберлитах трубки «Удачная» // Записки ВМО, 1971. Ч. 100. № 6. С. 703—712.
46. Гаранин В. К., Кудрявцева Г. П., Сошкина Л. Т. Ильменит из кимберлитов. М.: Изд-во МГУ, 1984. 240 с.
47. Соболев Н. В., Лаврентьев Ю. Г., Поспелова Л. Н., Соболев Е. В. Хромовые пиробы из алмазов Якутии // Доклады АН СССР, 1969. Т. 189. № 1. С. 162—165.
48. Соболев В. С., Най Б. С., Соболев Н. В. и др. Ксенолиты алмазоносных пироповых серпентинитов из трубки Айхал, Якутия // Доклады АН СССР, 1969. Т. 188. № 5. С. 1141—1143.
49. Сидоров Е. Г., Осипенко А. Б., Козлов А. П. и др. О потенциальной алмазоносности гранатовых амфиболитов п-ва Камчатский мыс (Восточная Камчатка) // Записки РМО, 2006. Ч. 135. № 1. С. 3—20.
50. Платонов А. Н., Мацюк С. С., Симоненко К. В. Кристаллохимия и спектроскопия ионов Cr^{3+} в зеленых гранатах из мантийных верлитов // Минералогический журнал, 2007. Т. 29. № 3. С. 25—38.
51. Быкова Ю. М., Геншафт Ю. С. Синтез хромовых гранатов ряда пироп-кноррингит // Геохимия, 1972. № 10. С. 1291—1293.
52. Малиновский А. М., Дорошев А. М., Ран Э. Н. Устойчивость хромсодержащих гранатов ряда пироп-кноррингит // Экспериментальные исследования по минералогии (1974—1975 гг.) // Новосибирск: Изд-во ИГГ СО АН СССР, 1975. С. 110—115.
53. Рингвуд А. Е. Синтез серии твердых растворов пироп-кноррингит // Проблемы петрологии земной коры и верхней мантии. Новосибирск: Наука, 1978. С. 139—145.
54. Sobolev N. V., Lavrentev Ju. G. Isomorphic Sodium Admixture in Garnets, formed at high Pressures // Contr. Miner. and Petrol., 1971. V. 31. № 1.
55. Ларсен Е., Берман Г. Определение прозрачных минералов под микроскопом. М.: Недра, 1965. С. 74.
56. Верниковский В. А. Гранаты метаморфических комплексов Северо-Восточного Таймыра // Геология и геофизика, 1988. № 1. С. 59—64.

- 57. Бобриевич А. П., Бондаренко М. Н., Гневушев М. А. и др.** Алмазы Сибири / под ред. А. П. Букова и В. С. Соболева. М.: Госгеолтехиздат, 1957. 159 с.
- 58. Золотухин В. В., Яншин А. Л.** К истории прогноза Сибирских алмазов // Проблемы петрологии земной коры и верхней мантии. Н.: Наука, 1978. С. 3—7.
- 59. Кухаренко А. А. В. И.** Вернадский и современная минералогия // Записки ВМО, 1963. Ч. 92. № 4. С. 385—392.
- 60. Забелин И. М.** Кто предсказал Сибирские алмазы // Природа, 1969. № 2. С. 121—122.
- 61. Афанасьев В. П., Гриффин В. Л., Натапов Л. М. и др.** О перспективах алмазоносности юго-западного фланга Тунгусской синиклизы // Геология рудных месторождений, 2005. Т. 47. № 1. С. 51—69.
- 62. Брандис Е., Дмитриевский В.** Через горы времени. М.-Л., 1963.
- 63. Основные направления** научного творчества академика В. С. Соболева // Записки ВМО, 1983. Ч. 112. № 4. С. 385—388.
- 64. Соболев Н. В.** Парагенезисы алмаза и проблема глубинного минералообразования // Записки ВМО, 1983. Ч. 112. № 4. С. 389—397.
- 65. Харьков А. Д., Зуенко В. В., Боткунов А. И. и др.** Минералогическо-петрохимические особенности кимберлитовых пород трубки «Удачная» // Записки ВМО, 1983. Ч. 112. № 4. С. 426—435.
- 66. Моор Г. Г., Соболев В. С.** К вопросу о сибирских кимберлитах // Минералогический сборник Львовского геол. об-ва, 1957. № 11. С. 369—371.
- 67. Моор Г. Г.** О слюдяных кимберлитах на севере Центральной Сибири // Доклады АН СССР, 1941. № 4.
- 68. Шейнманн Ю. М.** О новой петрографической провинции на севере Сибирской платформы // Известия АН СССР. Сер. геол., 1947. № 1. С. 123—134.
- 69. Clifford T. N.** Tectono-metallogenic units and metallogenic of Africa // Earth. Planet. Sci. Lett., 1966. V. 1. P. 421—434.
- 70. Haggerty S. E.** Diamond genesis in a multiply-constrained model // Nature, 1986. V. 320. № 6057. P. 34—38.
- 71. Янсе А. Д.** Новый подход к классификации кратонов // Геология и геофизика, 1992. № 10. С. 12—32.
- 72. Дибров В. Е., Миронов И. К., Холь Ф. И., Андрианов В. Т.** Геологическое строение и алмазоносность юго-западной части Сибирской платформы. М.: Изд-во АН СССР, 1960. 98 с.
- 73. Татарский В. Б.** Кристаллооптическая методика в трудах Е. С. Федорова // Записки ВМО, 1993. Ч. 122. № 3. С. 83—86.

В. И. Силаев, С. Н. Шанина, В. А. Петровский, С. И. Плоскова

МИНЕРАЛОГИЧЕСКАЯ КОЛЛЕКЦИЯ Л. А. ПОПУГАЕВОЙ КАК КУЛЬТУРНО-ИСТОРИЧЕСКИЙ ФЕНОМЕН И АКТУАЛЬНЫЙ ОБЪЕКТ ИССЛЕДОВАНИЙ¹⁷⁵

Осенью 2008 г. при активном содействии со стороны ведущего научного сотрудника Санкт-Петербургского госуниверситета Е. Б. Трейвуса наш Институт получил небольшую, но удивительную минералогическую коллекцию, собранную Ларисой Анатольевной Попугаевой, легендарной первооткрывательницей первой в Евразии алмазонасной кимберлитовой трубки Зарница. Сохранителем этой коллекции является семья дочери Ларисы Анатольевны, о которой необходимо хотя бы немного рассказать.

Дочь Ларисы Попугаевой — Наталья Викторовна — родилась практически за два года до великого открытия своей мамы. К середине 1970-х гг. она окончила Химико-технологический институт имени Ленсовета. По специальности — химик. Ее собственная дочь получила домашнее и потому особенно любимое имя своей знаменитой бабушки — Нинель. Со временем внучка выучилась на искусствоведа, чем пошла в свою пробабушку — Ольгу Сергеевну Цветкову. В свою очередь Нинель имеет собственную трехлетнюю дочь, стало быть правнучку первооткрывательницы российских кимберлитовых месторождений алмазов. Такая вот цепочка по женской линии. Сын Натальи Викторовны — Андрей скоро окончит Петербургский университет и станет дипломированным археологом. Супруг Н. В. Попугаевой — Валерий Абрамович Иванов является владельцем небольшой гальванической фирмы. Именно на этой фирме недавно отлили бронзовую статую Ларисы Попугаевой для г. Удачного. Громадные бронзовые скульптуры древнегреческих богов перед новым зданием Национальной библиотеки в Санкт-Петербурге, а так же бронзовые скульптуры на Смольнинском соборе — все это замечательные деяния той же фирмы.

Очевидно, что создание минералогической коллекции было для Л. А. Попугаевой делом совершенно естественным и закономерным, поскольку по природе своего таланта она была типичным минералогом. На это указывает все: и ее увлечение шлихоминералогическими поисками в период работы в Якутии, и глубокие, пока еще не оцененные по достоинству занятия камнесамоцветной и ювелирной тематикой в ВНИИЮВЕЛИРпроме, и учеба в аспирантуре у Дмитрия Павловича Григорьева (рис. 1), и



Рис 1. Основоположник онтогении минералов профессор Д. П. Григорьев с учениками на кафедре минералогии Ленинградского горного института, 1958 г. Крайняя слева — его аспирантка Лариса Попугаева. Из книги В. И. Елисеева [2]

успешно защищенная в 1970 г. кандидатская диссертация [1]. Между прочим, в этой диссертации был приведен полный список минералов, выявленных лично Л. А. Попугаевой в первых российских кимберлитовых трубках (табл. 1). Не исключено, что именно Лариса Анатольевна является пионером, включив в такой список битумные вещества, ставшие к настоящему времени не только важным индикатором мантийно-коровых взаимодействий, в том числе и кимберлитообразования, но и поисковым признаком на алмазы в кимберлитовых трубках [3].

¹⁷⁵ Вестник Института геологии Коми НЦ УрО РАН, 2009. № 1. С. 13—21.

Таблица 1
Список минералов, выявленных в
трубке Зарница в 1954—1959 гг.

Первичные		Вторичные
Из кимберлитов	Из ксенолитов	
Алмаз	Пироп	Серпентин
Ильменит	Альмандин	Кальцит
Пироп	Гроссуляр	Кварц
Хромдиоксид	Турмалин	Целестин
Оливин	Циркон	Барит
Флогопит	Апатит	Хлорит
	Полевые шпаты	Магнетит
	Кварц	Пирит
	Корунд	Лимонит
	Кианит	Жидкий и асфальтовый битум
	Хромит	

началу 1960-х гг. минералы, собранные Ларисой Попугаевой с притоков р. Далдын и на трубках Зарница и Удачная, уже «перекочевали» в чужие руки. По свидетельству бывшего директора ВНИИЮВЕЛИРпрома Ю. П. Комягина (сообщение Е. Б. Трейвуса), для сбора новой коллекции Лариса Анатольевна в 1974 г. выехала в г. Удачный, посетила Зарницу и договорилась об отправке партии ювелирных минералов в Ленинград «для экспериментальной проверки их ювелирной ценности...». Впоследствии «...исследования показали, что камни могут успешно использоватьсяВскоре якутские пиропы и хризолиты заняли достойное место на прилавках наших магазинов» (из письма Е. Б. Трейвуса).

Переданная в Институт геологии Коми НЦ УрО РАН коллекция состоит из 12 небольших бумажных пакетов с чистыми монофракциями оливина, циркона и гранатов. На пакетах имеются собственноручные пометки, позволяющие судить о происхождении минералов, цели и характере занятий Л. А. Попугаевой (рис. 3). Сводный реестр образцов коллекции может быть представлен в следующем виде.

№ 1 «Проба № 42, фр. +3. Хризолит (трубка «Удачная»), вес 125 гр.»;

№ 2 «94, пироп»;

№ 3 «Пироп, Якутия, I сорт. 1970 г., ограночный. Взято 7 из 17 шт. для пробной

проба № 42 фр. +3
Хризолит (трубка Удачная)
вес 125 гр.

Гр. Удачная
гранат (мелк.)
гр 4. Не огран.
проба № 41
вес = 2,85 гр.
из 7 = 36.

Рис. 3. Автографы Л. А. Попугаевой, сохранившиеся на пакетах с минеральными монофракциями

К сожалению, ранняя кончина не позволила самой Ларисе Анатольевне завершить изучение своей коллекции. Однако сбережение, благодаря семье Н. В. Попугаевой, и самой коллекции, и первичных результатов исследований дает все основания надеяться на плодотворное продолжение в нашем Институте начатой Л. А. Попугаевой научной работы.

Судя по своему составу и сохранившимся пометкам, попугаевская коллекция была создана в 1970-е гг. в период работы Ларисы Анатольевны в ВНИИЮВЕЛИРпроме (рис. 2). В это время она уже более широко занималась проблемами минералогии камнесамоцветного и ювелирного сырья, громадное экономическое и культурное значение которого стало, наконец, понятным и для советского правительства. Известно, что к



Рис. 2. Л. А. Попугаева в период работы в ВНИИЮВЕЛИРпром. На фото видно, что она была левша, что бывает особенно характерно для эмоциональных и творчески одаренных людей

огранки»;

№ 4 «Пироп, Якутия, II сорт, 1970 г. 18.03.1974 г. Для пробной огранки»;

№ 5 «Пироп (?). Монголия, 1974 г., окатанный»;

№ 6 «Пироп, Чехословакия, 1968 г. Ограночный»;

№ 7 «Тр. «Удачная», гранат (пироп). Гр. 4, не годен. Проба № 41, вес 2.85 гр., шт. 36»;

№ 8.1 «+5, угловатые, 9.9 г»;

№ 8.2 «+ 5, окатанные, 7.6 г»;

№ 8.3 «+ 5, круглые, 2.7 г»;

№ 9.1 «-5+4, угловатые, 20.8 г»;

№ 9.2 «-5+4, окатанные, 13.9 г»;

№ 9.3 «-5+4, круглые, 2.0 г»;

№ 10.1 «-4+3, угловатые, 20.5 г»;

№ 10.2 «-4+3, окатанные, 4.1 г»;

№ 10.3 «-4+3, круглые, 1.0 г»;

№ 11 «-3+2, разной формы, 11.3 г»;

№ 12 «Непригодные, 1.6 г»;

№ 13 Голубая бирюза (два небольших кусочка, находившихся в одном из пакетов) с гранатами.

Из приведенного выше реестра видно, что большую часть коллекции составляют гранаты якутского происхождения, скорее всего из коренных источников. При этом к конкретной трубке — Удачной — отнесены только одна проба граната и хризолит — ювелирная разновидность оливина. Кроме якутских кимберлитовых минералов, в коллекции имеются две очень интересные пробы гранатов нероссийского происхождения. Об истории появления этих минералов в коллекции Л. А. Попугаевой рассказывает Е. Б. Трейвус: «Их нашел Юрий Олегович Липовский в середине 1970-х годов. Неуверенный твердо в том, что это такое, он послал их ей и одновременно чехам для идентификации. Она (т. е. Попугаева), как и чехи, установила, что это пиропы. Минералы были отобраны не из кимберлитов, а из лавовых масс в жерлах древних вулканов. От якутских кимберлитовых пиропов их отличает повышенное содержание титана и пониженное содержание хрома, в связи с чем они имеют несколько иной цвет. Видимо, Лариса общалась также и с чехами, получив их пиропы для сравнения (или их отдал ей сам Липовский)».

Очевидно, что рассматриваемая коллекция создавалась Л. А. Попугаевой не только для минералогических исследований, но и для оценки геммологических свойств представленных в ней минералов. Последнее вероятно и повлияло на гранулометрические характеристики коллекции, а именно на отбор в нее крупных фракций, что, кстати,



Рис. 4. Типичные зерна хризолита из трубки «Удачной»

сделало коллекцию гораздо интереснее и в научном отношении. Особенное любопытство вызывает фракционирование некоторых проб (№ 8—10) гранатов по морфологии зерен. Теперь уже не узнать, что подразумевала сама Попугаева, разделяя зерна на «угловатые», «окатанные» и «круглые», но зато известно, что такая градация очень хорошо согласуется с новыми идеями о природе кимберлитового материала и о механизмах его «трубчатого» внедрения в земную кору [4].

Глубокое и комплексное изучение минералогической коллекции Л. А.

Попугаевой еще впереди. Однако уже первые полученные данные показали нам столь интересными, что мы посчитали возможным представить их вниманию специалистов.

Хризолит из трубки «Удачной» представлен в коллекции одной пробой, сложенной угловатыми зернами неправильной формы размером от 3 до 8 мм. Окраска зерен варьируется от преобладающей травянисто-зеленой (рис. 5) до зеленой с буроватым оттенком. Состав минерала определен С. Т. Неверовым на рентгенофлуоресцентном энергодисперсионном анализаторе MESA-500W (мас. %): SiO_2 41.12; Al_2O_3 0.43; Cr_2O_3 0.04; Fe_2O_3 6.82; MgO 51.20; NiO 0.31; MnO 0.08. Эмпирическая формула, рассчитанная по приведенным данным, имеет вид $(\text{Mg}_{1.86}\text{Fe}_{0.12}(\text{Ni},\text{Mn})_{0.01})_{1.99}[\text{SiO}_4]$. Исходя из нее, минеральные пропорции (мол.%) для рассматриваемого оливина определяются как форстерит 93.47; фаялит 6.03; либенбергит 0.5.

Из полученных данных видно, что хризолит в коллекции Л. А. Попугаевой является заметно менее железистым, чем это в среднем отмечается для оливина из якутских кимберлитов [5]. С другой стороны, исследуемый минерал обнаруживает обогащенность никелем, содержание которого приближается к значению, считающемуся для оливина в Якутии аномальным [6]. Показательно также не обнаружение в составе хризолита кальция, примесь которого почти всегда фиксируется в обычном оливине из кимберлитов.

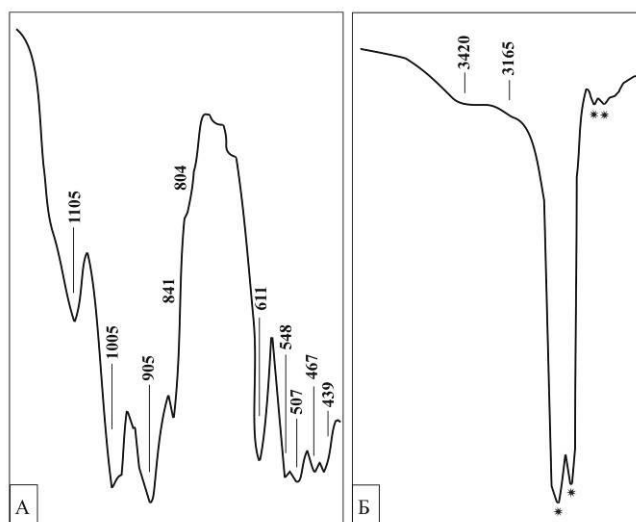


Рис. 5. Типичный спектр ИК поглощения в гидроксилсодержащем хризолите из трубки Удачной: А, Б — области колебаний соответственно анионов SiO_4 и гидроксил-ионов. Звездочкой отмечены полосы поглощения в вазелиновом масле

Особенно интересные результаты дали спектроскопические исследования. Спектр инфракрасного поглощения был получен Е. У. Ипатовой на спектрометре IR Prestige 21 (Shimadzu), препараты готовились с вазелиновым маслом. В спектре обращают на себя внимание, прежде всего, характерные для минералов группы оливина полосы средней интенсивности в области $450\text{—}650\text{ см}^{-1}$ и две интенсивные и широкие полосы в области $850\text{—}1100\text{ см}^{-1}$. Обе группы полос отвечают ν_1 - и ν_2 -колебаниям тетраэдрических комплексов SiO_4 . Кроме того, в области $3000\text{—}3600\text{ см}^{-1}$ обнаружили две малоинтенсивные полосы, вероятно отвечающие валентным колебаниям гидроксил-ионов. В настоящее время уже хорошо известно, что появление таких полос в ИК-спектрах характерно именно для оливинов

мантийного происхождения. Это обусловлено образованием в них нанометровых включений ламеллярной формы, сложенных так называемым гидрооливином $(\text{Mg},\text{Fe})_{2-x}\text{V}_x[\text{SiO}_4\text{H}_2]$, в который гидроксил входит упорядоченно, сопровождаясь плоско сегрегированными катионными вакансиями [6].

Гранаты в коллекции Л. А. Попугаевой представлены 17-ю пробами. Для трех из них (№ 3, 4, 7) указано якутское кимберлитовое происхождение, а для двух дана лишь географическая привязка: «Пироп (?). Монголия» (№ 5) и «Пироп, Чехословакия» (№ 6). Относительно монгольского образца выше уже сообщалось, что ему приписывалась некимберлитовая природа. Что же касается чешского граната, то, скорее всего, он был отобран из одной из кимберлитовых трубок на Чешской глыбе, которые когда-то активно проверялись на алмазность. Остальные пробы (№ 2, 8—12) с большой вероятностью можно отнести именно к якутским.

В пробе из трубки Удачной гранаты представлены только угловатыми зернами размером от 3 до 7 мм, широко варьирующими по окраске от преобладающих темно-лиловых, иногда почти черных до почти оранжевых (рис. 6, слева). В других якутских пробах гранаты по форме варьируются от угловатых до овальных или почти шарообразных (рис. 6, справа). По окраске они большей частью темно-лиловые, иногда с красноватым оттенком. Как известно, округлые формы вообще очень характерны для гранатов из кимберлитовых трубок. Происхождение такой морфологии, судя по многим экспериментам, обусловлено сильным механотермическим воздействием, в результате которого не только осуществлялась изометризация зерен, но и происходило их поверхностное упрочение вследствие сетчатого упорядочения дислокаций, препятствующего распространению скольжения [7]. В настоящее время совершенно очевидно, что такие минералы не могли образоваться только в расплавных условиях.

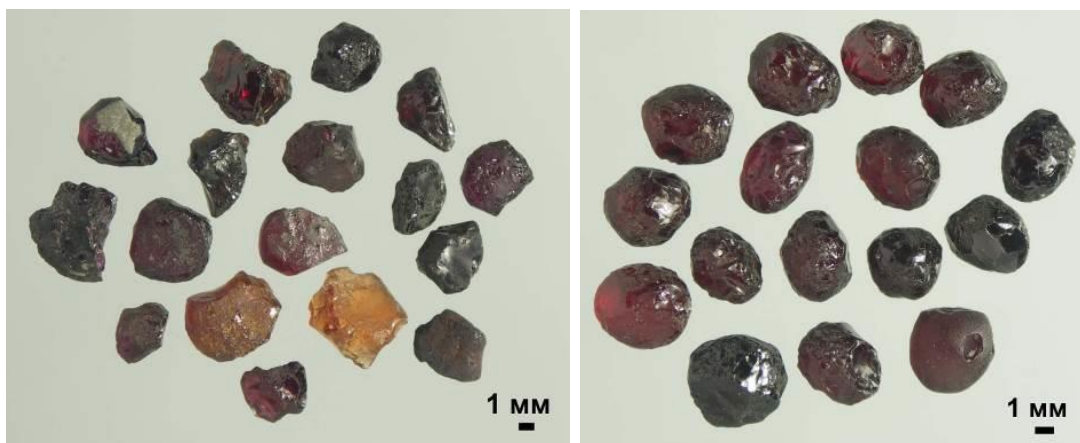


Рис 6. Слева — разноокрашенные гранаты из трубки Удачной, справа — «круглые» и «окатанные» зерна гранатов из якутских алмазоносных трубок

Гранаты нероссийского происхождения в коллекции Л. А. Попугаевой оказались очень разными (рис. 7). Чешские и по морфологии, и по окраске очень похожи на якутские, а монгольский «пироп» даже в самых крупных зернах отличается менее насыщенной окраской, а при их дроблении и вовсе становится почти розовым.

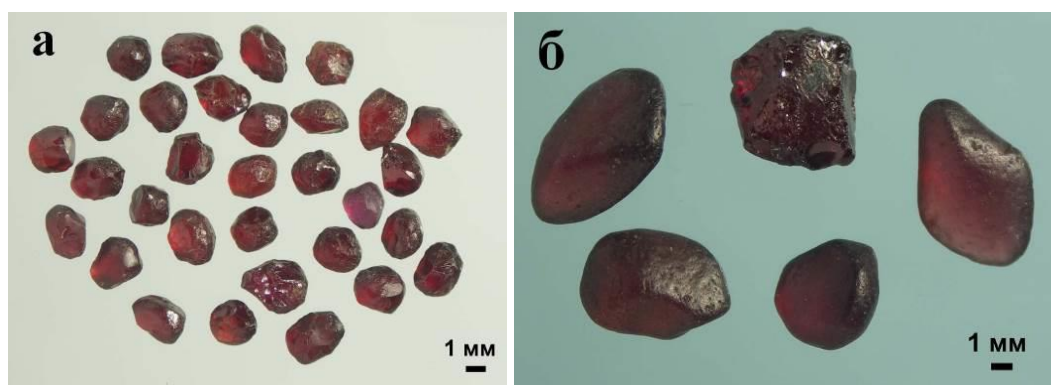


Рис. 7. Гранаты из чешских предположительно алмазоносных вулканических трубок (а) и монгольских вулканитов (б)

Особый интерес представляют собой якутские гранаты, оцененные Л. А. Попугаевой как высококачественное ювелирное сырье. Зерна в соответствующих пробах характеризуются наиболее насыщенной и равномерной окраской, а в ограненном виде действительно производят сильное эстетическое впечатление (рис. 8).

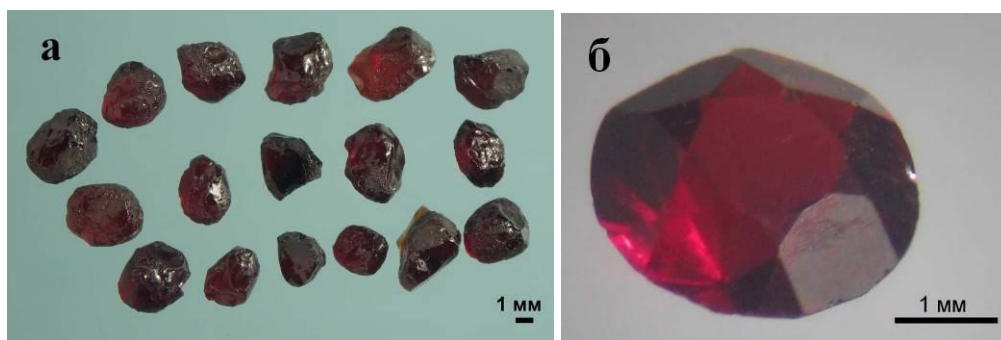


Рис. 8. Ювелирные гранаты из якутских алмазоносных трубок (а) и результат их огранки (б)

Выполненный Б. А. Макеевым расчет параметров элементарной ячейки исследуемых гранатов (экспериментальные данные получены на рентгеновском дифрактометре XRD-6000 фирмы Shimadzu) показывает, что для якутских и чехословацких гранатов параметр a_0 варьируется в пределах от 1.1493 до 1.1584 нм, устойчиво возрастаая с увеличением плотности лиловой окраски. Очевидно, что нижний предел полученных значений близко совпадает с эталонным параметром «чистого» пироба (1.1459 Å), а верхний приближается к эталонному параметру кноррингита (1.1659 Å). Для монгольского граната параметр a_0 довольно кучно концентрируется вокруг эталонного значения для альмандина (1.1526 Å), изменяясь от 1.1511 до 1.1562 Å.

Данные о химическом составе исследуемых гранатов (табл. 2) приводят к следующему резюме. Большая часть якутских гранатов в попугаевской коллекции являются магнезиальными, умеренно железистыми и низко-среднетитанистыми. Выпадают из этого ряда, во-первых, сильнотитанистый гранат из трубки «Удачной» (№ 7), имеющий, скорее всего, своим источником ультрабазитовые ксенолиты [9], и сильножелезистый гранат из Монголии (№ 5). Постоянной примесью в изученных нами пробах выступает K_2O , что может быть признаком келифитизации соответствующих гранатовых зерен. По содержанию Cr_2O_3 все гранаты, кроме монгольского, относятся к среднехромистым, отвечая по С. И. Костровицкому [10] наиболее распространенной в Якутской провинции группе № 3 (2—5 мас. %). На диаграмме Н. В. Соболева точки практически всех попугаевских гранатов (за исключением монгольского) попадают в лерцолитовое поле, на диаграмме Н. Н. Сарсадских тяготеют к полю гранатов из умеренно-алмазоносных трубок, а на диаграмме $MgO-CaO-FeO$ по [11] группируются на границе полей состава гранатов из трубки «Удачной» и «Юбилейной».

Можно ли на основании всех этих данных приписать, хотя бы предположительно, пробы якутских гранатов к конкретным трубкам? Прежде всего, нам кажется очевидным, что наблюдающиеся в коллекции якутские гранаты не могли иметь своим источником трубку Зарницу. В последней, во-первых, до сих пор не установлены пиробы округлой морфологии (по свидетельству О. В. Тарских), а во-вторых, гранаты в Зарнице — заметно более кальциевые, что установили еще Н. Н. Сарсадских и Л. А. Попугаева [12], и в среднем менее титанистые и более марганцовистые. Сопоставление полученных нами результатов с современной базой данных [10, 11, 13—15 и др.] дает некоторые основания предполагать, что якутские гранаты в коллекцию Л. А. Попугаевой могли попасть из трубок Даддыно-Алакитского района, во-первых, из трубки «Удачной», что ею отмечено, а во-вторых, возможно, из трубок «Сытыканской», «Юбилейной» или «Айхал». При этом следует подчеркнуть, что однородность по составу и свойствам геологически непривязанных якутских гранатов свидетельствует, скорее всего, о том, что их источников не было много, а возможно был и вовсе один.

Таблица 2

Химический состав гранатов из коллекции Л. А. Попугаевой, мас. %

Компо- ненты	Коллекция											Гранаты из Зарницы по [13]		
	№ 2	№ 3	№ 4	№ 5	№ 6	№ 7	№ 8.1	№ 8.2	№ 8.3	№ 9.1	№ 9.2	1	2	3
SiO ₂	41.91	49.84	50.99	36.08	41.76	39.99	42.02	42.02	42.35	41.76	42.15	39.90	38.70	28.80
TiO ₂	0.28	0.45	0.62	He обн.	0.58	4.58	0.50	0.36	0.36	0.76	0.27	0.60	0.25	0.53
Al ₂ O ₃	19.13	2.10	2.02	18.19	18.13	15.00	18.27	18.29	18.38	18.20	18.35	28.40	20.50	27.15
Cr ₂ O ₃	2.66	4.15	4.03	He обн.	2.17	2.95	3.03	2.72	2.82	2.14	3.24	0.42	4.20	0.60
Fe ₂ O ₃	9.26	11.46	10.80	36.81	10.67	14.75	8.80	9.39	7.82	10.41	8.13	6.51	0.77	16.45
FeO	He опр.	He опр.	He опр.	He опр.	He опр.	He опр.	He опр.	He опр.	He опр.	He опр.	He опр.	7.04	7.97	He обн.
MnO	0.32	0.41	0.36	0.80	0.29	0.30	0.26	0.27	0.28	0.28	0.29	0.08	0.11	«
MgO	21.93	26.46	27.38	5.21	22.23	18.36	22.99	23.12	24.10	22.15	23.39	12.25	21.36	15.32
CaO	4.09	4.76	3.45	2.23	3.96	3.93	3.87	3.60	3.63	4.08	3.89	5.06	5.80	9.50
K ₂ O	0.42	0.37	0.35	0.18	0.21	0.14	0.26	0.23	0.26	0.22	0.29	0.20	0.25	He обн.
P ₂ O ₅	He обн.	He обн.	He обн.	0.50	He обн.	He обн.	He обн.	He обн.	He обн.	He обн.	He обн.	He обн.	He обн.	«
Сумма	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100.46	99.91	98.35

Согласно результатам пересчета химического состава на миалы (табл. 3, рис. 9), коллекционные гранаты можно подразделить следующим образом. Все якутские гранаты, неприписанные к трубкам, а также гранат из Чехии, являются пиропами (№ 2, 3, 6, 8.2, 8.3), кноррингито-пиропами (№ 4) и андрадито-пиропами (№ 8.1, 9.1, 9.2). Титанистый гранат из трубки Удачной (№ 7) может быть определен как шорломито-альмандино-пироп. Монгольский гранат (№ 5) является не пиропом, а бесхромистым пиропо-альмандином.

Таблица 3

Миалый состав гранатов из коллекции Л. А. Попугаевой и трубки Зарница, мол. %

Миалы	Коллекция											Гранаты из «Зарницы» (по [13])		
	№ 2	№ 3	№ 4	№ 5	№ 6	№ 7	№ 8.1	№ 8.2	№ 8.3	№ 9.1	№ 9.2	1	2	3
Пироп Mg ₃ Al ₂ [Si ₃ O ₁₂]	70.4	70.1	61.7	20.9	74.0	55.9	71.9	70.3	72.6	69.8	71.4	57.3	54.7	49.2
Кноррингит Mg ₃ Cr ₂ [Si ₃ O ₁₂]	7.5	10.1	18.4	Нет	6.0	8.4	8.2	7.7	8.0	5.9	9.0	1.3	12.3	1.6
Шорломит Mg ₃ Fe ₂ Ti ₂ [SiO ₁₂]	1.4	1.4	2.1	«	2.1	17.0	2.1	1.4	1.4	2.7	0.8	2.2	0.7	1.6
Альмандин Fe ₃ Al ₂ [Si ₃ O ₁₂]	9.2	8.4	10.3	66.6	8.4	18.1	6.4	6.6	4.0	8.4	5.4	23.1	17.4	26.5
Гроссуляр Ca ₃ Al ₂ [Si ₃ O ₁₂]	Нет	Нет	Нет	Нет	Нет	Нет	Нет	Нет	Нет	Нет	Нет	15.9	14.7	21.1
Андрадит Ca ₃ Fe ₂ [Si ₃ O ₁₂]	10.9	9.4	6.9	10.6	8.9	«	10.8	8.4	8.4	10.2	10.0	Нет	Нет	Нет
Спессартин Mn ₃ Al ₂ [Si ₃ O ₁₂]	0.6	0.6	0.6	1.9	0.6	0.6	0.6	0.6	0.6	0.6	0.4	0.2	0.2	«
Хогарит Mg ₃ Fe ₂ [Si ₃ O ₁₂]	Нет	Нет	Нет	Нет	Нет	Нет	Нет	5.0	5.0	2.4	3.0	Нет	Нет	Нет

Упомянутые выше результаты пересчета химического состава гранатов указывают на существенную в большинстве из них примесь андрадитового минала. Следовательно, принимая такие результаты, мы подразумеваем присутствие в соответствующих мантийных минералах трехвалентного железа. Можно ли это объективно подтвердить? Нами совместно с В. П. Лютоевым методом ЭПР были изучены три порошковых препарата, приготовленные из зерен проб № 5 (монгольский пиропо-альмандин), № 6 (чешский пироп) и № 9.1 (якутский андрадито-пироп). Соответствующие спектры регистрировались при комнатной температуре на радиоспектрометре SE/X-2547. В полученных спектрах обнаружились широкие полосы с существенными особенностями в области значений g-фактора 2.00. Эти особенности выразились в том, что на фоне упомянутой полосы в спектре проявились дополнительные сигналы со значениями g-фактора 3.5 и 5.0. Как известно, такой спектр может обуславливаться структурной примесью ионов Fe^{3+} , т. е. присутствие в исследуемых гранатах андрадитового минала можно считать весьма вероятным. Следует также подчеркнуть, что, судя по полученным спектрам, трехвалентное железо в исследованных гранатах, особенно в монгольском составляет лишь часть от всего железа. Что же касается типоморфизма минералов, то радиоспектроскопические данные подтверждают резкое отличие монгольского граната от близких между собой чешского и якутских гранатов.

Значительный интерес представляют данные изучения состава флюидных включений в минералах из коллекции Л. П. Попугаевой. Как известно, в настоящее время таким данным придается весьма большое научное значение [16, 17]. В нашем случае исследования были осуществлены методом пиролитической газовой хроматографии с использованием серийного газового хроматографа «Цвет-800», соединенного с

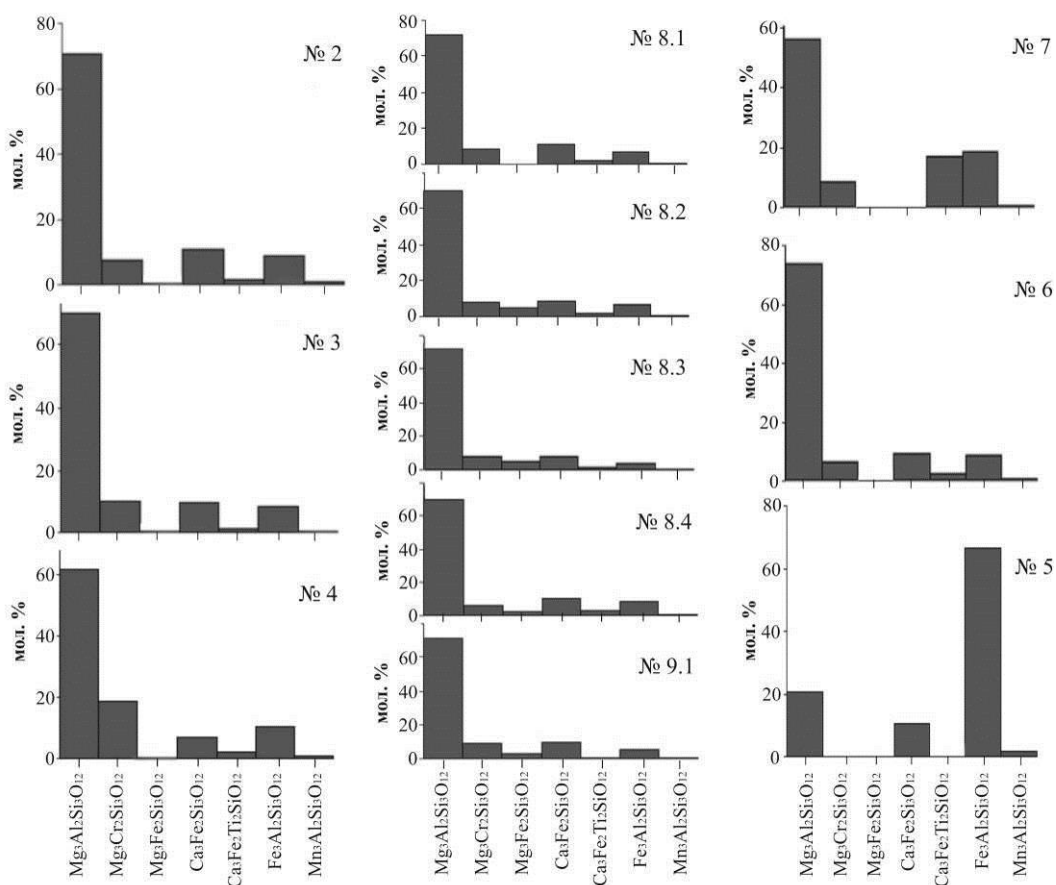


Рис. 9. Сопоставление гранатов по их минальному составу. Пояснения в тексте

пиролитической приставкой. Нагревание мономинеральных проб производилось до 1000°C. Соответствующие процедуры и тонкости интерпретации экспериментальных данных описаны в [18]. Полученные результаты свидетельствуют о значительной

насыщенности всех изученных минералов, включая и монгольский пироп-альмандин, флюидными включениями, достигающей максимума в шорломито-альмандино-пиропе из трубки Удачной. При этом во всех минералах значительную роль играет угарный газ, рассматриваемый нами как важная геохимическая метка мантийности происхождения минералов [18]. Кроме того, в составе включений всех исследованных минералов выявлены широкие ассоциации углеводородов, что, безусловно, комплементируется с данными, полученными академиком Э. М. Галимовым для оливина и граната из трубки Удачной [17]. На треугольнике основных компонентов состава флюидных включений (рис. 10, слева) точки хризолита и гранатов из попугаевской коллекции определенно ложатся в поле мантийных производных. Отметим, что гранаты из якутских трубок, ранее исследованные З. Б. Бартошинским [19], также большей частью приурочены к упомянутому полю. Пикроильменит из якутских россыпей, исследованный нами по просьбе Н. В. Грановской, тяготеет к тому же полю. Точки оливина из офиолитовых ультрабазитов [20], напротив, располагаются строго в области продуктов корово-мантийных взаимодействий, а точки валового состава литогенных газов в якутских кимберлитах [21] и вовсе уходят в область горных пород и минералов корового происхождения. Показательным также является треугольник состава углеводородных флюидных компонентов (рис. 10, справа), на котором точки всех рассматриваемых объектов, включая и кимберлиты, тяготеют или располагают внутри поля мантийных производных. Это очевидно отражает относительную обогащенность флюидных включений неметановыми углеводородами, что не характерно ни для продуктов мантийно-коровых взаимодействий, ни для собственно коровых образований.

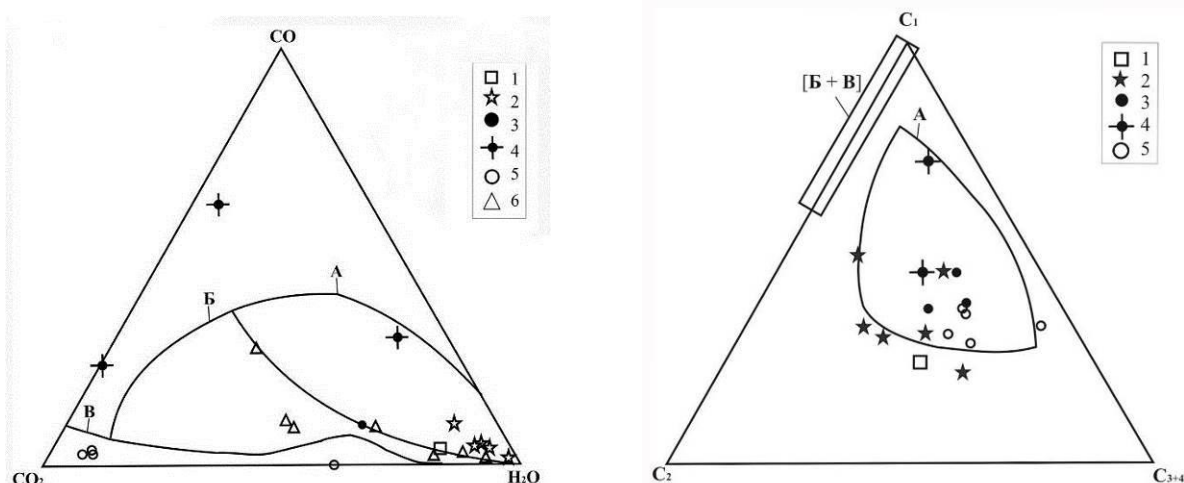


Рис. 10. Типоморфизм состава флюидных включений в минералах в отношении основных компонентов (слева) и примесных углеводородных (справа). *Области* по [18]: А — мантийных производных; В — продуктов корово-мантийных взаимодействий; В — продуктов корового поро- рудо- и минералообразования. *Точки*: 1 — хризолит из трубки Удачной; 2 — гранаты из якутских алмазоносных кимберлитовых трубок; 3 — пикроильменит из аллювиальной россыпи в Лено-Анабарском междуречьи Якутии; 4 — гранат из кимберлитов Далдыно-Алакитского района по [19]; 5 — оливин из офиолитовых ультрабазитов по [20]; 6 — кимберлиты Якутской алмазоносной провинции по [21]

Бирюза, судя по нахождению ее обломочков в пакете с гранатами, сохранилась в коллекции случайно, хотя Л. А. Попугаева ею занималась достаточно серьезно [22]. По свидетельству Е. Б. Трейвуса она «изучала два ее месторождения: Бирюзокан в Северном Таджикистане и Бесапанское в Узбекистане (Кызыл-Кумы). На Бирюзокане бирюза отбиралась из прожилок в измененных эффузивах, кварцевых порфирах и мраморизованных известняках, а на Беспане — из желваков в углистых и глинисто-кремнистых сланцах. Это сведения из кандидатского реферата». Имеющиеся на сохранившихся образцах голубой бирюзы тонкие корочки светлой, существенно

кварцевой вмещающей породы (рис. 11) скорее напоминают кварцевый порфир или окварцованный кислый эффузив. Следовательно, можно предполагать, что доставшаяся нам от Л. А. Попугаевой бирюза является не узбекской, а таджикской.

Состав бирюзы исследовался рентгенофлуоресцентным методом. Согласно полученным данным, коллекционная голубая бирюза из попугаевской коллекции по

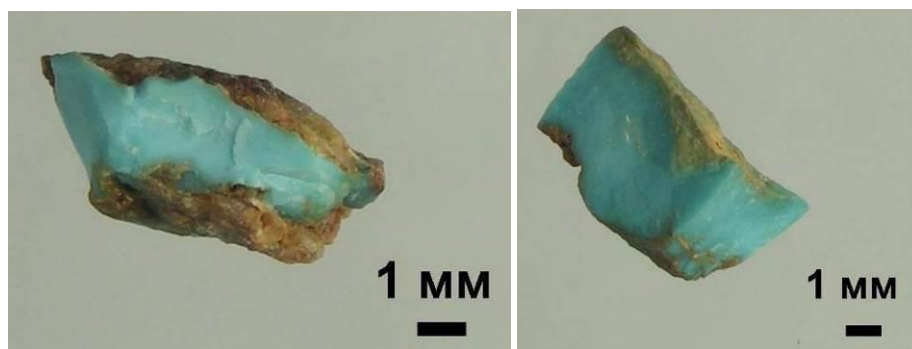


Рис. 11. Коллекционная бирюза из предположительно Таджикистана

сравнению с зеленовато-голубой и зеленой пайхойской бирюзой является менее железистой, содержит больше Cu и меньше Zn, а вместо Ba в ней обнаруживается малая примесь Sr. Все это в целом и объясняет голубую окраску попугаевской

бирюзы. Как известно, голубой цвет бирюзы обуславливается оптическим поглощением в длинноволновой области, обусловленным d-d электронными переходами в ионах меди, а зеленый цвет — поглощением в коротковолновой области вследствие d-d переходов в ионах железа [23]. Следует также отметить, что бирюза в коллекции Л. А. Попугаевой так же, как и пайхойская бирюза, характеризуется значительным избытком алюминия. Это свидетельствует о вхождении в исследуемый минерал алюмофосфатного. Пересчеты

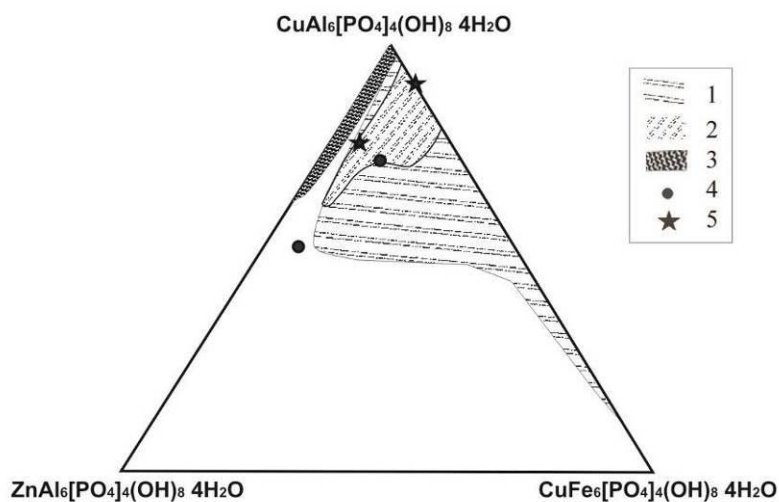


Рис. 12. Типоморфизм минерального состава бирюзы. Поля: 1 — проявления кызылкумского, кураминского и калмакырского типов, по литературным данным [24]; 2 — пайхойские проявления; 3 — фосфатноносная кора выветривания на Полярном Урале [25]. Точки: 4 — проявления на Приполярном Урале; 5 — коллекция Л. А. Попугаевой

показали, что, исходя из такой гипотезы, состав попугаевского минерала можно представить как смесь (мол. %) собственно бирюзы 76.1—90.9, фаустита 0—3.3, халькосидерита 6.61—8.09 и алюмофосфата 1—14. На треугольнике собственно бирюзовых минералов точки исследуемого минерала располагаются на самом краю генерального поля составов природной бирюзы (рис. 12), что свидетельствует о его высоком геммологическом качестве.

Предполагается, что после завершения исследований рассмотренная нами коллекция будет передана в Геологический музей Института геологии Коми НЦ УрО РАН для создания в

нем отдельного стенда, посвященного Л. А. Попугаевой и ее открытиям.

Авторы выражают глубокую благодарность Е. Б. Трейвусу, сотрудничество с которым является важнейшей предпосылкой для полной реализации заявленных нами научного и музейного проектов.

ЛИТЕРАТУРА

1. *Попугаева Л. А.* Исследование некоторых видов камнесамоцветного сырья и перспективы его использования в отечественной ювелирной промышленности // Обобщающий доклад опубликованных работ на соискание ученой степени кандидата геол.-минер. наук. Л., 1970.
2. *Елисеев В. И.* Алмазы и их происхождение. М.: Тера, 2000. 384 с.
3. *Боткунов А. И., Гаранин В. К., Крот А. Н., Кудрявцева Г. П.* Минеральные включения в гранатах из кимберлитов Якутии, их генетическое и прикладное значение // Геология рудных месторождений, 1987. № 1. С. 15—29.
4. *Махлаев Л. В., Голубева И. И.* Являются ли кимберлиты магматическими породами? // Вестник Института геологии Коми НЦ УрО РАН, 2007. № 12. С. 6—12.
5. *Барашков Ю. П.* Некоторые вопросы генезиса оливина кимберлитовых пород // Парагенезисы минералов кимберлитовых пород. Якутски, 1981. С. 36-55.
6. *Соболев Н. В., Логвинова А. М., Задгенизов Д. А. и др.* Аномально высокое содержание примеси никеля во включениях оливина из микроалмазов кимберлитовой трубки Юбилейная (Якутия) // ДАН СССР, 2000. Т. 375, № 3. С. 393-396.
7. *Хисина Н. Р., Вирт Р., Андрут М.* Формы нахождения ОН⁻ в мантийных оливинах. I. Структурный гидроксил // Геохимия, 2002. № 4. С. 375—385.
8. *Юшкин Н. П., Фишман А. М.* О происхождении поверхности округлых зерен пироба из алмазоносных кимберлитов // Известия Вузов. Геология и разведка, 1971. № 3. С. 53—56.
9. *Похилenko Н. П., Соболев Н. В., Соболев В. С., Лаврентьев Ю. Г.* Ксенолит алмазоносного ильмени-пиропового перцолита из кимберлитовой трубки «Удачная» (Якутия) // ДАН СССР, 1976. Т. 231, № 2. С. 438-441.
10. *Костровицкий С. И., Алымова Н. В., Яковлев Д. А. и др.* Минералогическая паспортизация разных таксонов кимберлитового магматизма — методическая основа поисковых работ на алмазы // Руды и металлы, 2006. № 4. С. 27—37.
11. *Зезекало М. Ю., Специус З. В., Тарских О. В.* Новые данные о вещественном составе кимберлитовых трубок Верхнемунского поля // Проблемы прогнозирования и поисков месторождений алмазов на закрытых территориях. Якутски: Изд-во ЯНЦ СО РАН, 2008. С. 162—168.
12. *Сарсадских Н. Н., Попугаева Л. А.* Новые данные о проявлении ультраосновного магматизма на Сибирской платформе // Разведка и охрана недр, 1955. № 5. С. 11—20. 10.
13. *Соболев Н. В., Похилenko Н. П., Лаврентьев Ю. Г., Усова Л. В.* Роль хрома в гранатах из кимберлитов // Проблемы петрологии земной коры и верхней мантии. Новосибирск: Наука, 1978. С. 145—168.
14. *Тарских О. В., Специус З. В.* Типоморфные особенности индикаторных минералов из кимберлитов трубки Нюрбинская (Средне-Мархинский район, Якутия) // Проблемы прогнозирования и поисков месторождений алмазов на закрытых территориях. Якутск: Изд-во ЯНЦ СО РАН, 2008. С. 208—215.
15. *Сень Д. А.* Типоморфные особенности пироба из кимберлитов трубки Сытыканская (Якутия) // Проблемы минералогии, петрографии и металлогении. Материалы научных чтений памяти П. Н. Чирвинского. Вып. 6. Пермь: Изд-во Пермского ун-та, 2004. С. 232—240.
16. *Летников Ф. А., Карпов И. К., Кисилев А. П.* Флюидный режим земной коры и верхней мантии. М.: Наука, 1977. 214 с.
17. *Галимов Э. М., Боткунов А. И., Гаранин В. К. и др.* Углеродородсодержащие флюидные включения в оливине и гранате из кимберлитов трубки Удачная // Геохимия, 1989. № 7. С. 1011—1014.

18. В. А. Петровский, В. И. Силаев, А. Е. Сухарев и др. Флюидные фазы в карбонадо и их генетическая информативность // *Геохимия*, 2008, № 7. С. 748—765.
19. Бартошинский З. В., Бекеша С. Н., Винниченко Т. Г. и др. Примеси газов в алмазах и гранатах из кимберлитов Далдыно-Алакитского района Якутии // *Минералогический сборник Львовского госуниверситета*, 1989. № 43. Вып. 2. С. 83—86.
20. Брянчанинова Н. И. Газовые включения в породообразующих силикатах ультрабазитов Полярного Урала как характеристика флюидного режима мантии // *Алмазы и алмазоносность Тимано-Уральского региона*. Сыктывкар: Геопринт, 2001. С. 88—90.
21. Сонин В. М., Жимулев Е. И., Томиленко А. А. и др. Хроматографическое изучение процесса травления алмазов в расплаве кимберлита в связи с их устойчивостью в природных условиях // *Геология рудных месторождений*, 2004. Т. 46. № 3. С. 212—221.
22. Попугаева Л. А., Иванова В. П., Розина Е. А. О бирюзе из месторождений Средней Азии // *Труды ВИИЮвелирпром*, 1974. Вып. 6. С. 59—72.
23. Платонов А. Н., Таран М. Н., Балицкий В. С. Природа окраски самоцветов. М.: Недра, 1984. 196 с.
24. Силаев В. И., Янулова Л. А., Козлов А. В., Лютое В. П. Бирюза Уральско-Пайхойского региона // *Записки ВМО*, 1991. Ч. 124. № 6. С. 71—86. 25. Силаев В. И. Минералогия фосфатонесных кор выветривания. С-Петербург: Наука, 1996. 136 с.

Силаев В. И., Симакова Ю. С., Киселёва Д. В., Лютоев В. П., Лысюк А. Ю.,
Филиппов В. Н.

КИМБЕРЛИТОВЫЙ (?) Li-Al ТУРМАЛИН ИЗ МИНЕРАЛОГИЧЕСКОЙ КОЛЛЕКЦИИ Л. А. ПОПУГАЕВОЙ¹⁷⁶

В процессе исследований минералогической коллекции Л. А. Попугаевой [1, 2] в мономинеральной пробе кимберлитового циркона были обнаружены зерна, оказавшиеся вовсе не цирконом, а Li-Al минералом из группы турмалина [3]. Конкретная привязка упомянутой монофракции не сохранилась, но есть некоторые сведения об ее отношении к кимберлитам алмазоносной трубки Мир [4]. Формально рассуждая можно было бы предположить, что зерна Li-Al турмалина в эту фракцию попали случайно в результате ее засорения чужеродным минералогическим материалом. Однако, во-первых, у нас нет никаких данных о работе Л. А. Попугаевой с турмалиноносными литиевыми гранитоидами или пегматитами, во-вторых, сама коллекция не дает примеров механического смешивания минералов из разных источников, а в-третьих, обнаруженный розовый турмалин обладает столь своеобразными свойствами, что это можно расценивать только как признак его необычного происхождения, вполне возможно и кимберлитового.

Исследуемый турмалин обнаружен в виде трех индивидов преимущественно розового цвета размером от $5 \times 4 \times 1$ до $8 \times 7 \times 5$ мм — двух монокристалльных обломков с элементами огранки и одного зерна неправильной формы, (рис 1, а, б). По вариации окраски в этих индивидах обнаруживается довольно отчетливая зональность. Выделяется бледно-розовое ядро, имеющее характерное для турмалиновых призматических кристаллов сечение в форме «сферического» треугольника, которое обрастает более насыщенно розовой оболочкой, сменяющейся на самом краю прерывистой каймой желтого цвета (рис. 1, в). Смена розового турмалина желтым наблюдается и в зерне неправильной формы (рис. 1, г). На поверхности зерен и обломков наблюдаются вкрапления черного минерала (рис. 1, д, е). В сканирующем электронном микроскопе поверхность индивидов турмалина выглядит очень неоднородной, обнаруживая признаки то пористо-дендритного, то более плотного строения с локальными участками регенерации (рис. 2, а—в). В порах выявляются микроиндивиды одного из наиболее типичных для минералов группы турмалина габитусов [5], а именно дипирамидально-призматического, обусловленного, прежде всего, поясом граней призмы $a\{11\bar{2}0\}$, гранями дитригональной дипирамиды $r\{21\bar{3}1\}$ и гранью моноэдра $c\{0001\}$ (рис. 2, г, д). В исследованных индивидах выявлены сингенетические, судя по онтогеническим картинам, включения циркона (рис. 2, е), а также вростки очень необычной по составу оксидно-марганцевой фазы (рис. 2, ж), выше уже упомянутой как включения черного минерала. Важно отметить, что и в этих вростках, как и в самом турмалине, зафиксированы микровключения циркона (рис. 2, з).

¹⁷⁶ Вестник Института геологии Коми НЦ УрО РАН, 2010, № 1. С. 8—13.

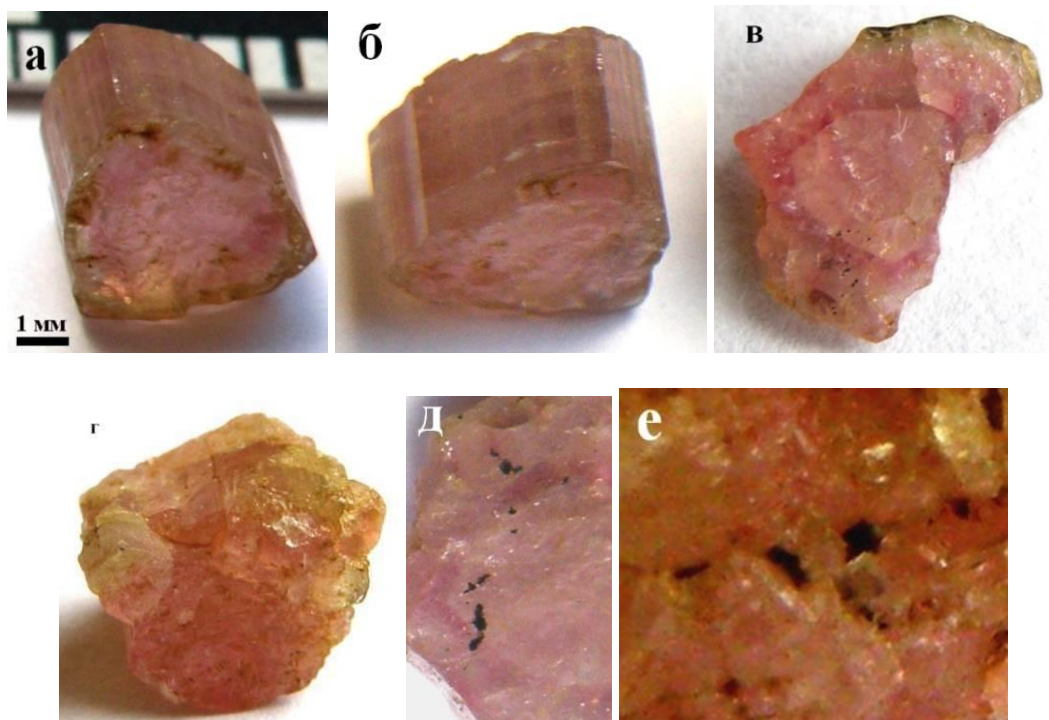


Рис. 1. Морфология и цвет зерен турмалина из монофракции кимберлитового циркона: а, б — обломки кристаллов призматического габитуса; в — сечение зонального кристалла с ядром в форме типичного для турмалина «сферического» треугольника; г — смена розовой окраски на желтую на краю зерна; д е — включения в турмалин черных кобальт-никель-марганцевых оксидов

Фазовая диагностика исследуемого минерала была осуществлена рентгendifракционным методом (Shimadzu XRD-6000, излучение $\text{CuK}\alpha$, внутренний эталон Ge, расчет параметров элементарной ячейки производился с использованием программы UNITCELL). Полученные дифрактограммы и рассчитанные на их основе параметры элементарной ячейки оказались близкими к эталонным данным (Интернет-база WWW-МИНКРИСТ) для эльбаита и оленита (табл. 1). Однако при этом для исследуемого

Таблица 1

Результаты
рентгendifракционного
исследования турмалина

№ п/п	d, нм	I, у. е.	hkl
1	0.6365	2	101
2	0.4966	2	$20\bar{1}$
3	0.4185	3	211
4	0.3988	3	220
5	0.3433	10	$10\bar{2}$
6	0.2926	8	$21\bar{2}$
7	0.2588	5	$50\bar{1}$
8	0.2334	1	511
9	0.2033	3	$51\bar{2}$
10	0.1906	2	$43\bar{2}$
11	0.1646	3	$60\bar{3}$

Параметры э. я., нм:

$$a_0 = 1.5837 \pm 0.0016$$

$$c_0 = 0.7091 \pm 0.0010$$

$$V_0 = 1.5402$$

минерала устанавливается нестандартное распределение интенсивностей между важнейшими рефlekсами, что может быть лишь частично объяснено техническими условиями съемки. В нашем случае наибольшей интенсивностью характеризуется не отражение $(50\bar{1})$ с $d/n = 2.57 \text{ \AA}$, как это бывает у обычных Li-Al турмалинов, а отражение $(10\bar{2})$ с $d/n = 3.45 \text{ \AA}$, на фоне которого все другие отражения выглядят почти одинаково малоинтенсивными. Кроме того, для исследуемого турмалина отмечается существенное ослабление до полного исчезновения рефlekсов с индексами $(hk\bar{1})$ и $(hk0)$, что может быть объяснено специфично закономерным распределением структурных примесей в минерале. Для подтверждения достоверности полученных данных нами в тех же условиях был исследован эльбаит из литиевых пегматитов Малханского рудного поля (Восточное Забайкалье). В этом случае рентгеновская дифрактограмма и в части

распределения интенсивностей отражений оказалась близкой к эталонной дифрактограмме эльбаита. В спектре ИК-поглощения (Shimadzu IR Prestige 21, препараты на вазелиновом масле и в таблетке KBr, Е. У. Ипатова) проявились хорошо разрешенные полосы, прежде всего в областях (см^{-1}): 1) 420—590 (колебания MeO_6); 2) 720—800 (SiOSi); 3) 1010—1100 (SiO_4); 4) 1300—1380 (BO_3). Все полученные данные практически совпадают с эталонными.

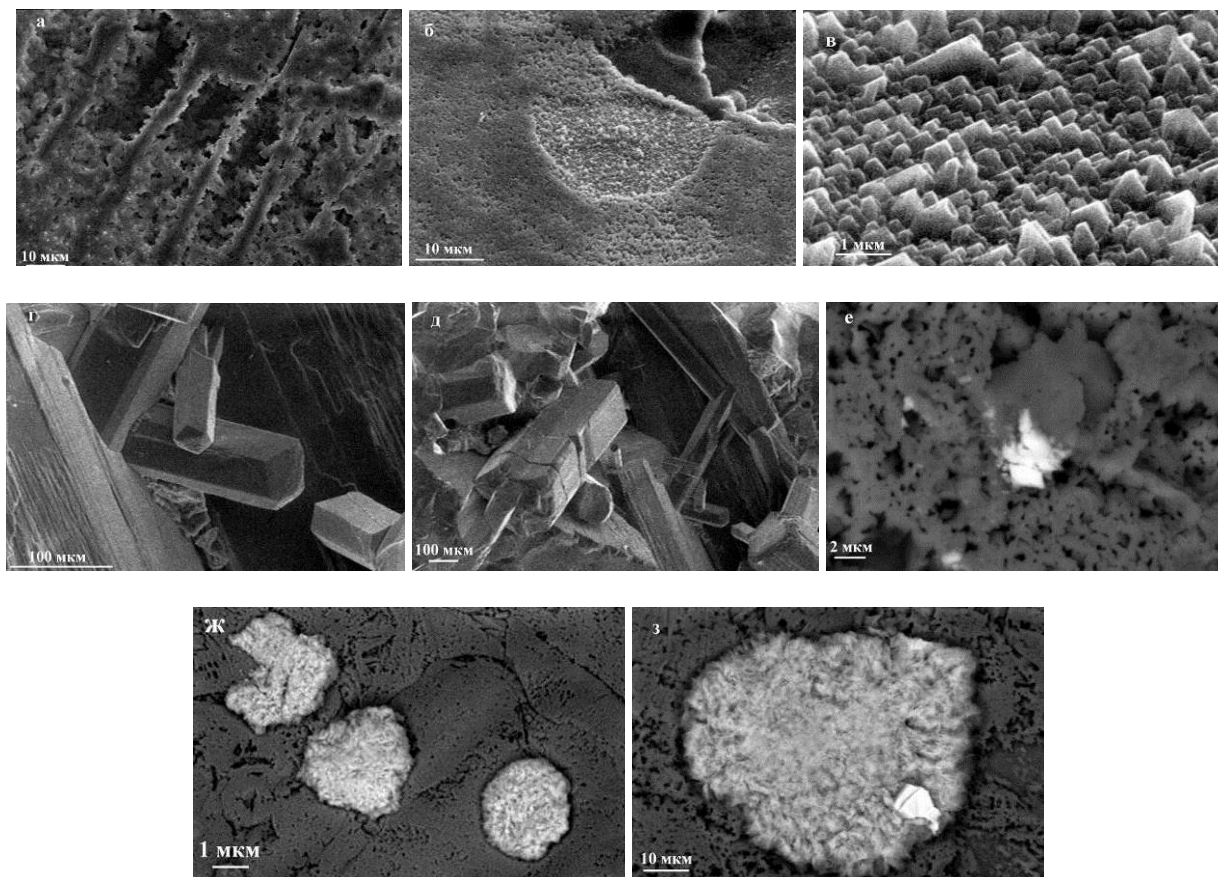


Рис. 2. Микроморфология поверхности зерен турмалина: а, б — участки соответственно пористо-дендритовидного и более плотного строения; в — микроскульптура регенерации; г, д — кристаллографический габитус индивидов в микрозанорышах; е — сингенетическое включение циркона (белое); ж — вростки Co-Ni-Mn оксигидроксидов в турмалине (серое); з — вросток Co-Ni-Mn оксида с включением циркона (белое). СЭМ-изображения в режимах вторичных (а—д), и упруго-отраженных (е—з) электронов.

Как известно, наиболее информативными для рассматриваемой группы минералов являются полосы поглощения в области колебаний ОН-групп [5—7]. Это обусловлено тем, что в структуре турмалинов существует несколько неэквивалентных позиций гидроксил-иона. Один из этих ионов занимает положение в центре гексагонального кольца в окружении трех (Li, Al)-октаэдров, проявляясь относительно малоинтенсивной полосой поглощения при $3630\text{—}3670\text{ см}^{-1}$. Каждый из трех других гидроксил-ионов связан с одним (Li, Al)-октаэдром и двумя (Al, Me^{2+})-октаэдрами, отмечаясь двумя интенсивными, хорошо разрешенными полосами в области $3450\text{—}3590\text{ см}^{-1}$. Проведенные нами эксперименты показали, что в упомянутой области спектра ИК-поглощения розового минерала из коллекции Л. А. Попугаевой также регистрируются три четких полосы: 1) наиболее интенсивная и широкая при 3463 см^{-1} ; 2) немного менее интенсивная и при этом гораздо более узкая полоса при 3584 см^{-1} ; 3) малоинтенсивная и наиболее узкая при 3649 см^{-1} . Очевидно, что полученный спектр близко совпадает с эталонным спектром для Li-Al турмалинов, указывая на

присутствие в исследованном минерале всех трех отмеченных выше структурных типов гидроксил-ионов

Состав турмалина и включений в нем определялся рентгеноспектральным микрозондовым методом на аналитическом сканирующем электронном микроскопе (JSM-6400, ЭДС фирмы Link, программное обеспечение ISIS 300). Минерал из коллекции Л.А. Попугаевой оказался маложелезистым, Mn-Zn-содержащим. Кроме того, на желтоцветных краях зерен в минерале появляется примесь Ca и Na (табл. 2). Из перечисленных элементов именно марганец отвечает за преимущественно розовую окраску исследуемого турмалина, обусловленную, как известно [5, 8, 9], поглощением в видимой области в связи с разрешенными по спину d—d переходами в ионах Mn^{3+} . При этом корреляция между интенсивностью окраски и валовым содержанием MnO не выявляется. Последнее обычно объясняют тем, что в турмалинах не весь марганец находится в трехвалентном состоянии. В нашем случае вариации состава турмалина определяются сильной обратной корреляцией алюминия с группой ионов железа, марганца и цинка ($r = -0.39 \dots -0.62$). Кроме того обнаруживается очень сильная положительная связь между железом и цинком ($r = 0.93$). Все это, очевидно, отражает кристаллохимическую конкуренцию Al^{3+} с другими ионами, заселяющими октаэдрические Y-позиции в структуре турмалина.

Таблица 2

Химический состав турмалина и ксеноминеральных включений и вростков в нем, мас. %

Компо- ненты	Турмалин						Включения циркона*				Mn-Ni-Co оксигидроксиды		
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
SiO ₂	37.50	37.88	38.07	39.08	38.31	36.21	35.02	39.89	36.83	32.15	0.66	0.76	1.05
ZrO ₂	He обн.	He обн.	He обн.	He обн.	He обн.	He обн.	57.34	24.09	41.82	65.60	He обн.	He обн.	He обн.
HfO ₂	«	«	«	«	«	«	He обн.	He обн.	He обн.	1.51	«	«	«
Al ₂ O ₃	38.77	38.86	38.16	39.45	38.89	41.53	7.17	31.97	18.99	He обн.	2.62	2.62	3.33
Fe ₂ O ₃	4.42	4.27	4.17	2.56	0.82	1.40	0.47	3.37	1.92	«	1.82	He обн.	1.13
MnO	0.95	0.81	0.88	0.77	1.19	0.51	He обн.	0.68	0.44	0.74	39.98	41.15	36.55
ZnO	0.55	0.51	0.50	He обн.	He обн.	He обн.	«	He обн.	He обн.	He обн.	He обн.	He обн.	He обн.
NiO	He обн.	He обн.	He обн.	«	«	«	«	«	«	«	15.16	14.95	16.59
CoO	«	«	«	«	«	«	«	«	«	«	1.39	1.99	1.36
CaO	«	«	«	«	1.12	0.23	«	«	«	«	2.09	1.90	1.54
BaO	«	«	«	«	He обн.	He обн.	«	«	«	«	0.99	0.77	He обн.
Na ₂ O	«	«	«	«	1.94	2.66	«	«	«	«	He обн.	He обн.	«
Сумма	82.19	82.33	81.78	81.86	82.27	82.54	100	100	100	100	64.71	64.14	61.55

Примечание. Результаты анализа приведены к 100 %. Разности турмалина по окраске: 1—3 — розовая, 4 — желтовато-розовая; 5, 6 — желтая. *

Эмпирические формулы турмалина:

- 1 — $(Al_{1.01}Li_{1.53}Fe_{0.28}Mn_{0.12}Zn_{0.06})_3Al_6[(Si_{5.76}Fe_{0.24})O_{18}](BO_3)_3(OH)_{2.36}$;
- 2 — $(Al_{0.97}Li_{1.61}Fe_{0.26}Mn_{0.10}Zn_{0.06})_3Al_6[(Si_{5.78}Fe_{0.22})O_{18}](BO_3)_3(OH)_{2.24}$;
- 3 — $(Al_{0.82}Li_{1.75}Fe_{0.26}Mn_{0.11}Zn_{0.06})_3Al_6[(Si_{5.78}Fe_{0.22})O_{18}](BO_3)_3(OH)_{1.96}$;
- 4 — $(Al_{0.97}Li_{1.77}Fe_{0.16}Mn_{0.10})_3Al_6[(Si_{5.87}Fe_{0.13})O_{18}](BO_3)_3(OH)_{2.17}$;
- 5 — $(Ca_{0.19}Na_{0.58})_{0.77}(Al_{1.11}Li_{1.68}Fe_{0.05}Mn_{0.16})_3Al_6[(Si_{5.96}Fe_{0.04})O_{18}](BO_3)_3(OH)_{3.51}$;
- 6 — $(Ca_{0.04}Na_{0.84})_{0.88}(Al_{1.99}Li_{0.85}Fe_{0.09}Mn_{0.07})_3Al_6[(Si_{5.92}Fe_{0.08})O_{18}](BO_3)_3(OH)_{5.05}$

Наиболее сложным вопросом конституции турмалинов является кристаллохимия в нем железа. Для исследования этого вопроса нами был получен ^{57}Fe мёссбауэровский спектр, зарегистрированный на спектрометре MS-1104Em в диапазоне скоростей $-11 \dots +11$ мм/с при комнатной температуре. Изомерный сдвиг определялся относительно α -Fe. При обработке спектров использовалось стандартное программное обеспечение спектрометра «Univem». Малая навеска образца не позволила получить спектр с низким уровнем шумов, хотя длительность накопления спектра со свежим гамма-источником составила 205 часов.

Как известно, в структуре турмалина ионы Fe^{2+} и Fe^{3+} могут занимать обе октаэдрические позиции (Y и Z). Кроме того, трехвалентные ионы могут быть локализованы в тетраэдрических позициях в результате изоморфного замещения ионов кремния [10]. В виду различных возможностей локальной компенсации зарядов при замещениях подобного рода возможно дальнейшее расщепление одинаковых позиций на подтипы с различными сверхтонкими параметрами компонентов мёссбауэровских дублетов. В зарегистрированном нами спектре (рис. 3), несмотря на высокий уровень шумов, четко проявляется дублет с большим квадрупольным расщеплением и изомерным сдвигом, соответствующий двухвалентному состоянию ионов железа. Дублет ассиметричен, его компонент в области малых скоростей имеет большую интенсивность и ширину, заметно структурирован, что указывает на присутствие в спектре дополнительного дублета от ионов Fe^{3+} с относительно малыми изомерным сдвигом и квадрупольным расщеплением. Известно, что в мёссбауэровских спектрах турмалинов с высоким содержанием железа фиксируется дублет со средними значениями изомерного сдвига и квадрупольного расщепления, что обусловлено зарядовым обменом между ионами Fe^{2+} и Fe^{3+} , находящимися в соседних Y и Z позициях [11]. В нашем же случае область между компонентами дублета Fe^{2+} выходит практически на базовую линию, что исключает вероятность заметных количеств обменных пар ионов железа в структуре исследуемого минерала.

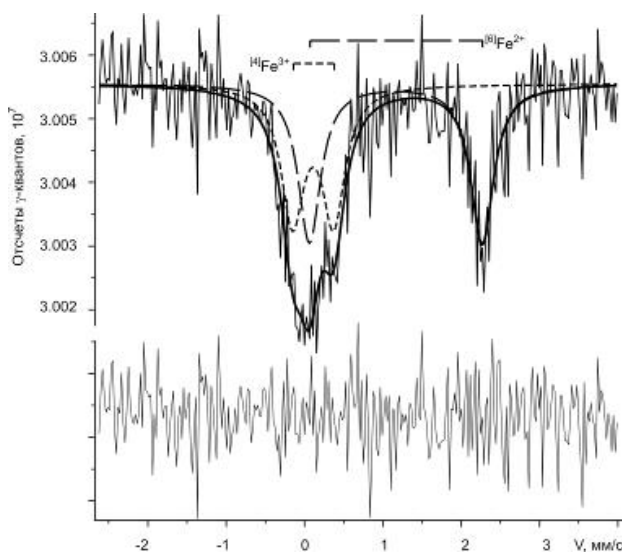


Рис. 3. Мессбауэровский спектр розового турмалина из коллекции Л. А. Попугаевой. Сплошная жирная линия — модельный спектр в виде суммы выделенных компонентов (пунктирные линии). В нижней части — разность экспериментального и модельного спектров

турмалина. Для аппроксимации спектра оказались достаточными два дублета — от Fe^{2+} и Fe^{3+} . Типичный изомерный сдвиг для ионов Fe^{2+} в разных Y-позициях структуры турмалина составляет 1.1 мм/с, а квадрупольные расщепления — 2.5, 2.2, 1.6 мм/с. В нашем случае главный вклад дает дублет $\text{IS} = 1.1$, $\text{QS} = 2.2$ мм/с. В области малых скоростей выделяется дублет с меньшим изомерным сдвигом и квадрупольным расщеплением около 0.5 мм/с, что соответствует по данным [10] ионам Fe^{3+} в тетраэдрической позиции.

Таблица 3

Параметры компонентов ЯГР-спектра турмалина

Дублеты	IS, мм/с	QS, мм/с	Г, мм/с	S, %
$^{61}\text{Fe}^{2+}$	1.17 _{0.01}	2.20 _{0.02}	0.35 _{0.04}	54 ₄
По [10]	1.05—1.13	2.0—2.3	0.25—0.5	
$^{41}\text{Fe}^{3+}$	0.11 _{0.01}	0.52 _{0.03}	0.35 _{0.04}	46 ₅
По [10]	0.13—0.20	0.4—0.6	0.2—0.4	

Примечание. IS — изомерный сдвиг; QS — квадрупольное расщепление; Г — ширина линий спектра; S — относительная площадь компонента в спектре. $\chi^2 = 0.91$.

Вариант с другим выбором дублета Fe^{2+} ($QS = 2.5$ мм/с) приводит к дублету Fe^{3+} с нехарактерными для турмалина параметрами. Результаты аппроксимации спектра в соответствии с выбранной моделью представлены в табл. 3 в сопоставлении с литературными данными. Согласно этой аппроксимации, ионы Fe^{2+} в октаэдрической Y-позиции ответственны за 54 % общей площади под линиями спектра. На ионы Fe^{3+} в тетраэдрической координации приходится оставшиеся 46 %. Параметры дублетов соответствуют определенным ранее. В спектре, возможно, присутствует и дублет от ионов Fe^{3+} в октаэдрической Y-позиции, но его вклад в суммарную площадь менее 5 %. Добавление в модель такого дублета статистически не оправдано вследствие высокого уровня шумов в спектре.

Спектр ЭПР турмалина был получен для порошкового препарата на спектрометре SE/X-2547 (RadioPAN) при частоте модуляции 100 кГц и комнатной температуре (рис. 4). В нем фиксируется узкая одиночная линия с $g = 4.27$, соответствующая ионом Fe^{3+} в предельно ромбическом искаженном кристаллическом поле. Линия наложена на сложную полосу с рядом широких компонентов, также, вероятно, обусловленных ионами Fe^{3+} . Большая ширина компонентов спектра указывает на значительный статистический разброс параметров окружения этих ионов вплоть до максимально возможных ромбических искажений. Последние и обуславливают сигнал с $g = 4.27$, имеющий малую ширину и высокую интенсивность вследствие особенностей ориентационного уширения анизотропных спектров ЭПР. Следует также заметить, что в полученных нами спектрах

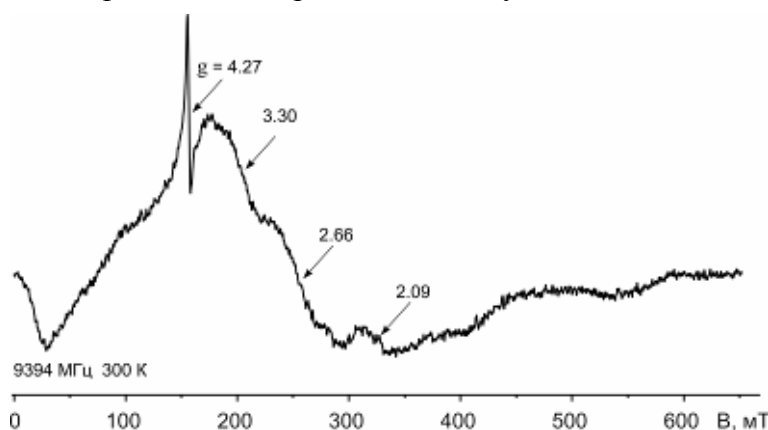


Рис. 4. Спектр ЭПР ионов Fe^{3+} в Li-Al турмалине

ЭПР не устанавливаются даже следы ионов Mn^{2+} , что, в общем, характерно для маложелезистых розовых Mn -содержащих турмалинов. В таких минералах ионы марганца занимают октаэдрические позиции, находясь в непарамагнитных четырех- и трехвалентных состояниях. Таким образом, полученные данные дают основание связывать розовую окраску исследуемого турмалина именно с электронными d-d переходами в ионах Mn^{3+} ,

появляющихся при захвате электрона ионами Mn^{4+} в ходе радиационного воздействия [12].

Известно, что содержание в турмалине Fe^{3+} является хорошим индикатором f_{O_2} , поскольку отношение $\text{Fe}^{3+}/\text{Fe}^{2+}$ определяется не только кристаллохимией минерала, но и условиями его кристаллизации и последующих преобразований [10, 13]. Так для турмалина из открытых гидротермальных систем с магнезиальными минерализациями отношение $\text{Fe}^{3+}/\text{Fe}^{2+}$ не опускается ниже 1.94, в турмалине из золоторудной минерализации, образованной в условиях частичной открытости, не превышает 0.49, а в магматогенных продуктах, отвечающих условиям закрытой системы, опускается ниже 0.05. В изученном нами турмалине зафиксировано относительно высокое содержание ионов трехвалентного железа, что соответствует условиям полуоткрытой физико-химической системы с довольно высоким окислительным потенциалом. Последнее возможно и объясняет появление в зернах исследованного минерала вростков марганцевых оксидов.

Спектроскопические данные о кристаллохимии железа и марганца в исследуемом турмалине открывают возможность для более точного расчета его эмпирических формул. В основу расчетов были положены данные, приведенные в табл. 2, и оценка ионной

пропорции $\text{Fe}^{3+}/\text{Fe}^{2+}$ в структуре минерала, составляющей 0.86 ± 0.11 . Расчет формульного фактора производился на шесть тетраэдрических ионов $[\text{Si}^{4+} + \text{Fe}^{3+}]$ с последующим подбором коэффициента для ионов лития, как это обычно делается в случаях неполного анализа состава турмалинов [5]. Коэффициент при валентном анионе определялся по балансу зарядов при условном определении всего марганца как ионов Mn^{3+} .

Полученные результаты оказались вполне приемлемыми, указывая на существенное преобладание в рассматриваемом минерале алюминия над литием. Последнее отражает величина Li/Al атомной пропорции, колеблющаяся в пределах 0.11—0.26. Прямое определение содержания лития в совокупности с другими минералообразующими элементами было осуществлено масс-спектрометрическим методом (г/т): Li 3767; Al 165702; Fe 2932.14; Mn 1597.76. Эти данные не противоречат результатам микронзондового анализа. Следовательно, исследуемый нами турмалин действительно является относительно малолитиевым.

В исследуемом минерале методом ICP-MS выявлено множество элементов-примесей (г/т, шрифтом выделены элементы, типоморфные именно для Li-Al турмалинов): Be 14.75; **Sc 0.90**; Ti 157.88; V 1.08; Cr 2.72; Co 0.41; Ni 4.04. Cu 7.82; Zn 126.56; Pb 71.83; Ga 115.97; Ge 9.10; As 2.91; Se 1.05; **Rb 0.76**; Sr 2.16; Y 0.18; Zr 524.57; Hf 13.02; Nb 4.53; Ta 2.97; W 0.05; Ag 1.11; Cd 0.38; **Sn 6.44**; Bi 95.99; Sb 13.14; As 2.91; Cs 0.13; Ba 16.35; Tl 0.03; Th 0.06; U 0.07; **La 0.03**; **Ce 0.136**; **Pr 0.012**; **Nd 0.011**; **Sm 0.042**; **Gd 0.016**; **Tb 0.006**; **Dy 0.031**; **Ho 0.007**; **Er 0.028**; **Tm 0.005**; **Yb 0.028**; **Lu 0.005**. Из приведенных данных следует, что при всем многообразии элементов-примесей рассматриваемый турмалин является обедненным ими на один-два порядка по сравнению с обычными Li-Al турмалинами из пегматитов и апогранитов [7, 14, 15]. Особенно наглядно это видно на примере лантаноидов, общее содержание которых в нашем случае достигает лишь 0.37 г/т, что в десятки-сотни раз ниже суммы лантаноидов в гранитофильных турмалинах. Кроме того, исследуемый минерал характеризуется необычным трендом нормированных на хондрит содержаний REE, о чем свидетельствует величина пропорции $\text{La}/\text{Yb} = 0.72$. Обращает также на себя внимание неестественная для турмалинов примесь Zr и Hf, что может быть объяснено присутствием в нашем минерале включений циркона. Последнее подтверждается хорошим совпадением величин Zr/Hf отношения, рассчитанных для турмалина в целом (79) и для микровключений в нем собственно циркона (74).

Не менее специфичным оказался и состав выявленных в исследуемом турмалине черных вростков. Судя по данным рентгеноспектрального микронзондового анализа (табл. 2), эти образования представляют собой устойчивую по составу марганцевую оксигидроксидную фазу с необычно высоким содержанием примеси NiO и CoO, колеблющимся в пределах 16.5—18 мас. %. В настоящее время такие фазы выявлялись только в тесной связи с мантийно-магматогенными субстратами основного и ультраосновного состава [16].

Как известно, в настоящее время группа турмалина рассматривается как система практически гомогенных многокомпонентных твердых растворов, в рамках которой выделение минеральных видов производится на основании так называемого правила 50 % [17—19]. В части розовых турмалинов их подразделение на виды осуществляется на основании пропорции между октаэдрическими катионами Li^+ , Al^{3+} и Me^{2+} с помощью хорошо обоснованной треугольной диаграммы [20]. Использование последней показывает, что изученный нами минерал может быть уверенно отнесен к *оленииту* (рис. 5), открытому в свое время лишь как анатомический фрагмент зонального эльбаита [21]. В нашем же случае мы имеем дело с отдельными индивидами нацело сложенными оленитом.

Обобщая полученные данные, мы приходим к следующему заключению. По всей совокупности своих свойств обнаруженный в коллекции Л. А. Попугаевой турмалин является оленитом., существенно отличающимся от обычных гранитофильных Li-Al

турмалинов по многим свойствам. Это, в сочетании с вероятной ассоциацией с очевидно кимберлитовым цирконом, дает основание предположить кимберлитовое происхождение

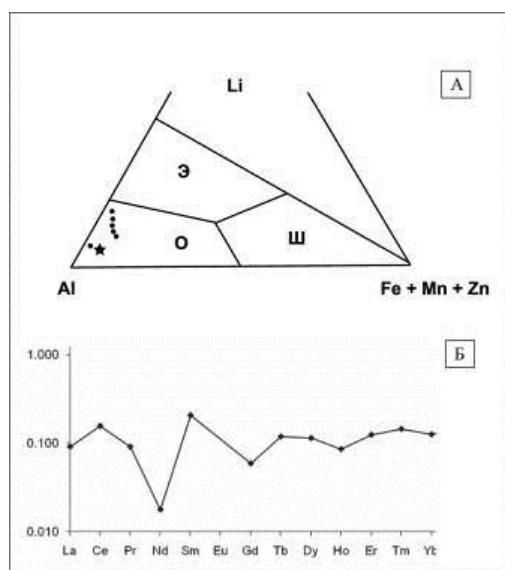


Рис. 5. Видовая диагностика турмалина из коллекции Л. А. Попугаевой (А) и тренд в нем нормированных на хондрит концентраций лантаноидов (Б)

и для изученного нами минерала. Известно, что в якутских кимберлитовых трубках уже находили бораты, в отношении которых предполагался мантийный источник вещества [22]. А недавно бор наряду с Li, Al и Na был установлен в 60 % кимберлитовых трубок Якутской провинции, в которых он варьируется по содержанию от 28 до 310 г/т [23]. Проведенные нами расчеты показали, что между упомянутыми элементами в алмазоносных кимберлитах имеется сильная прямая связь ($r_{B+Li} = 0.69$, $r_{B+Na} = 0.35$, $r_{Li+Na} = 0.65$), которая может указывать на присутствие в них именно Li-Al турмалинов. Фактическое подтверждение этого будет означать, что литосферная мантия в действительности характеризуется гораздо более значительным, чем это считается в настоящее время, обогащением как элементами-минерализаторами, так и летучими элементами вообще.

ЛИТЕРАТУРА

1. Силаев В. И., Шанина С. Н., Петровский В. А., Плоскова С. И. Минералогическая коллекция Л. А. Попугаевой как культурно-исторический феномен и актуальный объект исследований // Вестник Института геологии Коми НЦ УрО РАН, 2009. № 1. С. 13—21.
2. Силаев В. И., Киселева Д. В., Филиппов В. Н. Таллий в мантийных производных: новый геохимический индикатор алмазоносных кимберлитов? // Вестник Института геологии Коми НЦ УрО РАН, 2009. № 8. С. 2—8.
3. Силаев В., Трейвус Е. Историческая коллекция мантийных минералов Л. А. Попугаевой как актуальный объект научного исследования // Минеральное разнообразие. Исследование и сохранение. Доклады на V Международном симпозиуме «Сохранение минерального разнообразия». София, 2010. С. 149—157.
4. Масайтис В. Л. Где там алмазы? Сибирская Диямантина. СПб: Изд-во ВСЕГЕИ, 2004. 216 с.
5. Золотарев А. А. Ювелирный и коллекционный турмалин с Памира (кристалломорфология, окраска, кристаллохимия) // Записки ВМО, 1996. Ч. 125. № 4. С. 32—46.
6. Gonzalez-Carreno T., Fernandez M., Sanz J. Infrared and electron microprobe analyses of tourmalines // Phys. Chem. Minerals, 1988. V. 15. P. 452—460.
7. Кузьмин В. И., Добровольская Н. В., Солнцева Л. С. Турмалин и его использование при поисково-оценочных работах. М.: Недра, 1979. 269 с.
8. Бахтин А. И., Минько О. Е., Винокуров В. М. Изоморфизм и окраска турмалинов // Известия АН СССР. Сер. геол., 1975. № 5. С. 73—83.
9. Платонов А. Н., Таран М. Н., Балицкий В. С. Природа окраски самоцветов. М.: Недра, 1984. 196 с.
10. Dyar M. D., Tayler M. E., Lutz T. M. et al. Inclusive Chemical characterization of tourmaline: Mossbauer study of Fe valence and site occupancy // Amer. Mineral., 1998. V. 8. P. 848—864.
11. Ferrow E. A., Annersten H., Gunawardane R. P. Mossbauer effect study on the mixed valence state of iron in tourmaline // Mineralogical Magazine, 1988. V. 52. P. 221—228.

12. *De Camargo M. B., Isotani S.* Optical absorption spectroscopy of natural and irradiated pink tourmaline // *American Mineralogist*, 1988. V. 73. P. 172—180.
13. *De Oliveira E. F., Castaneda C., Eeckhout S. G., Gilmar M.M. et al.* Infrared and Mössbauer study of Brazilian tourmalines from different geological environments // *American Mineralogist*, 2002. V. 87. P. 1154—1163.
14. *Владыкин Н. В., Антипин В. С.б Коваленко В. И. и др.* Химический состав и генетические группы турмалинов из мезозойских гранитоидов Монголии // *Записки ВМО*, 1975. Ч. 104. № 4. С. 403—412.
15. *Ширяева В. А., Шмакин Б. М.* О составе турмалинов из мусковитовых пегматитов Восточной Сибири // *Записки ВМО*, 1969. Ч. 98. № 2. С. 166—174.
16. *Гурьев К. А., Соболева А. А., Силаев В. И.* Экзогенная эпигенетическая минерализация в жильных плагиоклазитах Войкаро-Сыншинского офиолитового массива // *Вестник Института геологии Коми НЦ УрО РАН*, 2007. № 8. С. 11—13.
17. *Hawthorne F. C., Henry D. J.* Classification of the minerals of tourmaline group // *Eur. J. Miner.*, 1999. V. 11. P. 201—215.
18. *Золотарев А. А., Булах А. Г.* Россманит, оленит, эльбаит и правило 50 % при выборе границ между минеральными видами среди Li-Al турмалинов // *Записки ВМО*, 1999. № 2. С. 32—38.
19. *Андрянец-Буйко А. А., Краснова Н. И., Петров Т. Г.* Разнообразие состава турмалинов и их химическая классификация на основе метода RHA // *Записки ВМО*, 2007. Ч. 136. № 1. С. 26—41.
20. *Золотарев А. А., Франк-Каменецкая О. В., Рождественская И. В.* Кристаллические формулы и определение видовой принадлежности минералов группы турмалина // *Записки ВМО*, 2006. Ч. 135. № 5. С. 1—11.
21. *Соколов П. В., Горская М. Г., Гордиенко В. В. и др.* Оленит $\text{Na}_{1-x}\text{Al}_3\text{Al}_6\text{B}_3\text{Si}_6\text{O}_{27}(\text{O},\text{OH})_4$ — новый высокоглиноземистый минерал из группы турмалинов // *Записки ВМО*, 1986. № 1. С. 119—123.
22. *Мельник Ю. М., Зинчук Н. Н., Харьков А. Д.* Бораты из кимберлитов Якутии // *Минералогический сборник*, 1984. Т. 38. Вып. 1. С. 12—18.
23. *Кононова В. А., Голубева Ю. Ю., Богатилов О. А. и др.* Геохимическая (ICP-MS, изотопия Sr, Nd, Pb) гетерогенность кимберлитов Якутии: вопросы генезиса и алмазоносность // *Петрология*, 2005. Т. 13. № 3. С. 227—252.

В. И. Силаев, Д. В. Киселёва, В. Н. Филиппов

ТАЛЛИЙ В МАНТИЙНЫХ ПРОИЗВОДНЫХ: НОВЫЙ ГЕОХИМИЧЕСКИЙ ИНДИКАТОР АЛМАЗОНОСНЫХ КИМБЕРЛИТОВ?¹⁷⁷

В ходе исследований минералогической коллекции Л. А. Попугаевой [1] в одной из проб гранатов, приписанных алмазоносной кимберлитовой трубке Удачной, был обнаружен желвачок пикроильменита с микровыделением на его поверхности необычного титанистого оксида с содержанием Ti_2O 2.2—9.2 мас. %. Этот факт не мог не привлечь нашего внимания, поскольку в настоящее время не только ничего не пишут об участии таллия в мантийном минералообразовании [2—10], но и сохраняется мнение о величайшей редкости его минералов, высказанное академиком В. И. Вернадским еще в начале прошлого века. В связи с последним следует заметить, что сейчас по числу видов минералы таллия не могут считаться столь уж большой редкостью. Судя по одной из современных баз данных, талиевых минеральных видов уже зарегистрировано более 40, в том числе 39 халькогенидов, два сульфата, один арсенат и один оксид. Тем не менее все еще считается, что таллий в минералогическо-геохимических процессах преимущественно «рассеивается» в чуждых ему минералах главным образом в форме одновалентных ионов, тесно связанных с щелочными металлами, особенно рубидием. При этом содержание примеси таллия в породообразующих и рудных минералах широко варьируется от сотен г/т в слюдах и полевых шпатах до десятков и единиц г/т в сульфидах и алюмосиликатах, не содержащих щелочных катионов [11, 12].

После обнаружения на поверхности пикроильменита необычно обогащенного таллием минерала мы обратились за консультацией к специалистам из АПРОСЫ и СибГЕОХИ. Однако в обоих случаях было высказано предположение, что мы имеем дело не с естественным объектом, а с засорением образца продуктами взаимодействия пикроильменита с лабораторными тяжелыми жидкостями, а именно водными растворами Туле (K_2HgI_4) и Клеричи ($HCOOTl + CH_2(COOTl)_2$). Выдвинутое предположение нас, разумеется, не удовлетворило, поскольку первая из названных жидкостей вообще не содержит таллия, а вторая если и загрязняет минеральные вещества таллием, то в количествах, не поддающихся измерению даже нейтронно-активационным методом [13]. В результате всего этого мы пришли к окончательному убеждению, что в настоящее время не только ничего не известно о таллии в породах и минералах мантийного происхождения, но, более того, даже лучшие специалисты пока не готовы к восприятию соответствующей информации.

Наши исследования были проведены с использованием аналитического сканирующего электронного микроскопа JSM-6400, оснащенного энергодисперсионным спектрометром фирмы «Link» (программное обеспечение ISIS 300). Максимальные разрешения, которые мы достигали при визуализации объектов исследований, составили первые сотни нм. Локальность анализа химического состава была стандартной для приборов этого класса. Количественное определение таллия производилось на основе заложенных в программу ISIS данных о его рентгеновских спектрах.

Объект исследования представлял собой типичный для алмазоносных кимберлитов пикроильменитовый желвак размером 2.5×3.5 мм с обычной для таких образований сглажено-бугорчатой поверхностью (рис. 1). Явных признаков его растворения не наблюдалось. Таллийсодержащая фаза была обнаружена в виде локальных микрокорковых выделений в понижениях между бугорками. Их размер по площади колеблется от 25×40 до 100×150 мкм, толщина не превышает 5 мкм (рис. 2, а, б).

¹⁷⁷ Вестник Института геологии Коми НЦ УрО РАН, 2009. № 8. С. 2—8.

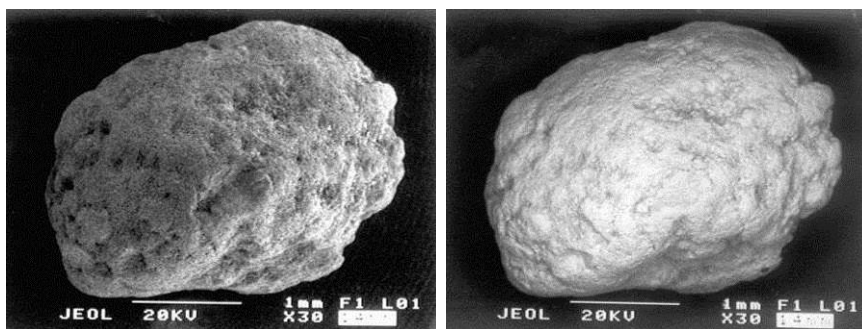


Рис. 1. Желвак пикроильменита с выделениями таллийсодержащего минерала из кимберлитовой трубки Удачной. Коллекция Л. А. Попугаевой. СЭМ-картины в режимах вторичных (слева) и упруго-отраженных (справа) электронов

анализе водосодержащих минералов. При значительных увеличениях на поверхности таллийсодержащих микрокорок выявляются многочисленные индивиды вторичного ильменита, по форме от изометричных до червячковидных. Их размер изменяется от субмикронного до 10 мкм по удлинению (рис. 2, д, е). Кроме того, на поверхности пикроильменитового желвака найдены микровыделения хромшпинелидов.

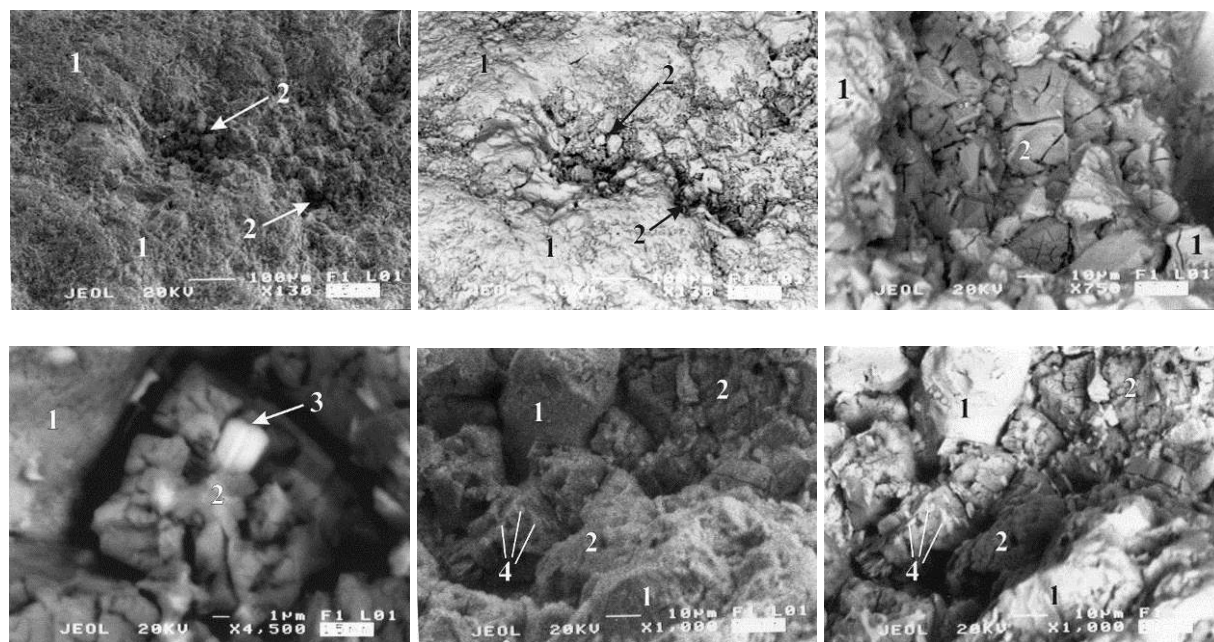


Рис. 2. Выделение таллийсодержащего минерала на поверхности пикроильменита из кимберлитовой трубки Удачной. Коллекция Л. А. Попугаевой. Минералы: 1 — первичный пикроильменит, 2 — минерал с умеренным содержанием таллия (2—4.5 мас. % Tl_2O), 3 — минерал с высоким содержанием таллия (> 8 мас. % Tl_2O), 4 — вторичный пирофанит-ильменит. Пояснения в тексте. Сканирующая электронная микроскопия (СЭМ), изображения в режимах вторичных (а, в, д) и упруго-отраженных (б, г, е) электронов

По химическому составу первичный желваковый пикроильменит (табл. 1) вполне сопоставим с высокохромистым умеренно-магнезиальным ильменитом из богато алмазонасных кимберлитов [14, 15]. Это же следует из диаграммы $MgO-TiO_2$ по [16], на которой точки состава исследуемого минерала компактно укладываются в верхнюю часть кимберлитового тренда. По классификации В. К. Гаранина с сотрудниками [17—19] рассматриваемый минерал скорее соответствует второй, чем первой химико-генетической группе, т. е. может быть отнесен к магнезиально-железистому ильмениту связующей массы кимберлита. Особенностью нашего пикроильменита является повышенное

Микрокорки разбиты на полигоны ортогональной системой трещин, по виду очень похожих на так называемые трещины усыхания (рис. 2, в). Размер индивидов наиболее богатой таллием фазы, составляет 2—3 мкм (рис. 2, г). Электронным пучком эти минералы прожигаются, как это бывает при

содержание марганца, что, вероятно, отражает некоторую измененность первичного состава. По своему минеральному составу он может быть определен как гейкилит-ильменит с вариацией соответствующей пропорции от 0.45 до 0.96.

Таблица 1

Химический состав первичного пикроильменита (1—3) и вторичного пирофанит-ильменита (4, 5) из кимберлитовой трубки Удачной

№ п/п	SiO ₂	TiO ₂	Al ₂ O ₃	Cr ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	MgO	MnO	CaO	V ₂ O ₅	Nb ₂ O ₅
1	Не обн.	51.38	Не обн.	0.78	33.63	12.80	0.79	Не обн.	0.62	Не обн.
2	1.67	51.29	1.10	1.27	32.95	9.64	1.50	«	0.58	«
3	Не обн.	52.51	Не обн.	1.46	34.20	9.92	1.09	«	0.82	«
4	3.95	51.56	1.96	0.30	32.77	0.89	8.29	0.28	Не обн.	«
5	1.01	49.42	Не обн.	Не обн.	37.06	2.72	6.94	0.25	«	2.60

Примечание. Результаты приведены к 100 %.

Эмпирические формулы:

1 — $(\text{Mg}_{0.45}\text{Fe}_{0.53}\text{Mn}_{0.02})(\text{Ti}_{0.91}\text{Fe}_{0.07}\text{Cr}_{0.01})_{0.99}\text{O}_3$; 2 — $(\text{Mg}_{0.35}\text{Fe}_{0.62}\text{Mn}_{0.03})(\text{Ti}_{0.94}\text{Al}_{0.02}\text{Cr}_{0.02}\text{V}_{0.01})_{0.99}\text{O}_3$;
 3 — $(\text{Mg}_{0.36}\text{Fe}_{0.62}\text{Mn}_{0.02})(\text{Ti}_{0.95}\text{Cr}_{0.03}\text{V}_{0.01})_{0.99}\text{O}_3$; 4 — $(\text{Mg}_{0.04}\text{Fe}_{0.66}\text{Mn}_{0.18}\text{Ca}_{0.01})_{0.89}(\text{Ti}_{1.04}\text{Al}_{0.06}\text{Cr}_{0.01})_{1.11}\text{O}_3$;
 5 — $(\text{Mg}_{0.11}\text{Fe}_{0.73}\text{Mn}_{0.15}\text{Ca}_{0.01})_{0.89}(\text{Ti}_{0.97}\text{Nb}_{0.03})_{1.11}\text{O}_3$.

Вторичный ильменит, нарастающий на поверхность таллийсодержащей микрокорки, имеет принципиально иной состав. В нем содержится очень мало магния и, напротив, на порядок больше марганца. Характерна также небольшая примесь кальция. Иногда обнаруживается обогащение ниобием, обычно отмечаемое лишь для неизмененных мантийных ильменитов. На диаграмме MgO—TiO₂ точки состава вторичного ильменита приходятся на область базальтоидного тренда. По минеральному составу (табл. 2) этот минерал отвечает пирофанито-ильмениту. В целом по всем своим химическим свойствам он аналогичен одной из разновидностей вторичного ильменита, исследованной нами ранее в реакционных каймах на зернах пикроильменита из трубки Зарница [20].

Таблица 2

Нормативно-минеральный состав первичного пикроильменита (1—3) и вторичного пирофанит-ильменита (4, 5) из кимберлитовой трубки Удачной

№ п/п	MgTiO ₃	FeTiO ₃	MnTiO ₃	Fe ₂ O ₃	CaTiO ₃	FeVO ₃	FeTiNbO ₆	Cr ₂ O ₃	Al ₂ O ₃
1	44.55	46.53	1.98	5.95	Нет	Нет	Нет	0.99	Нет
2	35.18	75.34	3.02	2.49	«	1.01	«	1.01	1.01
3	36.18	57.29	2.01	2.00	«	1.01	«	1.51	1.01
4	3.72	75.34	16.74	Нет	0.93	Нет	«	0.47	2.80
5	1.10	70.00	15.00	«	1.00		3.00	Нет	Нет

Состав хромшпинелида, выявленного на поверхности пикроильменитового желвака, характеризуется весьма необычным для кимберлитовых минералов составом (табл. 3). Ему свойственна высокая магнезиальность в сочетании с относительным дефицитом хрома и алюминия, а также существенная примесь марганца и цинка. По минеральному составу (табл. 4) рассматриваемый минерал является шпинеле-магнохромито-магноферритом с примесью ганитового и галакситового минералов. Это довольно хорошо согласуется с номенклатурой эпигенетически модифицированных по составу хромшпинелидов [21]. Не исключено также, что обнаруженный нами в сростании с мантийным пикроильменитом минерал может быть поставлен в один ряд с включениями измененных цинксодержащих хромшпинелидов в кимберлитовых алмазах [22, 23].

Таблица 3

Химический состав хромшпинелидов, выявленных на поверхности пикроильменита из кимберлитовой трубки Удачной (1, 2) и в виде включений в гранатах из якутских кимберлитовых трубок (3, 4)

№ п/п	SiO ₂	TiO ₂	Al ₂ O ₃	Cr ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	FeO	MgO	MnO	NiO	ZnO	CaO	V ₂ O ₅
1	He обн.	He обн.	8.75	24.96	43.22	He опр.	20.64	1.09	He обн.	0.77	He обн.	0.59
2	«	«	9.71	26.45	49.87	«	11.70	1.18	«	1.09	«	He обн.
3	0.14	0.72	9.09	57.14	He опр.	19.53	13.20	0.18	«	He обн.	«	«
4	0.24	0.73	8.57	56.88	«	19.60	13.02	0.56	0.24	«	0.16	«

Примечание. Приведено к 100 %.

Эмпирические формулы:

1 — $(\text{Mg}_{0.97}\text{Mn}_{0.03}\text{Zn}_{0.02})_{1.02}(\text{Cr}_{0.62}\text{Al}_{0.32}\text{Fe}_{1.02}\text{V}_{0.01})_{1.97}\text{O}_4$;

2 — $(\text{Mg}_{0.88}\text{Fe}_{0.06}\text{Mn}_{0.02}\text{Zn}_{0.04})_{1.02}(\text{Cr}_{0.62}\text{Al}_{0.32}\text{Fe}_{1.02}\text{V}_{0.01})_{1.99}\text{O}_4$;

3 — $(\text{Mg}_{0.64}\text{Fe}_{0.36})(\text{Cr}_{1.46}\text{Al}_{0.35}\text{Fe}_{0.17}\text{Ti}_{0.02})_2\text{O}_4$;

4 — $(\text{Mg}_{0.64}\text{Fe}_{0.33}\text{Mn}_{0.02}\text{Ni}_{0.01})(\text{Cr}_{1.46}\text{Al}_{0.33}\text{Fe}_{0.20}\text{Ti}_{0.02})_{2.01}\text{O}_4$

Таблица 4

Нормативно-минальный состав хромшпинелидов, выявленных на поверхности пикроильменита из кимберлитовой трубки Удачной (1, 2) и в виде включений в гранатах из якутских кимберлитовых трубок (3, 4)

№ п/п	MgCr ₂ O ₄	FeCr ₂ O ₄	MgAl ₂ O ₄	NiAl ₂ O ₄	ZnAl ₂ O ₄	MnAl ₂ O ₄	MgFe ₂ O ₄	Fe ₂ TiO ₄	FeV ₂ O ₄
1	30.24	Нет	10.73	Нет	1.95	2.93	53.66	Нет	0.49
2	29.00	6.00	13.00	«	4.00	2.00	46.00	«	Нет
3	46.5	26.5	17.50	«	Нет	Нет	Нет	2.00	«
4	50.33	22.42	13.50	1.00	«	1.99	Нет	1.99	«

Результаты анализа таллийсодержащего минерала позволяют определить его как титановый оксид сложного поликомпонентного состава, судя по значительному дефициту суммы, действительно водосодержащий (табл. 5). Обращает на себя внимание высокое даже для пикроильменита из алмазонасных кимберлитов (почти до 2 %) содержание Cr₂O₃. К этому можно добавить, что до сих пор хром в таллиевых минералах не отмечался. Большей части входящих в исследуемый минерал элементов — Ti, Si, Fe, Al, Cr, Mg, Mn, Na, Tl, S — свойственны вполне умеренные коэффициенты вариации содержаний (30—100 %), что свидетельствует о стабильности его состава. Кроме указанных выше основных элементов, спорадически (коэффициенты вариации содержаний 200—400 %) отмечаются Zn, K, V. Судя по коэффициентам парной корреляции (табл. 6), перечисленные элементы образуют в составе таллийсодержащего титанового оксида две конкурирующие между собой ассоциации, условно хром-железо-титановую и таллий-алюминий-кремниевую. Понятно, что в настоящее время еще нет возможности для определения действительной конституции и свойств этого минерала. Однако сам факт его существования в природе в связи с мантийными минералами представляется вполне доказанным.

Таблица 5

Химический состав таллийсодержащего минерала, выявленного на поверхности пикроильменита из кимберлитовой трубки Удачной, мас. %

№ п/п	SiO ₂	TiO ₂	Al ₂ O ₃	Cr ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	MgO	MnO	ZnO	CaO	Na ₂ O	K ₂ O	Tl ₂ O	V ₂ O ₅	As ₂ O ₃	SO ₃	Сумма
1	5.67	35.02	1.84	1.86	6.69	1.97	0.29	He обн.	1.71	2.70	He обн.	3.01	He обн.	He обн.	1.72	62.70
2	6.57	34.33	3.06	1.13	6.46	He обн.	0.34	0.52	1.72	«	«	2.81	«	«	He обн.	57.15
3	5.00	35.57	1.68	0.79	5.95	«	0.31	0.59	1.59	«	«	2.77	0.54	1.26	«	56.26
4	3.59	32.09	2.36	2.10	24.57	4.87	0.49	He обн.	1.22	2.62	«	2.23	He обн.	He обн.	1.80	78.11
5	6.65	34.88	2.24	0.85	9.12	0.87	0.49	«	1.46	2.75	«	2.96	«	«	4.19	66.68
6	7.11	32.19	3.89	1.01	14.81	1.28	He обн.	«	1.28	1.84	«	2.22	«	«	2.57	68.37
7	4.80	33.90	3.10	0.80	20.05	3.57	«	«	1.12	3.09	«	2.61	«	«	4.29	77.53
8	5.25	33.09	3.07	0.64	14.66	2.21	0.62	«	1.24	3.86	«	3.25	«	«	4.12	72.25
9	4.11	33.56	0.81	0.75	10.58	1.40	0.93	«	1.03	4.83	«	2.39	«	«	7.18	67.75
10	4.94	33.22	1.46	1.00	8.18	«	0.42	«	1.40	4.48	«	4.28	«	«	5.79	65.49
11	3.98	28.59	1.09	0.60	7.16	1.05	He обн.	«	1.21	1.53	«	3.90	«	«	He обн.	49.40
12	12.28	11.78	4.46	0.53	6.93	7.64	0.29	«	0.32	He обн.	«	9.17	«	«	«	54.09
13	12.33	11.87	4.46	0.57	6.93	7.65	0.29	«	0.32	«	«	8.79	«	«	«	53.87
14	12.39	12.10	4.19	0.35	7.45	7.85	«	«	0.37	«	0.16	8.52	«	«	«	54.02
X	6.76	28.73	2.69	0.93	10.68	2.88	0.32	0.08	1.14	1.98	0.01	4.21	0.04	0.09	2.26	63.12
Sx	3.07	8.93	1.20	0.48	5.54	2.84	0.26	0.19	0.46	1.70	0.04	2.48	0.14	0.32	2.38	8.88
V _x , %	45	31	45	52	52	99	81	237	40	86	400	59	350	355	105	14

Примечание. Статистические параметры: X — среднее арифметическое, S_x — стандартное отклонение, V_x — коэффициент вариации

Таблица 6

Коэффициенты парной корреляции химических элементов в составе таллийсодержащего минерала

Si	1															
Ti	-0.91	1														
Al	0.83	-0.70	1													
Cr	-0.49	0.50	-0.30	1												
Fe	-0.41	0.30	0	0.44	1											
Tl	0.91	-0.97	0.65	-0.53	-0.44	1										
Mg	0.78	-0.89	0.73	-0.23	0	0.82	1									
Mn	-0.31	0.30	-0.42	0.18	0	-0.26	0.82	1								
Zn	0	0.29	0	0	-0.33	-0.23	-0.41	0	1							
Ca	-0.79	0.93	-0.63	0.55	0	-0.87	-0.90	0.17	0.45	1						
Na	-0.66	0.59	-0.58	0.26	0.43	-0.56	-0.43	0.54	-0.47	0.35	1					
S	-0.50	0.51	-0.46	0	0.34	-0.48	-0.40	0.58	-0.39	0.25	0.93	1				
Сумма	-0.54	0.56	0	0.48	0.86	-0.61	-0.19	0.32	-0.30	0.31	0.70	0.68	1			

Ti+Cr+Fe+Mn+Zn+Ca+Na+S+Сумма
Si+Al+Tl+Mg

Для оценки валового содержания таллия в мантийных минералах и его геохимических отношений нами была проанализированы методом ICP-MS кимберлитовые минералы из коллекции Л. А. Попугаевой (оливин, гранаты, пикроильменит), а также минералы-индикаторы кимберлитов, отобранные из некоторых речных россыпей в Северо-Восточной Якутии [24]. Полученные результаты (табл. 7) позволяют сделать следующие выводы.

Таллий установлен во всех проанализированных минералах. При этом наиболее низкие значения в пределах 50—120 мг/т обнаружили в пикроильменитах из трубки Зарница и из восточнякутских россыпей. Несколько больше (200—300 мг/т) таллия

оказалось в оливине из трубки Удачной. В гранатах содержание этого элемента скачкообразно возрастает до 1—9 г/т. Примечательно, что максимальное значение в рамках исследованной коллекции показал оранжево-красный относительно высокотитанистый гранат из трубки Удачной. Как известно, в настоящее время именно такие гранаты считаются наиболее глубинными и тесно связанными с алмазонасностью. На этом фоне резко выделяются гранаты из чешских и монгольских вулканических трубок, содержание таллия в которых не превышает 100 мг/т. Наряду с таллием в исследованных минералах в качестве элементов-примесей установлены и щелочные металлы, включая крупноионные K и Rb. Как уже отмечалось выше, именно эти элементы в условиях земной коры считаются геохимически наиболее близкими к таллию. В нашем случае корреляционный анализ показал, что между щелочными металлами (Li, Na, K, Rb, Cs) в мантийных минералах действительно существует сильная прямая связь ($r = 0.52—0.99$), но таллий ни с одним из этих элементов не коррелируется.

Полученные данные о содержании таллия в мантийных минералах значительно превышают его кларк для земной коры [25, 26], приближаясь к концентрациям таллия в коровых редкометальных гранитоидах, пегматитах и метасоматитах [27]. Однако в отличие от коровых пород и минералов в исследованных нами мантийных минералах пропорции между щелочными металами и таллием оказались сильно сдвинутыми в пользу последнего. Так, по отношению к **калию** исследованные нами минералы оказались обогащенными таллием в сравнении с породами и минералами в земной коре в 2—360 раз. Тренд возрастания степени этого обогащения имеет следующий вид: *гранаты из чешских и монгольской вулканических трубок < гранат и ильменит из североякутских россыпей < ильменит из кимберлитовой трубки Зарница < оливин из якутских кимберлитов < гранаты из якутских кимберлитов << гранат из высокоалмазонасной кимберлитовой трубки Удачной*. По отношению к **рубидию** те же мантийные минералы оказались обогащенными таллием в 4—830 раз. В этом случае тренд возрастания степени обогащения имеет вид: *гранат из чешской вулканической трубки < гранат из монгольской вулканической трубки < ильменит из кимберлитовой трубки Зарница < гранат и ильменит из североякутских россыпей < оливин из якутских кимберлитов < гранаты из якутских кимберлитов << гранат из высокоалмазонасной кимберлитовой трубки Удачной*. Наконец, по отношению к **цезию** выявляется наиболее значительное, в 6—1230 раз относительное обогащение таллием. Соответствующий тренд определяется следующим образом: *гранат из чешской вулканической трубки < ильменит из кимберлитовой трубки Зарница < гранат из монгольской вулканической трубки < гранат и ильменит из североякутских россыпей << гранаты из якутских алмазонасных кимберлитов < гранат из кимберлитовой трубки Удачной*.

Таким образом, получается, что в координатах таллиевых модулей K/Tl и Rb/Tl, точки состава горных пород и минералов корового и мантийного происхождений контрастно обособляются в полном соответствии с системным относительным обогащением последних таллием (рис. 3). При этом в поле состава коровых пород и минералов, сильно обедненных таллием относительно щелочных элементов, реализуются две геохимические тенденции: I — умеренная для обычных магматитов и метаморфитов; II — аномальная для магматитов и пегматитов с редкометальным оруденением. Для исследованных нами мантийных минералов, обогащенных таллием относительно щелочных металлов также устанавливается сильная, практически линейная прямая корреляция таллиевых модулей. Обнаруживается также, что распределение точек состава минералов по линии регрессии носит вполне закономерный характер, отражая сильную тенденцию к снижению степени относительного обогащения таллием в направлении: *гранаты и оливин из высокоалмазонасной кимберлитовой трубки Удачной > пикроильменит из среднеалмазонасной кимберлитовой трубки Зарница > гранат и пикроильменит из россыпей Северо-Восточной Якутии > гранат из чешской и монгольской вулканических трубок*.

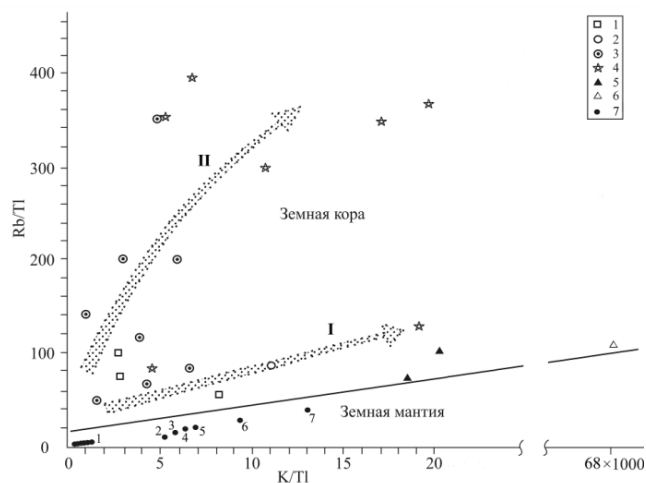


Рис. 3. Распределение коровых и мантийных производных в координатах таллиевых модулей: 1 — зеленые сланцы, пара- и ортоамфиболиты; 2 — гранитоиды; 3 — пегматиты; 4 — минералы (микроклин, мусковит) и минеральные концентраты из пегматитов (кварц-турмалиновый, кварц-мусковитовый); 5 — глубоководные глины и карбонаты; 6 — кларк карбонатных пород в земной коре; 7 — минералы мантийного происхождения (1 — гранаты и оливин из якутских алмазонасных кимберлитов; 2, 4 — пикроильменит из трубки Зарница; 3, 5 — соответственно пикроильменит и гранат из россыпей в Северо-Восточной Якутии; 6, 7 — гранаты соответственно из монгольской и чешской вулканических трубок. Источники данных: 1—4 по [27]; 5 — по [28]; 6 — по [25]; 7 — результаты настоящего исследования. Стрелками показаны геохимические тренды для обычных пород (I) и пород с редкометалльным оруденением (II)

Особенно отчетливо закономерный характер тренда относительной таллиевости мантийных минералов виден на более детальной диаграмме (рис. 4). Из этой диаграммы следует, что снижение степени относительного обогащения таллием мантийных минералов происходит не только в направлении от высокоалмазонасных кимберлитовых трубок к среднеалмазонасным и далее к россыпям и вулканическим трубкам, но и в ряду самих мантийных минералов — от гранатов к оливину и далее к пикроильмениту. Не исключено, что последний тренд отражает факт неполной генетической тождественности этих мантийных минералов и, следовательно, указывает на разную степень их информативности в отношении алмазонасности кимберлитов.

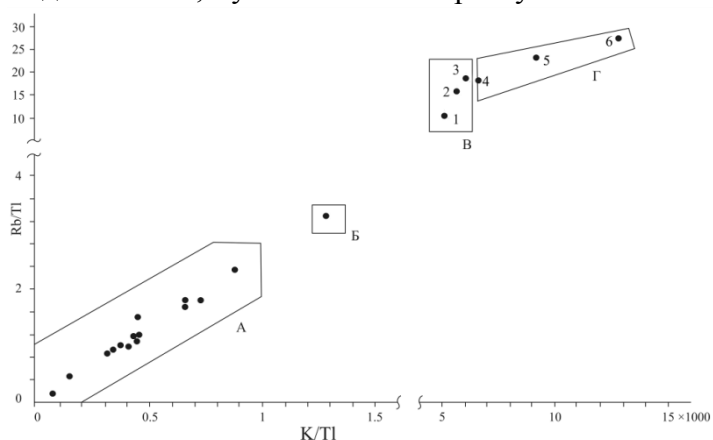


Рис. 4. Распределение мантийных минералов в координатах таллиевых модулей: А, Б — соответственно гранаты и оливин из якутских алмазонасных кимберлитов; В — пикроильмениты из трубки Зарница (1, 3) и из россыпей в Северо-Восточной Якутии (2); Г — гранаты из россыпей в Северо-Восточной Якутии (4) и из монгольской (5) и чешской (6) вулканических трубок

Таким образом, проведенные исследования минералов из коллекции Л. А. Попугаевой указали на существенную и генетически важную примесь в них таллия. В настоящее время, разумеется, еще рано делать далеко идущие выводы. Однако не исключено, что в данном случае мы действительно имеем указание на перспективу получить не только новый геохимический индикатор мантийных горных пород и минералов, но и неизвестный ранее минералого-геохимический критерий размежевания алмазонасных магматитов по степени их продуктивности.

ЛИТЕРАТУРА

1. Силаев В. И., Шанина С. Н., Петровский В. А., Плоскова С. И. Минералогическая коллекция Л. А. Попугаевой как культурно-исторический феномен и актуальный объект исследований // Вестник Института геологии Коми НЦ УрО РАН, 2009. № 1. С. 13—21.

2. Илупин И. П., Каминский Ф. В., Францессон Е. В. Геохимия кимберлитов. М.: Недра, 1978. 352 с.
3. Костровицкий С. И. Геохимические особенности минералов кимберлитов. Новосибирск: Наука, 1986. 263 с.
4. Костровицкий С. И., Алымова Н. В., Яковлев Д. А. и др. Петрохимия кимберлитов и родственных пород Прианабарья (Якутия) // Геология алмазов — настоящее и будущее. Воронеж: Изд-во Воронежского ун-та, 2005. С. 514—515.
5. Василенко В. Б., Зинчук Н. Н., Кузнецова Л. Г. и др. Петрохимия и алмазоносность кимберлитов Якутии // Доклады АН, 1994. Т. 338. № 1. С. 85—88.
6. Василенко В. Б., Зинчук Н. Н., Кузнецова Л. Г. и др. Химизм и алмазоносность кимберлитов Якутии // Геология и геофизика, 1995. Т. 36. № 9. С. 66—74.
7. Василенко В. Б., Зинчук Н. Н., Красавчиков В. О. и др. Критерии петрохимической идентификации кимберлитов // Геология и геофизика, 2000. Т. 41. № 12. С. 1748—1759.
8. Василенко В. Б., Зинчук Н. Н., Кузнецова Л. Г., Минин В. А. Редкие земли и другие малые и летучие элементы в свете структурных особенностей кимберлитов и их алмазоносности (на примере трубки Айхал) // Геология алмазов — настоящее и будущее. Воронеж: Изд-во Воронежского ун-та, 2005. С. 743—752.
9. Кременецкий А. А., Карась С. А., Толстов А. В. Технология прогнозно-поисковых геохимических работ на алмазы (на примере Накынского поля, Якутия) // Эффективность прогнозирования и поисков месторождений алмаза: Материалы конференции, посвященной 50-летию открытия первой алмазоносной трубки Зарница. СПб, 2004. С. 187—190.
10. Симоненко В. И., Толстов А. В., Васильева В. И. Новый подход к геохимическим поискам кимберлитов на закрытых территориях // Разведка и охрана недр, 2008. № 4—5. С. 108—112.
11. Иванов В. В., Волгин Ю. В., Краснов А. А., Лизунов П. В. Таллий. М.: Изд-во АН СССР, 1960.
12. Киндяков П. С., Плющев В. Е., Степина В. Е. и др. Химия редких и рассеянных элементов. М.: Высшая школа, 1965. Т. 1. С. 99—114.
13. Люль А. Ю., Лаврентьева З. А., Колесов Г. М. Оценка степени влияния тяжелых жидкостей на элементный состав минеральных фракций хондритов при нейтронно-активационном анализе // Вестник Отделения наук о Земле РАН, 2003. № 1 (21) URL: http://www.scgis.ru/russian/cp1251/h_dgggms/1-2003/informbul-1/planet-14.pdf
14. Геншафт Ю. С., Илупин И. П., Кулинин В. М., Витоженец Г. Ч. Типоморфизм ильменита глубинных магматических пород // Состав и свойства глубинных пород земной коры и верхней мантии. М.: Изд-во Института физики Земли АН СССР, 1983. С. 95—190.
15. Родионов А. С., Похиленко Н. П., Соболев Н. В. Сравнительная характеристика главных минералов концентрата двух разновидностей кимберлита трубки Дальняя // Геология и геофизика, 1984. № 5—6. С. 38—49.
16. Хмельков А. М. Особенности состава ильменита из кимберлитов и конвергентных им пород // Геология алмазов — настоящее и будущее. Воронеж: ВГУ, 2005. С. 721—724.
17. Гаранин В. К., Кудрявцева Г. П., Посухова Т. В., Сошкина Л. Т. Комплексное изучение минералов-спутников алмаза // Советская геология, 1984. № 11. С. 96—108.
18. Гаранин В. К., Кудрявцева Г. П., Сошкина Л. Т. Генезис ильменита из кимберлитов // Доклады АН СССР, 1983. № 272. Т. 5. С. 1190—1195.
19. Гаранин В. К., Кудрявцева Г. П., Сошкина Л. Т. Ильменит из кимберлитов. М.: Изд-во МГУ, 1984. 240 с.
20. Силаев В. И., Тарских О. В., Сухарев А. Е., Филиппов В. Н. Келифитизация мантийного пикроильменита на примере алмазоносной трубки Зарница // Вестник Института геологии Коми НЦ УрО РАН, 2008₁. № 5. С. 5—10.

21. *Силаев В. И., Шабалин В. Н., Голубева И. И. и др.* О цинксодержащих и цинкистых хромшпинелидах Тимано-Уральского региона // Вестник Института геологии Коми НЦ УрО РАН, 2008. № 8. С. 6—16.
22. *Meyer H. O. A., Boyd F. R.* Composition and origin of crystalline inclusions in natural diamonds // *Geochim. Cosmohim. Acta*, 1972. V. 36. P. 1255—1273.
23. *Tappert R., Stachel T., Harris J. W., Brey G. P.* Composition of mineral inclusions from Brazilian diamonds // *Gas-MAC abstract volume*, Saskatoon, 2002. P. 116.
24. *Коваль А. Ю., Макеев Б. А.* Минералы-индикаторы алмазоносного магматизма из шлиховых потоков нижнего течения р. Оленёк (северо-восток Якутии) // Вестник Института геологии Коми НЦ УрО РАН, 2009. № 6. С. 7—13.
25. *Войткевич Г. В., Кокин А. В., Мирошников А. Е., Прохоров В. Г.* Справочник по геохимии. М.: Недра, 1990. 480 с.
26. *Тейлор С. Р., Мак-Леннан С. М.* Континентальная кора, ее состав и эволюция. М.: Мир, 1988. 384 с.
27. *Слепнев Ю. С.* Соотношение таллия с рубидием, цезием и калием в метаморфических породах, гранитах и редкометальных пегматитах Саян // *Геохимия*, 1961. № 4. С. 359—361.
28. *Склярёв Е. В., Гладкочуб Д. П., Донская Т. В. и др.* Интерпретация геохимических данных: Учебное пособие. М.: Интернет Инжиниринг, 2001. 288 с.