

И. П. ИЛУПИН, Г. А. ПОНОМАРЕНКО, В. П. СЕРЕНКО

ЖЕЛЕЗИСТОСТЬ ОЛИВИНА ИЗ КИМБЕРЛИТОВ ЯКУТИИ

Оливин является главным породообразующим минералом кимберлитов и большинства типов глубинных включений ультраосновного состава — наиболее распространенных среди включений в кимберлитах, относимых к подкорovým.

В кимберлитах выделяются два морфологических типа кристаллов оливина, которые обычно рассматриваются в качестве генераций [4, 11, 16]. По мнению большинства исследователей, оливины второй (по В. А. Милашеву — третьей) генерации кристаллизуются из кимберлитового расплава; они мелки (десятые доли миллиметра), нередко идиоморфны, короткопризматического габитуса с хорошо развитыми гранями призм $\{110\}$, $\{120\}$, $\{021\}$, $\{101\}$, пинакоидов $\{010\}$ и $\{001\}$, дипирамиды $\{111\}$ [1]. О происхождении крупных кристаллов, которые образуют овальные или неправильные монокристалльные желваки (нодулы), нет единого мнения: по Г. И. Смирнову [14], это — оливин первой генерации, по Н. Н. Сарсадских с соавторами [13] — ксенокристаллы.

В настоящей статье рассмотрены результаты массовых определений светопреломления и определенной по нему железистости оливина 1-й генерации из кимберлитов Якутии (оливин 2-й генерации изучен только в трубке Удачная-Восточная); обобщение этих данных позволяет более обоснованно подойти к решению проблемы генезиса оливинов в кимберлитах.

Методика. В ходе исследований измерен показатель преломления n_g более 1000 зерен оливина 1-й генерации из кимберлитов разных полей Якутской провинции. Наиболее детально изучены оливины Алакитского, Далдынского и Мунского полей (соответственно 6, 7 и 4 объекта). Зерна оливина для измерений отбирали (за одним исключением) непосредственно из штуфов, в большинстве случаев вся серия изученных зерен отобрана из одного образца. При отборе фиксировались размер зерен, степень серпентинизации оливина, наличие включений.

Показатель преломления n_g измерялся в иммерсионных жидкостях на плоском столике. Светопреломление жидкостей систематически проверялось при 20° с помощью рефрактометров ИРФ-22 и ИРФ-23. Температура в рабочем помещении измерялась в ходе работы, и при отклонении температуры от 20° вносились соответствующие поправки. Изученные зерна (за редчайшими исключениями) не обладают спайностью, в иммерсионных препаратах видны остроугольные обломки, среди которых легко выбрать частицы с максимальным двупреломлением, и по нескольким обломкам найти (по линии Бекке) максимальное значение n'_g , которое и принимается за величину n_g для данного зерна.

Для ряда зерен были измерены два показателя преломления — n_g и n_p . У оливина 1-й генерации из трубки Удачная-Восточная (скв. 203, глуб. 460 м) из 50 измеренных зерен величина двупреломления $n_g - n_p$ оказалась в 15 случаях равной 0,034; в 27 случаях — 0,035; в 8 случаях — 0,036. Это практически равно двупреломлению оливина, указан-

ному в минералогических справочниках — 0,035 для Fo_{100} и 0,038 для $Fo_{80} Fa_{20}$ [6, 12]. Таким образом, мы вправе считать, что точность наших измерений не уступает обычно принимаемой при работе с плоским столиком — $\pm 0,002$, что является достаточным для приводимых ниже сопоставлений и выводов.

Результаты измерения были нанесены на графики и гистограммы; наиболее интересные случаи показаны на рисунках. Интервалы для гистограмм были приняты: более 1,676 до 1,680 (включительно); более 1,680 до 1,684 и т. д.

В ряде построений мы использовали средний показатель преломления для данной трубки (блока), вычислившийся как среднее арифметическое из отдельных измерений. При расчете коэффициентов корреляции (железистость оливина — состав кимберлита) мы определяли железистость оливина по среднему светопреломлению, исходя из линейной зависимости между этими величинами; n_g для чистого форстерита принимался равным 1,670, для состава $Fo_{80} Fa_{20}$ — 1,712 [6]. Отсюда формула для расчета содержания фаялитового компонента в оливине:

$$Fa = \frac{n_g - 1,670}{0,0021}$$

Распределение светопреломления в пределах одного зерна. Для некоторых крупных желваков оливина мы изучили по несколько зерен, отобранных в центре и по периметру желвака. Во вкрапленнике размером 16×11 мм из трубки Магнитная (Мунское поле) во всех 5 точках n_g оказался равным 1,682; в другом желваке размером 24×12 мм обнаружить разницу также не удалось (во всех 5 точках — 1,683). Слабая неоднородность найдена в оливиновых вкрапленниках из трубки Дружба Алакитского поля: в желваке размером $14,5 \times 10$ мм два зерна, отобранных в противоположных точках (вдоль длинной оси), показали n_g 1,686 и 1,687; в другом, весьма крупном (57×36 мм) желваке зерна были отобраны из 5 точек, в трех из них n_g оказался равным 1,691, в двух остальных — 1,694. Видимо, здесь мы встречаемся с реальной неоднородностью крупного зерна, поскольку замеры выполнялись тщательно и в течение короткого промежутка времени.

Аналогичную картину обнаружили Митчелл и Фритц [17] для «фенокристов» оливина из кимберлитов о-ва Сомерсет (Канада): в одних случаях центр и периферия не различаются по составу, в других — разница доходит до 2,4% Fo ; периферические части, как правило, более железистые.

Распределение светопреломления для отдельных образцов и для всей совокупности измерений. Характер распределения светопреломления оливина различается для разных объектов. Наиболее узкие пределы колебаний обнаружил оливин из трубки Руслвая Куойского поля: все 47 измерений оказались в пределах 1,682—1,686. Сравнительно узкие пределы установлены для трубки Заполярная — n_g 49 зерен (из 52 измеренных) находится в интервале 1,680—1,688. Для большинства других трубок разброс значений обычно больше, причем вариации иногда обнаруживаются даже при незначительном числе измерений: так, для Удачной-Западной было измерено всего 12 зерен, показавших предел колебаний от 1,680 до 1,698.

Большинство гистограмм — одновершинные, обычно с постепенным уменьшением числа наблюдений в сторону высоких значений железистости. Но в нескольких случаях (Мир; Удачная-Восточная, скв. 203, глубина 460 м; Майская, Баргыдамалах) установлен сложный (бимодальный) характер гистограммы. Наиболее четко эта особенность про-

Таблица 1
Распределение n_g зерен оливина для отдельных кимберлитовых полей Якутии

Кимберлитовое поле (район, трубка). В скобках—число измерений	Интервалы значений									
	более 1,676 до 1,680	более 1,680 до 1,684	более 1,684 до 1,688	более 1,688 до 1,692	более 1,692 до 1,696	более 1,696 до 1,700	более 1,700 до 1,704	более 1,704 до 1,708	более 1,708 до 1,712	более 1,712 до 1,716
Трубка Мир (50)	1	14	23	9	—	2	1	—	—	—
Алакитское поле (287)	13	78	101	50	27	17	1	—	—	—
Далдынское поле (238)	12	79	92	39	15	1	—	—	—	—
Мунское поле (207)	2	33	116	41	5	3	2	4	1	—
Куойское и Луча- канское поля, Куо- напский район (230)	—	60	74	47	13	8	17	4	1	6
Все измерения (1012)	28	264	406	186	60	31	21	8	2	6

явилась для трубок Искорка и Новинка; здесь двuverшинность едва ли можно объяснить ошибками измерений.

Распределение величины n_g по интервалам для отдельных кимберлитовых полей и для всех измерений показано в табл. 1. Для кимберлитовых полей северной части Якутской провинции характерно в общем смещение в область высоких значений n_g , что хорошо согласуется с неоднократно отмечавшейся повышенной железистостью самих кимберлитов этих территорий.

В целом для изученной совокупности оливинов гистограмма распределения светопреломления имеет асимметричный характер с более короткой левой ветвью и растянутой правой. Ранее В. В. Ковальский [9] по данным 198 измерений построил кривую, в левой части которой располагалось 56,1% всех изученных зерен, в правой — 17,1. По нашим данным, количество измерений, находящихся (при выбранных нами границах интервалов) слева от модального интервала, практически равно числу измерений, располагающихся справа от него — соответственно 292 и 314.

Двuverшинность распределения, установленная для ряда образцов, хорошо согласуется с общими представлениями о неоднородности присутствующей в кимберлитах массы вкрапленников оливина: вполне вероятно, что этот оливин поступает из разных источников или образуется в ходе различных процессов.

Железистость оливинов по светопреломлению и по данным химического анализа. По химическому составу оливины кимберлитов относятся к изоморфному ряду форстерит—фаялит, с незначительными примесями других компонентов. Согласно литературным данным, оливины кимберлитов содержат 5—18% Fa [4, 5, 11, 13].

Для определения компонентного состава оливинов наиболее просто и достаточно надежно использовать показатель преломления n_g . Однако В. В. Ковальский [9] отметил постоянные расхождения между железистостью оливина, определенной по оптическим замерам, и железистостью, полученной при пересчете результатов химических анализов; была составлена таблица соответствующих поправок (там же, стр. 101, табл. 21), достигающих 3,7% фаялитового компонента.

Нами были измерены показатели преломления нескольких образцов оливина, проанализированных опытными аналитиками. Для каждого образца иммерсионные препараты изучались трижды в разные дни, что-

бы свести к минимуму случайные ошибки. Железистость, полученная по этим измерениям, мало отличается от железистости, вычисленной по данным химиков (табл. 2).

Таблица 2
Химический состав и показатели преломления оливина из кимберлитов Якутии

Окисел	P-562	P-721	P-902
SiO ₂	39,86	40,62	40,18
TiO ₂	0,09	0,10	0,08
Fe ₂ O ₃	0,70	1,01	0,80
FeO	9,74	6,69	6,72
MnO	0,08	0,10	0,08
NiO	0,28	0,28	0,34
MgO	48,48	50,60	50,80
Na ₂ O	0,065	0,031	0,031
K ₂ O	0,066	0,051	0,028
H ₂ O ⁺	0,33	0,30	0,37
Сумма	99,691	99,782	99,429
n_g	1,692	1,685	1,686
n_p	1,657	1,648	1,650
$n_g - n_p$	0,035	0,037	0,036
Содержание фаялитового компонента, мол. %			
1. По данным химического анализа	10,7	7,8	7,6
2. По величине n_g	10,5	7,2	7,6
3. По величине n_p	11,3	6,7	7,7

Примечание. Анализы выполнены микрометодом Л. С. Абрамовой, щелочи — фотометрической пламени Е. Л. Бородиной. Во всех образцах не обнаружены Al₂O₃, CaO, Cr₂O₃, H₂O⁻. Образцы из материала авторов; оливин прозрачен, легко отделяется от корочек серпентина.

Светопреломление крупных и мелких кристаллов оливина (1-й и 2-й генераций). Мелкие зерна оливина (2-я генерация, по Г. И. Смирнову) как правило изменены, но изредка встречаются реликты свежего минерала. Оптические свойства мелких «фенокристаллов» оливина из трубок Веселая, Искорка (Алакитское поле), Дальняя и Удачная-Восточная (Далдынское поле) изучили В. А. Благулькина с соавторами [2]. Эти исследователи отмечают, что показатели преломления оливина мелких «фенокристаллов» и крупных неправильных зерен (1-я генерация в понимании Г. И. Смирнова) для каждой трубки близки, иногда совпадают или характеризуются меньшими величинами для «фенокристаллов».

Нами измерены показатели преломления 30 идиоморфных зерен оливина (2-й генерации) размером от 1,1×0,5 до 0,4×0,2 мм из трубки Удачная-Восточная (скв. 203, глуб. 460 м) — из участка, где оливин практически не подвергся серпентинизации. Величина n_g колеблется в ничтожных пределах — от 1,686 до 1,688 (среднее арифметическое из 30—1,6868).

Крупные овальные желваки оливина 1-й генерации из этого же образца (размером от 8,8×5,5 до 2,5×1,0 мм) показали значительно больший разброс значений n_g : от 1,678 до 1,695 (среднее арифметическое из 50—1,6845). В данном случае оливин 2-й генерации в среднем

более железист, чем оливин вкрапленников 1-й генерации. Более постоянная и более высокая железистость оливина основной массы, по сравнению с оливином крупных выделений (называемых здесь «фенокристаллами») отмечена также для кимберлитов о-ва Сомерсет [17]. Различия в колебаниях железистости представляются вполне закономерными, так как оливин 2-й генерации в отличие от оливина вкрапленников, кристаллизовался при более или менее постоянных условиях.

Строго говоря, для оливина 2-й генерации условия образования не были идеально стабильными. В. А. Благулькина с соавторами [2] дает для оливина мелких «фенокристаллов» трубки Веселая колебания n_g от 1,686 до 1,689 (12 замеров), для Удачной-Восточной — от 1,682 до 1,686 (7 замеров). Митчелл и Фритц приводят колебание молекулярного процента форстерита для оливина основной массы (для центральных частей зерен) — от 88 до 91 (по 26 зернам); кроме того, для 5 зерен с помощью микрозонда ими установлена зональность — слабая для железа, отчетливая для никеля: процент никелевой молекулы в ядрах зерен — от 0,30 до 0,49; в краевых частях тех же зерен — от 0,14 до 0,28.

Показатели преломления оливина разной окраски. В некоторых кимберлитовых трубках Якутии оливин вкрапленников довольно четко разделяется по цвету на зеленую (травяно-зеленую) и буровато-зеленую (оливково-зеленую) разновидности [3].

Е. В. Францессон [15] для оливина из трубки Мир отметила повышенное светопреломление оливково-зеленого оливина по сравнению со светло-зеленым. Та же зависимость получена нами для оливина трубок Удачная и Новинка. Проведенное ранее детальное изучение оливина из элювия трубки Удачная-Восточная показало, что зерна оливина одинаковой интенсивности окраски обнаруживают одинаковое или близкое светопреломление, независимо от оттенка окраски (зеленый или бурый). Но в группе зеленых зерен чаще встречаются светлоокрашенные, а в группе бурых преобладают темноокрашенные, поэтому отмеченная закономерность (повышенная в среднем железистость бурых зерен) сохраняется.

Светопреломление и степень серпентинизации. Обнаружена довольно четкая зависимость: наиболее железистые оливины (более 10% фаялитовой молекулы) серпентинизируются более интенсивно, чем магнезиальные. Эта закономерность показана на рис. 1 для двух объектов — трубки Искорка и трубки Новинка, где обе сравниваемые характеристики варьируют в значительных пределах. Отсюда следует, что соотношение реликтов оливина разной железистости может заметно отличаться от соотношения, существовавшего до серпентинизации.

Исходное (по серпентинизации) соотношение «высоко-» и «низко-железистого» оливина в разных трубках было различным. Так, в некоторых трубках Куойского поля (Русловая), несмотря на очень слабую степень серпентинизации, практически отсутствует оливин бурозеленых тонов. С другой стороны, в трубке Мир, где реликты оливина обнаружены лишь в отдельных блоках и в небольших количествах, бурозеленая разновидность составляет почти половину среди всех зерен оливина, т. е. бурый оливин не исчез при далеко зашедшей серпентинизации.

Светопреломление оливина, содержащего включения. Для таких желваков также обнаружена четкая закономерность: оливины с включениями в каждой изученной выборке тяготеют к наименее железистой группе. Данные по образцам, где оливины с включениями наиболее обильны, показаны на рис. 2. Не составляют исключения и другие образцы, где встречены единичные оливины с включениями: среди наиболее магнезиальных оказались оливин с включением фиолетово-красного пиропса из трубки Мир, оливин с фиолетово-красным

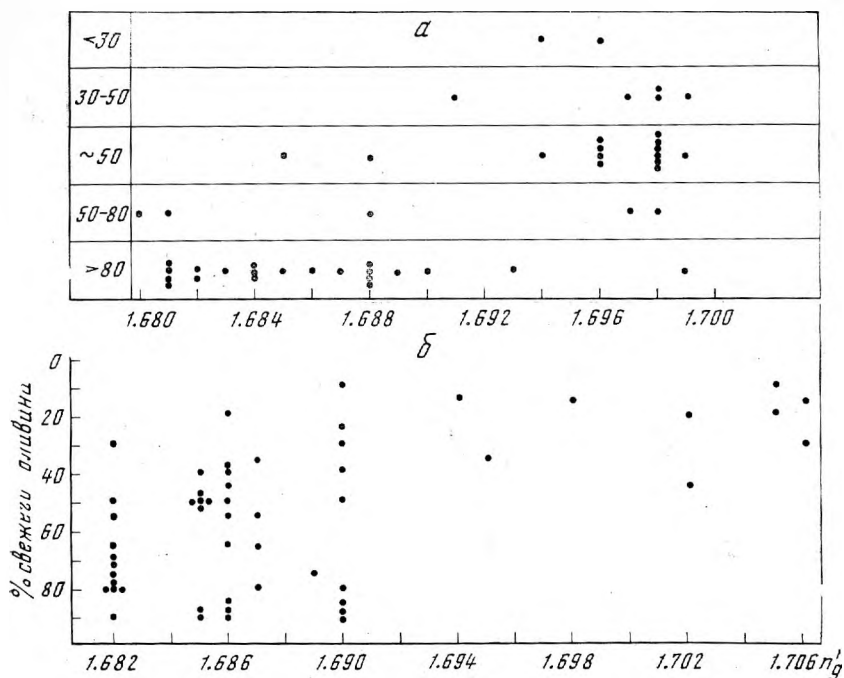


Рис. 1. Зависимость степени серпентинизации оливина от его железистости

а — трубка Искорка, ш. 31а, 47 измерений (по степени замещения оливин разбит на 5 групп); б — трубка Новинка, линия 8, ш. 3, 53 измерения (степень замещения определялась для каждого зерна)

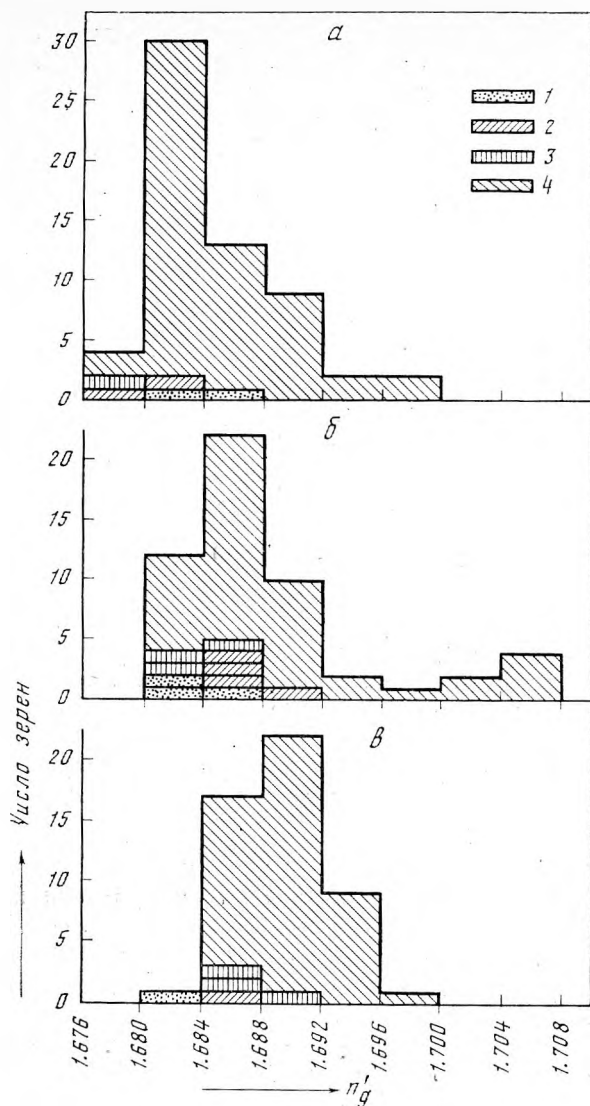
пиропом и оливин с черной хромовой шпинелью из трубки Дружба, два зерна с включением изумрудно-зеленого хромового клинопироксена из трубки Удачная-Восточная (скв. 203, глуб. 460 м), желвак с включением красного пироба из трубки Дальняя (брекчия, ш.15). Среди относительно маложелезистых находится и оливин с включением хромового клинопироксена из Искорки.

С точки зрения магматической кристаллизации оливина, найденная закономерность хорошо согласуется с представлением о закономерном увеличении железистости протовыделений оливина в ходе кристаллизации и о том, что минералы «хромовой» ассоциации выделялись из магмы одними из первых, и потому могут находиться в виде включений преимущественно в наиболее ранних (наиболее магнезиальных) оливиновых вкрапленниках.

Если исходить из гипотезы дробления мантийных пород (обломками которых являются крупные выделения оливина), то следует сделать вывод о заметном различии между оливинами более железистых разностей (пород) и оливинами более магнезиальных ассоциаций: первые практически лишены включений.

Железистость оливина и химический состав кимберлита. Одним из наиболее интересных результатов, полученных при обработке массовых замеров светопреломления оливина, мы считаем установление определенной зависимости между железистостью оливина (вычисленной по среднему показателю преломления данной выборки) и особенностями химического состава кимберлита.

Химический анализ кимберлита выполнялся (как правило) для того же штуфа, из которого отбирались зерна оливина. Для трубки Удачная-Западная (оливин отбирался из дробленных проб) и для трубки Геофизическая (оливин выбран из нескольких образцов) взяты средние арифме-



**Рис. 2. Пониженное светопре-
ломление зерен оливина, содер-
жащих включения**

- а — трубка Маршрутная, ш. 2 (пор-
фировая разность), 60 измере-
ний;
б — трубка Новинка, линия 8, ш. 3,
53 измерения;
в — трубка Второгодница, 50 изме-
рений
1 — зерна оливина с включениями
пирропа,
2 — то же с включениями хромо-
вого клинопироксена,
3 — то же с включениями хромовой
шпиннели,
4 — зерна оливина, в которых вклю-
чения не обнаружены

тические из имеющихся анализов кимберлитов. Данные по изученным объектам сведены в табл. 3, коэффициенты корреляции — в табл. 4.

Ранее А. А. Панкратовым были выполнены массовые измерения n_g оливина из 7 кимберлитовых трубок Якутии. Одним из авторов были вычислены коэффициенты корреляции между средним значением n_g оливина и особенностями химического состава (Fe и Mg/Fe) кимберлита, которые приведены в табл. 4; для кимберлита при расчетах были приняты средние значения по имеющимся к тому времени анализам [7]. Из-за малого числа наблюдений (тубок) эти коэффициенты оказались незначимыми при 5%-ном уровне. Почти все вычисленные нами коэффициенты (кроме $\text{Ca—FeO}'$ для выборок из 13 и из 20 объектов) значимы при 5%-ном уровне, а коэффициенты $\text{Ca—MgO/FeO}'$ и Ca—TiO_2 для 21 и для 23 объектов значимы при 1%-ном уровне.¹

Помимо содержания суммарного железа в кимберлитах, использовано отношение $\text{MgO/FeO}'$, поскольку ранее [7] было показано, что эта ве-

¹ FeO' здесь означает сумму FeO и Fe_2O_3 , которое переведено в FeO; иными словами, $\text{FeO}' = \text{FeO} + 0,9 \times \text{Fe}_2\text{O}_3$ (все в весовых процентах).

Таблица 3

Железистость оливина и особенности химического состава кимберлита

Трубка, разновидность кимберлита, № шурфа (линии)	Оливин			Кимберлит		
	Число зерен	n_g (средн-арифм.)	Fe, мол. %	FeO', вес. %	MgO/FeO'	TiO ₂ , вес. %
Мир	50	1,68694	8,07	7,36	4,08	0,89
Алакитское поле						
Дружба, ш. 9	50	1,6876	8,38	8,53	3,98	2,00
Снежинка, ш. 2	49	1,68853	8,83	8,45	4,06	1,79
Коллективная, ш. 1	50	1,68294	6,16	3,31	6,50	0,09
Искорка, ш. 31а	47	1,6906	9,81	11,59	1,82	3,56
Маршрутная, ш. 2	60	1,68513	7,21	9,63	3,19	2,55
Талисман, ш. 382	31	1,6884	8,76	7,00	4,30	1,65
Далдынское поле						
Дальняя — порфиновый кимберлит, ш. 10	43	1,68598	7,61	8,80	3,63	2,34
Дальняя — брекчия, ш. 15	32	1,68594	7,60	7,27	4,05	2,02
Геофизическая — порфиновый кимберлит	23	1,68895	9,02	9,87	3,19	1,99
Зимняя, ш. 2	48	1,68605	7,65	4,71	5,62	1,14
Удачная-Западная	12	1,68733	8,26	5,30	4,81	0,73
Удачная-Восточная, скв. 217, гл. 20 м	30	1,68537	7,31	7,64	4,34	1,20
Удачная-Восточная, скв. 203, гл. 460 м	50	1,68454	6,93	9,51	3,91	1,60
Мунское (Верхне-Мунское) поле						
Новинка, линия 8, ш. 3	53	1,68837	8,75	6,28	5,60	1,53
Магнитная, ш. 4	50	1,68746	8,31	8,17	3,60	1,79
325 лет Якутии, линия 3, ш. 4	52	1,68815	8,65	5,64	4,96	1,13
Заполярная, линия 4, ш. 2	52	1,6856	7,43	6,58	5,44	1,42
Лучаканское поле						
Отрицательная, ш. 14060]	50	1,6848	7,05	8,28	3,56	1,83
Куонапский район						
Майская, ш. 5311	52	1,68994	9,50	9,96	2,64	2,90
Баргыдамалах, ш. 1371	31	1,7042	16,3	11,06	1,84	3,55
Куойское поле						
Русловая	47	1,68334	6,35	7,01	5,42	0,31
Второгодница	50	1,6901	9,56	7,02	3,98	0,87

Примечание n_g для каждого объекта вычислялось как среднее из всех измерений; вычисление сделано с точностью 4—5 знаков после запятой. FeO' — общее железо (см. примечание в тексте).

личина закономерно связана с особенностями состава других глубинных минералов кимберлитов — ильменита и оранжево-красного пироба. Используются также данные для титана, так как титан в кимберлитах обнаруживает прямую связь с общим железом ([10] рис. 29). Кимберлиты Куойского поля по соотношению титана и железа заметно отличаются от кимберлитов других полей Якутии ([8], рис. 4), поэтому коэффициенты корреляции были подсчитаны отдельно — без трубок Куойского поля и с ними. В одной из выборок исключена трубка Баргыдамалах, где оливин оказался исключительно высокожелезистым (см. табл. 3).

Таблица 4
Коэффициенты парной корреляции

Выборки	Число объектов	Сопоставляемые величины		
		Fa оливина— FeO' кимберлита	Fa оливина— MgO/FeO' кимберлита	Fa оливина— TiO ₂ кимберлита
Кимберлитовые трубки Алакитского и Далдынского полей	13	+0,529	-0,642*	+0,596*
Все объекты, кроме трубки Баргыдамалах и трубок Куойского поля	20	+0,442	-0,503*	+0,541*
Все объекты, кроме трубок Куойского поля	21	+0,499*	-0,585**	+0,633**
Все объекты	23	+0,488*	-0,606**	+0,612**

Ранее подсчитанные значения коэффициентов [7]

		<i>n</i> g оливина— Fe кимберлита	<i>n</i> g оливина— Mg:Fe кимберлита
Кимберлитовые трубки Якутии	7	+0,58	-0,66

Примечание. * Коэффициенты, значимые при 5%-ном уровне; ** значимые при 1%-ном уровне.

То, что корреляция между химизмом оливина и химизмом вмещающего кимберлита отличается от идеальной, объясняется рядом причин. Очевидно, не весь оливин связан генетически со связующей массой; какая-то его часть образуется при дроблении глубинных включений. Двухвершинные гистограммы светопреломления оливина, упоминавшиеся выше, могут означать, что часть оливина тесно связана с самой породой (со связующей массой), а другая часть является ксеногенной. Вероятно, «ксеногенный» оливин находится в подчиненном количестве, иначе мы не получили бы значимой корреляции.

Кроме того, большое значение имеют вторичные процессы, проявляющиеся после формирования кимберлитовой трубки и приводящие к некоторому перераспределению вещества. Прежде всего это касается железа: неправильные гнездообразные скопления мелкозернистого магнетита, частично лимонитизированного, широко развиты в ряде кимберлитовых тел, особенно в Алакитском, Далдынском и Мунском кимберлитовых полях [4]. Эти магнетитовые гнезда появляются в породе в результате гидротермальной переработки вслед за образованием трубки. В результате железо распределено неравномерно, и очень трудно объективно оценить долю гнездообразного магнетита, которая должна войти в пробу, направляемую на химический анализ. Неравномерность распределения железа резко проявилась, например, в образце кимберлита из трубки Заполярная (линия 4, шурф 2), где присутствуют магнетитовые гнезда; две пробы кимберлита, отобранные и проанализированные в разное время, показали 5,65% и 7,51% FeO'. Здесь для расчетов мы приняли среднее арифметическое — 6,58%.

Титан в кимберлитах связан прямой зависимостью с железом, но при вторичных изменениях породы титан, по-видимому, гораздо менее подвижен, чем железо. Поэтому вполне естественно, что между железистостью оливина и титаном в породе связь во всех выборках более сильная, чем между железистостью оливина и железом в породе.

FeO' в кимберлитах следует использовать с осторожностью еще и по другой причине. В кимберлитах в переменном количестве содержится карбонат, в подавляющем большинстве случаев представленный кальцитом. Он в той или иной мере «разбавляет» окисно-силикатную состав-

ляющую кимберлитов. Отношения компонентов, входящих в окисно-силикатную часть, представляются нам более показательными, чем абсолютные содержания компонентов. С этими отношениями (MgO/FeO') и следует сравнивать химизм оливина, являющегося одним из минералов, образующих окисно-силикатную составляющую. Выполненные расчеты действительно показали более тесную связь железистости оливина с отношением MgO/FeO' , чем с FeO' .

Очень четко эта особенность проявилась при сопоставлении трубок Русловая и Второгодница Куойского поля. Оливин из этих трубок заметно различается (6,35 и 9,56 мол. % Fa), что никак не связано с абсолютным содержанием железа в породе (7,01 и 7,02% FeO'), но прекрасно увязывается с величиной отношения MgO/FeO' (5,42 и 3,98). Следовательно, отношение MgO/FeO' , в которое входит «подвижный» магний, является для кимберлитов более показательной величиной, чем абсолютное содержание «показательного» (по В. А. Милашеву [10]) железа.

Выводы

В случае принятия гипотезы протоматмической кристаллизации оливина найденные закономерности представляются вполне очевидными: железистость оливина связана с особенностями химизма того расплава, из которого оливин образовался; особенности химизма расплава частично (но не полностью) завуалированы в ходе его дальнейшей (после кристаллизации вкрапленников) эволюции и в ходе постмагматических изменений.

С точки зрения гипотезы образования вкрапленников при дроблении мантийных пород найденная зависимость заставляет предположить, что состав расплава (отраженный в настоящее время в составе связующей массы) формировался преимущественно в том же окружении (в тех же участках мантии), где была заимствована большая часть оливиновых желваков.

В общем гипотеза протоматмической кристаллизации оливина первой генерации как будто подтверждается фактическим материалом. В некоторых кимберлитовых трубках простого строения, выполненных «магматическим» кимберлитом, оливины вкрапленников (1-й генерации) и оливины основной массы (2-й генерации) характеризуются одинаковой степенью идиоморфизма, что не противоречит представлению о непосредственной кристаллизации тех и других из кимберлитового расплава; к тому же оливины вкрапленников имеют иногда довольно постоянный состав.

Однако для большинства кимберлитовых трубок характерны оливины с широким спектром изменения показателей преломления и соответственно различных цветовых разновидностей (трубки Удачная-Восточная, Новинка). Предположить появление различных оливинов магматической дифференциацией кимберлитового субстрата в процессе эволюции родоначального расплава, вероятно, невозможно по той причине, что оливины отдельных фаз внедрения не должны сильно отличаться друг от друга, если считать единым магматический очаг, давший жизнь последовательным порциям, сформировавшим кимберлитовую трубку.

Кроме того, подобное многообразие оливинов, как правило, отмечается не только для всего объема кимберлитового тела, но даже в разновидностях, соответствующих последнему, заключительному этапу его формирования (трубка Удачная-Восточная).

Во всяком случае трудно считать связующую массу кимберлитов лишь «механическим транспортером» оливиновых вкрапленников. Валовой химический состав «механического транспортера» едва ли будет коррелировать с химическим составом обломков, которые он переносит.

ЛИТЕРАТУРА

1. Алмазы Сибири. Госгеолтехиздат, 1957.
2. Благулькина В. А., Ровша В. С., Сарсадских Н. Н. К минералогии связующей массы кимберлита.— Зап. Всесоюз. минер. об-ва, ч. 91, вып. 2, 1962.
3. Бобривич А. П., Бондаренко М. Н., Гневушев М. А., Красов Л. М., Смирнов Г. И., Юркевич Р. К. Алмазные месторождения Якутии. Госгеолтехиздат, 1959.
4. Бобривич А. П., Илупин И. П., Козлов И. Т., Лебедева Л. И., Панкратов А. А., Смирнов Г. И., Харьков А. Д. Петрография и минералогия кимберлитовых пород Якутии. «Недра», 1964.
5. Васильев В. Г., Ковальский В. В., Черский Н. В. Происхождение алмазов. «Недра», 1968.
6. Винчелл А. Н., Винчелл Г. Оптическая минералогия. ИЛ, 1953.
7. Илупин И. П. О зависимости между составом некоторых первичных минералов и химическим составом кимберлитов Якутии.— Зап. Всесоюз. минер. об-ва, ч. 98, вып. 5, 1969.
8. Илупин И. П. Содержание фосфора и серы в кимберлитах Якутии.— Геохимия, 1970, № 9.
9. Ковальский В. В. Кимберлитовые породы Якутии и основные принципы их петрогенетической классификации. Изд-во АН СССР, 1963.
10. Милашев В. А. Петрохимия кимберлитов Якутии и факторы их алмазоносности. Л., «Недра», 1965.
11. Милашев В. А., Крутоярский М. А., Рабкин М. И., Эрлих Э. Н. Кимберлитовые породы и пикритовые порфиры северо-восточной части Сибирской платформы. Госгеолтехиздат, 1963.
12. Минералы. Справочник. Т. 3, вып. 1. «Наука», 1972.
13. Сарсадских Н. Н., Ровша В. С., Благулькина В. А. Минералы включений пироповых перидотитов в кимберлитах Далдыно-Алакитского алмазоносного района.— В кн.: Материалы по изучению алмазов и алмазоносных районов СССР (Труды ВСЕГЕИ, нов. сер., вып. 40). Л., 1960.
14. Смирнов Г. И. Протомагматическая стадия минералообразования в кимберлитах.— Геология и геофизика, 1970, № 12.
15. Францессон Е. В. Петрология кимберлитов. «Недра», 1968.
16. Dawson J. B. Advances in kimberlite geology.— Earth-Sci. Rev., 1971, 7, N 4.
17. Mitchell R. H., Fritz P. Kimberlite from Somerset Island, district of Franklin, N. W. T.— Canad. J. Earth Sci., 1973, 10, N 3.