

Российская академия наук·Уральское отделение
Ильменский государственный заповедник
им. В. И. Ленина

С. Н. Никандров, Ю. С. Кобяшев, П. М. Вализер

**АМФИБОЛЫ
ИЛЬМЕНОГОРСКОГО КОМПЛЕКСА**

Миасс
2000

УДК 549.643

Никандров С. Н., Кобяшев Ю. С., Вализер П. М.

Амфиболы Ильменогорского комплекса. Научное издание. — Миасс: ИГЗ УрО РАН. 2000. — 120 с.

ISBN 5-7691-1055-4

Работа посвящена систематизации данных по минералам группы амфиболов Ильменогорского комплекса на Южном Урале.

Рассмотрена классификационная схема и номенклатура амфиболов, предложенная ММА в 1997 году. Представлена принципиально новая классификация — «Матричная модель номенклатуры амфиболов». На её основе проведён номенклатурный анализ всех опубликованных данных по амфиболам Ильменогорского комплекса.

На основе номенклатурного анализа, а также с привлечением авторских данных, в Ильменогорском комплексе выявлено 36 минеральных видов группы амфиболов. Амфиболы Ильменогорского комплекса представляют 13 серий нормативных амфиболов, это практически все серии, за исключением серии нибёита.

Представлена сравнительная характеристика видового состава группы амфиболов Ильменогорского комплекса в сравнении с Хибинским и Ловозёрским массивами (Кольский п-ов). Минеральные виды в этих массивах также выделены на основе номенклатурного анализа опубликованных данных.

Таблиц — 16. Илл. 3. Библиогр.: 74 назв.

Ответственный редактор

д. г.-м. н. В. А. Попов

ISBN 5-7691-1055-4

Н $\frac{73(2000)}{8П6(03)-1998}$ БО

© ИГЗ УрО РАН, 2000

СОДЕРЖАНИЕ

Введение.....	4
Принятые сокращения	6
Глава 1. Классификация минералов группы амфиболов	7
1.1. Номенклатура IMA97.....	7
1.2. Матричная модель номенклатуры амфиболов.....	9
1.3. Образование названий амфиболов	26
1.4. Номенклатура минералов группы амфиболов	29
Глава 2. Номенклатурный анализ амфиболов Ильменогорского комплекса	34
Глава 3. Особенности химического состава и эволюции амфиболов Ильменогорского комплекса	49
Глава 4. Номенклатурный анализ некоторых серий группы амфиболов и сравнительный анализ амфиболов разных комплексов	70
4.1. Серия саданагаита	70
4.2. Серия горнблендита	76
4.3. Сравнительная характеристика видового состава амфиболов Ильменогорского комплекса, Хибинского и Ловозёрского массивов.....	82
Заключение	83
Литература	86
Приложения	92

ВВЕДЕНИЕ

Минералы группы амфиболов являются одними из самых распространённых в земной коре. Они очень чутко реагируют на различные геологические процессы, поэтому широко используются при проведении различных геологических реконструкций: формационного расчленения сходных геологических объектов, термодинамической характеристики условий образования и метаморфизма различных объектов, в том числе — Р-Т эволюции метаморфических процессов и т. д. В системе минералогии группа амфиболов одна из самых сложных. Длительное время для неё не существовало рациональных классификаций. Прорывом в этом направлении была номенклатура Лика 1978 года (Leake, 1978). В 1997 году ММА опубликовала новую номенклатуру минералов группы амфиболов, ниже IMA97 (Leake, 1997), которая развивает предыдущую номенклатуру. Появление IMA97 объективно определило необходимость номенклатурного уточнения амфиболов различных объектов, в т. ч. Ильменогорского комплекса.

История геолого-минералогического изучения Ильменогорского комплекса длится почти 200 лет, и за это время накоплен обширный материал по его минералогии. Активное же изучение амфиболов практически начато только во второй половине XX столетия. Первые химические анализы амфиболов Ильмен появились только в начале XX века, хотя уже в XIX веке были установлены «роговая обманка» («hornblende»), «купферит», «тремолит», «актинолит», «уралит». К середине XX века, к моменту издания монографического справочника «Минералы Ильменского заповедника» в 1949 году, для амфиболов Ильмен было известно не более 7 анализов (антофиллит, эденит, тремолит). Последующее изучение амфиболов шло по нарастающей. В 1956 году в статье Л. Э. Ротман приводятся несколько новых анализов амфиболов Ильмен (Ротман, 1956). В дальнейшем материалы по амфиболам Ильмен приводятся в многочисленных работах Баженова А. Г. с соавторами, Иванова Б. Н. с соавторами, Кориневского В. Г., Левина В. Я., Рассказовой А. Д. и др. Из них отметим работу Баженова А. Г. с соавторами (Баженов и др., 1982), в которой предпринята попытка проанализировать накопленный к тому времени материал по амфиболам Ильмен с позиций номенклатуры Лика 1978 года.

В итоге, к концу XX столетия по амфиболам Ильменских гор накоплен значительный материал, часть которого относится к периоду отсутствия рациональных классификаций группы амфиболов. Это привело к появлению большого числа терминов (названий), относящихся к амфиболам, одни из которых дублируют друг друга, обозначая один и тот же амфибол (или одним названием обозначены разные амфиболы), а другие — не соответствует современной номенклатуре. В результате зачастую возникают сложности и путаница в интерпретации данных, полученных в разное время, при сопоставле-

нии их как друг с другом, так и с данными по амфиболам других регионов. Всё это определяет необходимость анализа всех накопленных данных по амфиболам Ильменских гор и приведения их к единой классификационной схеме. Решению этой задачи и посвящена настоящая работа.

В первой главе обсуждаются принципы классификации и номенклатура минералов группы амфиболов. Обосновывается выбор классификационной схемы и приводится номенклатура амфиболов, используемая в настоящей работе для номенклатурного анализа данных по амфиболам Ильменогорского комплекса.

Во второй главе приводятся собственно результаты номенклатурного анализа данных по амфиболам Ильменогорского комплекса. Представлены: перечень всех встреченных в литературе терминов (названий) по амфиболам Ильмен с их номенклатурным уточнением, а также перечень минеральных видов (конечных членов) группы амфиболов, выявленных при анализе всего массива данных, опубликованных в литературе по Ильменам. Здесь же даётся алфавитный список амфиболов, установленных в Ильменах. В Приложении I для каждого минерального вида, в качестве подтверждающего примера, приводятся по 1—3 химическому анализу с кристаллохимической формулой и краткой легендой (литературный источник, краткая характеристика геолого-минералогической обстановки нахождения данного амфибола) — всего 55 анализов.

В третьей главе обсуждается эволюция состава минералов группы амфиболов при образовании и преобразовании пород Ильменогорского комплекса.

В четвертой главе приводятся результаты номенклатурного анализа конкретных серий нормативных амфиболов — саданагаита и горнблендита. При таком анализе показан характер взаимоотношений минералов внутри серий, а также место ильменских амфиболов в сериях. Дан сравнительный анализ представительности минералов группы амфиболов Ильменогорского комплекса и массивов Хибинского и Ловозёрского (Кольский п-ов).

Авторские микронзондовые анализы амфиболов выполнены в лаборатории КМИИ Института минералогии УрО РАН на растровом электронном микроскопе РЭММА-202М (аналитик В. А. Котляров) с использованием стандартов: ферримагнезиогорнблендит, ферроактинолит, глаукофан. Кристаллохимические формулы амфиболов рассчитаны катионным методом (на 13 или 15 катионов) с приведением баланса зарядов катионов $k + 46$.

Авторы выражают признательность В. Г. Кривовичеву, профессору СПбГУ, принявшему участие в обсуждении результатов работы на отдельных этапах, а также сотрудникам Ильменского заповедника Е. В. Медведевой и Е. В. Колодкиной за помощь при сборе и обработке материалов.

ПРИНЯТЫЕ СОКРАЩЕНИЯ

аморф. — аморфный
ан., анал. — анализ
верх. — верховье
гекс. — гексагональный
гр. — группа
др. — другие
ж. — жила
ИГЗ — Ильменский государственный заповедник
изоморф. — изоморфный
к. — копь
кв. — квартал ИГЗ
куб. — кубический
масс. — массив
м-ние — месторождение
метамиктн. — метамиктный
мин. — минеральный (ая)
ММА — Международная Минералогическая Ассоциация
мон. — моноклинный
муз. обр. — музейный образец в музее ИГЗ
Д. А. (д. а.) — данные авторов

НЩК — новый шебеночный карьер
обм. рог. — обманка роговая
обн. — обнажение
обр. — образует, образец
окр. — окрестности
прилож. — приложение
пс. — псевдо
псевдоморф-псевдоморфо
р-н (ы) — район (ы)
ромб. — ромбический
синг. — сингония
скв. — скважина
сод. — содержит
табл. — таблица
тетр. — тетрагональный
триг. — тригональный
хим. — химический
ЩК - шебёночный карьер
ИМА97 — номенклатура амфиболов, рекомендованная к применению ММА в 1997 году
ВМО97 — перевод ИМА97 на русский язык (опубликован в Записках ВМО)

Названия нормативных амфиболов

Akt — актинолит
 Arf — арфведсонит
 Bar — барруазит
 Win — винчит
 Hast — гастингсит
 Gl — глаукофан
 Hb — горнблендит
 Kt — катофорит
 Nyb — нибейт
 Parg — паргасит
 Rib — рибекит
 Ric — рихтерит
 Sad — саданагаит

Tar — тарамит
 Tr — тремолит
 Tscher — чермакит
 Ed — эденит
 Eск — экерманнит

Основные приставки

a — алюмино...
 m — магнезио...
 f — ферри...
 F — ферро...
 K — калий...
 F — фторо...

$$f_{Mg} = Mg / (Mg + Fe^{2+} + Mn); f_{Al} = Al^{VI} / (Al^{VI} + Fe^{3+} + Ti);$$

$$F = (Fe^{2+} + Fe^{3+} + Mn) / (Mg + Fe^{2+} + Fe^{3+} + Mn) \cdot 100\%;$$

$$Ca\text{-comp} = Ca / (Ca + Na + K) \cdot 100\%.$$

ГЛАВА 1

Классификация минералов группы амфиболов

1.1. Номенклатура IMA97

В 1997 году ММА рекомендовала к использованию новую номенклатуру минералов группы амфиболов (Leake, 1997), ниже IMA97. Она отражает существующий в настоящее время уровень представлений об этой группе с позиций общей систематики минералов. В IMA97 содержится классификация большей части известных амфиболов, приводится их номенклатура и даются рекомендации по развитию этой номенклатуры (правила образования названий амфиболов, которые могут быть открыты).

Классификация IMA97 основана на кристаллохимии амфиболов и опирается на общую формулу для них: $AB_2C_5T_8O_{22}(OH)_2$. В этой формуле позиции А, В, С и Т — катионные; позиция (ОН) — анионная. В каждой из перечисленных позиций предусматривается довольно широкий изоморфизм элементов, при этом закладываются определённые логические противоречия. Так, для Са предусмотрено размещение только в позиции В, тогда как ниже, в подгруппе кальциевых амфиболов, приводится *канниллоит*, в котором Са, кроме позиции В размещён ещё и в позиции А (известен также *джосмитит* с преобладанием Са в позиции А). Катионы типа L (в том числе и Al!) размещаются только в позиции С, т. е. в других позициях Al не предусматривается, а в формулах большинства приводимых ниже амфиболов Al помещён не только в С, но и в Т.

В рамках классификации IMA97 все амфиболы разделены на четыре группы (подгруппы, т. к. термин «группа» в системе минералогии применяется в качестве таксона первого порядка: группа амфиболов, группа пироксенов и т. д.):

— Mg-Fe-Mn-Li амфиболы (19 конечных членов), характеризуются заселённостью позиции В перечисленными катионами; подгруппа разделена на ромбические и моноклинные амфиболы (без таксономического обозначения), а они, в свою очередь, разделены на серии: ромбические — антофиллита, жедрита и холмквистита; моноклинные — куммингтонит-грюнерита и клинохолмквистита;

— кальциевые амфиболы (21 конечный член), позиция В заселена Са ($Ca_B \geq 1.50$); более дробное деление не приводится;

— натриево-кальциевые амфиболы (18 конечных членов), в позиции В представлены Ca и Na: $(Ca + Na)_B \geq 1.00$ при $0.50 < Na_B < 1.50$; более дробное деление не приводится;

— натриевые амфиболы (17 конечных членов), позиция В заселена Na ($Na_B \geq 1.50$); более дробное деление не приводится.

Одной из главных особенностей такого разделения всей группы амфиболов на четыре подгруппы, на наш взгляд, является введение IMA97 различных граничных условий по содержанию Si в позиции Т. А именно, для кальциевых, натриево-кальциевых и натриевых амфиболов IMA97 округляет содержания Si в позиции Т до целочисленных значений, проводя границы по дробным (полуторным) содержаниям (7,5 ф. е., 6,5 ф. е. и т. д.). Для Mg-Fe-Mn-Li амфиболов IMA97 также принимает целочисленные значения Si в позиции Т, но границы проводит не по дробным, а по целочисленным содержаниям (хотя для жедритов и устанавливается нижний предел в 5,5 ф. е. Si). Тем самым IMA97 применяет для всей группы амфиболов двойной стандарт. Рациональных оснований для такой разницы в граничных условиях разных групп IMA97 не приводит. В целом это нарушает логику IMA97 и усложняет сопоставление амфиболов разных подгрупп.

Отнесение какого-либо амфибола к конкретному минеральному виду в пределах выделенных подгрупп по IMA97 осуществляется на основе химического анализа (IMA97 рекомендует рассчитывать хим. анализы на 13 катионов) при помощи соответствующих двумерных диаграмм. В IMA97 приводится 16 таких диаграмм (одна из них, диаграмма с канниллоитом, не развёрнута). Естественно, при таком обилии диаграмм сопоставление реальных амфиболов разных подгрупп усложнено. Кроме того, в качестве одной из координат этих диаграмм используется отношение $Mg/(Mg + Fe^{2+})$, что учитывает баланс только катионов типа L позиции С. Баланс же катионов типа М в той же позиции на диаграммах не фигурирует, что приводит к смещению на диаграммах конечных членов изоморфных рядов по М ($Al \leftrightarrow Fe^{3+}$): паргасит и магнезиогастингсит, ферропаргасит и гастингсит, и др. Ряд конечных членов вообще на диаграммы не вынесен: часть катофоритов, тарамитов и др. Всё это также не способствует удобству использования частных диаграмм IMA97 при проведении номенклатурного анализа реальных амфиболов, особенно при анализе большого массива данных.

Приведённые примеры не исчерпывают всех особенностей IMA97, тем не менее их достаточно, чтобы сделать вывод о том, что структура IMA97 при работе с реальными амфиболами до-

вольно неудобна, особенно в тех случаях, когда необходимо согласовать большой массив резко различных амфиболов.

1. 2. Матричная модель номенклатуры амфиболов

Для снятия отмеченных выше противоречий ИМА97 нами разработана принципиально новая классификационная схема и адаптированная к ней номенклатура минералов группы амфиболов, получившая название «Матричная модель номенклатуры амфиболов». Она разработана с учётом рекомендаций ИМА97, но построена на иной логике.

Так же, как и ИМА97, эта модель опирается на общую кристаллохимическую формулу амфиболов (трансформированная формула ИМА97): $AB_2C_5T_8O_{22}D_2$. В позициях А, В, С и Т располагаются катионы (А может быть вакантна), в позиции D — анионы или анионная группировка OH^- . Во всех позициях возможен как изовалентный, так и гетеровалентный изоморфизм (в ИМА97 — замещения):

А (содержит один катион или вакансию — \square) — \square , R^{1+} , R^{2+} ;

В (два катиона) — R^{1+} , R^{2+} ;

С (пять катионов) — R^{1+} , R^{2+} , R^{3+} , R^{4+} ;

Т (восемь катионов) — R^{3+} , R^{4+} ;

D (два аниона или две группировки OH^-) — R^{1-} , R^{2-} .

Нормативные амфиболы

Вариации катионов и анионов по позициям задают длинный комбинаторный ряд, который действительно довольно сложно систематизировать напрямую. Поэтому из всей совокупности амфиболов выделена часть, с ограниченным числом этих вариаций. Наиболее полно ИМА97 представляет подгруппы кальциевых, натриево-кальциевых и натриевых амфиболов. Для них приняты одинаковые граничные условия баланса катионов позиции Т: $Si \geq 7.5$ ф. е. дискретизируется до Si_8 ; $7.5 > Si \geq 6.5$ — до Si_7Al ; $6.5 > Si \geq 5.5$ — до Si_6Al_2 ; $5.5 > Si \geq 4.5$ — до Si_5Al_3 . В большинстве амфиболов этих групп в позиции С приняты вариации одинаковых катионов: типа L — $Mg \leftrightarrow Fe^{2+}$ и типа M — $Fe^{3+} \leftrightarrow Al$. Зафиксировав позицию D анионной группировкой OH^- , как это сделано в ИМА97, получаем амфиболы с заданным ограничением вариаций катионов по позициям: А — вакансия (\square) и Na; В — Ca и Na; С — Mg и Fe^{2+} (L), Fe^{3+} и Al (M); D — OH^- . Суммарный катионный заряд этих амфиболов +46.

Этим амфиболам присвоен статус **нормативных**, т. к. они представляют собой некий стандарт, с которым могут быть сравнены остальные амфиболы.

Матрица нормативных амфиболов

Представим **нормативные** амфиболы, приведённые в IMA97, в виде табл. 1. По основаниям этой таблицы в порядке убывания зарядов развернулись балансы катионов в позициях: Т — по вертикали, $A+B_2$ (суммарно) — по горизонтали. Амфиболы IMA97 сгруппировались в ячейках поля таблицы без повторов, и каждая группа содержит от двух до шести конечных членов. Этим группам присвоен статус «**серия**» (по аналогии с сериями Mg-Fe-Mn-Li амфиболов).

С помощью табл. 1, на основании вариаций катионов по позициям Т и $A+B_2$, можно определить амфибол с точностью до серии. Для того, чтобы определить конечные члены внутри серии, необходимо учесть вариацию катионов в позиции С. Достроим таблицу 1, развернув по горизонтальному основанию баланс **типов** катионов (L и M) позиции С: табл. 2. В этой таблице на одном общем основании (Т) развернулись две таблицы. По существу они являются матрицами, связывающими заряды катионных позиций. Условно их можно назвать С-матрица и АВ-матрица.

В целом таблица 2 является определителем нормативных амфиболов: с помощью АВ-матрицы определяются серии амфиболов, а С-матрицы — конечные члены внутри серий.

Особенности матрицы нормативных амфиболов

При анализе баланса катионов позиции С важным является то, что правило 50 % применяется отдельно для каждого типа катионов (L и M), а не для всей позиции в целом. Это связано с тем, что, как показано выше, по IMA97 минеральный вид (конечный член) определяется только балансом катионов типа L, а это верно лишь для амфиболов с балансом типов катионов позиции С вида L_5 . В амфиболах же с балансом типов катионов позиции С вида L_4M и L_3M_2 выделение конечных членов номенклатурой IMA97 ограничено, т. к. частные диаграммы IMA97 не отражают баланс катионов типа M в позиции С. Как показано в ячейках горизонтального основания С-матрицы (табл. 2), в амфиболах с балансом L_5 в позиции С реализуется бинарный изоморфизм $Mg_5 \leftrightarrow Fe^{2+}_5$ и, в соответствии с этим, каждая серия с таким балансом катионов позиции С имеет по два конечных члена. В амфиболах же с балансом типов катионов L_4M и L_3M_2 в по-

Таблица 1

Классификация нормативных амфиболов IMA97, развёрнутая по позициям А+В₂ (по горизонтали) и Т (по вертикали)

ΣА+В	АВ ₂					
	Кальциевые		Натриево-кальциевые		Натриевые	
	5+	4+	4+	3+	3+	2+
T ^{IV}	NaCa ₂	□Ca ₂	Na(CaNa)	□(CaNa)	NaNa ₂	□Na ₂
32+ Si ₈		Тремолит Ферроактинолит	Рихтерит Феррорихтерит	Винчит Ферровинчит	Эжерманнит Феррозержманнит Магнезиоарф- ведсонит Арфведсонит	Глаукофан Ферроглаукофан Магнезиорибекит Рибекит
31+ Si ₇ Al	Эденит Ферроэдентит	Магнезиогорн- блендит Феррогорнблендит	Магнезиокатофорит Катофорит	Барруазит Ферробарруазит Алюминобарруазит Алюминофер- робарруазит Феррибарруазит Феррифер- робарруазит	Нибёит Ферронибёит Ферринибёит Ферриферронибёит	
30+ Si ₆ Al ₂	Паргасит Ферропаргасит Магнезиогастингсит Гастингсит	Чермакит Феррочермакит Алюминочермакит Алюминофер- рочермакит Ферричермакит Феррифер- рочермакит	Магнезиотарамит Тарамит Алюминомагне- зиотарамит Алюминотарамит Ферримagne- зиотарамит Ферритарамит			
29+ Si ₅ Al ₃	Магнезиосаданагаит Саданагаит					

Таблица 2

Сдвоенная C- и АВ-матрицы, согласованные по общему основанию T

C ^{VI}	10+	L ₅	11+	L ₄ M	12+	L ₃ M ₂	AB ₂						
							Кальциевые		Натриево-кальциевые		Натриевые		
							5+	4+	4+	3+	3+	2+	
							NaCa ₂	□Ca ₂	Na(CaNa)	□(CaNa)	NaNa ₂	□Na ₂	
T ^{IV}	Mg ₅ ↔ Fe ²⁺ ₅		Mg ₄ Al ↔ Fe ²⁺ ₄ Al ↓ ↓ Mg ₄ Fe ³⁺ ↔ Fe ²⁺ ₄ Fe ³⁺		Mg ₃ Al ₂ ↔ Fe ²⁺ ₃ Al ₂ ↓ ↓ Mg ₃ Fe ³⁺ ₂ ↔ Fe ²⁺ ₃ Fe ³⁺ ₂		Кальциевые		Натриево-кальциевые		Натриевые		
32+	Тремолиты □(Ca) ₂ ⇒ Na(CaNa) ⇒ Рихтериты		Винчиты □(CaNa) ↑ Na(Na) ₂ ⇒ Эккерманниты		□(Na) ₂ → Глаукофаны			Тремолит Ферроактинолит	Рихтерит Феррорихтерит	Винчит Ферровинчит <i>Ферривинчит</i> <i>Ферриферровинчит</i>	Эккерманнит Ферроэккерманнит Магнезиоарфведсонит Арфведсонит	Глаукофан Ферроглаукофан Магнезиорибекит Рибекит	
31+	Эдениты Na(Ca) ₂		Горнблендиты □(Ca) ₂ ⇒ Na(CaNa) ⇒ Катофориты		Барруазиты □(CaNa) ⇒ Na(Na) ₂ → Нибёиты	Эденит Ферроэдэнит	Магнезиогорнблендит Феррогорнблендит <i>Ферримагнезиогорнблендит</i> <i>Ферриферрогорнблендит</i>	Магнезиокатофорит Катофорит <i>Ферримагнезиокатофорит</i> <i>Феррикатофорит</i>	Алюминобарруазит Алюминоферробарруазит <i>Феррибарруазит</i> <i>Ферриферробарруазит</i>	Нибёит Ферринибёит Ферриферринибёит			
30+			Паргаситы Na(Ca) ₂ ⇒		Чермакиты □(Ca) ₂ ⇒ Na(CaNa) → Тарамиты	Паргасит Ферропаргасит Магнезиогастингсит Гастингсит	Алюминочермакит Алюминоферрочермакит Ферричермакит Ферриферрочермакит	Алюминомагнезиотарамит Алюминотарамит Ферримагнезиотарамит Ферритарамит					
29+					Саданагаиты Na(Ca) ₂	<i>Алюминомагнезиосаданагаит</i> <i>Алюминосаданагаит</i> Магнезиосаданагаит Саданагаит							

зиции С реализуется два согласованных ряда изоморфизма катионов (отдельно по катионам $L - Mg \leftrightarrow Fe^{2+}$ и $M - Al \leftrightarrow Fe^{3+}$), в соответствии с этим каждая серия имеет по четыре конечных члена: для $L_4M - Mg_4Al, Mg_4Fe^{3+}, Fe^{2+}_4Al, Fe^{2+}_4Fe^{3+}$; для $L_3M_2 - Mg_3Al_2, Mg_3Fe^{3+}_2, Fe^{2+}_3Al_2, Fe^{2+}_3Fe^{3+}_2$.

Одна часть ячеек поля С-матрицы содержит по две серии амфиболов, а другая — по одной. Это означает, что каждая ячейка матрицы является суперпозицией, содержащей одну или две позиции (серии).

Из табл. 1 и 2 видно, что конечные члены части серий имеют одно корневое название, для таких серий использовано именно это название без приставок. Другая часть серий включает амфиболы с разными корневыми названиями: экерманнит — арфведсонит, глаукофан — рибекит, паргасит — гастингсит, тремолит — ферроактинолит. Для названия таких серий в матрице применено корневое название того амфибола, в позиции С которого катионы типа L представлены Mg, а M — Al. В общей номенклатуре амфиболов (см. ниже) такие серии обозначены двойным названием (по аналогии с Mg-Fe-Mn-Li амфиболами: серия куммингтонит-грюнерита).

Одним из важных прикладных аспектов матричной модели является то, что АВ-матрица позволяет решить проблему двух- и трёхвалентного железа в виде, близком к реальному. Поскольку матрица жёстко связывает характер заполнения структурных позиций А, В, С и Т, то появляется возможность на основе прямого расчёта позиций А, В и Т определить характер заполнения позиции С, то есть тем самым определить формульный коэффициент катиона М (естественно, с учётом электронейтральности формулы). Если в М присутствуют катионы Ti и Al, то их количество дополняется трёхвалентным железом до заданного коэффициента, а остаток железа относится к Fe^{2+} в L. Разумеется, реальный коэффициент Fe^{3+} в М необязательно будет в точности равен рассчитанному таким способом, но в любом случае он будет находиться в интервале, дискретизируемом до целого заданного. А этого достаточно для отнесения рассчитываемого амфибола к конкретному минеральному виду.

Сравнение матрицы и нормативных амфиболов IMA97

В табл. 1, три серии нормативных амфиболов, приведённые в IMA97, содержат по шесть конечных членов. В каждой из них имеется два члена, у которых в позиции С $Fe^{3+} = Al$: барруазит — ферробарруазит, чермакит — феррочермакит, тарамит — магнезитотарамит. Эти три пары амфиболов

являются не конечными, а промежуточными, т. к. по правилу 50 % для катионов типа М в позиции С конечные члены должны иметь либо $Fe^{3+} > Al$, либо $Fe^{3+} < Al$. В IMA97 не содержится рациональных оснований для введения в номенклатуру промежуточных членов в ранге конечных. А их наличие нарушает правило 50 % и, в целом, логику номенклатуры. Следовательно, эти три пары промежуточных членов должны быть исключены из номенклатуры амфиболов.

Для части серий, характеризующихся балансом L_4M и L_3M_2 в позиции С, IMA97 приводит два конечных члена, хотя, как видно из табл. 2, их должно быть четыре. Здесь тоже сказывается несовершенство частных диаграмм IMA97. По правилу 50 % для катионов L и M, эти серии должны быть дополнены конечными членами, отсутствующими в IMA97. Это следующие конечные члены (их названия образованы в соответствии с рекомендованными IMA97 правилами.):

— в серии винчита — **ферривинчит** (Mg_4Fe^{3+} в позиции С) и **ферриферровинчит** ($Fe^{2+}_4Fe^{3+}$);

— в серии горнблендита — **ферримагнезиогорнблендит** (Mg_4Fe^{3+}) и **ферриферрогорнблендит** ($Fe^{2+}_4Fe^{3+}$);

— в серии катофорита — **ферримагнезиокатофорит** (Mg_4Fe^{3+}) и **феррикатофорит** ($Fe^{2+}_4Fe^{3+}$);

— в серии саданагаита — **алюминомагнезиосаданагаит** (Mg_3Al_2) и **алюминосаданагаит** ($Fe^{2+}_3Al_2$).

Таким образом, в номенклатуру амфиболов необходимо ввести дополнительно восемь конечных членов. Предварительный номенклатурный анализ опубликованных данных по составам амфиболов показал, что из них семь существуют реально и подтверждаются несколькими анализами каждый.

В таблице 2 и общей номенклатуре амфиболов (ниже) исключены шесть «промежуточных» членов и введены восемь новых названий конечных членов.

Матрица зарядов

IMA97 совершенно справедливо обращает внимание на важность распределения зарядов по позициям А, В, С, Т и D. Необходимо только уточнить, что распределением зарядов по указанным позициям различаются не минеральные виды, как указывает IMA97, а серии амфиболов, распределение же зарядов разных конечных членов внутри серии одинаковое. Матричная модель развивает это положение IMA97. Например, С-матрица (табл. 2), в сущности, представляет собой зарядовую матрицу катионных позиций (табл. 3). Эта матрица жестко связывает за-

Матрица зарядов катионных позиций нормальных амфиболов

С	10+	11+	12+
Т			
32+	4+	3+	2+
31+	5+	4+	3+
30+	6+	5+	4+
29+	7+	6+	5+

ряды позиций С, Т, и А+В₂ (последнее сделано, чтобы не выйти из плоскости двумерного поля), при этом она относится к амфиболом с суммарным катионным зарядом +46. Вместе с тем известны амфиболы с суммарным катионным зарядом +47 (керсутиты) и +48 (унгареттит). Чтобы их различать, амфиболы с зарядом +46 мы обозначили как **нормальные**, поскольку их подавляющее большинство, а амфиболы с иным катионным зарядом — как **аномальные**. Такое разделение подчеркивается ещё и тем, что у нормальных амфиболов вариации зарядов и их компенсация происходят только за счёт катионных позиций. В аномальных же амфиболом превышение катионного заряда по сравнению с +46 компенсируется уже за счёт анионной позиции D заменой в ней одного или обоих одновалентных анионов (анионных группировок OH⁻) на двухвалентный кислород. С точки зрения строгой логики для аномальных амфиболом должны быть развёрнуты свои матрицы — отдельно для +47 и отдельно для +48. Но на определённых условиях, как это показано ниже, они могут быть приведены в соответствие с нормативными амфиболом.

Аналоги нормативных амфиболом

При выделении нормативных амфиболом катионы и анионы, заселяющие те или иные позиции, заданы жёстко. Вместе с тем, известна большая группа амфиболом, у которых в соответствующих позициях преобладают иные катионы и анионы, чем у нормативных, но распределение зарядов по позициям сохраняется. Эта особенность является основанием для введения понятия

аналог нормативного амфибола. Рассмотрим это понятие в приложении к конкретным амфиболам.

Коцулит — его формула IMA97 как по распределению зарядов, так и по балансу катионов, практически полностью согласуется с формулой арфведсонита. Отличие состоит в том, что в позиции С катионы L представлены не Fe^{2+} , как в арфведсоните, а Mn^{2+} . Это сходство позволяет рассматривать коцулит как марганцовистый **аналог** арфведсонита по позиции С (это аналог с собственным названием). Можно сформулировать короче: марганцовистый С-аналог арфведсонита.

Известны амфиболы, в которых позиция D характеризуется преобладанием F или Cl над OH, например фторорихтерит (утверждённый КНММ ММА под названием фторрихтерит). Это уже фтористый D-аналог рихтерита и его название является производным от корневого нормативного (рихтерит) добавлением приставки «фторо...».

Если в позиции А преобладает калий над натрием, то это будут А-аналоги, их названия также образуются приставкой «калий...» к корневому (напр.: калийрихтерит, калийпаргасит и др.).

Все В-аналоги имеют собственные названия и рассмотрены ниже.

В некоторых амфиболах иные катионы и анионы того же типа, по сравнению с нормативными амфиболами, преобладают одновременно в двух позициях. Наиболее часто: в А — К преобладает над Na, а в D — F или Cl над OH. Возникает соответствующий AD-аналог. Например, фторокалийрихтерит (утверждён КНММ ММА под названием калий-фторрихтерит) является AD-аналогом рихтерита. Обратим внимание на правописание термина: приставка, обозначающая отличие аналога от нормативного по катиону, стоит ближе к корневому названию, чем приставка, обозначающая отличие по аниону.

Более сложная ситуация возникает, когда в позицию входит катион другой валентности, но с сохранением заряда этой позиции и, соответственно, с сохранением общего баланса зарядов по позициям. Так, у **ликента** позиция С имеет вид: $(Mg_2Fe^{3+}_2Li)$ и заряд +11. В нормативных амфиболах такой заряд позиция С имеет при балансе катионов вида: L_4M . Можно формализовать указанные балансы катионов в радикалы химических формул: $(Mg_2Fe^{3+}_2Li) = (R^{2+}_2R^{3+}_2R^{1+})$, а $L_4M = (R^{2+}_4R^{3+})$. По заряду эти радикалы соответствуют друг другу. Это позволяет сформулировать **принцип соответствия радикалов** формул в пределах одной позиции с сохранением суммарного заряда. Необходимо

отметить, что сохранение заряда осуществляется его перераспределением внутри позиции (или перераспределением валентных связей). Поскольку у ликеита катионы типа L позиции C представлены Mg, а типа M — Fe^{3+} , то мы его относим к литиевому C-аналогу магнезиоарфведсонита. У **ферроликкеита** катионы типа L представлены Fe^{2+} , а M — Fe^{3+} , поэтому его мы считаем литиевым C-аналогом арфведсонита.

У **корнита** позиция C в формуле IMA97 имеет вид: $(Mg_2Mn^{3+}_2Li)$ и заряд +11 (сходна с формулой ликеита, за исключением того, что катионы типа M позиции C представлены Mn^{3+} , а не Fe^{3+}), то есть в позиции C имеется два катиона, отличающих его от нормативных. В минералогии и геохимии принято, что Mn^{3+} геохимически ближе к Fe^{3+} , чем к Al, поэтому корнит мы относим к марганцево-литиевому (или литиево-марганцевому) C-аналогу магнезиоарфведсонита.

Таким образом, рассмотрены почти все нормальные амфиболы, приведённых IMA97 в группах кальциевых, натриево-кальциевых и натриевых. Введение понятия **аналог** нормативного амфибола позволяет размещать амфиболы, отличающиеся от нормативных по составу, в определённые ячейки матричной модели номенклатуры и рассматривать их в составе соответствующих серий нормативных амфиболов.

Mg-Fe-Mn-Li амфиболы

Mg-Fe-Mn-Li амфиболы (моноклинные и ромбические), выделенные IMA97 в отдельную группу, в рамках матричной модели могут быть рассмотрены как аналоги, в соответствии с представлениями об аналогах.

Предварительно необходимо проанализировать граничные условия, применяемые IMA97 для этой группы. Выше отмечалось, что для кальциевых, натриево-кальциевых и натриевых амфиболов IMA97 устанавливает иные границы содержаний Si в позиции T, чем для Mg-Fe-Mn-Li амфиболов. В соответствии с логикой IMA97 Mg-Fe-Mn-Li амфиболы должны рассматриваться в качестве отдельной группы и для них можно построить отдельную матрицу с иными граничными условиями содержаний Si в позиции T. Однако, с точки зрения матричной модели номенклатуры амфиболов, представляется более рациональным принять для Mg-Fe-Mn-Li амфиболов те же границы по Si, что и для кальциевых, натриево-кальциевых и натриевых. Тогда, на основе сравнительного анализа, их можно поставить в соответствие с конечными членами определённых серий нормативных амфибо-

лов. То есть, рассмотреть их в качестве аналогов нормативных амфиболов (не умаляя их статуса минеральных видов).

Обращает на себя внимание и то, что большинство формул Mg-Fe-Mn-Li амфиболов, приводимых IMA97, не соответствуют общей формуле амфиболов той же IMA97. И если, к примеру, у антофиллита и куммингтонита просто объединены позиции В и С (вид формулы IMA97: $[\text{Mg}_7\text{Si}_8\text{O}_{22}(\text{OH})_2]$ — Leake et al., 1997), то у жедритов логика формул вообще не понятна — позиция С разделена, и одна её часть объединена с позицией В, а вторая представлена в виде отдельного радикала (вид формулы IMA97: $[\text{Mg}_5\text{Al}_2\text{Si}_6\text{Al}_2\text{O}_{22}(\text{OH})_2]$ — Leake et al., 1997). По-видимому, в соответствии с общей формулой амфиболов, формулы антофиллита и куммингтонита должны иметь вид: $[\text{Mg}_2\text{Mg}_5\text{Si}_8\text{O}_{22}(\text{OH})_2]$, а жедрита: $[\text{Mg}_2(\text{Mg}_3\text{Al}_2)(\text{Si}_6\text{Al}_2)\text{O}_{22}(\text{OH})_2]$. При таком написании формул сравнительный анализ значительно упрощается. Таким же образом необходимо трансформировать формулы и других Mg-Fe-Mn-Li амфиболов.

В качестве аналогов Mg-Fe-Mn-Li амфиболы в рамках матричной модели выглядят следующим образом:

Серия тремолита

- куммингтонит — **моноклинный** магниевый В-аналог тремолита;
- антофиллит — **ромбический** магниевый В-аналог тремолита;
- манганокуммингтонит — марганцовистый В-аналог тремолита;
- грюнерит — **моноклинный** железистый В-аналог ферроактинолита;
- ферроантофиллит — **ромбический** железистый В-аналог ферроактинолита;
- манганогрюнерит — марганцовистый В-аналог ферроактинолита;
- перманганогрюнерит — марганцовисто-марганцовистый ВС-аналог ферроактинолита.

Серия эденита

- натроантофиллит — ромбический магниевый В-аналог эденита;
- натроферроантофиллит — ромбический железистый В-аналог ферроэденита.

Серия чермакита

- жедрит — ромбический магниевый В-аналог алюиночермакита;
- феррожедрит — ромбический железистый В-аналог алюиноферрочермакита.

Серия паргасита

- натрожедрит — ромбический магниевый В-аналог паргасита;
- натроферрожедрит — ромбический железистый В-аналог ферропаргасита.

Серия глаукофана

- холмквистит — **ромбический** литиевый В-аналог глаукофана;
- клинохолмквистит — **моноклинный** литиевый В-аналог глаукофана;
- феррохолмквистит — **ромбический** литиевый В-аналог ферроглаукофана;
- клиноферрохолмквистит — **моноклинный** литиевый В-аналог ферроглаукофана;
- ферриклинохолмквистит — литиевый В-аналог магнезио-рибекита;
- ферриклиноферрохолмквистит — литиевый В-аналог рибекита.

Для Mg-Fe-Mn-Li амфиболов в матричной модели применены те же граничные условия по содержанию Si, что и для остальных амфиболов.

Следует предполагать, что могут быть открыты амфиболы, являющиеся В-аналогами конечных членов тех серий нормативных амфиболов, которые граничат с серией тремолита, то есть серии эденита и серии горнблендита. Действительно, при содержании Si ниже 7.5 ф. е. компенсация падения заряда позиции Т будет происходить либо за счёт преимущественного нарастания заряда позиции А, либо — позиции С (В — зафиксирована). Например, куммингтонит: в первом случае он в матрице как бы перемещается вниз по вертикали, в серию эденита, и это будет, условно, «натрийкуммингтонит» с предполагаемой формулой: $\text{NaMg}_2\text{Mg}_5\text{Si}_7\text{AlO}_{22}(\text{OH})_2$ (или, по логике IMA97, $\text{NaMg}_7\text{Si}_7\text{AlO}_{22}(\text{OH})_2$). Иными словами, это будет моноклинный магниевый В-аналог эденита (амфиболы с подобной формулой в литературе известны). Возможен также «натрийгрюнерит», как моно-

клинный железистый В-аналог ферроэденита (ромбические магниевые В-аналоги в этой серии уже есть). Во втором случае тот же куммингтонит переместится тоже вниз, но по диагонали, в серию горнблендита — это будет, в зависимости от того, каким катионом представлен тип М позиции С (Fe^{3+} или Al), магниевый В-аналог, либо ферримагнезиогорнблендита, либо магнезиогорнблендита.

Аномальные амфиболы

В настоящее время известны три аномальных амфибола: керсутит и феррокерсутит с суммарными катионными зарядами +47, и унгареттит с зарядом +48. Формально они не размещаются в поле матрицы нормативных амфиболов в силу её жёсткости по зарядам и, как указывалось выше, для них должны быть развёрнуты свои матрицы. Но поскольку их всего три, то проще либо их рассматривать вообще отдельно, вне матричной модели, либо попытаться привести к виду нормальных амфиболов. Последнее можно сделать, но только условно, следующим образом. В керсутитах избыточный катионный заряд появляется в связи с вхождением в позицию С четырёхвалентного Ti. Компенсируется он появлением в анионной позиции D одного двухвалентного кислорода вместо одной одновалентной группировки (OH). Можно, исключительно условно, сократить катионный и анионный заряды на единицу, приведя их к виду +46 (–46), причём для позиции С сделать это за счёт Ti. Тогда позиция С керсутитов примет вид: L_4M . С учётом баланса катионов в других позициях керсутиты можно **условно** поставить в соответствие серии паргасита и считать (с учётом того, что Ti геохимически ближе к Fe, чем к Al): керсутит — титановым С-аналогом магнезиогастингсита, а феррокерсутит — титановым С-аналогом гастингсита.

В позиции С унгареттита присутствуют три катиона Mn^{3+} (позиция С имеет необычный вид: L_2M_3), превышение суммарного катионного заряда +2. Компенсируется такой избыточный заряд за счёт позиции D заменой двух одновалентных анионов на два двухвалентных кислорода. Проведём такую же, как в керсутитах, условную операцию с сокращением зарядов и переведём два из трёх Mn^{3+} в двухвалентные. Тогда позиция С примет вид: L_4M . С учётом баланса катионов в других позициях унгареттит можно **условно** поставить в соответствие серии экерманнита и считать его марганцовисто-марганцевым С-аналогом арфведсонита.

Выше был сформулирован принцип соответствия радикалов с **сохранением** заряда позиции (за счёт перераспределения его внутри позиции). Для аномальных амфиболов может быть сформулирован

вариант этого принципа: принцип соответствия радикалов с **компенсацией** избыточного заряда за счёт анионной позиции.

Формализованная матрица

C-матрица нормативных амфиболов (табл. 2) опирается на жёсткую матрицу зарядов (табл. 3). Это даёт основание формализовать её в виде: табл. 4. В формализованной матрице ячейки оснований обозначены, как и в C-матрице, а ячейки поля матрицы обозначены как катионы позиций $A+B_2$ в виде: $[\]$ — вакансия, R^{1+} и R^{2+} (надстрочный индекс означает валентность катиона). Для лучшей визуализации некоторых закономерностей в ячейках поля матрицы обозначения вариантов заполнения позиций $A+B_2$ разнесены по противоположным углам.

Анализ формализованной матрицы позволяет отметить некоторые закономерности (табл. 4):

— Часть ячеек поля матрицы содержит только один вариант заполнения позиций $A+B_2$ ($[\](R^{1+})_2$ и др.), а часть — два варианта: ($[\](R^{2+})_2$ и $R^{1+}(R^{2+}R^{1+})$). Это означает, что каждая ячейка поля матрицы представляет собой суперпозицию, которая может содержать одну или две позиции. А каждая позиция, например в отношении к C-матрице нормативных амфиболов, содержит серию нормативных амфиболов из двух или четырёх конечных членов.

— Варианты заполнения позиций $A+B_2$ в пределах одной строки и одного столбца не повторяются. Но они повторяются по диагонали, что определяет диагональный характер всей матрицы.

Таблица 4

Формализованная матрица нормальных амфиболов

T^{IV}	C^{VI}	10+ L_5	11+ L_4M	12+ L_3M_2
32+ Si_8		$[\](R^{2+})_2$ $R^{1+}(R^{2+}R^{1+})$	$[\](R^{2+}R^{1+})$ $R^{1+}(R^{1+})_2$	$[\](R^{1+})_2$
31+ Si_7Al		$R^{1+}(R^{2+})_2$	$[\](R^{2+})_2$ $R^{1+}(R^{2+}R^{1+})$	$[\](R^{2+}R^{1+})$ $R^{1+}(R^{1+})_2$
30+ Si_6Al_2		$R^{2+}(R^{2+})_2$	$R^{1+}(R^{2+})_2$	$[\](R^{2+})_2$ $R^{1+}(R^{2+}R^{1+})$
29+ Si_5Al_3			$R^{2+}(R^{2+})_2$	$R^{1+}(R^{2+})_2$

— В формализованной матрице более отчётливо, по сравнению с С-матрицей нормативных амфиболов, выделяются пары неэквивалентных рядов по горизонтали и по вертикали. Они хорошо визуализируются, если соединить по этим направлениям одноименные углы ячеек поля матрицы (отдельно — верхний правый, и отдельно — нижний левый). Один из этих рядов, $R^{2+}(R^{2+})_2 \leftrightarrow R^{1+}(R^{2+})_2 \leftrightarrow \square(R^{2+})_2 \leftrightarrow \square(R^{2+}R^{1+})$, характеризуется обязательным присутствием R^{2+} в позиции В (условно назван «кальциевым»). Второй ряд, $R^{1+}(R^{2+}R^{1+}) \leftrightarrow R^{1+}(R^{1+})_2 \leftrightarrow \square(R^{1+})_2$, характеризуется обязательным присутствием R^{1+} в позиции В (условно назван «натриевым»). Именно эти ряды показаны в С-матрице стрелками (табл. 2).

— Отмеченные ряды образуют в поле матрицы две независимые сетки. В пределах каждой из этих сеток амфиболы конкретных серий, располагающиеся в узлах сеток, связаны с соседними сериями по трём направлениям. По горизонтали: позиция Т — неизменна, позиции С и $A+B_2$ — варианты. По вертикали: позиция С — неизменна, позиции Т и $A+B_2$ — варианты. По диагонали равных зарядов: позиции $A+B_2$ — неизменны, позиции С и Т — варианты. Эти ряды отражают направления изменения состава конкретных амфиболов в процессе их эволюции (при реализации природных процессов, связанных с метаморфизмом, приконтактовыми изменениями и пр.). Такой вывод сделан на основании того, что при номенклатурном анализе амфиболов ряда объектов отмечено следующее: в тех работах, где проводились какие-либо геологические реконструкции с использованием амфиболов, направления изменения этих амфиболов согласуются с отмеченными рядами и сетками (как минимум — на уровне серий). Более того, отмечается замыкание в треугольники в пределах сетки, например: горнблендит — чермакит — паргасит (приведены названия серий, а не конечных членов), или: тремолит — эденит — горнблендит.

В поле С-матрицы (табл. 2) имеется три пустые ячейки, на пересечениях столбцов и строк: $L_5 - Si_6Al_2$, $L_4M - Si_6Al_2$, $L_5 - Si_5Al_3$. Первые две ячейки характеризуют суммарный катионный заряд позиций А и В, равный +6, третья — +7. В IMA97 приводится один амфибол с суммарным зарядом +6 этих позиций: канниллоит. При этом формула IMA97 канниллоита не вполне согласуется с формулой первоисточника (Hawthorne et al., 1996). Во-первых, в оригинале позиция D представлена F_2 , то есть это фтористый D-аналог гипотетического нормативного амфибола. Во-вторых, в оригинале содержание Si более 5.6 ф. е., то есть позиция Т должна дискретизироваться до вида Si_6Al_2 , а не Si_5Al_3 ,

как в (Hawthorne et al., 1996) и ИМА97. Кроме того, хотя в целом формула сбалансирована, в канниллоите, по-видимому, имеет место сложный дробный баланс катионных зарядов по позициям. В связи с этим заряд позиции А совсем немного переходит критический +1.5, позволяющий дискретизировать его до целого +2.0. Тем не менее, для матричной модели важно, что реально существует амфибол, в котором более половины позиции А заселено двухвалентным катионом. Это позволяет открыть ячейки поля матрицы с балансом катионов позиций А+В₂ вида: R²⁺(R²⁺)₂, что и учтено в формализованной матрице (табл. 4).

Для того, чтобы суммарный катионный заряд позиций А+В₂ составил +7, необходимо присутствие в этих позициях хотя бы одного катиона с зарядом более +2. А поскольку такие амфиболы пока не известны, ячейка поля матрицы с зарядом +7 относится к условно запрещённым.

Логическая матрица

Логика архитектуры формализованной матрицы подсказывает, что она является частью какой-то более обширной матрицы. Следуя формальной логике, продолжим основания формализованной матрицы: горизонтального — до L₂M₃ ↔ LM₄ ↔ M₅; и вертикального — до Si₄Al₄ ↔ Si₃Al₅ ↔ Si₂Al₆ ↔ SiAl₇ ↔ Al₈. В результате получилась некая общая матрица, назовём её «логическая»: табл. 5. Логическая матрица сохраняет структуру формализованной матрицы, развивая её в области, где природные амфиболы пока не известны. В логической матрице более отчётливо проявлены закономерности, отмеченные при анализе формализованной матрицы: чётко проявляется диагональный характер матрицы, она приобретает ленточный вид, и эта лента в поперечном направлении полярна.

В С-матрице и в формализованной матрице для ячеек с зарядом +5 рассматривался только один вариант баланса катионов позиций А+В₂, а именно: Na(Ca)₂ или R¹⁺(R²⁺)₂, соответственно. Следуя формальной логике, мы обязаны предусмотреть ещё один вариант — R²⁺(R²⁺R¹⁺) или, для С-матрицы, Ca(CaNa). Введение этого варианта в логическую матрицу не нарушает прослеживающихся закономерностей, более того — она приобретает завершённый вид (исчезает пробел между диагоналями R²⁺(R²⁺R¹⁺) и R²⁺(R²⁺)₂, присутствующий в формализованной матрице). В настоящее время отсутствуют данные о реальном существовании природных амфиболов с таким балансом катионов позиций А+В₂. И, по-видимому, образование таких амфиболов пря-

Таблица 5

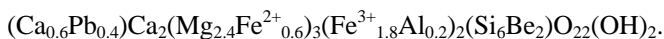
Логическая матрица

T^{IV} \ C^{VI}	10+	11+	12+	13+	14+	15+
	L_5	L_4M	L_3M_2	L_2M_3	LM_4	M_5
32+ Si_8	$\square(R^{2+})_2$ $R^{1+}(R^{2+}R^{1+})$	$\square(R^{2+}R^{1+})$ $R^{1+}(R^{1+})_2$	$\square(R^{1+})_2$			
31+ Si_7Al	$R^{1+}(R^{2+})_2$ $R^{2+}(R^{2+}R^{1+})$	$\square(R^{2+})_2$ $R^{1+}(R^{2+}R^{1+})$	$\square(R^{2+}R^{1+})$ $R^{1+}(R^{1+})_2$			
30+ Si_6Al_2	$R^{2+}(R^{2+})_2$ $R^{2+}(R^{2+}R^{1+})$	$R^{1+}(R^{2+})_2$ $R^{1+}(R^{2+}R^{1+})$	$\square(R^{2+})_2$ $R^{1+}(R^{2+}R^{1+})$	$\square(R^{2+}R^{1+})$ $R^{1+}(R^{1+})_2$		
29+ Si_5Al_3		$R^{2+}(R^{2+})_2$ $R^{2+}(R^{2+}R^{1+})$	$R^{1+}(R^{2+})_2$ $R^{1+}(R^{2+}R^{1+})$	$\square(R^{2+})_2$ $R^{1+}(R^{2+}R^{1+})$	$\square(R^{2+}R^{1+})$ $R^{1+}(R^{1+})_2$	
28+ Si_4Al_4			$R^{2+}(R^{2+})_2$ $R^{2+}(R^{2+}R^{1+})$	$R^{1+}(R^{2+})_2$ $R^{1+}(R^{2+}R^{1+})$	$\square(R^{2+})_2$ $R^{1+}(R^{2+}R^{1+})$	$\square(R^{2+}R^{1+})$ $R^{1+}(R^{1+})_2$
27+ Si_3Al_5				$R^{2+}(R^{2+})_2$ $R^{2+}(R^{2+}R^{1+})$	$R^{1+}(R^{2+})_2$ $R^{1+}(R^{2+}R^{1+})$	$\square(R^{2+})_2$ $R^{1+}(R^{2+}R^{1+})$
26+ Si_2Al_6					$R^{2+}(R^{2+})_2$ $R^{2+}(R^{2+}R^{1+})$	$R^{1+}(R^{2+})_2$ $R^{1+}(R^{2+}R^{1+})$
25+ $SiAl_7$						$R^{2+}(R^{2+})_2$ $R^{2+}(R^{2+}R^{1+})$
24+ Al_8						

Примечание: поле амфиболов IMA97 выделено двойной линией.

мым путём (из расплавов, флюидов, гидротермальных растворов и т. п.) вряд ли возможно. Но в процессе эволюции (например, при метаморфизме) других амфиболов, образование таких амфиболов, в соответствии с отмеченными сетками, не запрещено. Так, при метаморфизме рихтеритов с уменьшением Si или при эволюции катфоритов с изменением баланса типов катионов позиции С от L_4M до L_5 , вполне может произойти замещение Na в позиции А на Са. То есть, может возникнуть амфибол с балансом катионов позиций А и В вида: Са(СаNa), в матрице его место в ячейке с эденитом (в качестве второй серии). Подобные амфиболы возможны также в ячейках с паргаситом и саданагаитом.

При развёртывании логической матрицы мы отметили, что она развивает формализованную матрицу в области, где природные амфиболы пока не известны. Это не совсем так. Существует такой минерал — джосмитит. В работе (Moore, 1988) приводится следующая его формула:



Особенность джосмитита в балансе катионов позиции Т. Её заряд составляет +28, что, по принципу соответствия радикалов, согласуется с балансом катионов позиции Т вида: Si_4Al_4 нормальных амфиболов. Таким образом, джосмитит размещается за пределами формализованной матрицы и С-матрицы, но в ячейке логической матрицы он находится на пересечении строки Si_4Al_4 и столбца L_3M_2 , и является бериллиевым Т-аналогом нормативного амфибола неизвестной пока серии с четырьмя возможными конечными членами. Отметим также, что баланс катионов позиций А и В джосмитита подтверждает реальность диагонали в матричной модели с балансом $R^{2+}(R^{2+})_2$.

При описании саданагаита из Приольхонья часть анализов, приведённых в работе (Минералы: Справ., 1996), характеризуется содержанием Si < 4.5 ф. е., то есть позиция Т должна быть дискретизирована до Si_4Al_4 . Баланс катионов в других позициях позволяет поместить эти амфиболы в ячейку логической матрицы на пересечении строки Si_4Al_4 и столбца L_2M_3 . Это тоже неизвестная пока серия, располагающаяся за пределами формализованной матрицы и С-матрицы, и она также содержит четыре возможных конечных члена.

С появлением саданагаита, была открыта для заполнения горизонталь матрицы с балансом катионов позиции Т: Si_5Al_3 . Приведённые выше примеры открывают для заполнения горизонталь Si_4Al_4 матрицы и вертикаль L_2M_3 .

Таким образом, матричная модель номенклатуры минералов группы амфиболов:

— является логически непротиворечивой конструкцией; она позволяет связать все известные в настоящее время амфиболы в единую систему и представить эту систему в относительно компактном **двумерном поле**;

— построена по иной логике, чем IMA97, но вполне с ней согласуется; вместе с тем она является более строгой, по сравнению с IMA97, так как в ней используется жёсткая связь по зарядам позиций, а также для всех амфиболов применены единые граничные условия баланса катионов и анионов по позициям;

— обладает прогнозными возможностями, о чём свидетельствуют как рассмотренные примеры с амфиболами за пределами поля известных амфиболов, так и введение новых конечных членов в ряде серий нормативных амфиболов;

— визуализирует некоторые закономерности взаимосвязей разных амфиболов (неэквивалентные ряды и сетки), в IMA97 они присутствуют, но в скрытом виде — их очень сложно выявить и проследить;

— позволяет решить проблему разделения железа в виде, близком к реальному, что является её важнейшим прикладным аспектом;

— представляет одну из самых сложных групп системы минералогии, группу амфиболов, в виде, удобном для практического использования при проведении различных геолого-минералогических работ (номенклатурный анализ, сравнительный анализ разных объектов, характеристика метаморфизма и его направленности и т. д.), особенно она удобна при работе с большим массивом данных.

1. 3. Образование названий амфиболов

IMA97 рекомендует присваивать одно корневое название группировкам амфиболов, имеющих одинаковое распределение зарядов по структурным позициям — в матричной модели такие группировки имеют статус серии. Различать же амфиболы внутри таких группировок предлагается добавлением к корневому названию приставки, обозначающей преобладающий катион или анион в той или иной позиции. Для этого в IMA97 приводится таблица приставок, в которой определено: правописание приставки, область приложения (граничные условия применения), использование приставки в той или иной группе. VMO97 приводит аналогичную таблицу приставок, в которой дана их русская транс-

крипция. При сравнении таблиц видно, что русская транскрипция некоторых приставок несколько отличается от английской. С целью приближения правописания терминов в русском языке к английскому оригиналу, а также с учётом ритмики русского языка, в настоящей работе некоторые приставки несколько изменены: табл. 6.

Пояснения к изменению приставок:

1. Для обозначения преобладания Al над Fe³⁺ в позиции С IMA97 применяет приставку «aluminio...». Это связано с тем, что распространённый в минералогии термин «alumo...» принято применять для обозначения алюминия в **тетраэдрической** координации, т. е. изоморфного Si (Бокий, 1960, стр. 314). Применяя приставку «aluminio...» IMA97 подчёркивает вхождение алюминия в **октаэдрическую** координацию, т. е. изоморфного Fe³⁺. В ВМО97 «aluminio...» переведено как «алюмо...». В настоящей работе при образовании названий амфиболов для обозначения алюминия в октаэдрической координации применяется приставка «алюмино...», а не «алюмо...», как это представлено в ВМО97.

Таблица 6

Приставки для обозначения конечных членов нормативных амфиболов и их аналогов

IMA97	ВМО97	Изменённые
Alumino	Алюмо	Алюмино
Chloro	Хлор	Хлоро
Chromio	Хром	Хромо
Ferri	Ферри	
Ferro*	Ферро*	
Fluoro	Фтор	Фторо
Magnesio*	Магнезио*	
Mangani	Мангани	
Mangano	Мангано	
Permangano	Пермангано	
Potassic	Калий	
Sodic	Натро	Натрий
Titano	Титано	
Zinco	Цинко	

Примечания: «*» – приставки, отсутствующие в таблицах IMA97 и ВМО97, но применяемые в номенклатуре (см. текст IMA97 и ВМО97);

Жирным шрифтом выделены приставки, применяемые в настоящей работе.

2. Для обозначения преобладания F или Cl над OH⁻ IMA97 применяет приставки «fluoro...» и «chloro...». ВМО97 переводит их как «фтор...» и «хлор...». В настоящей работе применяется следующее их правописание: «фторо...» и «хлоро...». Во-первых, это ближе к английской транскрипции; во-вторых, термин с такой приставкой представляется более ритмически сбалансированным (фторрихтерит — фторорихтерит).

3. Для обозначения повышенного содержания Cr³⁺ IMA97 применяет приставку «chromio...», которая ВМО97 переводится как «хром...». Из тех же соображений, что и в п. 2, в наших построениях применяется «хромо...».

4. Для обозначения преобладания K или Na в позиции А IMA97 применяет приставки «potassic...» и «sodic...», используя их в одинаковой грамматической форме. ВМО97 предлагает, соответственно, «калий...» и «натро...», т. е. используется разная грамматическая форма. В настоящей работе они приведены к единой форме: «калий...» и «натрий...».

Порядок применения приставок

IMA97 не регламентирует последовательность присоединения приставок к корневым названиям. Вместе с тем, существуют амфиболы, в которых одновременно в нескольких позициях реализуется изоморфизм иных катионов и анионов, по сравнению с корневыми амфиболами. Для таких амфиболов возникает необходимость применения двух и более приставок. В настоящей работе использован следующий порядок образования названий амфиболов с применением приставок.

1. На первом месте от корневого названия ставится приставка, обозначающая вариацию катионов типа L в позиции С. Для нормативных амфиболов это «ферро...» и «магнезио...» (напр.: магнезиогорнблендит, ферропаргасит). Для аналогов нормативных амфиболов добавляются «мангано...» и «цинко...».

2. Следующей от корневого названия применяется приставка, означающая вариацию катионов типа M той же позиции С. Для нормативных амфиболов это «ферри...» и «алюмино...» (напр.: алюминиомагнезиосаданагаит, ферриферрочермакит). Для аналогов добавляются «мангани...», «титано...», «хромо...».

3. Следующей, третьей от корневого названия, применяется приставка, обозначающая вариацию катионов позиции А. В классификационной схеме IMA97 зафиксировано преобладание Na в позиции А (для тех нормативных амфиболов, где эта позиция заселена). Поэтому для аналогов, у которых в позиции А преобладает K, применяется приставка «калий...», приставка «на-

трий...» используется в ромбических амфиболах (натрийжедрит). Примером применения трёх приставок в одном названии служит калийферримагнезиокатофорит. Несмотря на относительную громоздкость этого термина, он соответствует реальному амфиболу и вполне корректно отражает его состав.

4. Последней от корневого названия, т. е. первой в термине, применяется приставка, обозначающая вариацию **анионов** в позиции (ОН⁻). Если преобладает F, то — «фторо...», а если Cl, то — «хлоро...» (фторокалийрихтерит и др.).

В приведённых примерах показано применение одной, двух и трёх приставок в одном названии, и такие амфиболы существуют. Амфиболы, в названии которых необходимо применять сразу четыре приставки, пока не известны, но они не запрещены.

Таким образом, порядок образования названий амфиболов, принятый в настоящей работе, следующий:

- на первом месте от корневого названия — приставка, отражающая вариацию **катионов** типа L позиции C;
- на втором месте — вариацию **катионов** типа M той же позиции C;
- на третьем месте — вариацию **катионов** позиции A;
- на четвёртом месте (в термине — на первом) — вариацию **анионов** позиции ОН⁻.

1. 4. Номенклатура минералов группы амфиболов

Несмотря на то, что матричная модель номенклатуры амфиболов вполне согласуется с IMA97, она всё же достаточно резко от неё отличается, особенно в части аналогов, куда входят и Mg-Fe-Mn-Li амфиболы. Если данные по амфиболам Ильменогорского комплекса представить в строгом соответствии с матричной моделью, то это может создать определённые сложности при использовании их другими исследователями в своей работе. Поэтому в настоящей работе, пока матричная модель ещё не получила широкого применения, используется «мягкий», или переходный, вариант номенклатуры амфиболов. Особенность его в следующем. Подгруппы кальциевых, натриево-кальциевых и натриевых амфиболов представлены в строгом соответствии с матричной моделью (нормативные амфиболы). Эти подгруппы по балансу катионов позиций A+B₂ разделены на группировки, внутри которых, в свою очередь, выделены (и обозначены) серии, объединяющие амфиболы с одинаковым распределением зарядов

по позициям. Mg-Fe-Mn-Li амфиболы в этом варианте номенклатуры представлены не в составе серий нормативных амфиболов, как аналоги согласно матричной модели, а так же, как и в IMA97, в виде отдельной подгруппы. Но эта подгруппа, как и нормативные амфиболы, разделена на группировки по балансу катионов позиций A+B₂. При этом серии IMA97 жедрита и антофиллита разделились каждая на две пары, в соответствии с балансом зарядов, которые разместились в разных группировках. Эти пары, как и остальные серии Mg-Fe-Mn-Li амфиболов, обозначены как серии в IMA97. Необходимо подчеркнуть, что конечные члены внутри серий, как нормативных, так и Mg-Fe-Mn-Li амфиболов, образуют изоморфные ряды: в двухчленных — бинарные, в четырёхчленных — более сложные. В последних сочетаются по два изоморфных ряда (по катионам типа M и L), что и создаёт четыре конечных члена.

Общая номенклатура минералов группы амфиболов $AB_2C_5^{VI}T_8^{IV}O_{22}(OH)_2$

1. Подгруппа Mg-Fe-Mn-Li-амфиболов

1.1. Ромбические. Pnma.

1.1.1. $R^{1+}(R^{2+})_2$

Серия антофиллита

Натрийантофиллит (sodicanthophyllite)	$NaMg_7(Si_7Al)O_{22}(OH)_2$
Натрийферроантофиллит (sodic-ferroanthophyllite)	$NaFe^{2+}_7(Si_7Al)O_{22}(OH)_2$

Серия жедрита

Натрийжедрит (sodicgedrite)	$NaMg_6Al(Si_6Al_2)O_{22}(OH)_2$
Натрийферрожедрит (sodic-ferrogedrite)	$NaFe^{2+}_6Al(Si_6Al_2)O_{22}(OH)_2$

1.1.2. $\square(R^{2+})_2$

Серия антофиллита

Антофиллит (anthophyllite)	$\square Mg_7Si_8O_{22}(OH)_2$
Ферроантофиллит (ferro-anthophyllite)	$\square Fe^{2+}_7Si_8O_{22}(OH)_2$

Серия жедрита

Жедрит (gedrite)	$\square Mg_5Al_2(Si_6Al_2)O_{22}(OH)_2$
Феррожедрит (ferrogedrite)	$\square Fe^{2+}_5Al_2(Si_6Al_2)O_{22}(OH)_2$

1.1.3. $\square(R^{1+})_2$

Серия холмквистита

Холмквистит (holmquistite)	$\square Li_2Mg_3Al_2Si_8O_{22}(OH)_2$
Феррохолмквистит (ferroholmquistite)	$\square Li_2Fe^{3+}_3Al_2Si_8O_{22}(OH)_2$

1.2 Моноклинные. C 2/m.

1.2.1. $\square(R^{2+})_2$

Серия куммингтонита-грюнерита

Куммингтонит (cummingtonite)	$\square Mg_7Si_8O_{22}(OH)_2$
Манганокуммингтонит (manganocummingtonite)	$\square Mn^{2+}_2Mg_5Si_8O_{22}(OH)_2$
Грюнерит (grunerite)	$\square Fe^{2+}_7Si_8O_{22}(OH)_2$
Манганогрюнерит (manganogrunerite)	$\square Mn^{2+}_2Fe^{2+}_5Si_8O_{22}(OH)_2$
Перманганогрюнерит (permanganogrunerite)	$\square Mn^{2+}_4Fe^{2+}_3Si_8O_{22}(OH)_2$

1.2.2. $\square(R^{1+})_2$

Серия клинохолмквистита

Клинохолмквистит (clinoholmquistite)	$\square Li_2Mg_3Al_2Si_8O_{22}(OH)_2$
Клиноферрохолмквистит (clino-ferroholmquistite)	$\square Li_2Fe^{2+}_3Al_2Si_8O_{22}(OH)_2$
Ферриклинохолмквистит (ferri-clinoholmquistite)	$\square Li_2Mg_3Fe^{3+}_2Si_8O_{22}(OH)_2$
Ферриклиноферрохолмквистит (ferri-clino-ferroholmquistite)	$\square Li_2Fe^{2+}_3Fe^{3+}_2Si_8O_{22}(OH)_2$

2. Подгруппа кальциевых амфиболов

2.1. $NaCa_2$

Серия эденита

Эденит (edenite)	$NaCa_2Mg_5(Si_7Al)O_{22}(OH)_2$
Ферроэденит (ferro-edenite)	$NaCa_2Fe^{2+}_5(Si_7Al)O_{22}(OH)_2$

Серия паргасита-гастингсита

Паргасит (pargasite)	$NaCa_2Mg_4Al(Si_6Al_2)O_{22}(OH)_2$
Ферропаргасит (ferropargasite)	$NaCa_2Fe^{3+}_4Al(Si_6Al_2)O_{22}(OH)_2$
Магнезиогастингсит (magnesiohastingsite)	$NaCa_2Mg_4Fe^{3+}(Si_6Al_2)O_{22}(OH)_2$
Гастингсит (hastingsite)	$NaCa_2Fe^{3+}_4Fe^{3+}(Si_6Al_2)O_{22}(OH)_2$

Серия саданагаита

Алюминомагнезиосаданагаит (alumino-magnesiosadanagaite)	$NaCa_2Mg_3Al_2(Si_5Al_3)O_{22}(OH)_2$
Алюиносаданагаит (aluminosadanagaite)	$NaCa_2Fe^{2+}_3Al_2(Si_5Al_3)O_{22}(OH)_2$
Магнезиосаданагаит (magnesiosadanagaite)	$NaCa_2Mg_3Fe^{3+}_2(Si_5Al_3)O_{22}(OH)_2$
Саданагаит (sadanagaite)	$NaCa_2Fe^{3+}_3Fe^{3+}_2(Si_5Al_3)O_{22}(OH)_2$

2.2. $\square Ca_2$

Серия тремолита-ферроактинолита

Тремолит (tremolite)	$\square Ca_2Mg_5Si_8O_{22}(OH)_2$
Ферроактинолит (ferro-actinolite)	$\square Ca_2Fe^{2+}_5Si_8O_{22}(OH)_2$

Серия горнблендита

Магнезиогорнблендит (magnesiohornblende)	$\square Ca_2Mg_4Al(Si_7Al)O_{22}(OH)_2$
Феррогорнблендит (ferrohornblende)	$\square Ca_2Fe^{3+}_4Al(Si_7Al)O_{22}(OH)_2$
Ферримагнезиогорнблендит (ferri-magnesiohornblende)	$\square Ca_2Mg_4Fe^{3+}(Si_7Al)O_{22}(OH)_2$
Ферриферрогорнблендит (ferri-ferrohornblende)	$\square Ca_2Fe^{2+}_4Fe^{3+}(Si_7Al)O_{22}(OH)_2$

Серия чермакита

Алюминочермакит (aluminotschermakite)	$\square \text{Ca}_2\text{Mg}_3\text{Al}_2(\text{Si}_6\text{Al}_2)\text{O}_{22}(\text{OH})_2$
Алюминоферрочермакит (alumino-ferrotschermakite)	$\square \text{Ca}_2\text{Fe}^{2+}_3\text{Al}_2(\text{Si}_6\text{Al}_2)\text{O}_{22}(\text{OH})_2$
Ферричермакит (ferritschermakite)	$\square \text{Ca}_2\text{Mg}_3\text{Fe}^{3+}_2(\text{Si}_6\text{Al}_2)\text{O}_{22}(\text{OH})_2$
Ферриферрочермакит (ferri-ferrotschermakite)	$\square \text{Ca}_2\text{Fe}^{2+}_3\text{Fe}^{3+}_2(\text{Si}_6\text{Al}_2)\text{O}_{22}(\text{OH})_2$

3. Подгруппа натриево-кальциевых амфиболов

3.1. Na(CaNa)

Серия рихтерита

Рихтерит (richterite)	$\text{Na}(\text{CaNa})\text{Mg}_5\text{Si}_8\text{O}_{22}(\text{OH})_2$
Феррорихтерит (ferrorichterite)	$\text{Na}(\text{CaNa})\text{Fe}^{2+}_5\text{Si}_8\text{O}_{22}(\text{OH})_2$

Серия катофорита

Магнезиокатофорит (magnesiokatophorite)	$\text{Na}(\text{CaNa})\text{Mg}_4\text{Al}(\text{Si}_7\text{Al})\text{O}_{22}(\text{OH})_2$
Катофорит (katophorite)	$\text{Na}(\text{CaNa})\text{Fe}^{2+}_4\text{Al}(\text{Si}_7\text{Al})\text{O}_{22}(\text{OH})_2$
Ферримагнезиокатофорит (ferri-magnesiokatophorite)	$\text{Na}(\text{CaNa})\text{Mg}_4\text{Fe}^{3+}(\text{Si}_7\text{Al})\text{O}_{22}(\text{OH})_2$
Феррикатофорит (ferrikatophorite)	$\text{Na}(\text{CaNa})\text{Fe}^{2+}_4\text{Fe}^{3+}(\text{Si}_7\text{Al})\text{O}_{22}(\text{OH})_2$

Серия тарамита

Алюминомагнезиотарамит (alumino-magnesiotaramite)	$\text{Na}(\text{CaNa})\text{Mg}_3\text{Al}_2(\text{Si}_6\text{Al}_2)\text{O}_{22}(\text{OH})_2$
Алюминотарамит (aluminotaramite)	$\text{Na}(\text{CaNa})\text{Fe}^{2+}_3\text{Al}_2(\text{Si}_6\text{Al}_2)\text{O}_{22}(\text{OH})_2$
Ферримагнезиотарамит (ferri-magnesiotaramite)	$\text{Na}(\text{CaNa})\text{Mg}_3\text{Fe}^{3+}_2(\text{Si}_6\text{Al}_2)\text{O}_{22}(\text{OH})_2$
Ферритарамит (ferritaramite)	$\text{Na}(\text{CaNa})\text{Fe}^{2+}_3\text{Fe}^{3+}_2(\text{Si}_6\text{Al}_2)\text{O}_{22}(\text{OH})_2$

3.2. $\square(\text{CaNa})$

Серия винчита

Винчит (winchite)	$\square(\text{CaNa})\text{Mg}_4\text{AlSi}_8\text{O}_{22}(\text{OH})_2$
Ферровинчит (ferrowinchite)	$\square(\text{CaNa})\text{Fe}^{2+}_4\text{AlSi}_8\text{O}_{22}(\text{OH})_2$
Ферривинчит (ferriwinchite)	$\square(\text{CaNa})\text{Mg}_4\text{Fe}^{3+}\text{Si}_8\text{O}_{22}(\text{OH})_2$
Ферриферровинчит (ferri-ferrowinchite)	$\square(\text{CaNa})\text{Fe}^{2+}_4\text{Fe}^{3+}\text{Si}_8\text{O}_{22}(\text{OH})_2$

Серия баррузита

Алюминобаррузит (aluminobarroisite)	$\square(\text{CaNa})\text{Mg}_3\text{Al}_2(\text{Si}_7\text{Al})\text{O}_{22}(\text{OH})_2$
Алюминоферробаррузит (alumino-ferrobarroisite)	$\square(\text{CaNa})\text{Fe}^{2+}_3\text{Al}_2(\text{Si}_7\text{Al})\text{O}_{22}(\text{OH})_2$
Феррибаррузит (ferribarroisite)	$\square(\text{CaNa})\text{Mg}_3\text{Fe}^{3+}_2(\text{Si}_7\text{Al})\text{O}_{22}(\text{OH})_2$
Ферриферробаррузит (ferri-ferrobarroisite)	$\square(\text{CaNa})\text{Fe}^{2+}_3\text{Fe}^{3+}_2(\text{Si}_7\text{Al})\text{O}_{22}(\text{OH})_2$

4. Подгруппа натриевых амфиболов

4.1. NaNa_2

Серия экерманнита-арфведсонита

Экерманнит (eckermannite)	$\text{NaNa}_2\text{Mg}_4\text{AlSi}_8\text{O}_{22}(\text{OH})_2$
Ферроэкерманнит (ferro-eckermannite)	$\text{NaNa}_2\text{Fe}^{2+}_4\text{AlSi}_8\text{O}_{22}(\text{OH})_2$
Магнезиоарфведсонит (magnesian-arfvedsonite)	$\text{NaNa}_2\text{Mg}_4\text{Fe}^{3+}\text{Si}_8\text{O}_{22}(\text{OH})_2$
Арфведсонит (arfvedsonite)	$\text{NaNa}_2\text{Fe}^{2+}_4\text{Fe}^{3+}\text{Si}_8\text{O}_{22}(\text{OH})_2$

Серия нибёита

Нибёит (nyböite)	$\text{NaNa}_2\text{Mg}_3\text{Al}_2(\text{Si}_7\text{Al})\text{O}_{22}(\text{OH})_2$
Ферронибёит (ferronyböite)	$\text{NaNa}_2\text{Fe}^{2+}_3\text{Al}_2(\text{Si}_7\text{Al})\text{O}_{22}(\text{OH})_2$
Ферринибёит (ferrinyböite)	$\text{NaNa}_2\text{Mg}_3\text{Fe}^{3+}_2(\text{Si}_7\text{Al})\text{O}_{22}(\text{OH})_2$
Ферриферронибёит (ferri-ferronyböite)	$\text{NaNa}_2\text{Fe}^{2+}_3\text{Fe}^{3+}_2(\text{Si}_7\text{Al})\text{O}_{22}(\text{OH})_2$

4.2. □Na₂

Серия глаукофана-рибекита

Глаукофан (glaucophane)	$\square\text{Na}_2\text{Mg}_3\text{Al}_2\text{Si}_8\text{O}_{22}(\text{OH})_2$
Ферроглаукофан (ferroglaucophane)	$\square\text{Na}_2\text{Fe}^{2+}_3\text{Al}_2\text{Si}_8\text{O}_{22}(\text{OH})_2$
Магнезиориебекит (magnesioriebeckite)	$\square\text{Na}_2\text{Mg}_3\text{Fe}^{3+}_2\text{Si}_8\text{O}_{22}(\text{OH})_2$
Риебекит (riebeckite)	$\square\text{Na}_2\text{Fe}^{2+}_3\text{Fe}^{3+}_2\text{Si}_8\text{O}_{22}(\text{OH})_2$

ГЛАВА 2

Номенклатурный анализ амфиболов Ильменогорского комплекса

В настоящее время опубликовано около 130 химических анализов амфиболов для различных объектов Ильменогорского комплекса. Эти анализы выполнялись в разное время, в разных лабораториях, разными аналитиками и разными методами. В связи с этим они отличаются по качеству и, кроме того, по-разному представлены в разных публикациях: часть их не имеет кристаллохимических пересчётов, а те, что имеют, выполнены разными методами (анионным или катионным). В некоторых работах с анализированными амфиболами не приводится точная привязка.

Тем не менее все эти данные подверглись номенклатурному анализу, суть которого состоит в следующем. Прежде всего, все анализы были пересчитаны катионным методом, как это рекомендует IMA97 (на 13 или 15 катионов). Затем выводилась кристаллохимическая формула, при этом обязательно производилась балансировка заряда – он приводился к +46, как правило за счёт Fe^{2+} и Fe^{3+} (стандартная процедура). В некоторых случаях, при сравнении с опубликованным пересчётом (там, где он приводился), разница оказывалась несущественной. Но иногда результаты отличались значительно, причём в этих случаях, как правило, формулы по опубликованным данным были не сбалансированы по заряду. Полученные кристаллохимические формулы анализировались с позиций матричной модели с целью определения их принадлежности к тому или иному минеральному виду (конечному члену) группы амфиболов.

На основе полученных результатов появилась возможность провести номенклатурное уточнение всех названий амфиболов, встреченных нами в опубликованной литературе за период 1809—2000 гг., всего 77 терминов (таблица 7). Структура таблицы следующая. Колонка 1 — счётная. В колонке 2 приведена характеристика термина (см. ниже). В колонке 3 даётся авторское название в том виде, как оно было применено впервые для амфиболов Ильмен (на русском и английском языках); названия, для которых установлено соответствие современной номенклатуре амфиболов, выделены жирным шрифтом. Колонка 4 отражает результат номенклатурного анализа. Для названий, соответствующих современной номенклатуре амфиболов, приводится идеализированная кристаллохимическая формула и сингония. Для названий, получивших номенклатурное уточнение, приводится новое название (выделено жирным шрифтом), иногда при-

водится источник, по которому проведено номенклатурное уточнение. Для части названий провести номенклатурное уточнение не представилось возможным, нет данных. В колонке 5 даётся ссылка на первоисточник, в котором данный термин (колонка 3) впервые применён для ильменского амфибола.

Таблица 7

Названия амфиболов, встреченные в литературе по Ильменским горам за период 1809—2000 гг. (номенклатурный анализ)

№ п/п	Условн. обозн. и сокращ.	Авторское название (русск., англ.)	Формула, сингония, номенклатурное уточнение, литературная ссылка	Автор(ы), год
1	2	3	4	5
1	терм	Актинолит (actinolite)	= тремолит железистый	Сушинский П. П., 1900
2	терм	Амфибол (ы) (amphibole (s))	мон. и ромб. силикаты с общей формулой $AB_2C^{VI}_5T^{IV}_8O_{22}(OH)_2$	Заварицкий А. Н., 1939
3	1	Антофиллит (anthophyllite)	$\square(Mg, Fe^{2+})_7Si_8O_{22}(OH)_2$, ромб.	Симонов А. И., 1949
4	терм	Антофиллит-асбест (anthophyllite-asbestos)	= антофиллит параллельно-волокнистый	Симонов А. И., 1949
5	–	Арфведсонит (arfvedsonite)	= смесь, амфибол + пироксен (Баженов А. Г., др., 1992б)	Johnsen A., 1901
6	х	Баркевикит (barkevikite)	= кальциевый амфибол	Попов В. А., 1975 (ссылка на Ротман Л. Э., 1956)
7	–	Барруазит (barroisite)	= феррибарруазит (Баженов А. Г., др., 1982)	Баженов А. Г., др., 1982
8	2	Гастингсит (hastingsite)	$NaCa_2(Fe^{2+}, Mg)_4Fe^{3+}(Si_6Al_2)O_{22}(OH)_2$, мон.	Левин В. Я., 1974
9	–	Гастингсит магниезальный (magnesian hastingsite)	= 1) гастингсит 2) магнезиогастингсит	Баженов А. Г., др., 1982
10	–	Глаукофан (glaucophane)	= натриевый амфибол, хим. анал. не приводится	Заварицкий А. Н., 1939
11	терм	Горнблендит (hornblende)	= кальциевый амфибол, хим. состав не приводится	Севергин В. М., 1809 (горнбленде). Менге И. Н., 1826 (hornblende)
12	3	Жедрит (gedrite)	$\square(Mg, Fe^{2+})_5Al_2(Si_6Al_2)O_{22}(OH)_2$, ромб.	Кориневский В. Г., 1997; Кориневский В. Г. и др., 1997

Продолжение таблицы 7

1	2	3	4	5
13	х	Калийтарамит (potassicferritaramite)	= калийферритарамит	Баженов А. Г., др., 1998
14	х	Калийферрисаданагаит (potassic-ferrisadanagaite)	= калийсаданагаит	Баженов А. Г., др., 1999
15	х	Са-Al-арфведсонит	= ферримагнезиокатофорит	Попов В. А., 1975 (ссылка на Ротман Л. Э., 1956)
16	х	Каринтинит	= кальциевый амфибол	Попов В. А., 1975 (ссылка на Менге И. Н., 1826)
17	х	Катафорит (kataphorite)	= ферримагнезиокатофорит	Попов В. А., 1975 (ссылка на Ротман Л. Э., 1965)
18	х	Крокидолит (crocidolite)	= магнезиорибекит (Баженов А.Г. и др., 1982)	Макарошкин Б. А., др., 1962
19	х	Крокидолит-асбест (crocidolite-asbestos)	= магнезиорибекит волоконистый	Золоев К. К., 1973
20	?	Купфферит (kupfferite)	= магнезиальный амфибол, сод. (мас.) %: NiO 0.61; Cr ₂ O ₃ 1.21. Не изучен.	Hermann R. F., 1862
21	4.	Куммингтонит (cummingtonite)	□(Mg,Fe ²⁺) ₇ Si ₈ O ₂₂ (OH) ₂ , мон. = смесь амфиболов, один из них натриевый	Рассказова А. Д., 1990 Баженов А. Г., др., 1965
22	х	Куммингтонит магне- зиальный (magnesian cummingtonite)	= куммингтонит	Кориневский В. Г., 1997
23	х	Магнезиоантофиллит (magnesianthophyllite)	= антофиллит (номенкл. амф. 1997)	Кобяшев Ю. С., др., 1994 (номе- нкл. амф. 1978)
24	–	Магнезиоарфведсонит (magnesianarfvedsonite)	= фторомагнезиоарфведсо- нит (Баженов А. Г. и др., 1990) (номенкл. амф. 1997)	Кобяшев Ю. С., др., 1994 (номенкл. амф. 1978)
25	х	Магнезиобаркевикит	= магнезиогастингсит (хим. анализ Д. С. Белянкина приводится в работе Левина В. Я., 1974)	Попов В. А., 1975 (ссылка на Белянкина Д. С., 1908)
26	5	Магнезиогастингсит (magnesianhastingsite)	NaCa ₂ (Mg,Fe ²⁺) ₄ Fe ³⁺ (Si ₆ Al ₂)- O ₂₂ (OH) ₂ , мон.	Ротман Л. Э., 1956
27	6	Магнезиогорнблен- дит (magnesianhornblende)	□Ca ₂ (Mg,Fe ²⁺) ₄ Al(Si ₇ Al)O ₂₂ - (OH) ₂ , мон	Кобяшев Ю. С. др., 1994 (ам- фибол, Баженов А. Г., др., 1982)

Продолжение таблицы 7

1	2	3	4	5
28	х	Магнезиожедрит (magnesiogedrite)	= жедрит (номенкл. амф. 1997)	Кобяшев Ю.С., др., 1994 (номенкл. амф. 1978)
29	х	Магнезиокатафорит (magnesiokataphorite)	= 1) феррибарруазит 2) ферримагнезиокатофорит	Левин В. Я., 1974
30	х	Магнезиокуммингтонит (magnesiocummingtonite)	= магнезиальный амфибол (= купфферит). Не изучен.	Попов В. А., 1975 (ссылка на Hermann R. F., 1862)
31	7	Магнезиорибекит (magnesoriebeckite)	$\square\text{Na}_2(\text{Mg}, \text{Fe}^{2+})^3\text{Fe}^{3+}_2\text{Si}_8\text{O}_{22}(\text{OH})_2$, мон.	Баженов А. Г. и др., 1982
32	–	Магнезиосаданагаит (magnesosadanagaite)	= алюминомагнезиосаданагаит	Поляков В. О. и др., 1998
33	х	Магнезиоферрикатафорит (magnesiio-ferrikataphorite)	= ферримагнезиокатофорит	Баженов А.Г. и др., 1982
34	х	Натросаданагаит (natrosadanagaite)	= саданагаит	Баженов А. Г., 1998
35	х	Обманка роговая (hornblende)	= 1) горнбленде (ит) 2) эденит 3) ферритарамит 4) ферричермакит 5) ферримагнезиогорнблендит 6) ферриферрочермакит 7) ферривинчит	Тёрнберг Ф. К., 1830 (рус. перевод статьи И. Н. Менге) Белянкин Д. С., 1909; Ротман Л. Э., 1956; Доминиковский Г. Г., 1971; Баженов А. Г., др., 1978; Кутелова Л. А., др. 1982; Рассказова А. Д., др., 1989
36	х	Обманка роговая актинолитовая (actinolitic hornblende)	= магнезиогорнблендит	Леванов А. А., 1992
37	х	Обманка роговая гас- тингситовая (hastingsitic hornblende)	= гастингсит, магнезиогастингсит	Заварицкий А. Н., 1939; Иванов Б. Н., др., 1978
38	х	Обманка роговая ка- лиевая фтормагнезио- гастингситовая	= фторокалийгастингсит	Баженов А. Г., 1992

Продолжение таблицы 7

1	2	3	4	5
39	х	Обманка роговая магниальная гастингситовая (magnesian hastingsite hornblende)	= магнезиогастингсит	Баженов А. Г. и др., 1982
40	х	Обманка роговая магниальная (magnesiornblende)	= магнезиогорнблендит	Баженов А. Г. и др., 1982
41	х	Обманка роговая магниально-железистая обыкновенная (common ferromagnesian hornblende)	= эденит	Спр. Минералы: Т. 2, кн. 3, с. 118 (хим.ан. № 14 по Левину В. Я., 1974)
42	х	Обманка роговая обыкновенная (common hornblende)	= амфибол кальциевый	Левин В. Я., 1974
43	х	Обманка роговая паргаситовая (pargasitic hornblende)	= паргасит	Баженов А. Г. и др., 1978; и др., 1982
44	х	Обманка роговая феррочермакитовая (ferrotschermakitic hornblende)	= ферричермакит	Баженов А. Г. и др., 1982
45	х	Обманка роговая ферроэдениитовая (ferro-edenitic hornblende)	= ферроэдениит	Баженов А. Г. и др., 1982
46	х	Обманка роговая фторферриэдениитовая (fluor-ferriedenitic hornblende)	= фтороферроэдениит	Баженов А. Г., 1992
47	х	Обманка роговая чермакитовая (tschermakitic hornblende)	= ферричермакит	Баженов А. Г., др., 1981; др., 1982
48	х	Обманка роговая щелочная (alkali hornblende)	= амфибол натриево-кальциевый	Заварицкий А. Н., 1939
49	х	Обманка фторроговая	= фторокалийгастингсит	Баженов А. Г., 1998
50	8	Паргасит (pargasite)	$\text{NaCa}_2(\text{Mg, Fe}^{2+})_4\text{Al}(\text{Si}_6\text{Al}_2)\text{O}_{22}(\text{OH})_2$, мон.	Кориневский В. Г., др., 1997
51	х	Рибекит-глаукофан (riebeckite-glaucophane)	= амфибол предполагаемого состава	Johnsen A., 1901
52	9	Рихтерит (richterite)	$\text{Na}(\text{CaNa})(\text{Mg, Fe}^{2+})_5\text{Si}_8\text{O}_{22}(\text{OH})_2$, мон.	Баженов А. Г., 1982

Продолжение таблицы 7

1	2	3	4	5
53	10	Саданагаит (sadanagaite)	$\text{NaCa}_2(\text{Mg}, \text{Fe}^{2+})_3\text{Fe}^{3+}_2(\text{Si}_5\text{Al}_3\text{O}_{22}(\text{OH})_2)$, мон.	Баженов А. Г., др., 1988
			= калийсаданагаит	Баженов А. Г., 1998
54	терм.	Тарамит (taramite)	= 1) калийферритарамит 2) ферритарамит	Баженов А. Г., 1988 Баженов А. Г., 1982
55	11	Тремолит (tremolite)	$\square\text{Ca}_2(\text{Mg}, \text{Fe}^{2+})_5\text{Si}_8\text{O}_{22}(\text{OH})_2$, мон.	Малахов В. М., 1876
56	х	Тремолит-актинолит (tremolite-actinolite)	= кальциевый амфибол	Рассказова А. Д. и др., 1992
57	терм.	Тремолит железистый (ferroan tremolite)	$\square\text{Ca}_2(\text{Mg}, \text{Fe}^{2+})_5\text{Si}_8\text{O}_{22}(\text{OH})_2$	Кобяшев Ю.С., др., 1994
58	х	Тремолит хромовый (chromian tremolite)	= ферримagneзиогорнблен- дит хромовый, сод. до 1.7мас. % Cr_2O_3	Кобяшев Ю. С., др., 1994 (рог. обм., Варлаков А. С., 1982)
59	х	Уралит (uralite)	= псевдоморфоза кальциевого амфибола по мон. пироксену	Jeremejev P. V., 1872; Еремеев П. В., 1880
60	х	Феррианалог саданагаита	= калийсаданагаит	Баженов А. Г., 1998
61	12	Феррибарроузит (ferribarrosite)	$\square(\text{Ca}_2\text{Na})(\text{Mg}, \text{Fe}^{2+})_3\text{Fe}^{3+}_2(\text{Si}_7\text{Al})\text{O}_{22}(\text{OH})_2$, мон.	Баженов А. Г., 1982
62	13	Ферривинчит (ferrivinichite)	$\square(\text{CaNa})(\text{Mg}, \text{Fe}^{2+})_3\text{Fe}^{3+}_2\text{Si}_8\text{O}_{22}(\text{OH})_2$, мон.	Баженов А. Г. и др., 1982
63	14	Ферритарамит (ferritaramite)	$\text{Na}(\text{CaNa})(\text{Fe}^{2+}, \text{Mg})_3\text{Fe}^{3+}_2(\text{Si}_6\text{Al}_2)\text{O}_{22}(\text{OH})_2$, мон.	Баженов А. Г., др., 1982
64	х	Ферриферрогастинг- сит (ferri-ferrohastingsite)	= гастингсит	Баженов А.Г., др., 1978
65	15.	Ферроактинолит (ferro-actinolite)	$\square\text{Ca}_2(\text{Fe}^{2+}, \text{Mg})_5\text{Si}_8\text{O}_{22}(\text{OH})_2$, мон.	Баженов А. Г., др., 1999
66	х	Феррогастингсит (ferrohastingsite)	= гастингсит	Баженов А. Г., др., 1981
67	-	Феррогорнблендит (ferrohornblende)	= ферримagneзиогорнблен- дит	Кобяшев Ю. С., др., 1994 (рог. обм., Баженов А. Г., др., 1978)
68	-	Ферропаргасит (ferropargasite)	= 1) саданагаит 2) калийсаданагаит	Баженов А. Г., др., 1982

Окончание таблицы 7

1	2	3	4	5
69	х	Ферроферриглаукофан (ferro-ferriglaucophane)	= рибекит (в Ильменогорском комплексе на 1975 г. не установлен)	Попов В. А., 1975 (ссылка на Белянкина Д. С., 1908)
70	х	Ферроферритарамит (ferritaramite)	= ферритарамит	Баженов А. Г., 1986
71	–	Феррочермакит (ferrotschermakite)	= ферричермакит	Кобяшев Ю. С., др., 1994 (рог. обм., Домини- ковский Г. Г., 1971)
72	х	Фторгорнблендит (fluorhornblende)	= фторокалийгастингсит	Баженов А. Г., 1998
73	16	Фторомагнезиоар- фведсонит (fluoro-magnesioarfved- sonite)	$\text{NaNa}_2(\text{Mg}, \text{Fe}^{2+})_5\text{Si}_8\text{O}_{22}(\text{OH})_2$, мон.	Баженов А. Г., др., 1990 (фтормагне- зиоарфведсо- нит)
74	17	Фторорихтерит (fluororichterite)	$\text{Na}(\text{CaNa})(\text{Mg}, \text{Fe}^{2+})_5\text{Si}_8\text{O}_{22}$ - (F,OH) ₂ , мон.	Баженов А. Г., др., 1990, 1993 (фторрихте- рит)
75	х	Фторферрогорнблен- дит (fluor-ferrohornblende)	= фтороферроэденит	Кобяшев Ю. С., др., 1994 (рог. обм. фторферриэде- нитовая, Баже- нов А. Г., 1992)
76	терм.	Чермакит (tschermakite)	= 1) ферричермакит 2) алюминочермакит	Кобяшев Ю. С., др., 1994 (рог. обм. чермакитовая, Баженов А. Г., 1992) Кориневский В. Г. и др., 1998
77	18	Эденит (edenite)	$\text{NaCa}_2(\text{Mg}, \text{Fe}^{2+})_5(\text{Si}_7\text{Al})\text{O}_{22}(\text{OH})_2$, мон.	Баженов А. Г., др., 1982 (рог. обм., Д. С. Бе- лянкин, 1909)

Из таблицы 7 видно, что:

— 18 названий соответствуют современной номенклатуре амфиболов (в колонке 2 таблицы они пронумерованы);

— 42 названия являются устаревшими и дискредитированы современной номенклатурой (в колонке 2 таблицы помечены знаком «X»);

— 9 названий применены к амфиболам, относящимся по современной номенклатуре к другим конечным членам (в колонке 2 таблицы помечены знаком «→»);

— 7 названий не обозначают конечный член, а являются терминами свободного пользования (в колонке 2 таблицы помечены «терм.»);

— 1 название (купфферит) обозначает недоизученный амфибол, т. е. данных, приведённых в первоисточнике, недостаточно для его точной идентификации (в колонке 2 таблицы помечен знаком «?»).

Номенклатурный анализ всего массива данных по амфиболам Ильмен, опубликованных в литературе, позволил выявить ещё 18 амфиболов, ранее не известных. Таким образом, в настоящее время в Ильменогорском комплексе известно 36 минеральных видов (конечных членов) группы амфиболов. Все они приведены в таблице 8. В Приложении I для каждого минерального вида, в качестве подтверждающего примера, приводятся по 1—2 химическому анализу (в отдельных случаях — 3) с кристаллохимической формулой и краткой легендой (литературный источник, краткая характеристика геолого-минералогической обстановки нахождения данного амфибола) — всего 55 анализов. Структура таблицы 8 следующая:

— вся таблица разделена на подгруппы и серии в соответствии с принятой в настоящей работе номенклатурой амфиболов (см. главу 1);

— колонка 1 — счётная;

— колонка 2 — приводится название амфибола в соответствии с современной номенклатурой на русском и английском языке;

— колонка 3 — приводится кристаллохимическая формула идеализированная, а также сингония и изоморфный ряд по катиону L или родственная связь (для аналогов);

— колонка 4 — приводится место первой находки (описания) данного амфибола в Ильменогорском комплексе; в случаях, когда имеются детальные описания конкретного амфибола из других мест Ильмен, иногда приводится два и даже три места находки;

— колонка 5 — приводится название данного амфибола по первоисточнику (авторское), по которому проводилось номенклатурное уточнение и даётся ссылка на этот первоисточник;

— колонка 6 — приводится ссылка на номер химического анализа в Приложении I, подтверждающего принадлежность данного амфибола к конкретному минеральному виду (конечному члену).

Амфиболы Ильменогорского комплекса

№ п/п	Название (русск., англ.)	Формула, сингония, изоморфный ряд, родственная связь	Место находки (первое описание)	Название в работе (автор(ы), год)	№ ан. в Прилож. I
1	2	3	4	5	6
Подгруппа Mg-Fe-Mn-Li-амфиболов					
Серия антофиллита					
1	Антофиллит (anthophyllite)	$\square(\text{Mg,Fe}^{2+})_7\text{Si}_8\text{O}_{22}(\text{OH})_2$, ромб., обр. изоморф. ряд с ферроантофиллитом	г. Савелькульская; энстатит-антофиллитовая порода	Антофиллит, (Симонов А. И., 1949)	1
Серия жедрита					
2	Жедрит (gedrite)	$\square(\text{Mg,Fe}^{2+})_5\text{Al}_2(\text{Si}_6\text{Al}_2)\text{O}_{22}(\text{OH})_2$, ромб., обр. изоморф. ряд с феррожедритом	Залив Зыряновка, оз. Б. Миассово; биотитовые кристаллосланцы	Жедрит (Кориневский В. Г., 1997; др., 1997)	2
Серия куммингтонит-грюнерита					
3	Куммингтонит (cummingtonite)	$\square(\text{Mg,Fe}^{2+})_7\text{Si}_8\text{O}_{22}(\text{OH})_2$, мон., обр. изоморф. ряд с грюнеритом	Селянкинский блок; куммингтонит-магнетитовый кварцит	Куммингтонит (Расказова А. Д., 1990)	3
Подгруппа кальциевых амфиболов					
Серия эденита					
4	Эденит (edenite)	$\text{NaCa}_2(\text{Mg,Fe}^{2+})(\text{Si}_7\text{Al})\text{O}_{22}(\text{OH})_2$, мон., обр. изоморф. ряд с ферроэденитом	Копь 360; актинолитовая порода	Актинолит (Симонов А. И., 1949)	4
			НШЦ; кристаллы амфибола в кальцитовом прож. сиенита	Д. А.	5
5	Ферроэденит (ferro-edenite)	$\text{NaCa}_2(\text{Fe}^{2+}\text{Mg})_5(\text{Si}_7\text{Al})\text{O}_{22}(\text{OH})_2$, мон., обр. изоморф. ряд с эденитом	Водораздел оз. Б. Ишкуль — Б. Таткуль; графическая зона пегматита	Обм. рог. эденитовая (Баженов А. Г., др., 1982)	6
6	Фтороферроэденит (fluoro-ferro-edenite)	$\text{NaCa}_2(\text{Fe}^{2+}\text{Mg})_5(\text{Si}_7\text{Al})\text{O}_{22}(\text{F,OH})_2$, мон., F-аналог ферроэденита	НШЦ; силикатно-карбонатная порода	Обм. рог. фторферриэденитовая (Баженов А. Г., 1982)	7

Продолжение таблицы 8

1	2	3	4	5	6
Серия паргасита-гастингсита					
7	Паргасит (pargasite)	$\text{NaCa}_2(\text{Mg}, \text{Fe}^{2+})_4\text{Al}(\text{Si}_6\text{Al}_2)\text{O}_{22}(\text{OH})_2$, мон., обр. изоморф. ряд с ферропаргаситом	В 0.05 км Ю-Ю-З Няшевского масс.; амфиболит	Обм. рог. паргаситовая (Баженов А. Г., др., 1978, 1982)	8
			Сев. берег оз. Б. Миассово, Гранатовая горка; амфиболит	Паргасит (Кориневский В. Г., др., 1998)	9
8	Калийпаргасит (potassicpargasite)	$(\text{K}, \text{Na})\text{Ca}_2(\text{Mg}, \text{Fe}^{2+})_4(\text{Al}, \text{Fe}^{3+})(\text{Si}_6\text{Al}_2)\text{O}_{22}(\text{OH})_2$, мон., К-аналог паргасита	Сев. берег оз. Карасье; гранат-скаполит-амфиболовая порода	Д. А.	10
9	Калийферропаргасит (potassic-ferropargasite)	$(\text{K}, \text{Na})\text{Ca}_2(\text{Fe}^{2+}, \text{Mg})_4(\text{Al}, \text{Fe}^{3+})(\text{Si}_6\text{Al}_2)\text{O}_{22}(\text{OH})_2$, мон., К-аналог ферропаргасита	Сев. берег оз. Карасье; скаполитизированный амфиболит	Д. А.	11
10	Магнезиогастингсит (magnesiohastingsite)	$\text{NaCa}_2(\text{Mg}, \text{Fe}^{2+})_4\text{Fe}^{3+}(\text{Si}_6\text{Al}_2)\text{O}_{22}(\text{OH})_2$, мон., обр. изоморф. ряд с гастингситом	Копь 67; полевошпатовый пегматит	Обм. рог. (Ротман Л. Я., 1956)	12
			Зап. оз. Б. Ишкуль; амфиболит	Обм. рог. магнезиальная гастингситовая (Баженов А. Г., др., 1982)	13
11	Калиймагнезиогастингсит (potassic-magnesiohastingsite)	$(\text{K}, \text{Na})\text{Ca}_2(\text{Mg}, \text{Fe}^{2+})(\text{Fe}^{3+}, \text{Al})(\text{Si}_6\text{Al}_2)\text{O}_{22}(\text{OH})_2$, мон., К-аналог магнезиогастингсита	Сев.-зап. экзо-контакт миасситового массива; фенитизированный амфиболит	Гастингсит (Левин В. Я., 1974)	14
12	Гастингсит (hastingsite)	$\text{NaCa}_2(\text{Fe}^{2+}, \text{Mg})_4\text{Fe}^{3+}(\text{Si}_6\text{Al}_2)\text{O}_{22}(\text{OH})_2$, мон., обр. изоморф. ряд с магнезиогастингситом	Копь 303; кварц-полевошпатовый пегматит	Гастингсит (Левин В. Я., 1974)	15
			ЩК, С-В пос. Строителей; амфиболит фенитизированный	Гастингсит магнезиальный (Баженов А. Г., др., 1982)	16
13	Калийгастингсит (potassichastingsite)	$(\text{K}, \text{Na})\text{Ca}_2(\text{Fe}^{2+}, \text{Mg})_4\text{Fe}^{3+}(\text{Si}_6\text{Al}_2)\text{O}_{22}(\text{OH})_2$, мон., К-аналог гастингсита	База ИГЗ, скв. 1; сиениты	Гастингсит (Левин В. Я., 1974)	17

Продолжение таблицы 8

1	2	3	4	5	6
			Вершина г. Круглой; гранитный мигматит	Гастингсит магниезильный (Баженов А. Г., др., 1981)	18
			Зап. скл. Ильменского хр.; мигматит	Обм. рог. (Баженов А. Г., 1982)	19
14	Фторокалий-гастингсит (fluoro-potassichastingsite)	$(K,Na)Ca_2(Fe^{2+},Mg)_3Fe^{3+}(Si_6Al_2)O_{22}(F,OH)_2$, мон., F-K-аналог гастингсита	НЩК; силикатно-карбонатная порода	Обм. рог. калиевая фтормагнезиогастингситовая (Баженов А. Г., 1992)	20
Серия саданагаита					
15	Алюминомагнезиосаданагаит (aluminomagnesiumsadanagaite)	$NaCa_2(Mg,Fe^{2+})_3Al_2(Si_5Al_3)O_{22}(OH)_2$, мон., обр. изоморф. ряд с алюиносаданагаитом	Сев. склон Савелькульской сопки; амфиболит корундосодержащий	Магнезиосаданагаит (Поляков В. О., др., 1998)	21
16	Саданагаит (sadanagaite)	$NaCa_2(Fe^{2+},Mg)_3Fe^{3+}_2(Si_5Al_3)O_{22}(OH)_2$, мон., обр. изоморф. ряд с магнезиосаданагаитом	Р. Демидовка; фирсит	Саданагаит (Баженов А. Г., др., 1988)	22
17	Калийсаданагаит (potassiumsadanagaite)	$(K,Na)Ca_2(Fe^{2+},Mg)_3Fe^{3+}_2(Si_5Al_3)O_{22}(OH)_2$, мон., K-аналог саданагаита	Р. Демидовка; миаскит	Гастингсит (Левин В. Я., 1974)	25
			Щелочные сиениты (место отбора проб не указывается)	Калийферрисаданагаит (Баженов А. Г., др., 1999)	23, 24
Серия тремолита-ферроактинолита					
18	Тремолит (tremolite)	$\square Ca_2Mg_5Si_8O_{22}(OH)_2$, мон., обр. изоморф. ряд с ферроактинолитом	–	Тремолит (Малахов В. М., 1876)	-
			Копь 360; амфиболит	Актинолит (Симонов А. И., 1945)	26
			Копь 157; амфиболит	Тремолит (Баженов А. Г., др., 1982)	27
19	Ферроактинолит (ferro-actinolite)	$\square Ca_2Fe^{2+}_5Si_8O_{22}(OH)_2$, мон., обр. изоморф. ряд с тремолитом	НЩК; кальцит- и кварц-амфиболовые жилки в пироксеновом сиените	Ферроактинолит (Баженов А. Г., др., 1999)	28

Продолжение таблицы 8

1	2	3	4	5	6
Серия горнблендита					
20	Магнезиогорнблендит (magnesiogornblende)	$\square\text{Ca}_2\text{Mg}_4\text{Al}(\text{Si}_7\text{Al})\text{O}_{22}(\text{OH})_2$ мон., обр. изоморф. ряд с феррогорнблендитом	Средняя часть Ильменского заповедника; амфиболит	Амфибол (Баженов А. Г., др., 1982)	29
21	Ферримagneзиогорнблендит (ferri-magnesiogornblende)	$\square\text{Ca}_2\text{Mg}_3\text{Fe}^{3+}(\text{Si}_7\text{Al})\text{O}_{22}(\text{OH})_2$ мон., обр. изоморф. ряд с ферриферрогорнблендитом	Ю-3 оз. Б. Миасово; аноритовый амфиболит	Обм. рог. (Баженов А. Г., др., 1978)	30
			Копь 199; скаполитовая	Д. А.	31
Серия чермакита					
22	Алюминочермакит (aluminoschermakite)	$\square\text{Ca}_2\text{Mg}_3\text{Al}_2(\text{Si}_6\text{Al}_2)\text{O}_{22}(\text{OH})_2$ мон., обр. изоморф. ряд с алюминоферрочермакитом	Зап.окр. дер. Уразбаево, вост. граница ИГЗ; амфиболит	Чермакит (Кориневский В. Г., др., 1998).	32
			Там же; гранат-цоизитовый амфиболит	Д. А.	33
23	Ферричермакит (ferritschermakite)	$\square\text{Ca}_2\text{Mg}_3\text{Fe}^{3+}_2(\text{Si}_6\text{Al}_2)\text{O}_{22}(\text{OH})_2$ мон., обр. изоморф. ряд с ферриферрочермакитом	Севернее слияния рр. Белой и Няшевки; амфиболит	Обм. рог. (Доминиковский Г. Г., 1971).	34
			Южн. оз. Б. Ишкуль; амфиболит	Обм. рог. чермакитовая (Баженов А. Г., др., 1982)	35
24	Ферриферрочермакит (ferri-ferrotschermakite)	$\square\text{Ca}_2\text{Fe}^{2+}_3\text{Fe}^{3+}_2(\text{Si}_6\text{Al}_2)\text{O}_{22}(\text{OH})_2$ мон., обр. изоморф. ряд с ферричермакитом	Опорный разрез по ЛЭП; амфиболит	Обм. рог. (Кутепова Л. А., др., 1982)	36
Подгруппа натриево-кальциевых амфиболов					
Серия рихтерита					
25	Рихтерит (richterite)	$\text{Na}(\text{CaNa})\text{Mg}_5\text{Si}_8\text{O}_{22}(\text{OH})_2$ мон., обр. изоморф. ряд с феррорихтеритом	В 3 км Ю-В д. Селянкино; пегматит	Обм. рог. (Ротман Л. Э., 1956)	37
			С-В д. Селянкино; амфибол-пироксеновый фенит	Обм. рог. (Иванов Б. Н., др., 1978)	38
26	Фторорихтерит (fluorrichterite)	$\text{Na}(\text{CaNa})(\text{Mg},\text{Fe}^{2+})_5\text{Si}_8\text{O}_{22}(\text{F},\text{OH})_2$ мон., F-аналог рихтерита	ЩК, С-В п. Строителей, Миасс; флогопит-амфиболовый фенит	Рихтерит (Баженов А. Г., др., 1976)	39

Продолжение таблицы 8

1	2	3	4	5	6
			Копь 97; щелочные метасоматиты по апогипербазитам	Фторрихтерит (Баженов А. Г., др., 1993)	40
27	Фторокалийрихтерит (fluoro-potassicrichterite)	$(K,Na)(CaNa)(Mg,Fe^{2+})_5Si_8O_{22}(F,OH)_2$, мон., F-K-аналог рихтерита	С-З берег оз. Б. Ишкуль; пироксен-амфиболовый фенит	Обм. рог. (Иванов Б. Н., др., 1978)	41
Серия катофорита					
28	Ферримгнезиокатофорит (ferri-magnesiokatophorite)	$Na(CaNa)Mg_4Fe^{3+}(Si_7Al)O_{22}(OH)_2$, мон., обр. изоморф. ряд с феррикатофоритом	Верх. Ускова клочка; амфиболит фени-тизированный	Магнезиокатофорит Левин В. Я., 1974)	42
			С-В д. Селянкино; амфиболит фени-тизированный	Магнезиоферрикатофорит (Баженов А. Г., др., 1982)	43
29	Калийферримгнезиокатофорит (potassic-ferri-magnesiokatophorite)	$(K,Na)(CaNa)(Mg,Fe^{2+})_4Fe^{3+}(Si_7Al)O_{22}(OH)_2$, мон., K-аналог ферримгнезиокатофорита	Группа 15-х копей, Ю-3 отрог г. Фирсовой; пегматит	Магнезиогастингсит (Ротман Л. Э., 1956)	44
Серия тарамита					
30	Ферримгнезиотарамит (ferri-magnesiotaramite)	$Na(CaNa)Mg_3Fe^{3+}_2(Si_6Al_2)O_{22}(OH)_2$, мон., обр. изоморф. ряд с ферритарамитом	Ю-В оз. Б. Ишкуль; амфиболит фени-тизированный	Гастингсит-магнезиальный (Баженов А. Г., др., 1982)	49
31	Ферритарамит (ferritaramite)	$Na(CaNa)Fe^{2+}_3Fe^{3+}_2(Si_6Al_2)O_{22}(OH)_2$, мон., обр. изоморф. ряд с ферримгнезиотарамитом	Ю-З эндоконтакт щелочного массива; сиенит	Гастингсит (Левин В. Я., 1974)	45
			Ю-В конт. щелоч. масс.; амфиболит фени-тизированный	Тарамит (Баженов А. Г., др., 1982)	46
32	Калийферритарамит (potassic-ferritaramite)	$(K,Na)(CaNa)(Fe^{2+}Mg)_3Fe^{3+}_2(Si_6Al_2)O_{22}(OH)_2$, мон., K-аналог ферритарамита	К сев. от р. Белой; миаскит	Гастингсит (Левин В. Я., 1974)	47
			База ИГЗ, водопроводная траншея; миаскит жильный.	Тарамит (Баженов А. Г., др., 1988)	48

Окончание таблицы 8

1	2	3	4	5	6
Серия винчита					
33	Ферривинчит (ferriwinchite)	$\square(\text{CaNa})(\text{Mg}, \text{Fe}^{2+})_4\text{Fe}^{3+}_2\text{-Si}_8\text{O}_{22}(\text{OH})_2$, мон., обр. изоморф. ряд с ферриферровинчитом	С-В д. Селянкино; кварцевые жилки в фенитах	Ферривинчит (Баженов А. Г., др., 1982)	50
			Селянкинский блок, Обухов- ский участок; магнетитовые кварциты	Обм. рог. (Рассказова А. Д., др., 1989)	51
Серия барруазита					
34	Феррибарруазит (ferribarroisite)	$\square(\text{Ca}_2\text{Na})(\text{Mg}, \text{Fe}^{2+})_3\text{Fe}^{3+}_2\text{-}(\text{Si}_7\text{Al})\text{O}_{22}(\text{OH})_2$, мон., обр. изоморф. ряд с ферриферробарруазитом	Район копи 18; кварц- полевошпатовый пегматит	Магнезиога- стингсит № 44 (Ротман Л. Э., 1956)	52
			Зап. берег оз. Б. Ишкуль; амфиболовый фенит	Амфибол (Иванов Б. Н., др., 1978). Ферри- барруазит (Баженов А. Г., др., 1982)	53
Подгруппа натриевых амфиболов					
Серия экерманнита-арфведсонита					
35	Фторомагне- зиоарфведсо- нит (fluoro-magne- sio-arfvedsonite)	$\text{NaNa}_2(\text{Mg}, \text{Fe}^{2+})_4\text{Fe}^{3+}_2\text{-Si}_8\text{O}_{22}(\text{F}, \text{OH})_2$, мон., F-аналог магнезиоар- фведсонита	НЩК; фенит микро- клин-альбитовый	Фтормагне- зиоарфведсо- нит (Баженов А. Г., 1998)	54
Серия глаукофана-рибекита					
36	Магнезиори- бекит (magnesiorie- beckite)	$\square\text{Na}_2(\text{Mg}, \text{Fe}^{2+})_3\text{Fe}^{3+}_2\text{-Si}_8\text{O}_{22}(\text{OH})_2$, мон., обр. изоморф. ряд с рибекитом	Копь 65; с кварцем в трещинах фени- тизированного плаггиогнейса	Магнезиори- бекит (Баженов А. Г. и др., 1982)	55

Ниже приводится алфавитный список амфиболов, установленных в Ильменогорском комплексе на основе номенклатурного анализа к началу 2000 года. Следует обратить внимание на разницу в написании названий амфиболов на русском и английском языках. На русском все названия пишутся слитно, одним словом, несмотря на то, что некоторые термины составлены из трёх и даже четырёх слов: калий'ферри'магнезио'катофорит. В английских же терминах используются дефисы, в некоторых случаях по два.

**Алфавитный список амфиболов,
установленных в Ильменогорском комплексе к началу 2000 г.**

1. **Алюминомагнезиосаданагаит** (alumino-magnesiosadanagaite)
2. **Алюминочермакит** (aluminotschermakite)
3. **Антофиллит** (anthophyllite)
4. **Гастингсит** (hastingsite)
5. **Жедрит** (gedrite)
6. **Калийгастингсит** (potassichastingsite)
7. **Калиймагнезиогастингсит** (potassic-magnesiohastingsite)
8. **Калийпаргасит** (potassicpargasite)
9. **Калийсаданагаит** (potassicsadanagaite)
10. **Калийферримагнезиоокатофорит** (potassic-ferri-magnesiokatophorite)
11. **Калийферритарамит** (potassic-ferritaramite)
12. **Калийферропаргасит** (potassic-ferropargasite)
13. **Куммингтонит** (cumingtonite)
14. **Магнезиогастингсит** (magnesiohastingsite)
15. **Магнезиогорнблендит** (magnesiohornblende)
16. **Магнезиорибекит** (magnesioriebeckite)
17. **Паргасит** (pargasite)
18. **Рихтерит** (richterite)
19. **Саданагаит** (sadanagaite)
20. **Тремолит** (tremolite)
21. **Феррибарразит** (ferribarroisite)
22. **Ферривинчит** (ferriwinchite)
23. **Ферримагнезиогорнблендит** (ferri-magnesiohornblende)
24. **Ферримагнезиоокатофорит** (ferri-magnesiokatophorite)
25. **Ферримагнезиотарамит** (ferri-magnesiotaramite)
26. **Ферритарамит** (ferritaramite)
27. **Ферриферрочермакит** (ferri-ferrotschermakite)
28. **Ферричермакит** (ferritschermakite)
29. **Ферроактинолит** (ferro-actinolite)
30. **Ферроэдениит** (ferro-edenite)
31. **Фторокалийгастингсит** (fluoro-potassichastingsite)
32. **Фторокалийрихтерит** (fluoro-potassicrichterite)
33. **Фторомагнезиоарфведсонит** (fluoro-magnesio-arfvedsonite)
34. **Фторорихтерит** (fluororichterite)
35. **Фтороферроэдениит** (fluoro-ferro-edenite)
36. **Эдениит** (edenite)

ГЛАВА 3

Особенности химического состава и эволюции амфиболов Ильменогорского комплекса

Амфиболы Ильменогорского комплекса с разной степенью детальности рассмотрены в многочисленных статьях и монографиях при решении геолого-минералогических задач — описание амфибола, как минерального вида; определение типоморфных особенностей амфибола различных пород; определение зависимости состава амфибола от состава породы и условий образования, для установления P-T условий метаморфизма (Баженов А. Г. и др., 1965, 1976, 1978, 1981, 1982, 1986, 1988а, 1988б, 1992, 1993, 1999; Иванов Б. Н. и др., 1979; Кориневский В. Г. и др., 1997, 1998а, 1998б; Левин В. Я., 1974; Рассказова А. Д., 1990; Ротман Л. Э., 1956; Симонов А. И., 1949 и др.).

Имеющийся в нашем распоряжении фактический материал по амфиболам Ильменогорского комплекса приведён в Приложениях I и II, III. Состав минеральных видов амфиболов в пределах серий отражён на классификационной диаграмме (табл. 9) и диаграммах $Si^{4+} - Na(B)$, $Na(B)-Na+K(A)$ (рис. 1), а нахождение установленных минеральных видов амфиболов в основных типах пород комплекса — в таблице 10.

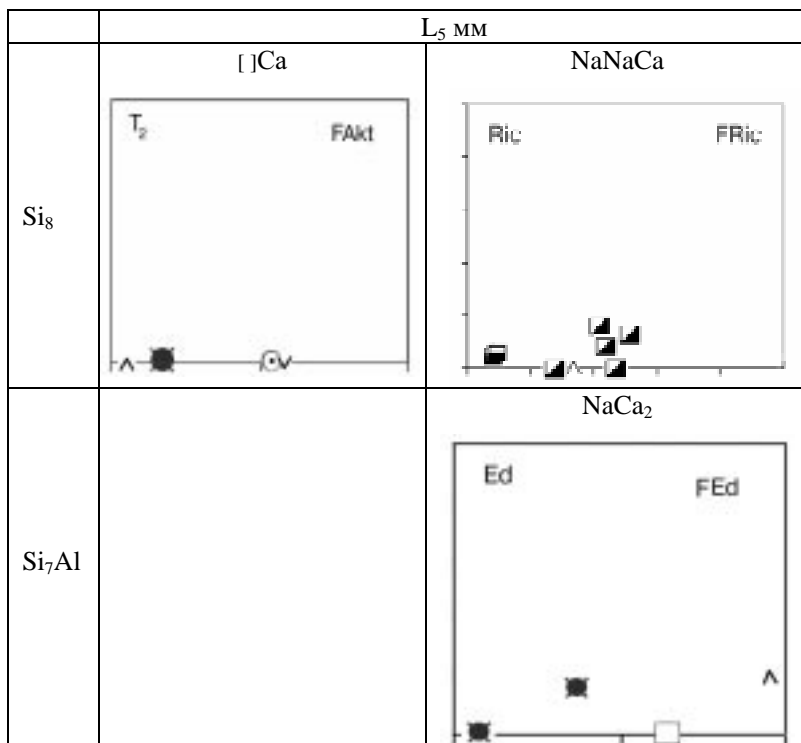
Амфиболы серии эденита в Ильменогорском комплексе отвечают **эдениту** (здесь и ниже см. Приложения I, II, III № 4, 5), **ферроэдениту** (№ 6) и **фтороферроэдениту** (№ 7) и установлены в актинолитовой и силикатно-карбонатной породах и пегматите (табл. 10).

Эденит из актинолитовой породы характеризуется максимально высоким содержанием кремнезёма и низким алюминия, причем, суммарного количества $Si + Al$ на 0.12 ф. е. не хватает до полного заполнения тетраэдрических позиций.

Для эденита и ферроэденита из силикатно-карбонатных пород, наоборот, регистрируется минимальное количество кремнезёма при относительно высоком содержании алюминия. Тетраэдрические позиции полностью заполнены $Si + Al$ и количество Al^{VI} колеблется от 0.15 до 0.29 ф. е.

Вариации кальция в позиции В (1.62—1.76 ф. е.) и натрия в позиции А (0.41—0.45 ф. е.) в амфиболах серии незначительны, а колебания суммы щелочей в позиции А от 0.5 до 0.75 ф.е. обусловлены разным содержанием калия. Соотношение двух- и трехвалентных катионов в позиции С близко к 5:0.

Состав кальциевых, натриево-кальциевых и натриевых



Для фтороферроэдениита количество натрия и калия в позиции А более 1 ф. е., вероятнее всего, это обусловлено некачественностью пробы амфибола.

Серия паргасита-гатсингсита

Ряд *паргасита-ферропаргасита* представлен минеральными видами: **паргаситом** (№ 8, 9, 61), **калийпаргаситом** (№ 10, 62—65) и **калийферропаргаситом** (№ 11). Они присутствуют в измененных гранат-цоизитовых и гранат-эпидотовых амфиболитах, ассоциирующих с телами серпентинитов, гранат-скаполит-амфиболовых породах и редко в амфиболитах приуроченных к метамофическим толщам (табл. 10). Впервые для территории заповедника паргасит найден в аноргитовом амфиболите А. Г. Баженовым и описан как «паргаситовая роговая обманка» (Баженов А. Г. и др., 1978). В. Г. Кориневским (1998) в амфибол-гранат-хлоритовой породе определен амфибол как паргасит железистый. Сумма натрия + калия в позиции А в этом амфиболе (в разных зернах) колеблется от 0.39

		L ₄ M	
Si ₈	[] NaCa ₂		
			NaNa ₂
Si ₇ Al	[] Ca ₂		
			NaNaCa
Si ₆ Al ₂			
			NaCa ₂
Si ₅ Al ₃			

до 0.52 ф. е. и соотношение двух- трехвалентных катионов в позиции С соотносится как 3:2, что нетипично для амфиболов серии паргасита. Анализ состава амфибола определен на микрозонде, однако не указывается стандарт, который был использован при ведении анализа.

		L_3M_2	
Si_8	$[]Na_2$		
Si_7Al	$[]NaCa_2$		$NaNa_2$
Si_8Al_2	$[]Ca_2$		$NaNaCa$
Si_5Al_3			$NaCa_2$

Условные обозначения:

● 1	⊗ 5	* 9	▨ 13	◇ 17	△ 21
⊙ 2	○ 6	■ 10	□ 14	▲ 18	⊕ 22
⊖ 3	+ 7	▧ 11	⊕ 15	△ 19	■ 23
⊕ 4	x 8	▩ 12	⊖ 16	▽ 20	

Примечания: 1 — 6 из амфиболитов метаморфических пород: 1 — селянкинской толщи, 2 — ильменогорской толщи, 3 — вишневогорской толщи, 4 — нерасчлененных, 5 — измененных, 6 — ассоциирующих с серпентинитами; 7 — из плагиогнейсов; 8 — из мигматитов; 9 — из сиенитов; 10 — 14 — из фенитов: 10 — амфиболовых, 11 — амфибол-пироксеновых, 12 — пироксен-амфиболовых, 13 — амфибол-биотитовых, 14 — нерасчлененных; 15—17 — из миаскитов; 15 — амфиболовых, 16 — амфибол-биотитовых, 17 — нерасчлененных; 18 — из фирситов; 19 — из сандыитов; 20 — из пегматитов; 21 — из жил альпийского типа; 22 — из силикатно-карбонатных пород; 23 — из актинолитовой породы.

Нами выполнен значительный объем микрозондовых определений состава амфибола из всех разновидностей пород данного района (см. Приложение II) и только состав краевой части одного из зерен амфибола соответствует минеральному виду — паргасит, т. е. сумма натрия + калий в позиции А равна 0.53 ф. е., однако соотношение двух- трехвалентных катионов в позиции С составляет 3:2 (№ 61).

Достоверно паргаситу отвечают вышеуказанные амфиболы, паргасит (№ 61) представляет переходную от алюмоночермакита к паргаситу разность, а амфиболы (№ 146, 148—151) отнесены нами к алюмоночермакиту.

Паргасит из анортитового амфиболита имеет высокое содержание кремнезёма (6.48 ф. е.), низкое алюминия (2.14 ф. е.), октаэдрического алюминия (0.62 ф. е.) и титана, высоконатриевый и почти не содержит калия. Соотношение двух- трехвалентных катионов в позиции С равно 4:1. По особенностям состава паргасит из анортитового амфиболита Ильменогорского комплекса сопоставим с паргаситами из прожилков состава гранат + амфибол + плагиоклаз в измененном дупироксеновом габбро и из гранат-цоизитовых амфиболитов северо-западного и южного экзоконтакта Войкаро-Сыньинского массива (Приполярный Урал) и из амфиболитов эндоконтактной зоны Кемпирсайского массива (Южный Урал).

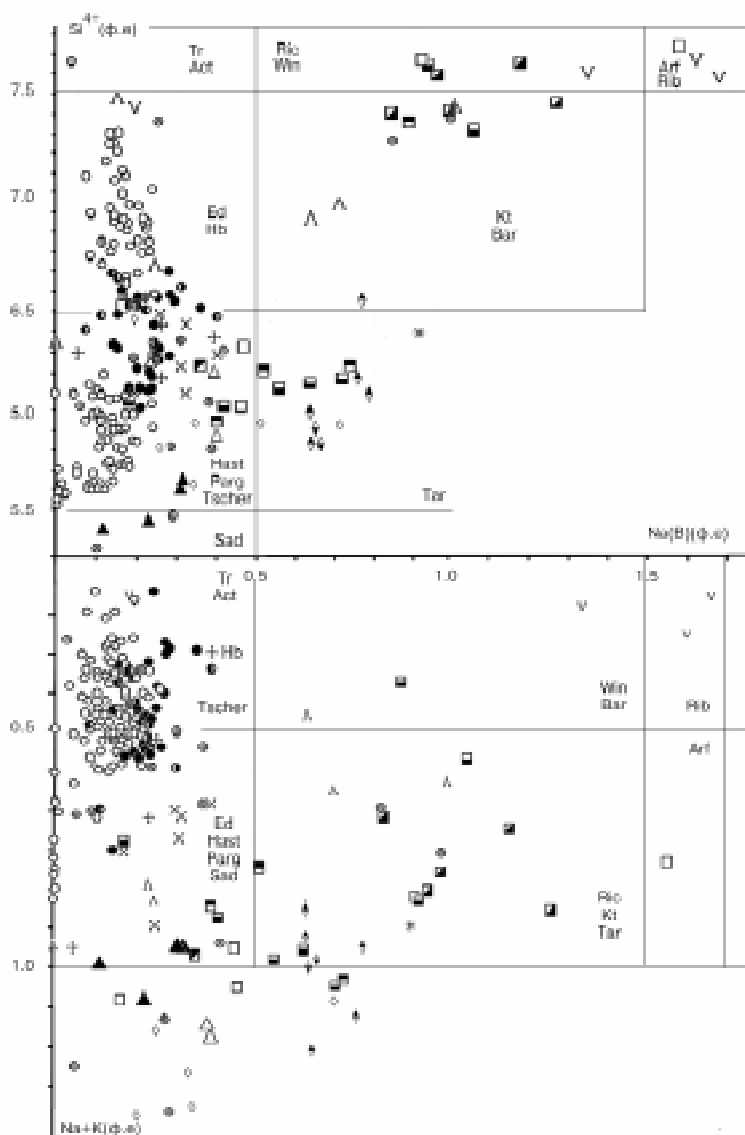


Рис. 1. Вариации Si^{4+} —Na(B), Na(B)—Na+K(A) в амфиболах Ильменогорского комплекса. Усл. обозн. см. табл. 9

Таблица 10

**Распространение минеральных видов группы амфиболов в породах
Ильменогорского комплекса**

Порода	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Ed												+
FEd										+		+
FFEd					+							+
Parg	+	+										
KParg		+										
mHast	+	+	+		+			?	+	+		
KmHast	+	+										
Hast	+		+	+	+	+		+	+			
KHast				+	+	+		+				+
FKHast										?		
Sad	+							+				
KSad						+	+					
amSad	+											
Tr										+		
fAkt										+		
mHb		+										+
fmHb	+	+										
aTscher		+										
fTscher	+	+	+									
KfTscher	+		+									
fFTscher	+											
Ric					?					+		
FRic					+							
FKRic					+							
fmKt	+											
KfmKt	+									+		
fTar					+	+	+					
KfTar						+						
fmTar					+							
fWin											+	
fBar					+					+		
FmArf					+							
mRib											+	

Примечание: 1 — в амфиболитах метаморфических пород, 2 — в породах, ассоциирующих с серпентинитами, 3 — в плагиогнейсах, 4 — в мигматитах, 5 — в фенитах, 6 — в миаскитах, 7 — в сиенитах, 8 — в фирситах, 9 — в сандыитах, 10 — в пегматитах, 11 — в жилах альпийского типа, 12 — в силикатно-карбонатных породах.

Паргасит из гранатового горблендита с корундом и герцинитом, в отличие от вышеописанного, низкокремнезёмистый (5.98 ф. е.), высокоглинозёмистый (3.11 ф. е.) и менее натриевый, содержит больше титана и калия. Соотношение двух- трехвалентных катионов в позиции С близко к 4:1. По составу близок к алюмоночермакиту из гранат-амфибол-хлоритовых пород (см. табл. 11), отличается только чуть большим содержанием натрия (на 0.1—0.12 ф. е.) и калия (на 0.1 ф. е.).

Калийпаргасит из гранат-скаполит-амфиболовой породы имеет предельно низкое для амфиболов этой серии количество кремнезёма и высокое титана (0.16—0.20 ф. е.), алюминия и кальция, который полностью заполняет позицию В, а в позиции А занимает до 0.08 ф. е. Содержание натрия в позиции А колеблется от 0.12 до 0.37 ф. е. и калия от 0.38 до 0.49 ф. е. (табл. 11). Соотношение двух- трехвалентных катионов в позиции С соотносится как 3:2 или 4:1. Кристаллы калийпаргасита имеют неотчетливую зональность, выраженную в увеличении количества $\approx \Delta$ 0.1 ф. е. кальция от центра зерна к краю. В отдельных зернах центральная часть отвечает по составу калиймагнезиогастингситу (№ 71—72).

Ряд гастингсита-магнезиогастингсита представлен всеми известными минеральными видами — **магнезиогастингситом** (№ 12, 13, 66—70), **калиймагнезиогастингситом** (№ 14, 71—73), **гастингситом** (№ 15—16, 74-84), **калийгастингситом** (№ 17—19, 85—87) и **фторокалийгастингситом** (№ 20). Самый распространенный амфибол в породах комплекса (табл. 10). Характерный представитель в породах, испытавших разнообразные наложенные процессы — плагио- и калиевую гранитизацию, фенитизацию, скаполитизацию и др.

В таблице 11 приведены средние значения и колебания элементов в кристаллохимической формуле амфиболов серии гастингсита из основных типов пород комплекса.

В ряду метаморфических пород: измененный амфиболит-плагиогнейс-мигматит для амфиболов, соответственно $m\text{Hast}$, KmHast , $\text{Hast} - m\text{Hast}$ и $\text{Hast} - \text{Hast}$ и KHast , регистрируется увеличение кремнезема от 5.99 ф. е. до 6.26 ф. е. и натрия от 0.54 до 0.74 ф. е. при уменьшении алюминия от 2.18 ф. е. до 1.90 ф. е. и октаэдрического алюминия от 0.29 ф. е. до 0.12 ф. е.

Для магнезиогастингсит-гастингситов из плагиогнейсов характерно наиболее полное (до 1.0 ф. е.) заполнение позиции А, при высоком количестве натрия и низком калия. Соотношение двух- трехвалентных катионов в позиции С в магнезиогастинг-

сит-гастингситах равно 4:1, тогда как в калиймагнезиогастингсит-калийгастингситах — 3:2.

Магнезиогастингсит-гастингсит и калийгастингсит в фени-тах имеет более натриево-калиевый и чуть менее кальциевый состав (табл. 11). Соотношение двух- трехвалентных катионов составляет соответственно 4:1, 3:2 и 4:1.

Гастингсит и калийгастингсит из миаскитов и магнезиога-стингсит из сандыитов охарактеризованы химическими анализа-ми, пересчет которых, на кристаллохимические коэффициенты дает избыток (>1.0 ф. е.), до 0.3 ф. е. переполнения позиции А.

Имеется несколько объяснений такому материалу: первое — загрязненность проб, второе — «не связано с ошибками анализа или пересчетов кристаллохимических формул, наблюдается для отдельных натриевых амфиболов (арфведсонитов и др.)» (Баженов и др., 1982). Наше мнение, которое, конечно, требует проверки, количество натрия + калия в большем единицы в вышеуказанных амфиболах обусловлено зональностью зерен по натрию и кальцию, что невозможно установить при проверке чистоты пробы в иммерсионных препаратах перед выполнением анализа пробы амфибола стандартным химическим методом.

Магнезиогастингсит из пегматитов наиболее кремнезёмистый и низкоглинозёмистый. Содержание алюминия в шестерной координации в его составе очень низкое или отсутствует полностью (табл. 11). Соотношение двух- трехвалентных катионов в позиции С равно 4:1.

Магнезиогастингсит-калийгастингсит в гранат-скаполит-амфиболовой породе предельно кальциевый с низким содержанием кремнезёма и натрия, высоким — алюминия. Соотношение двух- трехвалентных катионов в позиции С соответствует 3:2.

Амфиболы серии саданагаита в Ильменогорском комплексе отвечают **алюминомагнезиосаданагаиту** (№ 21) **саданагаиту** (№ 22, 88) и **калийсаданагаиту** (№ 23—25). Определены в высокоглинозёмистых породах.

Алюминомагнезиосаданагаит установлен в корундсодержащем амфиболите, характеризуется максимально высоким содержанием алюминия и октаэдрического алюминия (1.07 ф. е.), наиболее кальциевый, менее натриевый и калиевый (табл. 11).

Саданагаит в фирсите и миаските отличается более низким количеством алюминия, шестерного алюминия, большим натрия и калия. Находится в ассоциации с амфиболами серий гастингсита и тарамита.

Таблица 11

Среднее содержание (в числителе) и вариации (в знаменателе) кристаллохимических коэффициентов в амфиболах из различных типов пород Ильменогорского комплекса

Порода	n	Si	Al	Al ^{VI}	Ca	Na	K	ΣA	F
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Серия паргасита									
2b	6	<u>5.58</u> 5.5–5.7	<u>3.22</u> 3.1–3.3	<u>0.8</u> 0.7–0.8	<u>2.0</u> 1.96–2.0	<u>0.28</u> 0.1–0.4	<u>0.45</u> 0.4–0.5	<u>0.7</u> 0.5–0.8	<u>56.3</u> 33–58
Серия гастингсита									
1a	4	<u>5.99</u> 5.8–6.3	<u>2.18</u> 1.9–2.4	<u>0.29</u> 0.03–0.5	<u>1.78</u> 1.6–1.9	<u>0.54</u> 0.5–0.6	<u>0.32</u> 0.2–0.4	<u>0.7</u> 0.6–0.7	<u>55.4</u> 50–56
2b	3	<u>5.61</u> –	<u>3.10</u> –	<u>0.71</u> –	<u>2.0</u> –	<u>0.28</u> 0.2–0.3	<u>0.34</u> 0.2–0.4	<u>0.61</u> 0.6–0.7	<u>58.1</u> 56–62
3	2	<u>6.23</u> 6.2–6.3	<u>1.94</u> 1.8–2.1	<u>0.12</u> 0–0.2	<u>1.86</u> 1.8–2.0	<u>0.74</u> 0.7–0.8	<u>0.2</u> 0.19–0.21	<u>0.78</u> 0.6–1.0	<u>50.9</u> 42–60
4	6	<u>6.26</u> 6.1–6.5	<u>1.9</u> 1.6–2.4	<u>0.16</u> 0–0.4	<u>1.7</u> 1.6–1.8	<u>0.61</u> 0.5–0.8	<u>0.35</u> 0.3–0.4	<u>0.68</u> 0.6–0.9	<u>70.6</u> 68–76
5	6	<u>6.1</u> 5.9–6.3	<u>2.08</u> 1.9–2.3	<u>0.18</u> 0.1–0.3	<u>1.62</u> 1.5–1.8	<u>0.87</u> 0.6–1.0	<u>0.42</u> 0.4–0.5	<u>0.91</u> 0.8–1.0	<u>64.6</u> 53–70
6	4	<u>5.79</u> 5.6–5.9	<u>2.58</u> 2.4–2.8	<u>0.37</u> 0.3–0.4	<u>1.68</u> 1.6–1.7	<u>1.0</u> 0.7–1.3	<u>0.53</u> 0.3–0.9	<u>1.25</u> 1.1–1.3	<u>71.9</u> 65–79
7	2	<u>5.64</u> –	<u>2.81</u> –	<u>0.45</u> –	<u>1.68</u> –	<u>0.84</u> –	<u>0.47</u> –	<u>0.94</u> –	<u>86.8</u> –
8	2	<u>6.04</u> 5.9–6.2	<u>2.3</u> 2.1–2.5	<u>0.34</u> –	<u>1.6</u> –	<u>0.68</u> 0.6–0.8	<u>0.48</u> 0.4–0.6	<u>1.16</u> 1.1–1.2	<u>54.4</u> 50–59

Продолжение таблицы 11

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
9	2	<u>6.3</u> –	<u>1.7</u> –	<u>0.03</u> 0–0.05	<u>1.88</u> 1.8–2.0	<u>0.68</u> 0.6–0.7	<u>0.3</u> –	<u>0.86</u> 0.8–0.9	<u>46.1</u> 44–49
Серия саданагита									
1a	2	<u>5.4</u> 5.3–5.5	<u>3.4</u> 3.1–3.7	<u>0.81</u> 0.5–1.1	<u>1.8</u> 1.7–1.9	<u>0.8</u> 0.5–1.1	<u>0.34</u> 0.2–0.5	<u>0.95</u> 0.6–1.3	<u>53.7</u> 41–67
3	2	<u>6.4</u> 6.3–6.4	<u>1.86</u> 1.8–1.9	<u>0.26</u> 0.2–0.3	<u>1.67</u> 1.6–1.7	<u>0.36</u> –	<u>0.28</u> 0.2–0.3	<u>0.31</u> 0.2–0.4	<u>54.8</u> 51–59
8	2	<u>5.42</u> –	<u>3.26</u> –	<u>0.67</u> 0.6–0.7	<u>1.82</u> 1.8–1.9	<u>0.7</u> 0.6–0.8	<u>0.5</u> 0.5–0.6	<u>1.04</u> 1.0–1.1	<u>80.2</u> 79–82
Серия горнблендита									
1a	10	<u>6.58</u> 6.5–6.7	<u>1.79</u> 1.6–1.9	<u>0.37</u> 0.2–0.5	<u>1.78</u> 1.6–1.9	<u>0.46</u> 0.3–0.6	<u>0.1</u> 0.03–0.2	<u>0.34</u> 0.2–0.5	<u>38.0</u> 9–53
1b	5	<u>6.58</u> 6.4–6.6	<u>1.68</u> 1.6–1.7	<u>0.2</u> 0.0–0.3	<u>1.76</u> 1.7–1.9	<u>0.25</u> 0.2–0.3	<u>0.16</u> 0.04–0.3	<u>0.18</u> 0.04–0.3	<u>54.2</u> 52–57
2d	11	<u>6.86</u> 6.6–7.2	<u>1.76</u> 1.3–2.1	<u>0.62</u> 0.4–0.7	<u>1.87</u> 1.8–1.9	<u>0.27</u> 0.1–0.4	<u>0.05</u> 0–0.1	<u>0.2</u> 0.1–0.3	<u>34.2</u> 32–36
2e	29	<u>7.04</u> 6.6–7.4	<u>1.54</u> 1.0–2.2	<u>0.58</u> 0.4–0.8	<u>1.82</u> 1.8–1.9	<u>0.49</u> 0.2–0.7	<u>–</u> –	<u>0.31</u> 0.1–0.5	<u>20</u> 15–26
Серия чермакита									
1a	8	<u>6.16</u> 6.1–6.4	<u>2.13</u> 2.0–2.3	<u>0.39</u> 0.3–0.6	<u>1.75</u> 1.6–2.0	<u>0.44</u> 0.2–0.6	<u>0.2</u> 0.1–0.3	<u>0.2</u> 0.1–0.3	<u>58.1</u> 56–60
1b	16	<u>6.26</u> 6.0–6.5	<u>2.2</u> 1.8–2.5	<u>0.35</u> 0.2–0.4	<u>1.76</u> 1.7–1.8	<u>0.3</u> 0.2–0.3	<u>0.31</u> 0.2–0.4	<u>0.38</u> 0.2–0.5	<u>51.4</u> 40–61

Окончание таблицы 11

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
2a	21	<u>5.7</u> 5.6–5.8	<u>3.37</u> 3.1–3.6	<u>1.07</u> 0.9–1.3	<u>1.87</u> 1.8–2.0	<u>0.42</u> 0.3–0.5	<u>0.09</u> 0–0.1	<u>0.37</u> 0.3–0.5	<u>44</u> 38–54
2c	15	<u>6.0</u> 5.9–6.1	<u>3.06</u> 2.7–3.3	<u>1.06</u> 0.8–1.2	<u>1.87</u> 1.8–2.0	<u>0.37</u> 0.1–0.5	<u>0.07</u> 0–0.1	<u>0.31</u> 0–0.4	<u>39.7</u> 36–45
7	2	<u>5.3</u> –	<u>3.37</u> 3.3–3.4	<u>0.67</u> 0.6–0.8	<u>1.62</u> 1.5–1.7	<u>0.62</u> 0.5–0.7	<u>0.65</u> –	<u>0.89</u> 0.8–0.9	<u>87.4</u> 86–88
Серия рихтерита									
5		<u>7.65</u> 7.5–7.8	<u>0.38</u> 0.2–0.6	<u>0.04</u> 0–0.1	<u>0.99</u> 0.7–1.2	<u>1.46</u> 1.1–1.7	<u>0.31</u> 0.2–0.4	<u>0.76</u> 0.6–0.9	<u>39.7</u> 15–56
Серия катафорита									
1a 10	3	<u>7.29</u> 7.0–7.5	<u>0.7</u> 0.5–0.9	– –	<u>1.15</u> 1.0–1.3	<u>1.17</u> 1.0–1.4	<u>0.3</u> 0.3	<u>0.62</u> 0.6–0.7	<u>40</u> 40–41
Серия тарамита									
5	5	<u>6.16</u> 6.1–6.2	<u>2.01</u> 1.8–2.1	<u>0.17</u> 0–0.3	<u>1.36</u> 1.3–1.5	<u>1.19</u> 0.9–1.4	<u>0.39</u> 0.3–0.4	<u>0.95</u> 0.7–1.1	<u>70.8</u> 62–79
6	7	<u>5.96</u> 5.8–6.2	<u>2.42</u> 2.1–2.7	<u>0.38</u> 0.2–0.5	<u>1.31</u> 1.2–1.4	<u>1.22</u> 1.0–1.5	<u>0.46</u> 0.4–0.6	<u>0.99</u> 0.8–1.2	<u>83.2</u> 74–87
Серия баррузита									
5.9	3	<u>7.28</u> 7.0–7.5	<u>0.59</u> 0.5–0.8	– –	<u>1.14</u> 1.0–1.4	<u>1.06</u> 0.9–1.3	<u>0.16</u> 0–0.2	<u>0.37</u> 0.3–0.5	<u>42.3</u> 39.45

Калийсанагаит из щелочного сиенита наименее кальциевый, с наиболее низким содержанием натрия в позиции А, ассоциирует с амфиболом серии тарамита.

Соотношение двух- трехвалентных катионов в позиции С в них равно 3:2.

Амфиболы серии тремолита в Ильменогорском комплексе представлены **тремолитом** (№ 26, 27) в актинолитовых, по метультрабазитам, породах и **ферроактинолитом** (№ 28, 89—90) в кальцит-амфиболовых и амфибол-кварцевых с кальцитом линзах в сиените. Особенностью состава амфиболов является очень низкое содержание алюминия и недостаток количества $\text{Si}+\text{Al}^{\text{IV}}$ для полного заполнения тетраэдрических позиций.

Для *амфиболов серии горнблендита* в Ильменогорском комплексе установлены минеральные виды — **магнезиогорнблендит** (№ 29, 91—129) и **ферримагнезиогорнблендит** (№ 30—31, 130—145). Один из основных порообразующих минералов разнообразных амфиболитов (табл. 10).

Ферримагнезиогорнблендиты аподиабазовых (?) гранатовых амфиболитов селянkinской толщи, гранатовых и эпидотовых амфиболитов ильменогорской и вишневогорской толщ близки по составу. Для последних регистрируются более высокое количество октаэдрического алюминия и натрия, более полное заполнение позиции А с преобладанием натрия над калием (табл. 11). Соотношение двух- трехвалентных катионов в позиции С в ферримагнезиогорнблендитах аподиабазовых (?) гранатовых амфиболитов отвечает 4:1 и 3:2, с преобладанием первого соотношения, а в амфиболитах ильменогорской и вишневогорской толщ — 4:1. Содержания титана в их составе колеблются от 0.1 до 0.17 ф. е. Образуют зональные кристаллы с калиевым ферричермакитом (см. амфиболы серии чермакита).

Для магнезиогорнблендитов из амфиболит-бластомилонитов, ассоциирующих с серпентинитами характерно большее, по сравнению с ферримагнезиогорнблендитами, содержание крем-

Примечания: 1 — из амфиболитов метаморфических пород: 1а — селянkinской, ильменогорской и вишневогорской толщ, 1б — из гранатовых амфиболитов (диабазовых); 2 — из пород, ассоциирующих с серпентинитами: 2а — гранат-цоизитовых и гранатовых амфиболитов; 2б — гранат-скаполитовых пород; 2с — гранат-амфибол-хлоритовых пород; 2д — эпидотовых амфиболитов; 2е — из амфибол-плагноклазовых пород; 3 — из плагногнейсов; 4 — из мигматитов; 5 — из фенитов; 6 — из миаскитов; 7 — из щелочных сиенитов; 8 — из фирситов; 9 — из сандыитов; 10 — из пегматитов.

незёма, алюминия и октаэдрического алюминия, меньше титана и калия (табл. 11). Имеют зональность, обусловленную возрастаниями кремнезёма и кальция, при убывании алюминия и натрия от центра зерна к краю (№ 96—99). Соотношение двух- трехвалентных катионов в позиции С составляет 4:1.

Магнезиогорнблендиты амфибол-плагиоклазовых пород имеют почти аналогичный состав и зональность, при более высоком количестве кремнезема и натрия (табл. 11). Соотношение двух- трехвалентных катионов в них равно 4:1.

Амфиболы серии чермакита в Ильменогорском комплексе представлены **алюминочермакитом** (№ 32—33, 144—174), **ферричермакитом** (№ 34—35, 175—191), **калиевым ферричермакитом** (№ 192—212) и **ферриферрочермакитом** (№ 36, 213). Один из главных породообразующих минералов гранатовых амфиболитов, гранат-цоизитовых амфиболитов и их измененных разновидностей, ассоциирующих с серпентинитами (табл. 10).

Алюмино- и ферричермакиты в гранат-цоизитовых амфиболитах и слабоизмененных их разновидностях имеют предельно низкое кремнезёмистый и высокоглинозёмистый состав. Для их состава определено низкое содержание титана (до 0.06 ф. е.) и калия (до 0.1 ф. е.). Кристаллы имеют неотчётливую зональность, выраженную в увеличении содержания кремнезёма и натрия и уменьшении кальция от центра зерна к краю. В хлоритизированных амфиболитах алюмино-ферричермакит имеет чуть более кремнезёмистый и менее глинозёмистый состав.

В гранат-амфибол-хлоритовой породе для состава алюмино-ферричермакита характерно наиболее высокое содержание кремнезема (до 6.13 ф. е.) и кальция (до 1.92 ф. е.), низкое натрия (до 0.12 ф. е.) и общего алюминия (до 2.75 ф. е.) — таблица 11. Соотношение двух- трехвалентных катионов в позиции С равно 3:2.

Ферричермакиты аподиабазовых (?) гранатовых амфиболитов селянkinской толщи (копь 244) существенно калиевые (до 0.37 ф. е.) и высокотитановые (до 0.27 ф. е.).

По сравнению с алюиночермакитами гранат-цоизитовых амфиболитов калиевые ферричермакиты имеют более высокое содержание кремнезёма, низкое — кальция и натрия, значительно низкое — алюминия и, соответственно, шестерного алюминия (табл. 11). Соотношение двух- трехвалентных катионов в позиции С относится как 3:2. Регистрируется отчетливая зональность, выраженная в увеличении количества кремнезёма и уменьшении алюминия и натрия от центра зерна к краю. Зерна ферричермакита в мигматизированных гранатовых амфиболитах

в краевых частях имеют состав магнезиогорнблендита (№ 140, 144—145).

Для состава ферри-ферриферрочермакитов амфиболитов ильменогорской и вишневогорской толщ регистрируется наиболее высокое содержание кремнезёма, низкое алюминия и кальция, а ферричермакитов плагиогнейсов — при аналогичном содержании кремнезёма и кальция с вышеописанными, самое низкое количество октаэдрического алюминия и натрия, более высокое — калия (табл. 11).

Серия рихтерита в Ильменогорском комплексе представлена минеральными видами — **рихтерит** (№ 37—38), **фторорихтерит** (№ 39—40, 216—219) и **фторокалийрихтерит** (№ 41). Типичный амфибол фенитов, редко встречается в пегматите. Находится в ассоциации с ферромагнезио-ферритарамитом, магнезиогастингсит — гастингситом и калийгастингситом, феррибаррузитом.

Амфиболы этой серии по соотношению двух- трехвалентных катионов в позиции С выделяются в две группы: 1) с соотношением 5:0, типичным для амфиболов серии; 2) с соотношением 4:1, нетипичным для них. Рихтерит-фторорихтериты первой группы имеют высокое содержание кремнезёма (> 7.7 ф.е.), натрия в позиции А более 0.5 ф. е. и более полное (≥ 0.8 ф. е.) ее заполнение. Содержание октаэдрического алюминия низкое (до 0.06 ф. е.) и незначительное колебание кальция (1.0—1.1 ф.е.). Амфиболы второй группы характеризуются предельно низким содержанием кремнезёма (7.5—7.58 ф. е.). Натрий в позиции А составляет менее 0.5 ф. е., при колебании ее заполнения от 0.53 до 0.85 ф. е. По содержанию калия от 0.29 до 0.39 ф. е. относится к калиевым разностям.

Серия катофорита представлена **ферримагнезиокатофоритом** (№ 39—40) и **калийферримагнезиокатофоритом** (№ 44, 220). Минеральные виды этой серии определены в измененных амфиболитах и пегматите (табл. 10).

Для их состава определен — дефицит (до 0.08 ф. е.) суммы кремнезёма и алюминия в тетраэдрических позициях, отсутствие октаэдрического алюминия, количество натрия в позиции А менее 0.5 ф. е.

Амфиболы серии тарамита отвечают **ферритарамиту** (№ 45—46, 221—226), **калиферритарамиту** (№ 47—48, 227—228) и **ферримагнезиотарамиту** (№ 49). Типичная серия фенитов, миаскитов и сиенитов. Ферримагнезио- ферритарамиты из фенитов отличаются от ферритарамит-калийферритарамитов из миаскитов большим содержанием кремнезёма, меньшим алюминия, ок-

таэдрического алюминия и калия (табл. 11). Соотношение двух-трехвалентных катионов в позиции С равно 3:2, очень редко 4:1.

Серия винчита представлена **ферривинчитом** (№ 50—51); установлен в жилах альпийского типа и амфиболовом микрокварците, в ассоциации с магнезиорибекитами. Характеризуется низким содержанием до полного отсутствия октаэдрического алюминия.

Серия барруазита представлена **феррибарруазитом** (№ 52—53, № 229), отмеченным в пироксен-амфиболовых и амфиболовых фенитах и пегматитах (табл. 10) в ассоциации с магнезиогастингситом и фторорихтеритом. Особенностью состава феррибарруазита является очень низкое содержание алюминия; дефицит кремнезёма+алюминия в тетраэдрических позициях, соотношение двух-трехвалентных катионов в позиции С соответствует 4:1.

Амфиболы серии глаукофан-рибекита отвечают **магнезиорибекиту** (№ 55, 230). Найдены в фенитах и сиенитах, где развиты в виде волокнисто-игольчатых агрегатов на стенках поперечных трещин. По составу близки к натриевым амфиболам асбестовых месторождений, отличаются чуть более высоким содержанием октаэдрического алюминия и кальция.

Подводя итоги рассмотрению состава амфиболов Ильменогорского комплекса, остановимся на качестве и представительности материала, т. к. массив данных по амфиболам собирается в течение очень длительного времени, широким кругом исследователей.

Химический состав амфибола определен разными методами и аналитиками, что не позволило избежать ошибок. Значительное количество (до 20 %) проб амфиболов серий тарамита и гастингсита из фенитов и миаскитов, гастингсита амфиболитов и сандыитов, саданагаита из амфиболитов и фирситов при пересчете составов амфибола на кристаллохимические коэффициенты, имеют заполнение позиции А больше 1.0 ф. е. Состав амфибола определен из монофракций объемом >1.2 грамма стандартным химическим анализом. Контроль монофракций амфибола на чистоту в иммерсионном препарате позволяет определить отсутствие сосуществующих с амфиболом других минералов, но не определяет отсутствие или наличие смеси амфиболов, особенно для амфиболов с интенсивной темно-зеленой окраской. Вероятно, химический состав данных проб отражает смесь нескольких амфиболов или зональных амфиболов.

В последние годы химический состав минеральных видов серий жедрита, куммингтонита, паргасита, чермакита и тремолита определен на микроанализаторе «Jeol. Superprobe-773» ИМин

УрО РАН (Кориневский В. Г. 1997, 1998; Баженов А. Г. и др. 1999). Представляя новые для Ильменогорского комплекса виды амфиболов, авторы не указывают стандарт, использованный при проведении анализа, или приводится очень оригинальный «эталон» (?): «В качестве эталонов применялись образцы, любезно предоставленные Е. Jarosewich, I. A. Nelen, I. Norberg ...» (Кориневский В. Г., 1998, стр. 74). Или же в качестве эталонов использованы: осумилит (для определения K, Al, Si), диопсид (Ca, Mg), ильменит (Ti, Fe), скаполит (Na, Cl), родонит (Mn) и апатит (F) (Баженов А. Г. и др., 1999, стр. 59), т. е. стандарт, отличающийся от амфиболов по структуре и содержанию элементов на порядок. Насколько правильно применение таких эталонов при определении состава амфибола?

Для кальциевых амфиболов серии тремолита и эденита, натриево-кальциевых — тарамита, катафорита, рихтерита, барруазита и винчита, регистрируется дефицит кремнезёма и алюминия в тетраэдрических позициях в количестве от 0.02 до 0.44 ф. е. До полного заполнения позиция Т дополняется трехвалентным железом и титаном. Вхождение Ti^{4+} и Fe^{3+} в тетраэдрические позиции экспериментально не определено.

Для отдельных минеральных видов амфиболов определено нетипичное соотношение двух- трехвалентных катионов в позиции С: в калийпаргасите из гранат-скаполит-амфиболовых пород, калиймагнезиогастингсита и калийгастингсита из гранат-скаполит-амфиболовых пород и плагиогнейсов, гастингсита фенитов составляет 3:2, а в рихтерите, фторорихтерите и феррибарруазите фенитов и пегматитов отвечает 4:1. Вероятно, для них сохраняется структура первичного амфибола.

Представительность массива данных по амфиболам Ильменогорского комплекса оценена нами в двух аспектах:

1. Имеющийся фактический материал отражает разнообразие минеральных видов амфиболов в породах комплекса с достаточной полнотой (химический состав, оптические свойства, дифрактограмма, параметры элементарной ячейки и другие свойства) и характеризует каждый минеральный вид амфибола и их распространение в основных типах пород комплекса.

2. Имеющийся фактический материал не отражает эволюцию амфиболов в истории процессов магматизма и метаморфизма в комплексе из-за отсутствия данных по сосуществующим амфиболам и их зональности, тогда как в каждом типе пород комплекса присутствует два и более минеральных вида амфибола. Как следствие этого, связь *особенности состава амфибола* –

термодинамические и геохимические параметры процессов образования и преобразования пород рассмотрена в общих чертах.

Оценка термодинамических и геохимических условий метаморфических процессов в комплексе в большинстве случаев приводит к неоднозначным результатам. Обусловлено это сложной и длительной, от архея до мезозоя, эволюцией пород, слагающих Ильменогорский комплекс, а также использованными для их определения методами.

Особенности состава амфибола — содержание титана, соотношение тетраэдрического и октаэдрического алюминия, железистость и др. использовались ранее, и применяются сейчас для определения термодинамических условий их образования в Ильменогорском комплексе.

Использование содержания титана в амфиболе при установлении его фациальной принадлежности некорректно, т. к. в большинстве проб состав амфибола определен стандартным химическим методом, а в породе всегда присутствует титановый минерал.

Отнесение амфибола к определенной метаморфической фации по тетраэдрическому и октаэдрическому алюминию в его составе применяется часто, но должно рассматриваться для Ильменогорского комплекса с учетом проявленных поздних процессов. На рис. 2 отражено распределение $\text{Si} (\text{Al}^{\text{IV}}) - \text{Al}^{\text{VI}}$ в амфиболах комплекса. Не обсуждая распределение алюминия по тетраэдрической и октаэдрической позициям для всех серий амфиболов, приведём один пример. Самое высокое количество тетраэдрического (2.4 — 2.6 ф. е.) и высокое — октаэдрического (0.7 — 0.8 ф. е.) алюминия в поле гранулитовой фации определено для саданагаитов из фирситов и калийпаргаситов из гранат-скаполит-амфиболовых пород. Но их образование связано с поздними процессами (фенитизация, скаполитизация и др.).

Определение температуры образования амфиболсодержащих пород по гранат-амфиболовому геотермометру имеет ряд ограничений (Глебовицкий, 1977) и при этом проводить расчет по валовому составу сосуществующих минералов (гранат-амфибол, амфибол-биотит, гранат-биотит), даже из проб без видимых следов наложенных процессов, некорректно. Таким образом, оценка условий образования амфиболсодержащих пород в комплексе должна быть пересмотрена.

При изучении Ильменогорского комплекса нами получены некоторые данные по эволюции минералов группы амфибола.

Амфиболы серии чермакит — калиевый ферричермакит из аподиабазовых (?) гранатовых амфиболитах селянкинской толщи и

алюминочермакит из гранат-цоизитовых амфиболитов, ассоциирующих с серпентинитами, являются представителями самых высо-

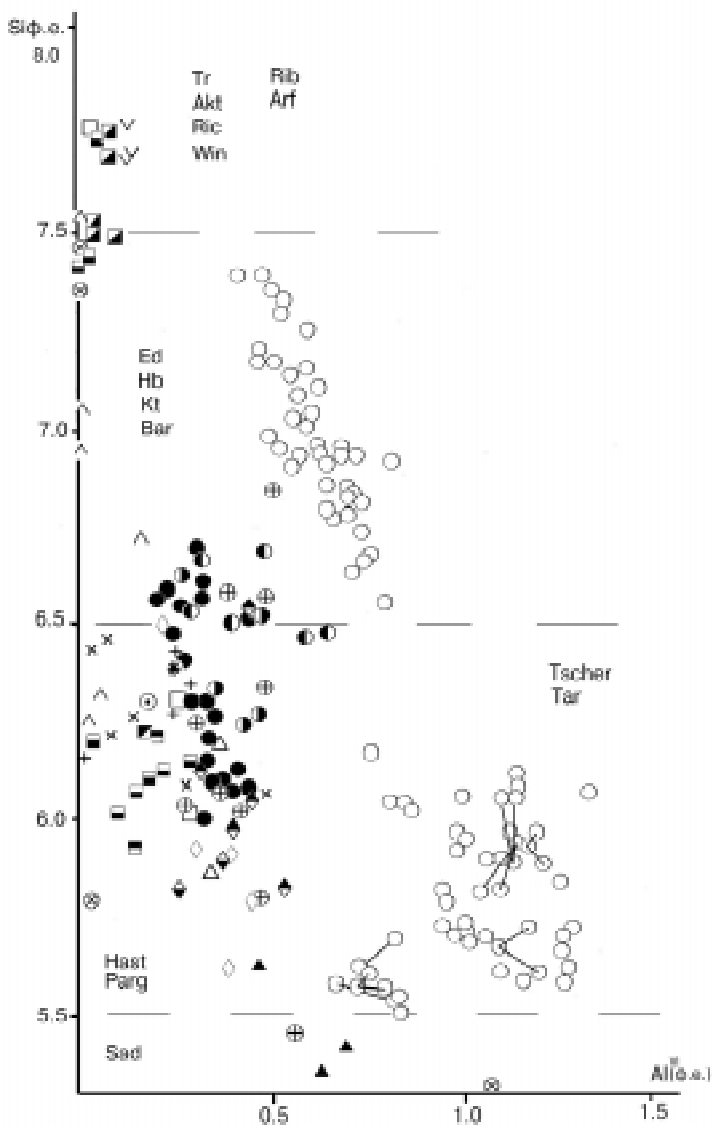


Рис. 2. Соотношение $Si^{4+}-Al^{VI}$ в амфиболах Ильменогорского комплекса. Усл. обозн. см. табл. 9.

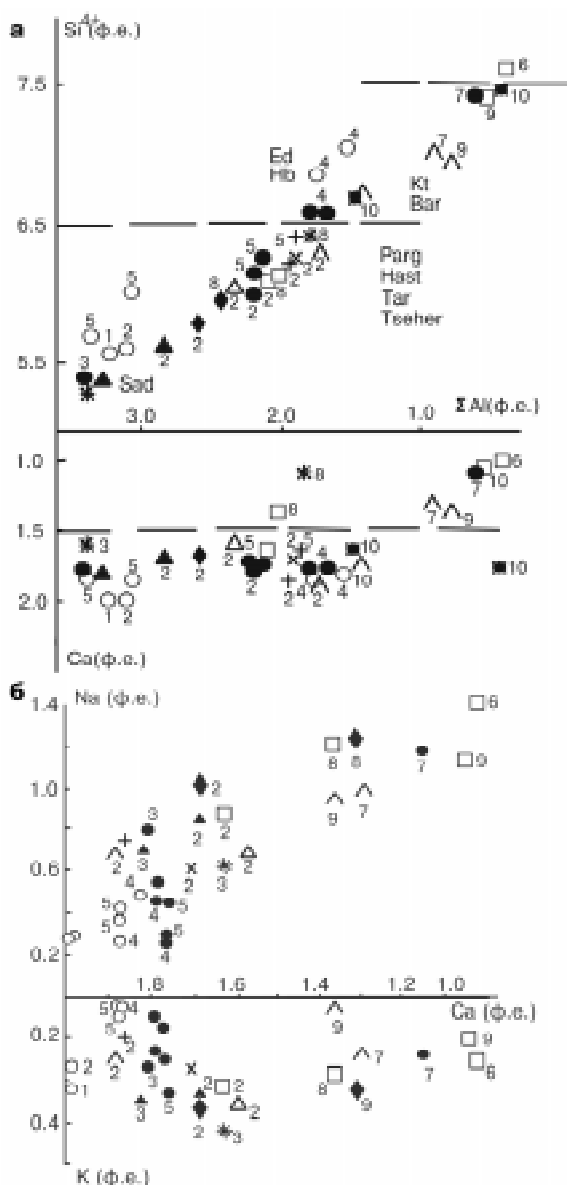


Рис. 3. Вариации $\text{Si}^{4+} - \Sigma\text{Al}$ и $\text{Ca} - \Sigma\text{Al}$ (а), $\text{Na} - \text{Ca}$ и $\text{R} - \text{Ca}$ (б) (средние значения) в амфиболов Ильменогорского комплекса. Усл. обозн. см. табл. 9.

Номера серии амфиболов: 1 — паргасита, 2 — гастингсита, 3 — саданагаита, 4 — горнблендита, 5 — чермакита, 6 — рихтерита, 7 — катафрита, 8 — тарамита, 9 — барруазита, 10 — эденита.

котемпературных образований (гранулитовой фации) в Ильменогорском комплексе. Температура образования калиевого ферричермакита, рассчитанная по гранат-амфиболовому геотермометру, соответствует для центральных зон зерен 720 °С, для края 700 °С (Вализер П. М., Медведева Е. В. в печати). Для алюиночермакитов температура образования, определенная по гранат-амфиболовому геотермометру равна для центральных зон зерен 450—480 °С (T_1), для края 650—720 °С (T_2). Для их преобразованных разностей 590—575 °С (T_3) (Вализер П. М., Медведева Е. В., Колодкина Е. В. в печати).

Основное различие в составе амфиболов: высокое содержание титана (2.44 вес. %), калия (1.97 вес. %) в калиевом ферричермаките и низкое (0.65 вес. %, 0.66 вес. % соответственно) в алюиночермаките. При этом содержание данных элементов в валовом составе пород также разное. Для аподиабазовых (?) гранатовых амфиболитов содержание титана составляет 3.2 вес. %, калия — 0.73 вес. %, а в гранат-цоизитовых амфиболитах соответственно 0.5—1.1 вес. %, 0.3—0.6 вес. %.

При мигматизации аподиабазовых гранатовых амфиболитов наблюдается смена минерального вида амфибола от калиевого ферричермакита к ферримagneзиогорнблендиту. Состав амфибола становится более кремнезёмистым, содержит меньше алюминия, октаэдрического алюминия, титана и калия. Железистость амфибола повышается незначительно (табл. 11, рис. 3.). Количество кальция и натрия в позиции М4 не меняется.

В процессе преобразования гранат-цоизитовых амфиболитов в бластомилонитизированные амфиболиты, при переходе алюиночермакита в мagneзиогорнблендит, для состава амфибола отмечаются аналогичные изменения, а также уменьшение количества натрия в позиции А.

Амфиболы серии горнблендита в породах комплекса образованы в результате регрессивных процессов (мигматизации и др.) в условиях амфиболитовой фации, а также при прогрессивном метаморфизме пород в условиях эпидот-амфиболитовой и амфиболитовой фации.

Особенности состава калиевых ферричермакитов–ферримagneзиогорнблендитов с одной стороны, и алюиночермакитов–мagneзио–ферримagneзиогорнблендитов с другой, в совокупности с особенностями минерального и химического состава пород, в которых они присутствуют, характеризуют условия формирования двух разных формаций комплекса — «своеобразного структурно и вещественно переработанного микроконтинента» (Краснобаев А. А. и др., 1980) и офиолитовой.

ГЛАВА 4

Номенклатурный анализ некоторых серий группы амфиболов и сравнительный анализ амфиболов разных комплексов

4. 1. Серия саданагаита

В 1984 году на территории Японии в скарнах среди известняков описаны амфиболы с содержанием кремнезёма (Si) менее 5.5 ф. е. (Shimazaki et al., 1984), т. е. ниже, чем у известных амфиболов. Это послужило основанием для выделения двух новых минеральных видов: «саданагаита» (в позиции С $Fe^{2+} > Mg$) и «магнезиосаданагаита» (в позиции С $Mg > Fe^{2+}$). Баланс катионов позиции Т в них дискретизируется до Si_5Al_3 . Оба минерала характеризуются преобладанием К над Na в позиции А. Общая формула для них: $(K, Na)Ca_2(Fe^{2+}, Mg, Al, Fe^{3+}, Ti)_5[(Si, Al)_8O_{22}(OH)_2]$, (Shimazaki et al., 1984). Дальнейшая хронология изучения амфиболов серии саданагаита в различных регионах мира следующая:

— в 1986 году в Восточных Альпах под названием «магнезиосаданагаит» описаны амфиболы, сходные с японским «магнезиосаданагаитом», но в позиции А Na преобладает над К (Mogessie et al., 1986);

— в 1988 году в Ильменогорском комплексе (Урал, Россия) под названием «саданагаит» описаны амфиболы, сходные с японским «саданагаитом», в одном из анализов в позиции А Na преобладает над К (Баженов и др., 1988);

— в 1996 году в Приольхонье (Западное Прибайкалье, Россия) под названием «ферросаданагаит» описан амфибол, сходный с японским «саданагаитом», в позиции А К преобладает над Na (Минералы: Справочник, 1996), часть амфиболов имеет количество Si не только менее 5.5 ф. е., но даже менее 4.5 ф. е. — см. ниже;

— в 1998 году в Ильменогорском комплексе под названием «магнезиосаданагаит» описан амфибол, сходный с японским «магнезиосаданагаитом», но в позиции А Na преобладает над К (Поляков, Баженов, 1998).

В IMA97 приводятся два конечных члена нормативной серии саданагаита: саданагаит $NaCa_2[Fe^{2+}_3(Fe^{3+}, Al)_2](Si_5Al_3O_{22})(OH)_2$ и магнезиосаданагаит $NaCa_2[Mg_3(Fe^{3+}, Al)_2](Si_5Al_3O_{22})(OH)_2$. Тем самым, в полном соответствии с принципами IMA97, учитывается вариация только катионов типа L в позиции С ($Fe^{2+} \leftrightarrow Mg$) с дискретизацией по правилу 50 %. Баланс же катионов типа M в

обоих минералах: $Fe^{3+} > Al$. Вместе с тем предусматривается вариация катионов типа М в той же позиции ($Fe^{3+} \leftrightarrow Al$), т. е. баланс $Al > Fe^{3+}$. Это даёт основание для введения в нормативную серию саданагаита ещё двух конечных членов (в соответствии с правилами образования названий IMA97): алюиносаданагаита $NaCa_2[Fe^{2+}_3(Al, Fe^{3+})_2](Si_5Al_3O_{22})(OH)_2$ и алюиномагнезиосаданагаита $NaCa_2[Mg_3(Al, Fe^{3+})_2](Si_5Al_3O_{22})(OH)_2$.

Таким образом, номенклатуру нормативных амфиболов серии саданагаита можно представить в следующем виде: табл. 12. Именно так в матричной модели номенклатуры амфиболов выглядит ячейка серии саданагаита. В целом саданагаиты кристаллохимически соответствуют типу $R^{1+}R^{2+}_2(L_3M_2)(Si_5Al_3)O_{22}(D^-)_2$.

На основании этой схемы (табл. 12) проведён номенклатурный анализ опубликованных данных по саданагаитам, а также проведены номенклатурные уточнения амфиболов Ильменогорского щелочного комплекса, анализированных до открытия саданагаита: табл. 13.

Таблица 12

Номенклатура нормативных амфиболов серии саданагаита

Баланс М	Баланс L	
	$Mg > Fe^{2+}$	$Fe^{2+} > Mg$
$Al > Fe^{3+}$	<p>Алюиномагнезиосаданагаит (alumino-magnesiosadanagaite) $NaCa_2(Mg_3Al_2)(Si_5Al_3)O_{22}(OH)_2$</p>	<p>Алюиносаданагаит (aluminosadanagaite) $NaCa_2(Fe^{2+}_3Al_2)(Si_5Al_3)O_{22}(OH)_2$</p>
$Fe^{3+} > Al$	<p>Магнезиосаданагаит (magnesiosadanagaite) $NaCa_2(Mg_3Fe^{3+}_2)(Si_5Al_3)O_{22}(OH)_2$</p>	<p>Саданагаит (sadanagaite) $NaCa_2(Fe^{2+}_3Fe^{3+}_2)(Si_5Al_3)O_{22}(OH)_2$</p>

Примечание. Калиевые аналоги нормативных амфиболов серии саданагаита характеризуются преобладанием калия над натрием в позиции А, их названия образуются добавлением приставки «калий» («potassic») к названию соответствующего нормативного амфибола: калий-алюиномагнезиосаданагаит (potassic-alumino-magnesiosadanagaite), калий-алюиносаданагаит (potassic-aluminosadanagaite), калий-магнезиосаданагаит (potassic-magnesiosadanagaite), калий-саданагаит (potassicsadanagaite).

Таблица 13

Составы природных амфиболов серии саданагаита

	SiO ₂	TiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	FeO	MnO	MgO	CaO	Na ₂ O	K ₂ O	H ₂ O ⁺	F	Σ
1	30.2	4.0	24.8	15.2	0.1	6.6	12.3	1.0	3.7	не опр.	не опр.		97.9
2	29.9	4.3	22.6	17.4	0.3	6.1	11.9	0.6	3.7	не опр.	не опр.		96.8
3	31.1	4.5	22.5	16.2	0.4	6.6	12.0	0.6	3.6	не опр.	не опр.		97.5
4	32.1	3.2	22.0	13.7	0.1	8.0	12.5	0.7	3.8	не опр.	не опр.		96.1
5	33.5	2.1	19.7	17.8	0.5	6.4	11.9	1.2	3.1	не опр.	не опр.		96.2
6	29.5	4.0	23.2	16.4	0.3	7.7	11.9	0.7	3.5	не опр.	не опр.		97.2
7	31.66	0.03	20.37	13.63	0.19	10.85	11.96	3.21	0.74	не опр.	не опр.		98.64
8	37.75	0.52	20.50	9.74	-	13.24	12.49	2.71	1.42	не опр.	не опр.		98.09
9	37.41	0.45	22.10	5.13	-	15.47	12.87	3.35	0.02	не опр.	не опр.		96.80
10	28.94	4.09	25.77	20.65	0.12	2.19	11.25	1.04	3.17	не опр.	не опр.		97.42
11	33.83	1.50	17.33	4.05	20.47	1.54	3.22	10.99	2.10	2.26	не опр.	не опр.	97.23
12	35.43	1.02	21.08	3.77	8.76	0.29	10.08	11.79	1.60	1.20	1.90	0.21	97.04
13	35.70	1.55	13.85	10.48	15.82	-	3.78	9.90	3.07	2.08	не опр.	не опр.	96.23
14	34.33	1.53	17.46	5.89	17.78	1.37	3.71	10.43	2.45	2.78	1.70	0.65	99.87

Примечания: Анализы: 1—3, 5 — «саданагаит» из скарнов, о-в Юге (Япония), (Shimazaki et al., 1984); 4 — «магнезиосаданагаит» из скарнов, о-в Миодзин (Япония), (Shimazaki et al., 1984); 6 — «низкокремниевый амфибол серии эденит-гастингсит» (Al^{VI}<Fe³⁺), скарны, о-в Юге (Япония), (Shimazaki et al., 1984); 7 — «магнезиосаданагаит» из метабазита, долина Ётц, Тирольские Альпы (Австрия), (Mogessie et al., 1986); 8—9 — «магнезиосаданагаит» из метакarbonатных пород, долина Ётц, Тирольские Альпы (Австрия), (Mogessie et al., 1986); 10 — «ферросаданагаит» из роговиковоподобной породы среди мраморов, Приольхонье (Западное Прибайкалье, Россия), (Минералы: Справочник, 1996); 11 — «саданагаит» из фирсита, скальное обнажение борта р. Демидовка, восточный экзоконтакт Ильменского миаскитового тела, Ильменогорский комплекс (Южный Урал), (Баженов и др., 1988); 12 — «магнезиосаданагаит» из корундсодержащего амфиболита, подножие северного склона Савелькульской сопки, Ильменогорский комплекс (Южный Урал), (Поляков, Баженов, 1998); 13 — «гастингсит» из фирсита, шурф 10480, разрез Широкий лог — оз. Сунукуль, Восточное миаскитовое тело, Ильменогорский комплекс (Южный Урал), (Левин, 1974: табл. 28, ан. № 25); 14 — «гастингсит» из миаскита, обн. 08449^ж, скальное обнажение борта р. Демидовка, восточный экзоконтакт Ильменского миаскитового тела, Ильменогорский комплекс (Южный Урал), (Левин, 1974: табл. 28, ан. № 36). Определение составов: №№ 1—10 — микронзондовый анализ; №№ 11—14 — стандартный силикатный анализ («мокрая» химия).

Кристаллохимические формулы амфиболов, анализы которых приведены в табл. 13, следующие:

1. $(K_{.71}Na_{.29})_{1.0}Ca_{2.01}(Fe^{2+}_{1.55}Mg_{1.50}Mn_{.02})_{3.07}(Al_{1.07}Ti_{.46}Fe^{3+}_{.40})_{1.93}-(Si_{4.61}Al_{3.39})_{8.0}O_{22}(OH)_2$;
2. $(K_{.74}Na_{.16})_{.90}(Ca_{1.99}Na_{.01})_{2.0}(Fe^{2+}_{1.63}Mg_{1.41}Mn_{.04})_{3.08}(Al_{.81}Fe^{3+}_{.63}Ti_{.50})_{1.94}(Si_{4.66}Al_{3.34})_{8.0}O_{22}(OH)_2$;
3. $(K_{.69}Na_{.16})_{.95}(Ca_{1.97}Na_{.03})_{2.0}(Fe^{2+}_{1.60}Mg_{1.52}Mn_{.05})_{3.17}(Al_{.85}Ti_{.51}Fe^{3+}_{.48})_{1.84}(Si_{4.77}Al_{3.23})_{8.0}O_{22}(OH)_2$;
4. $(K_{.75}Na_{.22})_{.97}Ca_{2.07}(Mg_{1.84}Fe^{2+}_{1.37}Mn_{.01})_{3.22}(Al_{.94}Fe^{3+}_{.39}Ti_{.38})_{1.71}-(Si_{4.95}Al_{3.05})_{8.0}O_{22}(OH)_2$;
5. $(K_{.62}Na_{.37})_{.99}Ca_{2.0}(Fe^{2+}_{1.94}Mg_{1.48}Mn_{.06})_{3.48}(Al_{.88}Fe^{3+}_{.39}Ti_{.25})_{1.52}-(Si_{5.24}Al_{2.76})_{8.0}O_{22}(OH)_2$;
6. $(K_{.68}Na_{.20})_{.88}(Ca_{1.96}Mg_{.04})_{2.0}(Mg_{1.71}Fe^{2+}_{1.13}Mn_{.04})_{2.88}(Fe^{3+}_{.97}Al_{.71}Ti_{.46})_{2.14}(Si_{4.52}Al_{3.48})_{8.0}O_{22}(OH)_2$;
7. $(Na_{.76}K_{.14})_{.90}(Ca_{1.86}Na_{.14})_{2.0}(Mg_{2.35}Fe^{2+}_{.87}Mn_{.02})_{3.24}(Al_{.94}Fe^{3+}_{.79}Ti_{.03})_{1.76}(Si_{5.47}Al_{2.53})_{8.0}O_{22}(OH)_2$;
8. $(Na_{.69}K_{.26})_{.95}(Ca_{1.93}Na_{.07})_{2.0}(Mg_{2.85}Fe^{2+}_{.55})_{3.40}(Al_{.95}Fe^{3+}_{.56}Ti_{.09})_{1.60}(Si_{5.46}Al_{2.54})_{8.0}O_{22}(OH)_2$;
9. $Na_{.90}(Ca_{1.97}Na_{.03})_{2.0}Mg_{3.29}(Al_{1.05}Fe^{3+}_{.61}Ti_{.05})_{1.71}(Si_{5.34}Al_{2.66})_{8.0}O_{22}(OH)_2$;
10. $(K_{.63}Na_{.20})_{.83}(Ca_{1.88}Na_{.12})_{2.0}(Fe^{2+}_{2.19}Mg_{.51}Mn_{.02})_{2.72}(Al_{1.27}Fe^{3+}_{.53}Ti_{.48})_{2.28}(Si_{4.52}Al_{3.48})_{8.0}O_{22}(OH)_2$;
11. $(Na_{0.52}K_{0.46})_{0.98}(Ca_{1.87}Na_{0.13})_{2.0}(Fe^{2+}_{2.46}Mg_{0.76}Mn_{0.21})_{3.43}(Fe^{3+}_{0.75}Al_{0.64}Ti_{0.18})_{1.57}(Si_{5.39}Al_{2.61})_{8.0}O_{22}(OH)_2$
12. $(Na_{0.37}K_{0.23})_{0.60}(Ca_{1.90}Na_{0.10})_{2.0}(Mg_{2.26}Fe^{2+}_{0.64}Mn_{0.04})_{2.94}(Al_{1.05}Fe^{3+}_{0.89}Ti_{0.12})_{2.06}(Si_{5.32}Al_{2.68})_{8.0}O_{22}(OH)_2$
13. $(Na_{.51}K_{.45})_{.96}(Ca_{1.86}Na_{.14})_{2.0}(Fe^{2+}_{2.04}Mg_{.76}Mn_{.01})_{3.01}(Fe^{3+}_{1.18}Al_{.64}Ti_{.18})_{2.0}(Si_{5.39}Al_{2.61})_{8.0}O_{22}(OH,O)_2$;
14. $(K_{0.56}Na_{0.52})_{1.08}(Ca_{1.77}Na_{0.23})_{2.0}(Fe^{2+}_{2.22}Mg_{0.88}Mn_{0.18})_{3.28}(Fe^{3+}_{0.83}Al_{0.70}Ti_{0.18})_{1.71}(Si_{5.44}Al_{2.56})_{8.0}O_{22}(OH,F)_2$.

При развёртывании формул использованы данные пересчёта анализов из соответствующих работ: №№ 1—11 — на 23 атома О; № 12 — на 24 атома О (после пересчёта на 13 катионов формулы принципиально не меняются). Анализы №№ 13—14 пересчитаны на 13 катионов. Номера формул соответствуют но-

мерам анализов в таблице 13. При пересчётах некоторых ильменских амфиболов (№№ 11, 13) баланс катионов позиции С приводился к L_3M_2 , путём перевода части Fe из формы L в форму M с учётом суммарного катионного заряда +46 (требование электронейтральности). Превышение суммарного катионного заряда в этих формулах компенсировано введением аниона O^{2-} в позицию D, его количество не превышает 1 ф. е., т. е. OH^- преобладает (это стандартная процедура, используемая при пересчёте анализов амфиболов).

Анализ кристаллохимических формул показывает, что все саданагаиты из Японии и Ольхона относятся к калиевым аналогам, а из Альп и Ильменских гор — к нормативным, а именно:

— «саданагаиты» Японии, (Shimazaki et al., 1984) — все соответствуют калийалюминосаданагиту (№№ 1—3, 5 формул и анализов в табл. 10);

— «магнезиосаданагаиты» Японии, (Shimazaki et al., 1984) — двум конечным членам: калийалюминомагнезиосаданагаиту (№ 4) и калиймагнезиосаданагаиту (№ 6);

— «магнезиосаданагаиты» из Альп, (Mogessie et al., 1986) — алюминомагнезиосаданагаиту (№№ 7—9);

— «ферросаданагаит» из Приольхонья, (Минералы: Справочник, 1996) — калийалюминосаданагиту (№ 10);

— «саданагаит» из Ильмен, (Баженов и др., 1988) — саданагаиту (№ 11);

— «магнезиосаданагаит» из Ильмен, (Поляков, Баженов, 1998) — алюминомагнезиосаданагаиту (№ 12).

Необходимо отметить, что в 1986 году под «неназванной фазой» был описан амфибол с о. Сардиния, (Domeneghetti et al., 1986), отвечающий по составу алюминомагнезиосаданагаиту.

Ревизия данных по составам амфиболов Ильменских гор выявила ещё два анализа, отнесённых в своё время автором к гастингситу (Левин, 1974: табл. 28, №№ 27, 36), но по IMA97 соответствующих серии саданагаита (табл. 10, №№ 13—14). Как видно из кристаллохимических формул, один из них является саданагаитом, т. е. нормативным (№ 13), а второй — калийсаданагаитом, т. е. калиевым аналогом саданагаита (№ 14).

Таким образом, номенклатурный анализ известных амфиболов серии саданагаита выявляет следующее:

1. В настоящее время в природе известны шесть конечных членов серии саданагаита.

2. Нормативные амфиболы серии саданагаита представлены только двумя конечными членами из четырёх: алюминомагнезиосаданагаитом (Альпы — №№ 7—9 в табл. 10; Ильмены —

№ 12) и саданагаитом (Ильмены — №№ 11, 13). Два других конечных члена (алюминосаданагаит и магнезиосаданагаит) не установлены.

3. Калиевые аналоги нормативных амфиболов серии саданагаита представлены четырьмя конечными членами:

- калийалюминомагнезиосаданагаитом (Япония — № 4),
- калийалюминосаданагаитом (Япония — №№ 1—3, 5; Приольхонье — № 10),
- калиймагнезиосаданагаитом (Япония — № 6),
- калийсаданагаитом (Ильмены — № 14).

4. Ильменские саданагаиты представлены тремя конечными членами из шести известных: два — нормативные, один — калиевый аналог. Причём два из них известны только в Ильменах — саданагаит и калийсаданагаит.

5. Как уже отмечалось при описании матричной модели номенклатуры амфиболов, в статье «Саданагаит» приводятся два анализа «ферросаданагаита» (Минералы: Справочник, 1996; стр. 352, №№ 6 и 7), характеризующиеся содержанием $Si < 4.5$ ф. е. То есть баланс катионов позиции Т в них дискретизируется до вида Si_4Al_4 . IMA97 не рассматривает такой баланс катионов позиции Т. Однако в матричной модели такой баланс катионов предусмотрен, и он находится за пределами поля известных амфиболов. По-видимому, эти два анализа открывают серию новых амфиболов, расширяя тем самым поле природных амфиболов. Идеализированная формула этих новых амфиболов имеет вид: $R^{1+}R^{2+}_2(L_2M_3)(Si_4Al_4)O_{22}(D)_2$.

Амфиболы серии саданагаита в Ильменогорском щелочном комплексе установлены в следующих геологических условиях:

— Аллюминомагнезиосаданагаит — в амфиболитах по ксенолиту основной изверженной породы, в ассоциации с корундом и шпинелью: условия близкие к Восточным Альпам, (Mogessie et al., 1986).

— Саданагаит — один из основных породообразующих амфиболов фирситов. Фирсит — гранатсодержащий (гроссуляр) амфиболовый сиенит, с нефелином и без него. Располагается вдоль контакта миаскитового массива с вмещающими толщами. Рассматривается как щелочной метаморфизованный сиенит (?).

— Калийсаданагаит — отмечен в амфиболовом миаските близ контакта его с фирситом.

Для миаскитов характерны амфиболы: гастингсит, ферритарамит, калийсаданагаит в зоне контакта с фирситом, а также калийферритарамит в жильных телах. Саданагаит является породообра-

зующим минералом фирситов. Различие составов амфиболов миаскитов и фирситов может свидетельствовать о различии Р-Т условий образования этих пород при формировании миаскитового комплекса.

4. 2. Серия горнблендита

Термин «роговая обманка» впервые появился в русском переводе А. К. Тернберга статьи И. Н. Менге (Менге, 1830) — так в списке минералов Ильменских гор переведено немецкое название амфибола «hornblende». Вновь этот термин появляется в 1833 году в переводе работы Г. Розе (Розе, 1833; Rose, 1831) и впоследствии закрепляется в русскоязычной номенклатуре минералов. В 19 веке в минералогии были распространены «обманки», «блески», «шпаты» и др. Постепенно, в связи с более детальным изучением минералов, развитием классификации минералов и совершенствованием номенклатуры, практически все они были вытеснены из номенклатуры или приобрели статус терминов свободного пользования (полевые шпаты). «Роговая обманка», по видимому, единственный из сохранившихся терминов этого типа в русскоязычной номенклатуре минералов.

Границы применения термина «hornblende» в качестве корневого названия конкретных кальциевых амфиболов, а также их связь с другими амфиболами, были определены и уточнены в номенклатуре минералов группы амфиболов, рекомендованной ММА к использованию (Leake, 1978). Однако в справочнике «Минералы» (1981, Т. III, кн. 3) эта номенклатура практически не принята, хотя ссылки на неё есть. Это привело к значительному усложнению ряда названий амфиболов в российских публикациях и путанице в номенклатуре. Например, в упомянутом справочнике пять «названий» с общим количеством 17 слов соответствуют одному амфиболу — «magnesiohornblende» (по Leake, 1978): роговая обманка (р.о.) актинолитовая, р. о. магнезиальная, р. о. магнезиально-железистая обыкновенная, р. о. обыкновенная, р. о. тремолитовая.

Русский перевод ИМА97 (Лик и др., 1997) сохраняет термин «роговая обманка» в качестве корневого названия для конечных членов изоморфного ряда: роговая обманка магнезиальная ↔ роговая обманка железистая, тем самым вступая в противоречие (или нарушение) с принятыми ММА правилами образования названий амфиболов от корневого слова с прибавлением соответствующей приставки. Попыткой разрешить это противоречие можно расценить появление в Реферативном Журнале (том «Геология») таких терминов, как «ферророговая обманка» или «ферри-

ферророговая обманка». На наш взгляд это не самый лучший вариант разрешения проблемы термина «роговая обманка».

Более удачным вариантом для снятия этой проблемы представляется «Словарь минеральных видов» М. Флейшера в переводе с английского М. Г. Горской (Флейшер, 1990). Здесь термин «hornblende» переведён на русский язык как «горнблендит» и использован только в качестве корневого названия. Иными словами — амфибола, как минерального вида, с таким названием не существует (то есть нет путаницы с названием горной породы в петрографии — горнблендит). Конечные же члены изоморфных рядов переведены: *magnesiohornblende* — магнезиогорнблендит; *a ferrohornblende* — феррогорнблендит. Именно этот вариант перевода использован в настоящей работе в качестве основного для обозначения конечных членов серии горнблендита, так как он наиболее соответствует правилам перевода названий минералов, приемлем для русского языка, позволяет оперировать различными приставками к корневому названию (согласно правил ММА).

Общая формула нормативных амфиболов серии горнблендита может быть представлена в виде: $[\text{Ca}_2(\text{L}_4\text{M})(\text{Si}_7\text{Al})\text{O}_{22}(\text{OH})_2]$, где $\text{L} = \text{Mg}, \text{Fe}^{2+}$; $\text{M} = \text{Al}, \text{Fe}^{3+}$. Как видно из формулы, в амфиболах этой серии могут быть реализованы два согласованных изоморфных ряда без изменения распределения зарядов по позициям. Первый — по катионам типа L : $\text{Mg} \leftrightarrow \text{Fe}^{2+}$; второй — по катионам типа M : $\text{Al} \leftrightarrow \text{Fe}^{3+}$. Это означает, что в серии горнблендита должны присутствовать четыре конечных члена. В ИМА97 приводятся только два из них, магнезиогорнблендит ($\text{Mg} > \text{Fe}^{2+}$) и феррогорнблендит ($\text{Fe}^{2+} > \text{Mg}$), оба характеризуются преобладанием Al над Fe^{3+} . Преобладание Fe^{3+} над Al , по-видимому, предусмотрено, но не развёрнуто. В матричной модели серия горнблендита дополняется ещё двумя конечными членами (названия даны в соответствии с правилами ММА):

ферриферрогорнблендит ($\text{Fe}^{3+} > \text{Al}$ при $\text{Fe}^{2+} > \text{Mg}$) и

ферримагнезиогорнблендит ($\text{Fe}^{3+} > \text{Al}$ при $\text{Mg} > \text{Fe}^{2+}$).

Название первого из них опубликовано ранее в связи с новым исследованием «кирванита» (Nowaz et al., 1989). Второе название также опубликовано ранее (Никель, Мандарино, 1989), оно введено в номенклатуру в связи с уточнением вайншенкита (*weinschenkite*). Отметим, что ферримагнезиогорнблендит является распространённым на Урале амфиболом.

В таблице 14 представлена основанная на матричной модели номенклатура амфиболов серии горнблендита.

В таблице 15 для четырёх конечных членов серии горнблендита приводится по два химических анализа из опубликованных источников.

Таблица 14

Номенклатура амфиболов серии горнблендита

Баланс L	Mg > Fe ²⁺	Fe ²⁺ > Mg
Баланс M		
Al > Fe ³⁺	Магнезиогорнблендит (magnesioghornblende) [Ca ₂ (Mg ₄ Al)(Si ₇ Al)O ₂₂ -(OH) ₂]	Феррогорнблендит (ferrohornblende) [Ca ₂ (Fe ²⁺ ₄ Al)(Si ₇ Al)O ₂₂ -(OH) ₂]
Fe ³⁺ > Al	Ферримагнезиогорнблендит (ferri-magnesioghornblende) [Ca ₂ (Mg ₄ Fe ³⁺)(Si ₇ Al)O ₂₂ -(OH) ₂]	Ферриферрогорнблендит (ferri-ferrohornblende) [Ca ₂ (Fe ²⁺ ₄ Fe ³⁺)(Si ₇ Al)O ₂₂ -(OH) ₂]

Таблица 15

**Химические составы амфиболов серии горнблендита
(по опубликованным данным)**

	Магнезиогорнблендит		Феррогорнблендит		Ферримагнезиогорнблендит		Ферриферрогорнблендит	
	1	2	3	4	5*	6	7	8**
SiO ₂	44.80	46.52	43.67	43.43	43.83	44.50	45.35	49.54
Al ₂ O ₃	13.01	10.77	10.95	10.62	9.97	9.31	5.20	4.22
TiO ₂	0.83	0.98	0.95	0.91	1.43	1.59	-	0.08
Fe ₂ O ₃	3.04	4.04	7.65	7.97	4.93	5.38	2.46	}31.32
FeO	11.07	9.65	21.55	20.21	14.37	14.19	29.20	
MnO	0.28	0.24	0.33	1.25	0.34	0.38	2.60	1.07
MgO	11.26	12.29	0.97	1.33	9.95	9.66	2.28	3.40
CaO	10.45	11.29	8.24	8.28	11.37	10.62	10.97	10.75
Na ₂ O	2.11	1.74	1.42	1.60	1.33	2.06	0.35	0.44
K ₂ O	0.07	0.07	1.55	1.77	0.32	1.04	0.40	0.31
H ₂ O ⁺	2.06	2.37	2.88	2.10	2.30	1.20	1.45	-
H ₂ O ⁻	-	-	-	-	-	-	-	-
F	}0.07	0.28	}0.01	}0.21	0.02	0.05	0.06	-
Cl		-			-	-	-	-
п.п.п.	-	-	-	-	-	-	-	-
Σ	99.88	100.42	99.66	99.68	100.28	99.97	100.34	97.59

Примечания: * — в анализе первоисточника приводится также P₂O₅ 0.12 %; ** — в анализе первоисточника приводятся также: Cr₂O₃ 0.03 % и NiO 0.03 %.

Характеристика проб:

1. Соссюрит-роговообманковый бластоклазит, обр. №628-12, р-н пос. Покап, Ср. Урал («роговая обманка», Яковлева и др., 1981, прил. I—II, № 223);
2. Сланец плагиоклаз-роговообманковый, обр. №814, г. Качканар, Ср. Урал («роговая обманка», Яковлева и др., 1981, прил. I—II, № 220);
3. Сиенит-мигматит Уфалейского комплекса: обн. 969 в 4000 м. на Ю-В от Кизильского брода через р. Уфу, Верхнеуфалейский р-н, Ср. Урал («феррогастингсит», Белковский и др., 1981, прил. I—II, ан. № 5);
4. Сиенит-мигматит Уфалейского комплекса: обн. 987 в 4000 м. на Ю-В от Кизильского брода через р. Уфу, Верхнеуфалейский р-н, Ср. Урал («феррогастингсит», Белковский и др., 1981, прил. I—II, ан. № 6);
5. Кристаллические сланцы, профиль №0106 — средняя часть Ильменских гор, Ю. Урал («роговая обманка», Доминиковский, 1971, табл. 7, ан. №3);
6. Будина гранатового амфиболита в гнейсах Вишневогорской толщи, обр. №И-74-2249, Ильменские горы, Ю. Урал («магнезиальная роговая обманка», Баженов и др., 1981);
7. Скарны Лянгарского месторожд., Нуратинский хр., Ср. Азия («ферритремолит», Мясников, 1951).
8. Вновь исследованный «кирванит» (название 1836 года) из Сев. Ирландии, («ферриферрогорнблендит», Nawaz et al., 1989);

Кристаллохимические формулы амфиболов, анализы которых приведены в табл. 15, следующие (пересчёт на 13 катионов):

Магнезиогорнблендит

1. $(\text{Na}_{.23}\text{K}_{.02})_{.25}(\text{Ca}_{1.63}\text{Na}_{.37})_{2.0}[(\text{Mg}_{2.44}\text{Fe}^{2+}_{1.35}\text{Mn}_{.04})_{3.83}(\text{Al}_{.75}\text{Fe}^{3+}_{.33}\text{Ti}_{.09})_{1.17}]_{5.0}(\text{Si}_{6.53}\text{Al}_{1.47})_{8.0}\text{O}_{22}(\text{OH}_{1.98}\text{F}_{.02})_{2.0}$
2. $(\text{Na}_{.24}\text{K}_{.02})_{.26}(\text{Ca}_{1.75}\text{Na}_{.25})_{2.0}[(\text{Mg}_{2.66}\text{Fe}^{2+}_{1.18}\text{Mn}_{.03})_{3.87}(\text{Al}_{.59}\text{Fe}^{3+}_{.43}\text{Ti}_{1.11})_{1.13}]_{5.0}(\text{Si}_{6.74}\text{Al}_{1.26})_{8.0}\text{O}_{22}(\text{OH}_{1.91}\text{F}_{.09})_{2.0}$

Феррогорнблендит

3. $\text{K}_{.31}(\text{Ca}_{1.39}\text{Na}_{.43})_{1.82}[(\text{Fe}^{2+}_{3.22}\text{Mg}_{.20}\text{Mn}_{.10})_{3.52}(\text{Al}_{.90}\text{Fe}^{3+}_{.48}\text{Ti}_{.10})_{1.48}]_{5.0}\text{O}_{22}(\text{OH})_{2.0}$
4. $\text{K}_{.36}(\text{Ca}_{1.40}\text{Na}_{.49})_{1.89}[(\text{Fe}^{2+}_{3.05}\text{Mg}_{.30}\text{Mn}_{.20})_{3.55}(\text{Al}_{.80}\text{Fe}^{3+}_{.55}\text{Ti}_{.10})_{1.45}]_{5.0}\text{O}_{22}(\text{OH})_{2.0}$

Ферримагнезиогорнблендит

5. $(\text{Na}_{.19}\text{K}_{.06})_{.25}(\text{Ca}_{1.81}\text{Na}_{.19})_{2.0}[(\text{Mg}_{2.18}\text{Fe}^{2+}_{1.78}\text{Mn}_{.04})_{4.0}(\text{Fe}^{3+}_{.55}\text{Al}_{.29}\text{Ti}_{1.16})_{1.00}]_{5.0}(\text{Si}_{6.52}\text{Al}_{1.48})_{8.0}\text{O}_{22}(\text{OH})_{2.0}$
6. $(\text{Na}_{.28}\text{K}_{.21})_{.49}(\text{Ca}_{1.69}\text{Na}_{.31})_{2.0}[(\text{Mg}_{2.14}\text{Fe}^{2+}_{1.77}\text{Mn}_{.05})_{3.96}(\text{Fe}^{3+}_{.61}\text{Al}_{.25}\text{Ti}_{1.18})_{1.04}]_{5.0}(\text{Si}_{6.62}\text{Al}_{1.38})_{8.0}\text{O}_{22}(\text{OH})_{2.0}$

Ферриферрогорнблендит

7. $\text{K}_{.08}(\text{Ca}_{1.83}\text{Na}_{.11})_{1.94}[(\text{Fe}^{2+}_{3.06}\text{Mg}_{.53}\text{Mn}_{.34})_{3.93}(\text{Fe}^{3+}_{1.03}\text{Al}_{.04})_{1.07}]_{5.0}\text{O}_{22}(\text{OH})_{2.0}$
8. $\text{K}_{.06}(\text{Ca}_{1.73}\text{Na}_{.13})_{1.86}[(\text{Fe}^{2+}_{3.21}\text{Mg}_{.76}\text{Mn}_{.13})_{4.10}(\text{Fe}^{3+}_{.72}\text{Al}_{.17}\text{Ti}_{.01})_{.90}]_{5.0}\text{O}_{22}(\text{OH})_{2.0}$

Сравнительная характеристика видового состава амфиболов

Серии амфиболов			Ильменогорский комплекс	
Т	С	Серия	нормативные	аналоги
Si ₈	L ₅	Тремолит-актинолита	Тремолит Ферроактинолит	Куммингтонит Антофиллит
		Рихтерита	Рихтерит	Фторорихтерит Фторокалийрихтерит
	L ₄ M	Винчита	Ферривинчит	
		Экерманнит-арфведсонита		Фторомагнезиоарф-ведсонит
	L ₃ M ₂	Глаукофан-рибекита	Магнезиорибекит	
Si ₇ Al	L ₅	Эденита	Эденит Ферроэденит	Фтороферроэденит
	L ₄ M	Горнблендита	Магнезиогорнблендит Ферримagneзиогорнблендит	
		Катофорита	Ферримagneзиокатофорит	Калийферримagneзиокатофорит
	L ₃ M ₂	Барруазита	Феррибарруазит	
Нибёита				
Si ₆ Al ₂	L ₄ M	Паргасит-гастингсита	Паргасит Магнезиогастингсит Гастингсит	Калийпаргасит Калийферропаргасит Калиймагнезиогастингсит Калийгастингсит Фторокалийгастингсит
		L ₃ M ₂	Чермакита	Алюминочермакит Ферричермакит Ферриферрочермакит
	Тарамита		Ферритарамит Ферримagneзиотарамит	Калийферритарамит
Si ₅ Al ₃	L ₃ M ₂	Саданагаита	Алюминомагнезиосаданагаит Саданагаит	Калийсаданагаит

Ильменогорского комплекса, Хибинского и Ловозёрского массивов

Хибины		Ловозеро	
нормативные	аналоги	нормативные	аналоги
	Калийрихтерит Фторокалийрихтерит Фторорихтерит Фтороферрорихтерит		
Арфведсонит Магнезиоарфведсонит		Ферроокерманнит Магнезиоарфведсонит Арфведсонит	Калиймагнезиоарфведсонит Фторомагнезиоарфведсонит Фторокалиймагнезиоарфведсонит
	Фторозденит		
Ферримагнезиокатофорит Феррикатофорит	Фтороферримагнезиокатофорит Фторокалийферримагнезиокатофорит	Ферримагнезиокатофорит	
		Феррибаррузит	
Ферриферронибейт		Ферринибейт	Калийферринибейт
Гастингсит	Керсутит		
Ферримагнезиотарамит			

При расчёте некоторых анализов суммарный катионный заряд приведён к +46 или близком к нему (балансировкой $\text{Fe}^{2+} \leftrightarrow \text{Fe}^{3+}$).

Таким образом:

- из номенклатуры минералов группы амфиболов в матричной модели исключён термин «роговая обманка» и заменён на «горнблендит» с использованием его только в качестве корневого названия для серии горнблендита;
- в матричной модели серия горнблендита дополнена двумя конечными членами, отражающими вариацию катионов типа М в позиции С: **ферриферрогорнблендитом** и **ферримагнезиогорнблендитом**.

4.3. Сравнительная характеристика видового состава амфиболов Ильменогорского комплекса, Хибинского и Ловозёрского массивов

В главе 2 показано, как проводился номенклатурный анализ амфиболов Ильменогорского комплекса. Точно так же достаточно оперативно можно систематизировать амфиболы любого другого комплекса или массива. Полученные таким образом данные могут быть представлены в компактной и наглядной табличной форме, для любого количества массивов, и эти массивы совсем необязательно должны быть одного типа, а могут быть самыми разнородными.

На основе данных, приведённых в двух сводных монографиях (Минералогия Хибинского массива, 1978; Семёнов, 1972), проведён номенклатурный анализ амфиболов Хибинского и Ловозёрского массивов (Кольский п-ов). Эти монографии изданы более 20-ти лет назад и за прошедшее время, наверное, накопился большой объём сведений по амфиболам из этих массивов. Тем не менее, этого достаточно для того, чтобы показать, как можно провести сравнение разных объектов. Результат номенклатурного анализа амфиболов упомянутых массивов, в сравнении с ильменскими, представлен в табл. 16. Структура таблицы в свете представлений матричной модели номенклатуры амфиболов проста и понятна. Информационную нагрузку такой таблицы можно увеличить, например, шрифтом выделить порообразующие амфиболы, или амфиболы, характерные для каких-то типов пород и т. д., тогда сравнительная характеристика будет более детальной.

Заключение

По амфиболам Ильменогорского комплекса проведена ревизия данных, накопленных в течение последних пятидесяти лет. В основу такой ревизии положена разработанная авторами классификационная схема минералов группы амфиболов — «Матричная модель». В результате установлено:

— в опубликованной по Ильменогорскому комплексу литературе к амфиболам за историю их изучения применено 77 названий;

— номенклатурный анализ показал, что современной номенклатуре соответствуют только 18 названий, остальные являются либо излишними (термины общего пользования, дискредитированные и пр.), либо, с позиций действующей номенклатуры, применены неверно;

— дополнительно выявлено ещё 18 амфиболов, большая часть из которых была описана ранее, но интерпретация их в авторских работах не соответствует современной номенклатуре; причём один из них, саданагаит, описан раньше, чем открытый в Японии и утвержденный ММА в качестве нового минерального вида.

В настоящее время для Ильменогорского комплекса известно 36 минералов группы амфиболов, выделенных в соответствии с современной номенклатурой.

В целом опубликованные данные по составам амфиболов Ильменогорского комплекса характеризуются следующими особенностями:

— значительная часть анализов выполнена стандартными силикатными методиками;

— для многих анализов не приведена точная привязка места отбора проб, т. е. нет возможности повторного отбора проб и проведения более детальных исследований интересных в том или ином отношении амфиболов;

— для части анализов, выполненных микрозондовыми методами, не приводится характеристика стандартов (эталонов), в связи с этим отсутствует возможность оценки корректности определения тех или иных компонентов;

— резко различается изученность амфиболов из различных типов пород — для некоторых пород количество анализов амфиболов представительно, для других анализы единичны или вообще отсутствуют;

— во многих первоисточниках подчёркивается, что пробы для изучения амфиболов отбирались из пород с минимальным

развитием наложенных процессов, породы же с интенсивно проявленными наложенными процессами, с сосуществующими разными амфиболами, с зональными амфиболами оказались изученными значительно слабее; в результате вопросы эволюции комплекса с использованием амфиболов освещены фрагментарно.

В результате анализа данных по амфиболам намечены следующие тенденции распределения и эволюции амфиболов в породах Ильменогорского комплекса:

— Амфиболы серии чермакита представляют наиболее высокотемпературные (гранулитовые) образования в комплексе.

— Амфиболы серии горнблендита образованы в результате регрессивных (мигматизация, бластомилонитизация и др.) и прогрессивных метаморфических процессов в условиях амфиболитовой и эпидот-амфиболитовой фаций.

— Амфиболы серии тарамита являются типоморфными для миасцитов.

— Амфиболы серий паргасита-гастингсита, саданагаита и части рихтерита характерны для пород (фениты, сиениты и др.), преобразованных в результате наложенных метасоматических процессов (плагио- и калиевая гранитизация, фенитизация, скаполитизация и пр.).

— Амфиболы серий тремолита, части рихтерита, винчита, катофорита, баррузита и глаукофана-рибекита представляют наиболее поздние низкотемпературные образования, характерные для пегматитов и жил альпийского типа.

Проведено сравнение видового состава амфиболов Ильменогорского комплекса с Хибинским и Ловозёрским щелочными массивами. Номенклатурный анализ амфиболов Хибин и Ловозера проведён на существенно меньшем массиве данных и носит исключительно предварительный характер, тем не менее основные черты различия можно отметить.

Амфиболы Хибин и Ловозера в основном относятся к низкоглинозёмистым сериям. Серии с позицией T вида Si_5Al_3 и Si_6Al_2 не отмечены. В Ильменогорском комплексе амфиболы именно этих, высокоглинозёмистых, серий характерны для миасцитов.

Натриевые амфиболы (серии экерманнит-арфведсонита, нибёита, глаукофан-рибекита) в Ильменогорском комплексе являются редкими, т. к. они встречаются в небольших количествах в маломощных прожилках, характеризующих самые поздние стадии становления комплекса. Амфиболы серии нибёита не отмечены вообще. В массивах же Хибин и Ловозера амфиболы этих серий представлены широко, некоторые из них являются порообразующими (арфведсонит). Присутствуют в этих массивах амфи-

болы серии нибёита — **в настоящей работе впервые отмечаются для России.** Можно отметить, что нибёит в Ловозере мог быть открыт намного раньше, чем утверждённый ММА.

Оценить существующие представления и модели развития Ильменогорского комплекса возможно при детальном изучении амфиболов современными методами, особенно изменённых амфиболов, зональных и т. п. Только тогда можно получить характеристики направленности процессов и более корректно представить эволюцию комплекса.

Литература

1. *Баженов А. Г., Доминиковский Г. Г.* Куммингтонит из Ильменских гор // Минералы рудных месторождений и пегматитов Урала. Свердловск: УФАН СССР, 1965. Вып. 70. С. 71—77 (куммингтонит).
2. *Баженов А. Г., Иванов Б. Н.* Рихтерит и флогопит из фенитов Ильменогорского комплекса. // Проблемы минералогии Урала. Свердловск: УНЦ АН СССР, 1976. Вып. 14. С. 133—136 (рихтерит).
3. *Баженов А. Г., Иванов Б. Н., Постоев К. И.* Анортитовые амфиболиты Ильменогорского комплекса // Магматизм и метаморфизм ультраосновных и щелочных пород Урала. Свердловск: УНЦ АН СССР, 1978. С. 101—105 (обм. рог. паргаситовая, обм. рог. эденитовая).
4. *Баженов А. Г., Иванов Б. Н., Кошевой Ю. Н., Утенков В. А.* Послемиаскитовые амфиболсодержащие гранитные пегматиты северной части Ильменских гор // Минералогия и петрография Южного Урала. Свердловск: УНЦ АН СССР, 1978. С. 37—41 (ферриферрогастингсит).
5. *Баженов А. Г., Иванов Б. Н., Кутепова Л. А.* Роговые обманки из амфиболитов ильменогорского комплекса // Амфиболы метаморфических комплексов Урала. Свердловск: УНЦ АН СССР, 1981. С. 61—69 (рог. обм. феррочермакитовая, рог. обм. чермакитовая).
6. *Баженов А. Г., Иванов Б. Н.* Феррогастингсит из гранитных пегматитов Ильменских гор // Там же. С. 70—71 (феррогастингсит).
7. *Баженов А. Г., Кутепова Л. А., Щербакова Е. П.* К систематике амфиболов ильменогорского комплекса // Минералогические исследования эндогенных месторождений Урала. Свердловск: УНЦ АН СССР, 1982. С. 78—92 (гастингсит, барруазит, крокидолит, куммингтонит, магнезиогастингсит, магнезиорибекит, магнезиоферрикатафорит, рихтерит, рог. обм. ферроэденитовая, рог. обм. паргаситовая, рог. обм. чермакитовая, рог. обм. ферроэденитовая, рог. обм. феррочермакитовая, феррибаруазит, ферритарамит, ферропаргасит, эденит).
8. *Баженов А. Г.* Натриево-кальциевые амфиболы щелочного комплекса Ильменских гор // Новые и малоизученные минералы и минеральные ассоциации Урала. Информ. матер. Свердловск: УНЦ АН СССР, 1986. С. 59—60 (ферроферритарамит).
9. *Баженов А. Г., Баженова Л. Ф., Поляков В. О.* Саданагаит из щелочного комплекса Ильменских гор // Зап. ВМО, 1988. Ч. 117, Вып. 1. С. 74—78 (саданагаит).
10. *Баженов А. Г.* Тарамит из жильного миаскита Ильменского миаскитового массива // Материалы к минералогии рудных районов Урала. Свердловск: УНЦ АН СССР, 1988. С. 32—37 (тарамит).
11. *Баженов А. Г., Недосекова И. Л.* Фторамфиболы в щелочном комплексе Ильменских-Вишневых гор // Региональная минералогия Урала: Тез. докл. II регион. совещ. «Минералогия Урала». Т. I.

- Свердловск: УрО АН СССР, 1990. С. 51—52. (фтормагнезиоарфведсонит, фторрихтерит).
12. *Баженов А. Г.* О богатых фтором роговых обманках силикатно-карбонатных пород щелочного комплекса Ильменских гор // Минералы и минеральное сырье Урала. Свердловск: УрО РАН, 1992. С. 33—37 (обм. рог. калиевая фтормагнезиогастингситовая, обм. рог. фторферриэденитовая).
 13. *Баженов А. Г.* О находке фтормагнезиоарфведсонита в фенитах Ильменогорского щелочного комплекса и о проблеме арфведсонита, глаукофана, рибекита в щелочном комплексе Ильменских-Вишневых гор // Минералы и минеральное сырье Урала. Екатеринбург: УрО РАН, 1992. С. 26—32 (фтормагнезиоарфведсонит).
 14. *Баженов А. Г., Недосекова И. Л., Петерсен Э. У.* Фторрихтерит $\text{Na}_2\text{Ca}(\text{Mg}, \text{Fe}^{2+})_3[\text{Si}_8\text{O}_{22}](\text{F}, \text{OH})_2$ —новый минерал в группе амфиболов // Зап. ВМО, 1993. Ч. 122. № 3. С. 98—102. (фторрихтерит).
 15. *Баженов А. Г.* Новые амфиболы, обнаруженные в щелочном комплексе Ильменских гор после 1982 года // Минералогия Урала. Т. I. Научн. изд.: Матер. III-го региональн. Совещ. Миасс: ИМИН УрО РАН, 1998. С. 22—24 (натросаданагаит, феррианалог саданагаита, калийтарамит, фторрихтерит, фтормагнезиоарфведсонит, обм. фторроговая, фторгорнблендит).
 16. *Баженов А. Г., Баженова Л. Ф., Кримова Т. В., Хворов П. В.* Калийферрисаданагаит $(\text{K}, \text{Na})\text{Ca}_2(\text{Fe}^{2+}, \text{Mg})_3(\text{Fe}^{3+}, \text{Al})_2[\text{Si}_5\text{Al}_3\text{O}_{22}](\text{OH})_2$ —новый минеральный вид в группе амфиболов (Ильменские горы, Урал) // Зап. ВМО, 1999. Ч. 128, № 4. С. 50—55 (калийферрисаданагаит).
 17. *Баженов А. Г., Миронов А. Б., Хворов П. В., Чурин Е. И.* Ферроактинолит из щелочного комплекса Ильменских гор // Уральский геологический журнал. Екатеринбург, 1999. № 2 (8). С. 57—64.
 18. *Белковский А. И., Литвин А. Л., Остапенко С. С., Петрунина А. А.* Закономерности изменения состава и структуры феррогастингсита из сиенит-мигматитов и щелочных сиенитов Уфалейского комплекса // Амфиболы метаморфических комплексов Урала. Свердловск: УНЦ АН СССР. 1981. С. 19—28.
 19. *Белянкин Д. С.* Очерки истории Ильменских гор // Изв. СПб Политехн. ин-та, 1909. Вып. 12. С. 135—166 (обм. рог. миаскитовая, обм. рог. зеленовато-бурая).
 20. *Бокий Г. Б.* Кристаллохимия. М.: изд. МГУ. 1960. 357 с.
 21. *Доминиковский Г. Г.* Петрография кристаллических сланцев средней части Ильменских гор // Сб. Ильменский комплекс магматических и метаморфических пород. Т. I: Метаморфические толщи. Свердловск: УФАН СССР, 1971. Вып. 9. С. 130—147 (обм. роговая).
 22. *Заварицкий А. Н.* Геологический и петрографический очерк Ильменского минералогического заповедника и его копей. М: Изд. Глав. Упр. по заповедникам, 1939. Вып. 72, № 1. 318 с. (амфиболы, глаукофаны, обм. рог. гастингситовая, обм. рог. щелочная).

23. *Золоев К. К.* Асбест // В кн. Геология СССР. Т. XII. М.: Изд. «Недра», 1973. С. 438 (крокидолит-асбест).
24. *Иванов Б. Н., Баженов А. Г., Кутепова Л. А., Кошевой Ю. Н.* Амфибол и пироксеносодержащие фениты и сиениты центральной щелочной полосы в северной части Ильменских гор // Петрография ультраосновных и щелочных пород Урала. Свердловск: УНЦ АН СССР, 1978. С. 86—96 (обм. рога, обм. рога. гастингситовая).
25. *Иванов Б. Н., Баженов А. Г., Кошевой Ю. Н.* Петрография и петрохимия гранитных пегматитов Ильменского щелочного комплекса // Щелочные породы и гранитоиды Южного Урала. Тр. ИГЗ, Вып. XXIV. Свердловск: УНЦ АН СССР, 1979. С. 61—78 (гастингсит, обм. роговая).
26. *Кобяшев Ю. С., Поляков В. О.* Минералы Ильменских гор, 1994 г. Екатеринбург: ИГЗ УрО РАН, 1994. 73 с. (магнезиоантофиллит, магнезиожедрит, магнезиоарфведсонит, магнезиогорнблендит, тремолит хромовый, феррогорнблендит, фторферрогорнблендит, чермакит).
27. *Кориневский В. Г.* Первая находка жедритовых пород в Ильменских горах // Магматизм, метаморфизм и глубинное строение Урала: Тез. докл. VI Уральск. петрографич. совещ. Екатеринбург: УрО РАН, 1997. Ч. 1. С. 187—189 (жедрит).
28. *Кориневский В. Г., Кориневский Е. В.* Блоки чужеродных пород в Ильменском метаморфическом комплексе // Там же. С. 189—192 (жедрит, паргасит).
29. *Кориневский В. Г.* Паргасит из Ильменских гор // Уральский минералогический сборник № 8. Миасс: УрО РАН, 1998. С. 83—94 (паргасит).
30. *Кориневский В. Г., Вализер Н. И., Кориневский Е. В.* Первые находки чермакитов в метаморфитах Ильмен // Минералогия Урала. Т. I: Матер. III-го регион. совещ. Миасс: ИМин УрО РАН, 1998. С. 144—146 (чермакит).
31. *Краснобаев А. А., Ленных В. И., Жданова С. Н., Холоднов В. В.* Реликты гранулитового метаморфизма в породах Ильменогорского комплекса (Южный Урал) // Докл. АН СССР, 1980. Т. 253. № 5. С. 1193—1196.
32. *Кутепова Л. А., Иванов Б. Н., Баженов А. Г.* Опорный разрез через Ильменогорский комплекс (средняя часть Ильменских гор). Свердловск: УНЦ АН СССР. 1982. 69 с.
33. *Леванов А. А.* Минералогия гранитных пегматитов Савелькульского жильного поля Ильменских гор // Минералы и минеральное сырье Урала. Екатеринбург: УрО РАН, 1992. С. 3—22 (обм. рога. актинолитовая).
34. *Левин В. Я.* Щелочная провинция Ильменских-Вишневых гор (формация нефелиновых сиенитов Урала). М.: Наука, 1974. 223 с. (гастингсит, катафорит, магнезиогастингсит, магнезиокатафорит, обм. рога. обыкновенная).

35. *Левин В. Я., Баженов А. Г.* Фирситы из Ильменогорского щелочного массива // Щелочные, основные и ультраосновные комплексы Урала. Тр. ИГЗ, Вып. XV. Свердловск: УНЦ АН СССР, 1976. С. 23—29 (гастингсит).
36. *Лик Б. Е. и др.*—см. № 43: Номенклатура амфиболов... // ЗВМО. 1997. № 6. С. 82—102.
37. *Макарошкин Б. А., Макарошкина М. С.* Классификация минералов Ильменского государственного заповедника // Краеведческие записки. Челябинск: Кн. изд., 1962. Вып. 1. С. 186—189 (крокидолит).
38. *Малахов В. М.* Указатель месторождений минералов, встречающихся в горнозаводских округах хребта Уральского: Миасский завод, 1876. Т. III. С. 81—94 (тремолит).
39. *Менге И. Н.* Минералогические наблюдения сделанные И. Н. Менге, действительным членом, во время путешествия по Уральским горам // Тр. минер. общ., 1830. Ч. 1. С. 232—271 (русский перевод А. К. Тренберга) (обм. рог.).
40. Минералогия Хибинского массива / *Е. Е. Костылева-Лабунцова, Б. Е. Боруцкий, М. Н. Соколова и др.* М.: Наука, 1978. Т. 1, 228 с.; Т. 2, 586 с.
41. *Мясников В. С.* Минералы скарнов Лянгарского месторождения в Средней Азии. Изд. АН СССР, 1951. 72 с.
42. *Никандров С. Н., Вализер П. М., Кобяшев Ю. С.* Матричная модель номенклатуры амфиболов // Изв. Челяб. науч. центра, 1999. Вып. 1. С. 40—47.
43. *Никель Э., Мандарино Д.* Порядок рассмотрения материалов, представленных в Комиссию по новым минералам и названиям минералов при Международной Минералогической Ассоциации, и некоторые вопросы минералогической номенклатуры // Минер. журн, 1989. № 1. С. 51—86.
44. Номенклатура амфиболов: доклад подкомитета по амфиболом комиссии по новым минералам и названия минералов международной минералогической ассоциации (КНМН ММА) // Зап. ВМО, 1997. Ч. 126, № 6. С. 82—102.
45. *Поляков В. О., Баженов А. Г.* Первая находка магнезиосаданагаита в России // Уральский минералогический сборник № 8. Миасс: ИМин УрО РАН, 1998. С. 249—251 (магнезиосаданагаит).
46. *Попов В. А.* Список минералов Ильменских гор на 1974 г. // Ильменский заповедник (сб. статей). Челябинск: Южно-Уральское книжн. изд-во, 1975. С. 54—65 (Са-Al-арфведсонит, баркевикит, карингинит, катафорит, магнезиобаркевикит, магнезиокуммингтонит, ферроферриглаукофан).
47. *Расказова А. Д., Ленных В. И.* Магнетитовые кварциты Ильменогорско-Вишневогорского комплекса (Южный Урал) // Минералы и минеральное сырье горнопромышленных районов Урала. Свердловск: УрО АН СССР, 1989. С. 87—94. (обм. рог.).
48. *Расказова А. Д.* Куммингтонит и актинолит метаморфитов селянкинского блока Ильмено-Вишневогорского комплекса // Региональ-

- ная минералогия Урала: Тез. докл. II регион. совещ. «Минералогия Урала», Т. I. Свердловск: УНЦ АН СССР, 1990. С. 109—110 (кумингтонит).
49. *Розе Г.* О соединении авгита в одну породу с роговой обманкой // Горн. журн., 1833. кн.1. С. 26.
 50. *Роненсон Б. М., Левин В. Я., Баженов А. Г.* Палингено-метасоматические образования северной части Ильменогорского щелочного комплекса // Щелочные породы и гранитоиды Южного Урала. Тр. ИГЗ, Вып. XXIV. Свердловск: УНЦ АН СССР, 1979. С. 3—30 (амфиболы).
 51. *Ротман Л. Э.* Материалы к характеристике амфиболов и пироксенов пегматитовых жил Ильменских гор // Учен. Зап. Ленингр. пед. ин-та, 1956. Т. 117. С. 55—83 (актинолит, мангезиогастингит, паргасит, обм. рог., феррипаргасит).
 52. Саданагаит // Минералы: Справочник. Т. IV, Вып. 3. М: Наука, 1996. С. 351—353.
 53. *Севергин В. М.* Опыт минералогического землеописания Российского государства. СПб, 1809 (горнбленде).
 54. *Семёнов Е. И.* Минералогия Ловозёрского щелочного массива. М.: Наука, 1972. 307 с.
 55. *Симонов А. И.* О хроммагнетитовом месторождении в окрестности оз. Ишкуль (Ильменские горы) // Зап. Мин. общ, 1945. Ч. 75, № 4. С. 305—312 (амфибол тремолит-актинолитового ряда).
 56. *Симонов А. И.* Амфиболы актинолит-тремолитового ряда, купфферит // Минералы Ильменского заповедника. М.-Л.: Наука, 1949. С. 267—273.
 57. *Симонов А. И.* Антофиллит // Там же. С. 265—267 (антофиллит).
 58. *Сущинский П. П.* Некоторые минералогические наблюдения в Ильменских горах и Кыштымском округе на Урале, произведенные летом 1899 г. // Тр. СПб. Общ. ест., 1900. Т. 29, Вып. 5. С. 21—40 (актинолит).
 59. Термо- и барометрия метаморфических пород. Под ред. *В. А. Глебовицкого.* Л., Наука, 1977. 207 с.
 60. *Флейшиер М.* Словарь минеральных видов. М.: Мир, 1990. 204 с. (перевод с английского М. Г. Горской).
 61. *Яковлева М. Е.* Роговые обманки // Минералы Ильменского заповедника. М.-Л.: Наука, 1949. С. 274 —279.
 62. *Яковлева О. М., Маркс В. А.* Роговые обманки амфиболитов западного обрамления массивов платиноносного пояса (Средний Урал) // Амфиболы метаморфических комплексов Урала. Свердловск: УНЦ АН СССР, 1981. С. 55—60.
 63. *Domeneghetti M. C., Oberti R., Ungaretti Ghezzi C., Memmi I., Ricci C.* Chemical variations the amphiboles of an equilibrated amphibolite from north-eastern Sardinia (Italia): crystalchemical and petrological implications // «14th Gen. Meet. Int. Miner. Assoc., Stanford, Calif., 13—18 July, 1986. Abstr. Program». Washington, D., C., 1986. P. 92.

64. *Hawthorne F. C., Oberti R., Ungaretti L., Grice J. D.* A new hyper-calcic amphibole with Ca at the A site: Fluor-cannillaite from Pargas, Finland // *Amer. Miner.*, 1996. V. 81. P. 995—1002.
65. *Hermann R. F.* Untersuchungen einiger neuen russischen Mineralien: Über Vorkommen von Kupfferit in Ilmengebirge, Sowjet-Union // *Bull. Soc. Natur. Moscou*, 1862. Bd. 35, № 3, S. 243 (купфферит).
66. *Jeremejev P. V.* Der Uralit-Syenit, eine neue Gebirgsart // *Jb. Miner. Geol. u. Paleont.* 1872. № 5. S. 404—406 (уралит).
67. *Johnsen A.* Natrosyenite und verwandte Gesteine von Miass // *Ns. Jb. Miner. Geol. u. Paleont.* 1901. Bd. 2. S. 117—127 (рибекит-глаукофан).
68. *Mogessie A., Purtscheller F., Tessardi R.* High alumina calcic amphiboles (aluminopargasite-magnesiocannillaite) from metabasites and metacarbonates of Central Oetztal, Eastern Alps (Northern Tyrol, Austria) // *Neues Jahrb. Miner. Abh.*, 1986. Bd. 154. № 1. S. 21—39.
69. *Leake B. E.* Nomenclature of amphiboles // *Amer. Miner.*, 1978. V. 63, № 11—12. P. 1023—1052.
70. *Leake B. E.* Nomenclature of amphiboles: report of the Subcommittee on amphiboles of the International Mineralogical Association, Commission on new minerals and mineral names // *Canad. Miner.*, 1997. V. 35. P. 219—246.
71. *Moore Paul Brian.* The joesmithite enigma: Note on the $6s^2Pb^{2+}$ ione pair // *Amer. Miner.*, 1988. V. 73, № 7—8. P. 843—844.
72. *Nawaz R., Ryback G.* Re-examination of kirwanite: a ferri-ferro-hornblende from Co. Down, Northern Ireland // *Miner. Mag.*, 1989. Vol. 53, № 2. P. 253—255 (РЖ Гео: 1989. 9B185).
73. *Rose G.* Über die Notwendigkeit Augit und Hornblende in einer Gattung zu vereinigen // *Ann. Phys. und Chem.*, 1831. Bd. 22. S. 321—329.
74. *Shimazaki H., Bunno M., Ozawa T.* Sadanagaite and magnesiocannillaite, new silica-poor members of calcic amphibole from Japan // *Amer. Miner.*, 1984. Vol. 69. № 5—6. P. 465—471.

Типичные амфиболы Ильменогорского комплекса
Химический состав типичных амфиболов Ильменогорского комплекса

№ п.п.	SiO ₂	Al ₂ O ₃	TiO ₂	Fe ₂ O ₃	FeO	MnO	MgO	CaO	Na ₂ O	K ₂ O	H ₂ O ⁺	F	Сумма
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
1	57.68	-	-	1.75	10.08	-	28.20	0.68	-	-	2.15	-	100.54
2	43.93	14.85	0.18	18.78	0.50	15.94	0.50	1.22	0.02	0.02	-	-	95.92
3	54.07	0.58	0.01	0.92	21.15	0.53	18.00	1.46	0.25	0.10	1.68	0.19	99.49**
4	54.08	2.51	0.09	2.54	1.32	0.31	22.70	11.84	2.38	0.58	2.40	-	100.75
5	44.15	8.16	0.29	17.78	0.52	11.07	9.98	2.70	1.61	-	0.58	-	96.84
6	40.93	8.08	1.08	8.78	21.98	1.76	0.93	9.92	2.20	1.36	2.18	0.34	99.56
7	42.30	7.68	1.25	6.95	13.90	0.5	9.73	11.30	3.10	1.64	0.52	2.32	101.19
8	45.24	12.64	0.40	2.16	5.77	Не опр.	16.04	12.34	2.53	-	2.68	-	99.80
9	41.16	18.15	0.81	10.60	0.25	11.58	12.23	1.83	0.98	-	-	-	97.59
10	76.60	18.61	1.64	17.99	-	7.71	12.58	0.85	2.30	-	-	-	98.40
11	36.67	18.24	1.50	18.06	-	7.73	12.64	1.01	2.26	-	-	-	98.23
12	41.86	9.68	2.48	6.13	12.19	0.33	10.62	12.52	2.12	1.43	0.20	-	100.29*
13	41.92	10.92	1.68	6.27	11.97	0.26	10.22	11.47	1.84	1.58	1.42	0.53	100.08
14	39.04	12.73	0.68	7.11	14.39	0.68	10.06	10.09	2.07	1.94	0.21	0.98	100.34*
15	41.50	8.64	1.20	7.30	18.35	0.59	6.35	10.44	2.56	1.97	1.00	1.10	100.45
16	38.92	11.21	1.52	7.46	15.32	0.94	7.26	10.91	2.00	1.83	1.96	0.34	99.67
17	38.87	12.38	1.43	8.77	14.31	0.80	6.88	8.64	3.05	2.52	-	-	100.0*
18	39.13	12.97	1.28	6.56	17.69	0.51	5.52	10.12	1.63	2.26	1.88	0.31	99.86
19	40.38	10.18	0.86	7.39	17.67	0.77	6.50	9.61	2.12	1.67	1.58	1.02	100.2
20	40.12	10.03	0.76	7.85	15.30	1.49	6.84	9.36	2.78	2.55	1.27	2.28	100.63
21	35.43	21.08	1.02	3.77	8.76	0.29	10.08	11.79	1.60	1.20	1.90	0.21	97.13
22	33.83	17.33	1.50	4.05	20.47	1.54	3.22	10.99	2.10	2.26	-	-	97.29
23	33.73	17.84	1.07	11.26	16.58	2.03	2.14	9.02	2.27	3.26	1.36	0.58	100.32
24	33.24	18.25	1.58	9.25	16.13	1.83	2.31	10.04	1.78	3.20	1.30	0.80	99.71
25	34.33	17.46	1.53	5.89	17.78	1.37	3.71	10.43	2.45	2.78	1.70	0.65	100.08
26	54.62	2.26	0.20	1.50	1.60	0.30	22.51	12.34	1.95	0.54	2.27	-	100.20*

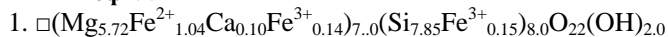
Продолжение приложения I

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
27	53.53	-	0.73	4.29	8.32	1.04	18.05	12.59	0.65	0.33	0.11	-	100.97*
28	49.84	2.07	0.04	22.88		1.87	8.65	11.16	0.61	0.35	-	0.22	97.71**
29	45.91	10.34	1.19	2.17	13.20	0.23	11.67	12.18	1.39	0.46	1.17	0.05	99.96
30	46.60	9.63	0.90	5.19	5.75	0.24	15.66	12.03	1.47	0.14	2.10	-	99.71
31	45.44	6.44	0.27	18.21		0.77	11.41	12.10	0.85	0.37	-	0.01	95.97
32	42.33	18.57	0.61	1.93	7.92	0.37	12.09	11.86	2.01	0.18	-	0.11	97.85**
33	39.74	20.18	0.60	12.69		-	11.03	12.49	1.71	0.43	-	-	98.87
34	43.30	12.21	1.33	4.01	12.21	-	11.25	10.73	2.06	0.63	-	-	97.73
35	42.77	11.31	1.96	4.12	13.18	0.17	10.54	11.10	1.70	0.75	1.95	0.01	99.54
36	37.65	11.69	1.93	9.03	23.76	0.38	0.79	9.38	1.59	1.56	1.91	0.34	100.01
37	51.70	2.59	0.40	9.06	10.24	0.79	12.16	6.43	4.87	0.79	0.48	-	100.21*
38	50.22	2.38	1.16	5.20	14.90	0.97	10.56	6.29	5.00	1.57	1.10	1.90	100.45
39	54.84	1.50	0.25	3.80	2.51	0.49	19.84	7.08	5.22	1.73	0.63	2.50	99.38
40	53.98	1.19	0.05	3.33	5.35	0.68	18.31	8.23	4.20	1.11	0.99	3.30	101.19
41	49.46	3.31	0.61	7.79	13.08	1.14	9.48	7.15	3.85	1.59	1.12	1.6	99.51
42	50.83	2.70	0.98	7.49	9.43	0.32	13.39	6.40	5.00	1.49	1.30	1.01	100.34
43	5.78	3.01	0.89	7.49	8.80	0.39	13.91	6.10	4.60	1.20	0.57	1.70	99.79
44	48.96	5.21	0.77	6.08	10.07	1.02	14.02	8.37	3.71	1.54	0.21	-	100.79*
45	40.47	9.92	1.22	12.97	14.24	1.52	4.42	6.43	4.61	2.10	-	-	99.98*
46	39.05	10.46	0.96	13.06	15.01	1.83	4.31	7.39	4.40	2.00	1.29	0.74	100.19
47	37.68	14.70	0.83	10.30	15.59	0.61	4.90	8.34	3.45	2.28	1.44	0.72	100.54
48	37.84	12.39	1.22	12.96	14.73	2.62	2.82	7.02	4.07	2.24	1.07	0.70	99.44
49	40.51	10.17	0.86	8.23	14.40	1.77	8.12	9.02	3.08	1.82	0.89	0.50	99.16
50	54.52	2.33	0.08	9.33	8.08	0.61	13.67	4.44	4.75	0.63	1.53	0.75	99.90
51	51.76	2.42	0.31	6.31	10.09	0.29	14.16	8.85	2.67	0.75	0.94	0.36	99.34**
52	48.24	4.40	0.56	6.32	11.68	1.11	13.99	8.80	3.38	0.30	0.08	-	99.96*
53	50.48	2.91	1.24	7.47	11.49	0.40	12.41	7.10	3.33	1.08	1.14	0.90	99.57
54	56.76	1.47	0.51	5.76	0.79	0.29	20.10	2.86	7.50	1.62	0.84	2.80	99.78*
55	52.35	2.13	0.18	14.61	10.78	0.70	8.59	2.12	5.62	0.56	1.70	0.90	99.86

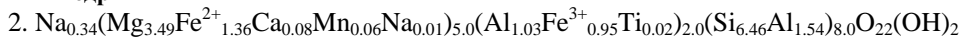
*Примечания:** – в пробе определено п. п. п.: № 12 — 0.73; 14 — 0.36; 17 — 2.35; 26 — 0.11; 27 — 1.33; 37 — 0.70; 44 — 1.04; 45 — 2.08; 52 — 1.10; 54 — 0.98. ** — в пробе определён Cl: № 3 — 0.55; 28 — 0.02; 32 — 0.06; 51 — 0.43.

Кристаллохимические формулы типичных амфиболов Ильменогорского комплекса

Антофиллит



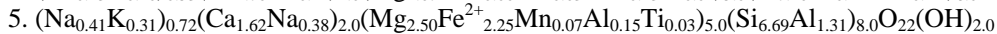
Жедрит



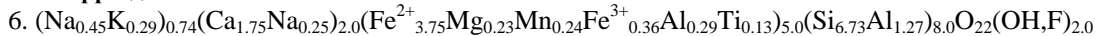
Куммингтонит



Эденит



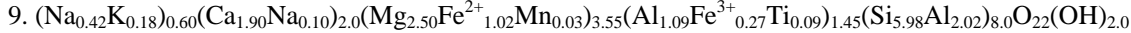
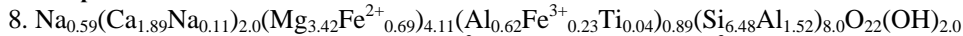
Ферроэденит



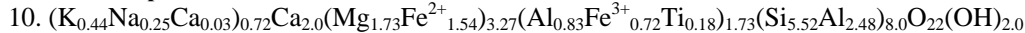
Фтороферроэденит



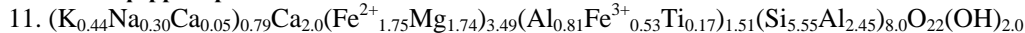
Паргасит



Калийпаргасит



Калийферропаргасит



Магнезиогастингсит

12. $(\text{Na}_{0.62}\text{K}_{0.28}\text{Ca}_{0.03})_{0.93}\text{Ca}_{2.0}(\text{Mg}_{2.39}\text{Fe}^{2+}_{0.97}\text{Mn}_{0.04})_{3.40}(\text{Fe}^{3+}_{1.27}\text{Al}_{0.05}\text{Ti}_{0.28})_{1.60}(\text{Si}_{6.33}\text{Al}_{1.67})_{8.0}\text{O}_{22}(\text{OH})_{2.0}$
13. $(\text{Na}_{0.39}\text{K}_{0.31})_{0.70}(\text{Ca}_{1.85}\text{Na}_{0.15})_{2.0}(\text{Mg}_{2.28}\text{Fe}^{2+}_{1.51}\text{Mn}_{0.04})_{3.84}(\text{Fe}^{3+}_{0.71}\text{Al}_{0.26}\text{Ti}_{0.19})_{1.16}(\text{Si}_{6.32}\text{Al}_{1.68})_{8.0}\text{O}_{22}(\text{OH},\text{F})_{2.0}$

Калиймагнезиогастингсит

14. $(\text{K}_{0.37}\text{Na}_{0.21})_{0.58}(\text{Ca}_{1.61}\text{Na}_{0.39})_{2.0}(\text{Mg}_{2.23}\text{Fe}^{2+}_{0.73}\text{Mn}_{0.09})_{3.05}(\text{Fe}^{3+}_{1.84}\text{Al}_{0.03}\text{Ti}_{0.08})_{1.95}(\text{Si}_{5.80}\text{Al}_{2.20})_{8.0}\text{O}_{22}(\text{OH},\text{F})_{2.0}$
Гастингсит

15. $(\text{Na}_{0.51}\text{K}_{0.38})_{0.89}(\text{Ca}_{1.74}\text{Na}_{0.26})_{2.0}(\text{Fe}^{2+}_{2.39}\text{Mg}_{1.47}\text{Mn}_{0.08})_{3.94}(\text{Fe}^{3+}_{0.86}\text{Ti}_{0.14}\text{Al}_{0.06})_{1.06}(\text{Si}_{6.48}\text{Al}_{1.52})_{8.0}\text{O}_{22}(\text{OH},\text{F})_{2.0}$
16. $(\text{Na}_{0.42}\text{K}_{0.36})_{0.78}(\text{Ca}_{1.82}\text{Na}_{0.18})_{2.0}(\text{Fe}^{2+}_{2.0}\text{Mg}_{1.69}\text{Mn}_{0.12})_{3.81}(\text{Fe}^{3+}_{0.87}\text{Al}_{0.14}\text{Ti}_{0.18})_{1.19}(\text{Si}_{6.08}\text{Al}_{1.92})_{8.0}\text{O}_{22}(\text{OH})_{2.0}$

Калийгастингсит

17. $(\text{K}_{0.50}\text{Na}_{0.45})_{0.95}(\text{Ca}_{1.54}\text{Na}_{0.46})_{2.0}(\text{Fe}^{2+}_{1.85}\text{Mg}_{1.59}\text{Mn}_{0.10})_{3.54}(\text{Fe}^{3+}_{1.01}\text{Al}_{0.28}\text{Ti}_{0.17})_{1.46}(\text{Si}_{6.02}\text{Al}_{1.98})_{8.0}\text{O}_{22}(\text{OH})_{2.0}$
18. $(\text{K}_{0.45}\text{Na}_{0.17})_{0.62}(\text{Ca}_{1.68}\text{Na}_{0.32})_{2.0}(\text{Fe}^{2+}_{2.29}\text{Mg}_{1.28}\text{Mn}_{0.07})_{3.64}(\text{Fe}^{3+}_{0.77}\text{Al}_{0.44}\text{Ti}_{0.15})_{1.36}(\text{Si}_{6.08}\text{Al}_{1.92})_{8.0}\text{O}_{21.79}(\text{OH})_{2.0}$
19. $(\text{K}_{0.33}\text{Na}_{0.25})_{0.58}(\text{Ca}_{1.60}\text{Na}_{0.40})_{2.0}(\text{Fe}^{2+}_{2.29}\text{Mg}_{1.49}\text{Mn}_{0.10})_{3.88}(\text{Fe}^{3+}_{0.87}\text{Al}_{0.15}\text{Ti}_{0.10})_{1.12}(\text{Si}_{6.28}\text{Al}_{1.72})_{8.0}\text{O}_{22}(\text{OH},\text{F})_{2.0}$

Фторокалийгастингсит

20. $(\text{K}_{0.51}\text{Na}_{0.43})_{0.94}(\text{Ca}_{1.58}\text{Na}_{0.42})_{2.0}(\text{Fe}^{2+}_{2.01}\text{Mg}_{1.60}\text{Mn}_{0.20})_{3.81}(\text{Fe}^{3+}_{0.93}\text{Al}_{0.17}\text{Ti}_{0.09})_{1.19}(\text{Si}_{6.31}\text{Al}_{1.69})_{8.0}\text{O}_{22}(\text{F}_{1.13}\text{OH}_{0.87})_{2.0}$
Алюминомагнезиосаданагаит

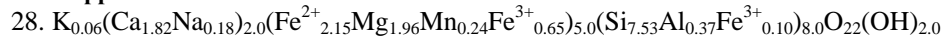
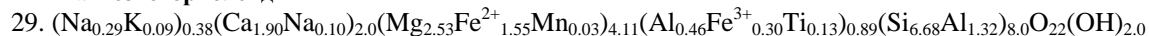
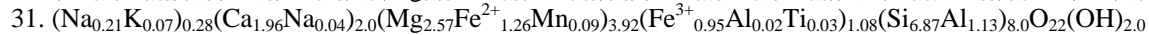
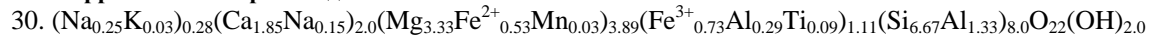
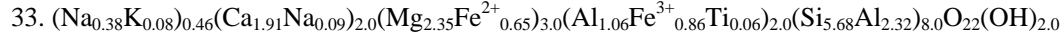
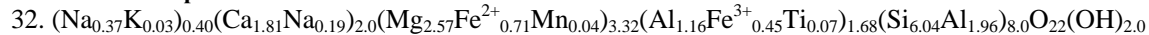
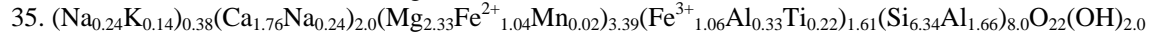
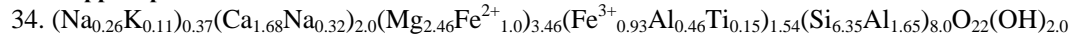
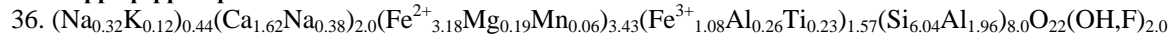
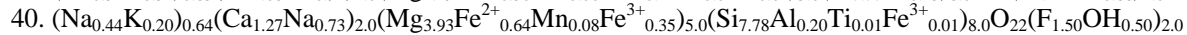
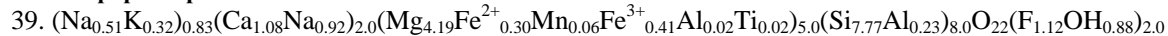
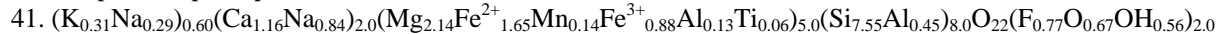
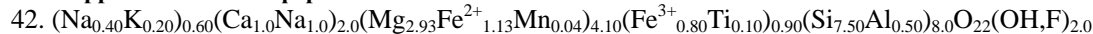
21. $(\text{Na}_{0.37}\text{K}_{0.23})_{0.60}(\text{Ca}_{1.90}\text{Na}_{0.10})_{2.0}(\text{Mg}_{2.26}\text{Fe}^{2+}_{0.64}\text{Mn}_{0.04})_{2.94}(\text{Al}_{1.05}\text{Fe}^{3+}_{0.89}\text{Ti}_{0.12})_{2.06}(\text{Si}_{5.32}\text{Al}_{2.68})_{8.0}\text{O}_{22}(\text{OH})_{2.0}$
Саданагаит

22. $(\text{Na}_{0.52}\text{K}_{0.46})_{0.98}(\text{Ca}_{1.87}\text{Na}_{0.13})_{2.0}(\text{Fe}^{2+}_{2.46}\text{Mg}_{0.76}\text{Mn}_{0.21})_{3.43}(\text{Fe}^{3+}_{0.75}\text{Al}_{0.64}\text{Ti}_{0.18})_{1.57}(\text{Si}_{5.39}\text{Al}_{2.61})_{8.0}\text{O}_{22}(\text{OH})_{2.0}$
Калийсаданагаит

23. $(\text{K}_{0.65}\text{Na}_{0.21})_{0.86}(\text{Ca}_{1.52}\text{Na}_{0.48})_{2.0}(\text{Fe}^{2+}_{2.02}\text{Mg}_{0.50}\text{Mn}_{0.27})_{2.79}(\text{Fe}^{3+}_{1.49}\text{Al}_{0.59}\text{Ti}_{0.13})_{2.21}(\text{Si}_{5.29}\text{Al}_{2.71})_{8.0}\text{O}_{22}(\text{OH},\text{F})_{2.0}$
24. $(\text{K}_{0.65}\text{Na}_{0.27})_{0.92}(\text{Ca}_{1.72}\text{Na}_{0.28})_{2.0}(\text{Fe}^{2+}_{2.34}\text{Mg}_{0.55}\text{Mn}_{0.25})_{3.14}(\text{Fe}^{3+}_{0.92}\text{Al}_{0.75}\text{Ti}_{0.19})_{1.86}(\text{Si}_{5.31}\text{Al}_{2.69})_{8.0}\text{O}_{22}(\text{OH},\text{F})_{2.0}$
25. $(\text{K}_{0.56}\text{Na}_{0.52})_{1.08}(\text{Ca}_{1.77}\text{Na}_{0.23})_{2.0}(\text{Fe}^{2+}_{2.22}\text{Mg}_{0.88}\text{Mn}_{0.18})_{3.28}(\text{Fe}^{3+}_{0.83}\text{Al}_{0.70}\text{Ti}_{0.18})_{1.71}(\text{Si}_{5.44}\text{Al}_{2.56})_{8.0}\text{O}_{22}(\text{OH},\text{F})_{2.0}$

Тремолит

26. $(\text{Na}_{0.36}\text{K}_{0.10})_{0.46}(\text{Ca}_{1.84}\text{Na}_{0.16})_{2.0}(\text{Mg}_{4.65}\text{Fe}^{2+}_{0.18}\text{Mn}_{0.04}\text{Fe}^{3+}_{0.13})_{5.0}(\text{Si}_{7.58}\text{Al}_{0.37}\text{Ti}_{0.02}\text{Fe}^{3+}_{0.03})_{8.0}\text{O}_{22}(\text{OH})_{2.0}$
27. $(\text{Na}_{0.09}\text{K}_{0.06})_{0.15}(\text{Ca}_{1.91}\text{Na}_{0.09})_{2.0}(\text{Mg}_{3.80}\text{Fe}^{2+}_{0.77}\text{Mn}_{0.12}\text{Fe}^{3+}_{0.31})_{5.0}(\text{Si}_{7.56}\text{Fe}^{3+}_{0.36}\text{Ti}_{0.08})_{8.0}\text{O}_{22}(\text{OH})_{2.0}$

Ферроактинолит**Магнезиогорнблендит****Ферримагнезиогорнблендит****Алюминочермакит****Ферричермакит****Ферриферрочермакит****Рихтерит****Фторорихтерит****Фторокалийрихтерит****Ферримагнезиокатофорит**

43. $(\text{Na}_{0.43}\text{K}_{0.26})_{0.69}(\text{Ca}_{1.11}\text{Na}_{0.87}\text{Mn}_{0.02})_{2.0}(\text{Mg}_{3.03}\text{Fe}^{2+}_{1.07}\text{Mn}_{0.03})_{4.13}(\text{Fe}^{3+}_{0.77}\text{Ti}_{0.10})_{0.87}(\text{Si}_{7.42}\text{Al}_{0.51}\text{Fe}^{3+}_{0.07})_{8.0}\text{O}_{22}(\text{OH},\text{F})_{2.0}$
Калийферримагнезиокатофорит
44. $(\text{K}_{0.28}\text{Na}_{0.27})_{0.55}(\text{Ca}_{1.29}\text{Na}_{0.71})_{2.0}(\text{Mg}_{3.0}\text{Fe}^{2+}_{1.21}\text{Mn}_{0.12})_{4.33}\text{Fe}^{3+}_{0.67}(\text{Si}_{7.04}\text{Al}_{0.88}\text{Ti}_{0.08})_{8.0}\text{O}_{22}(\text{OH})_{2.0}$
Ферритарамит
45. $(\text{Na}_{0.49}\text{K}_{0.42})_{0.91}(\text{Ca}_{1.09}\text{Na}_{0.91})_{2.0}(\text{Fe}^{2+}_{1.87}\text{Mg}_{1.03}\text{Mn}_{0.20})_{3.10}(\text{Fe}^{3+}_{1.53}\text{Al}_{0.23}\text{Ti}_{0.14})_{1.90}(\text{Si}_{6.39}\text{Al}_{1.61})_{8.0}\text{O}_{22}(\text{OH})_{2.0}$
46. $(\text{Na}_{0.60}\text{K}_{0.40})_{1.0}(\text{Ca}_{1.25}\text{Na}_{0.75})_{2.0}(\text{Fe}^{2+}_{1.98}\text{Mg}_{1.02}\text{Mn}_{0.24})_{3.24}(\text{Fe}^{3+}_{1.55}\text{Ti}_{0.11}\text{Al}_{0.10})_{1.76}(\text{Si}_{6.17}\text{Al}_{1.83})_{8.0}\text{O}_{22}(\text{OH},\text{F})_{2.0}$
Калийферритарамит
47. $(\text{K}_{0.45}\text{Na}_{0.39})_{0.84}(\text{Ca}_{1.36}\text{Na}_{0.64})_{2.0}(\text{Fe}^{2+}_{2.02}\text{Mg}_{1.23}\text{Mn}_{0.07})_{3.22}(\text{Fe}^{3+}_{1.17}\text{Al}_{0.52}\text{Ti}_{0.09})_{1.78}(\text{Si}_{5.84}\text{Al}_{2.16})_{8.0}\text{O}_{22}(\text{OH},\text{F})_{2.0}$
48. $(\text{K}_{0.45}\text{Na}_{0.44})_{0.89}(\text{Ca}_{1.19}\text{Na}_{0.81})_{2.0}(\text{Fe}^{2+}_{1.96}\text{Mg}_{0.67}\text{Mn}_{0.35})_{2.98}(\text{Fe}^{3+}_{1.55}\text{Al}_{0.33}\text{Ti}_{0.14})_{2.02}(\text{Si}_{6.0}\text{Al}_{2.0})_{8.0}\text{O}_{22.52}(\text{OH},\text{F})_{1.48}$
Ферримагнезиотарамит
49. $(\text{Na}_{0.39}\text{K}_{0.35})_{0.74}(\text{Ca}_{1.48}\text{Na}_{0.52})_{2.0}(\text{Mg}_{1.85}\text{Fe}^{2+}_{1.34}\text{Mn}_{0.23})_{3.42}(\text{Fe}^{2+}_{1.45}\text{Ti}_{0.10}\text{Al}_{0.03})_{1.58}(\text{Si}_{6.20}\text{Al}_{1.80})_{8.0}\text{O}_{22.0}(\text{OH},\text{F})_{2.0}$
Ферривинчит
50. $\text{K}_{0.11}(\text{Ca}_{0.68}\text{Na}_{1.32})_{2.0}(\text{Mg}_{2.79}\text{Fe}^{2+}_{0.97}\text{Mn}_{0.07})_{3.83}(\text{Fe}^{3+}_{1.0}\text{Al}_{0.16}\text{Ti}_{0.01})_{1.17}(\text{Si}_{7.76}\text{Al}_{0.24})_{8.0}\text{O}_{22}(\text{OH},\text{F})_{2.0}$
51. $(\text{K}_{0.14}\text{Na}_{0.13})_{0.27}(\text{Ca}_{1.38}\text{Na}_{0.62})_{2.0}(\text{Mg}_{3.07}\text{Fe}^{2+}_{1.23}\text{Mn}_{0.03})_{4.33}\text{Fe}^{3+}_{0.67}(\text{Si}_{7.54}\text{Al}_{0.42}\text{Ti}_{0.03}\text{Fe}^{3+}_{0.1})_{8.0}\text{O}_{22}(\text{OH})_{2.0}$
Феррибарруазит
52. $(\text{Na}_{0.31}\text{K}_{0.06})_{0.37}(\text{Ca}_{1.36}\text{Na}_{0.64})_{2.0}(\text{Mg}_{3.0}\text{Fe}^{2+}_{0.60}\text{Mn}_{0.13})_{3.73}(\text{Fe}^{3+}_{1.21}\text{Ti}_{0.06})_{1.27}(\text{Si}_{6.96}\text{Al}_{0.75}\text{Fe}^{3+}_{0.29})_{8.0}\text{O}_{22}(\text{OH})_{2.0}$
53. $(\text{Na}_{0.07}\text{K}_{0.20})_{0.27}(\text{Ca}_{1.12}\text{Na}_{0.88})_{2.0}(\text{Mg}_{2.71}\text{Fe}^{2+}_{1.15}\text{Mn}_{0.05})_{3.91}(\text{Fe}^{3+}_{1.04}\text{Ti}_{0.05})_{1.09}(\text{Si}_{7.41}\text{Al}_{0.50}\text{Ti}_{0.09})_{8.0}\text{O}_{22}(\text{OH},\text{F})_{2.0}$
Фторомагнезиоарфедсонит
54. $(\text{Na}_{0.44}\text{K}_{0.29})_{0.73}(\text{Ca}_{0.43}\text{Na}_{1.57})_{2.0}(\text{Mg}_{4.14}\text{Fe}^{2+}_{0.09}\text{Mn}_{0.03})_{4.26}(\text{Fe}^{3+}_{0.60}\text{Al}_{0.09}\text{Ti}_{0.05})_{0.74}(\text{Si}_{7.85}\text{Al}_{0.15})_{8.0}\text{O}_{22}(\text{F}_{1.22}\text{OH}_{0.78})_{2.0}$
Магнезиорибекит
55. $\text{K}_{0.10}(\text{Ca}_{0.33}\text{Na}_{1.60})_{1.93}(\text{Mg}_{1.88}\text{Fe}^{2+}_{1.33}\text{Mn}_{0.07})_{3.28}(\text{Fe}^{3+}_{1.62}\text{Al}_{0.08}\text{Ti}_{0.02})_{1.72}(\text{Si}_{7.71}\text{Al}_{0.29})_{8.0}\text{O}_{22}(\text{OH},\text{F})_{2.0}$

Химический состав (мас. %) амфиболов Ильменогорского комплекса

№	SiO ₂	Al ₂ O ₃	TiO ₂	Fe ₂ O ₃	FeO	MnO	MgO	CaO	Na ₂ O	K ₂ O	H ₂ O ⁺	H ₂ O ⁻	F	Σ
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
Антофиллит														
56	58.32	0.23	0.05	0.16	8.58	0.36	29.50	0.46	0.10	0.01	2.22			99.83
Жедрит														
57	50.35	8.03	0.31	0.85	16.72	0.47	19.49	0.58	0.56	0.02	2.27		0.02	99.67
Куммингтонит														
58	51.22	4.5	0.16	0.83	19.47	0.25	18.46	0.39	0.43	0.01	1.84		0.02	97.58
59	54.63	1.33	0.08	0.7	16.98	0.55	20.62	0.81	0.11	0.01	1.84		0.02	97.58
60	52.31	2.84	0.62	2.28	19.57	0.39	18.22	0.79	1.35	0.82	0.23			100.43
Паргасит														
61	39.10	20.79	0.52	–	14.12	–	9.18	12.49	1.74	0.51	–	–	–	98.45
Калийпаргасит														
62	37.93	17.55	1.54		18.49		7.59	12.51	0.41	1.92				98.17
63	36.89	17.63	1.75		18.16		7.89	12.65	1.26	2.07				98.28
64	37.24	18.10	1.66		17.14		8.42	12.30	1.30	2.07				98.03
65	36.78	18.32	1.40		18.33		7.55	12.81	0.81	2.17				98.30
Магнезиогастингсит														
66	37.00	17.32	1.77		20.36		6.99	12.65	1.08	1.09				97.94
67	40.42	10.65	1.69	6.91	12.44	0.45	9.52	9.94	3.25	1.85	2.11		0.45	99.42
68	42.58	9.23	0.88	6.33	11.24	0.79	12.96	11.16	2.57	1.62	0.34			100.18

Продолжение приложения II

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
69	40.24	13.48	1.19	4.49	15.61	0.28	8.87	12.07	1.70	0.96		0.47	0.08	99.59
70	40.15	9.74	1.29	9.38	7.46	0.31	12.43	10.70	2.26	0.95	3.26			98.97
Калиймагнезиогастингсит														
71	37.46	17.48	1.54	–	18.50	–	7.97	12.34	0.82	1.92	–	–	–	98.26
72	37.43	17.65	1.61		18.19		8.05	12.58	0.93	1.96				98.11
73	39.04	12.73	0.68	7.11	14.39	0.68	10.06	10.09	2.07	1.94	0.21		0.38	100.14
Гастингсит														
74	40.15	10.50	1.55	7.72	13.67	0.26	7.95	11.65	2.66	0.96	2.12			99.19
75	41.02	8.37	0.70	7.73	18.59	0.86	6.36	9.98	2.16	1.67	1.46		0.98	99.47
76	38.01	11.92	0.89	10.05	15.00	1.25	6.22	9.52	2.84	1.92	1.54		0.87	99.66
77	38.82	11.48	1.35	9.55	14.73	1.34	6.64	9.48	2.84	2.09	1.49		0.51	100.11
78	34.90	14.75	1.26	10.72	16.33	2.34	2.44	9.73	2.53	2.16	3.15		0.43	100.62
79	38.40	13.63	1.56	6.85	12.93	0.46	8.18	9.76	3.36	3.00	0.64		1.05	99.38
80	35.70	13.85	1.55	10.48	15.82	–	3.78	9.90	3.07	2.08				96.23
81	40.11	10.40	1.40	9.10	14.97	0.70	6.10	9.06	3.29	2.56				100.64
82	37.66	12.70	1.88	9.16	13.02	1.05	6.64	9.80	3.58	2.88	1.00			100.62
83	40.53	9.00	1.31	6.38	19.04	1.55	4.69	10.43	3.90	1.47	1.60		0.38	100.17
84	35.37	14.67	1.28	8.69	13.60	0.96	6.24	9.73	3.70	2.31	3.02	0.20	1.06	100.38
Калийгастингсит														
85	40.03	10.10	1.49	6.46	18.50	0.83	6.41	10.15	1.91	1.65	1.51		1.26	99.76
86	38.79	11.72	1.69	7.42	19.04	0.52	4.58	10.81	1.70	1.80	1.06		0.36	99.33
87	34.90	14.57	1.26	10.72	16.33	2.34	2.44	9.73	2.59	2.16	3.15		0.43	100.62
Саданагит														
88	34.33	16.64	1.29	8.34	13.73	0.45	6.13	10.13	3.73	2.29	2.16	–	0.94	99.97

Продолжение приложения II

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
Ферроактинолит														
89	51.88	0.78	–	–	21.17	1.79	10.32	12.26	0.43	0.16	–	–	–	98.79
90	50.88	1.01	0.03	–	23.88	1.94	7.86	11.63	0.28	0.15	–	–	–	97.68
Магнезиогорнблендит														
91	47.90	10.86	0.51		12.28	–	13.21	12.12	1.15	0.22				98.25
92	49.32	9.24	0.36		12.04	–	13.94	12.28	0.75	0.15				98.08
93	47.09	12.14	0.36		12.90	–	12.81	11.84	0.78	0.27				98.19
94	48.90	9.84	0.12		12.30	–	13.81	12.21	0.96	0.16				98.30
95	50.15	7.45	0.14		12.38	–	14.42	12.57	0.85	0.15				98.11
96	46.73	12.12	0.46		12.60	–	12.92	11.99	1.15	0.35				98.32
97	49.00	9.67	0.27		11.90	–	14.04	12.24	1.00	0.14				98.26
98	46.52	12.17	0.50		12.54	–	12.96	11.95	1.19	0.40				98.23
99	47.32	10.96	0.37		12.87	–	13.04	12.49	1.00	0.33				98.38
100	49.27	9.72	–		7.65	–	16.95	12.11	2.38	–				98.08
101	51.70	7.56	–		7.65	–	17.63	12.29	1.33	–				98.16
102	49.50	10.19	–		8.48	–	16.03	12.09	1.77	–				98.05
103	49.95	9.29	–		7.64	–	17.44	12.23	1.65	–				98.21
104	49.32	10.22	–		7.75	–	16.68	11.84	2.19	–				98.01
105	46.76	13.25	–		8.52	–	15.43	11.72	2.38	–				98.05
106	50.19	9.17	–		7.41	–	17.18	12.00	2.04	–				97.99
107	49.15	9.78	–		7.99	–	16.89	12.18	2.13	–				98.12
108	49.00	10.64	–		7.79	–	16.62	11.87	2.04	–				97.96
109	51.39	7.85	–		7.28	–	17.64	12.22	1.78	–				98.16
110	50.64	8.80	–		7.34	–	17.27	12.29	1.56	–				97.90
111	51.00	8.41	–		7.44	–	17.24	12.21	1.91	–				98.21
112	50.97	9.05	–		7.07	–	17.25	11.75	1.76	–				97.85

Продолжение приложения II

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
113	48.82	11.10	–		7.73	–	16.75	11.83	1.93	–				98.21
114	48.55	11.41	–		7.59	–	16.49	11.96	2.12	–				98.12
115	49.01	11.08	–		7.63	–	16.47	11.79	2.26	–				98.24
116	48.78	11.34	–		8.08	–	16.11	12.16	1.61	–				98.08
117	49.65	10.61	–		7.50	–	16.53	11.95	2.05	–				98.29
118	48.76	10.99	–		7.72	–	16.39	11.98	2.19	–				98.03
119	52.05	7.91	–		6.34	–	17.84	12.58	1.42	–				98.14
120	49.52	10.20	–		7.01	–	16.90	11.85	2.61	–				98.09
121	49.49	11.22	–		6.63	–	16.49	12.12	2.23	–				98.18
122	50.62	9.43	–		6.66	–	17.61	12.21	1.56	–				98.09
123	51.18	8.55	–		6.82	–	17.42	12.41	1.83	–				98.21
124	52.67	7.26	–		6.20	–	18.28	12.42	1.22	–				98.05
125	52.98	7.12	–		6.10	–	18.33	12.57	1.14	–				98.24
126	53.48	6.09	–		6.15	–	18.93	12.49	0.88	–				98.02
127	53.28	6.38	–		6.34	–	18.39	12.56	1.31	–				98.25
128	52.85	6.87	–		6.38	–	18.28	12.46	1.16	–				98.00
129	47.10	11.70	0.34		12.60	–	12.91	12.35	1.12	0.26				98.38
Ферримагнезиогорнблентит														
130	49.06	8.80	0.25		12.70	–	14.12	12.58	0.50	0.16				98.17
131	47.28	11.48	0.21	1.39	7.27	0.22	16.83	11.95	1.62	0.22	1.14		0.5	99.66
132	46.03	10.54	0.72	2.54	8.35	0.20	15.41	12.06	2.00	0.21	1.73			99.79
133	54.08	2.51	0.09	2.54	1.32	0.31	22.70	11.84	2.38	0.58	2.4			100.75
134	44.46	11.00	1.95	2.83	15.80	0.37	9.75	10.46	1.26	0.93	1.36		0.42	99.72
135	43.99	11.00	0.89	3.19	16.04	0.19	9.43	11.30	1.35	0.75	1.38		0.05	99.56
136	44.34	10.81	1.72	3.14	11.10	0.19	12.36	11.35	1.50	0.90	1.94		0.05	99.40
137	43.83	9.97	1.43	4.93	14.37	0.34	9.95	11.37	1.33	0.32	2.30		0.02	100.16
138	44.50	9.43	1.59	5.38	14.19	0.38	9.66	10.62	1.04	1.20	1.20		0.05	99.97
139	44.56	9.21	1.38	3.21	12.93	–	10.20	11.17	2.80	2.70				100.30

Продолжение приложения II

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
140	45.46	9.19	1.53		19.07	0.18	9.92	10.89	1.12	0.84				98.20
141	44.84	9.45	1.23		19.58	0.22	10.15	10.90	0.84	1.10				98.31
142	44.56	9.82	1.54		19.48	0.06	9.54	10.78	0.85	1.20				98.23
143	44.69	9.64	1.28		19.92	0.16	9.33	11.57	0.68	1.07				98.34
144	44.32	9.94	1.43		19.86	0.16	9.33	11.24	0.91	1.11				98.30
145	44.45	9.36	1.37		21.16	0.21	9.06	11.07	0.22	1.23				98.13
Алюминочермакит														
146	40.29	18.07	0.49	3.82	10.24	0.08	10.20	11.83	1.99	0.44	1.40		0.03	98.98
147	41.99	18.89	0.72	2.36	9.68	0.18	10.11	12.22	1.24	0.62			0.10	98.14
148	39.66	19.42	0.52		13.98	0.06	9.06	11.91	1.89	0.43			0.03	96.93
149	40.55	18.54	0.54		13.49	0.06	10.22	11.94	2.00	0.45			0.03	97.74
150	41.22	16.54	0.47		13.15	0.06	11.02	11.74	2.09	0.44			0.03	96.73
151	41.51	16.88	0.43		14.25	0.11	10.23	11.71	1.67	0.45				97.24
152	39.94	20.96	0.62		12.29	–	10.47	12.75	1.28	0.47				98.78
153	39.49	21.30	0.65		12.24	–	10.78	12.59	1.30	0.37				98.72
154	39.64	20.03	0.38		15.01	–	9.29	11.81	1.82	0.45				98.43
155	38.91	21.22	0.29		14.52	–	9.15	12.21	1.58	0.50				98.38
156	38.75	21.38	0.48		14.51	–	9.06	12.31	1.34	0.53				98.36
157	38.81	21.00	0.14		15.04	–	8.87	11.95	1.40	0.61				97.82
158	38.59	20.74	0.36		14.21	–	9.64	12.06	1.50	0.66				97.76
159	40.97	18.32	0.29		13.12	–	11.70	11.76	1.36	0.45				97.97
160	38.96	19.23	0.33		17.37	–	8.23	11.89	1.42	0.50				97.93
161	40.95	19.38	0.61		11.26	–	11.90	12.40	1.28	0.31				98.09
162	41.82	18.99	0.52		10.91	–	11.83	12.64	1.22	0.24				98.17
163	41.05	19.21	0.59		10.95	–	12.39	12.44	1.16	0.27				98.06
164	41.02	17.67	–		15.00	–	10.15	11.93	1.47	0.47				97.71
165	41.18	17.69	–		14.69	–	10.29	11.64	1.88	0.51				97.89

Продолжение приложения II

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
166	41.18	17.46	–		14.13	–	10.75	11.77	1.81	0.48				97.59
167	42.25	17.94	–		12.12	–	11.32	12.71	0.94	0.26				97.53
168	41.18	18.90	–		11.57	–	11.70	11.95	2.05	0.38				97.73
169	42.06	17.79	–		12.40	–	11.53	12.36	0.99	0.26				97.40
170	41.35	18.73	–		11.96	–	11.11	12.30	1.22	0.40				97.08
171	41.20	18.77	–		11.88	–	11.25	12.21	1.49	0.46				97.26
172	41.19	19.16	–		12.12	–	11.23	11.92	1.00	0.34				96.96
173	40.96	19.37	–		11.91	–	11.09	12.23	1.39	0.43				97.38
174	41.26	18.63	–		11.87	–	11.21	12.23	1.24	0.38				96.84
175	42.65	17.92	–		12.88	–	11.01	12.38	0.43	0.18				97.45
176	42.38	17.54	–		12.54	–	11.01	12.40	1.05	0.17				97.09
Ферричермакит														
177	38.67	20.75	0.45		14.15		9.59	12.32	1.41	0.52				97.86
178	39.60	19.13	0.38		14.58		10.19	11.88	1.41	0.55				97.72
179	39.32	19.44	0.35		14.79		10.01	11.97	1.48	0.62				97.98
180	39.77	19.19	0.40		13.77		10.93	11.83	1.60	0.54				98.03
181	40.02	19.22	0.51		13.54		10.90	11.86	1.50	0.39				97.94
182	38.65	20.03	0.40		16.08		8.99	12.12	1.31	0.41				97.99
183	40.76	18.32	0.30		12.99		11.59	11.77	1.76	0.52				98.01
184	40.25	18.53	0.42		13.94		10.90	11.89	1.54	0.46				97.93
185	40.48	18.52	0.35		13.16		11.38	12.02	1.68	0.43				98.02
186	39.79	18.84	0.28		15.05		10.35	12.10	1.28	0.47				98.16
187	39.53	19.08	0.39		15.01		10.00	12.12	1.52	0.34				97.99
188	41.68	18.13	0.12		12.45		11.97	12.21	1.42	0.16				98.14
189	41.82	16.14			15.11		11.01	12.04	1.43	0.45				98.01

Продолжение приложения II

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
190	41.74	16.54			14.56		11.14	11.38	1.66	0.44				97.47
191	39.60	12.67	1.18	4.44	14.01	0.37	9.30	12.63	0.79	0.37	2.60		0.02	98.12
192	41.59	14.63	0.45		16.29	0.10	9.78	11.77	1.66	0.49				96.77
193	41.39	12.13	1.98	4.41	16.52	0.20	7.77	10.81	1.64	1.10	1.40		0.05	99.40
Калиевый ферричермакит														
194	40.54	13.18	2.32		20.18	0.10	7.94	11.03	1.18	1.79				98.26
195	40.80	13.22	2.19		19.85	0.18	8.23	11.04	1.14	1.74				98.39
196	40.93	12.35	2.22		20.39	0.15	7.96	11.36	1.08	1.76				98.20
197	41.29	12.22	2.30		19.92	0.21	8.66	11.03	1.02	1.72				98.37
198	40.74	12.68	2.44		20.22	0.19	8.26	11.00	1.24	1.71				98.46
199	40.99	12.78	2.34		19.62	0.07	8.44	10.94	1.14	1.97				98.29
200	41.41	11.84	1.80		20.35	0.25	8.62	11.18	1.15	1.66				98.26
201	41.46	12.48	2.19		19.52	0.20	8.65	11.05	0.85	1.80				98.20
202	40.80	13.15	2.03		20.04	0.20	8.45	10.91	0.91	1.79				98.28
203	40.67	13.09	2.14		19.74	0.21	8.37	10.81	1.17	1.97				98.17
204	41.59	11.98	1.99		19.95	0.35	8.66	11.01	1.05	1.76				98.34
205	43.04	10.36	1.42		21.48	0.34	8.38	10.84	1.10	1.22				98.18
206	42.01	11.71	1.80		21.11	0.35	8.04	10.75	1.08	1.41				98.26
207	42.15	11.32	1.56		21.44	0.43	8.00	10.84	0.95	1.41				98.10
208	39.95	12.92	2.41		20.61	0.20	8.14	11.09	1.02	1.94				98.28
209	40.96	12.82	2.43		19.82	0.30	8.36	11.22	0.76	1.73				98.40
210	43.29	9.89	1.42		20.74	0.17	9.00	11.52	0.83	1.31				98.17
211	43.99	12.20	1.36	3.43	15.45	0.15	9.02	10.24	1.53	1.04	1.47		0.52	100.18
212	42.30	10.13	1.00	6.83	14.69	0.65	8.41	10.68	1.62	1.25	2.13		0.33	99.88
213	42.32	10.76	0.87	7.57	11.31	0.48	10.18	10.92	1.25	1.25	2.25		0.10	99.52
214	43.34	11.92	0.79	5.74	9.95	0.26	12.85	11.71	1.14	1.08	0.28		0.02	100.04

Окончание приложения II

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
Ферриферрочермакит														
215	41.93	12.13	1.98		4.41	0.20	7.77	10.81	1.64	1.1	1.40		0.05	99.40
Фторорихтерит														
216	54.84	1.50	0.25	3.80	2.51	0.49	19.84	7.08	5.22	1.73	0.63		2.5	99.37
217	52.20	1.72	0.65	6.78	11.64	1.61	10.98	4.59	6.00	2.08	0.37		2.75	100.21
218	51.78	2.54	1.13	6.63	9.90	0.54	13.27	5.37	5.33	1.57	0.71		1.50	99.64
219	51.85	2.03	0.44	6.49	12.58	0.59	11.44	6.59	5.24	1.33	0.40		1.85	100.05
Калийферримagneзиокатофорит														
220	50.26	3.70	0.80	6.93	9.43	0.66	13.40	7.40	3.88	1.77	1.20		2.00	100.25
Ферритарамит														
221	38.54	11.24	1.14	12.51	15.13	1.49	4.18	7.44	4.40	2.00	1.56		0.66	100.01
222	39.44	11.32	0.88	10.48	14.22	0.65	7.09	8.18	4.00	2.00	1.52		0.85	100.27
223	37.96	11.16	1.04	13.50	16.16	1.56	2.72	7.16	4.90	2.07	1.52			99.75
224	36.81	13.06	1.39	12.94	13.72	2.99	3.47	7.89	4.00	2.00	1.56		0.78	100.27
225	38.94	11.12	0.84	11.49	13.56	0.83	6.36	8.57	3.76	2.00	2.00		0.83	99.36
226	40.89	9.92	1.40	13.33	14.09	1.48	3.68	7.16	4.94	1.77	1.69			100.35
Калийферритарамит														
227	37.00	12.57	1.21	11.45	15.84	2.90	2.82	7.87	3.76	2.32	1.90		0.69	100.02
228	37.01	13.04	0.74	5.84	22.15	1.77	2.60	7.52	3.74	2.88	0.97		0.35	99.87
Феррибарруазит														
229	50.78	3.01	0.89	7.49	8.80	0.39	13.91	6.10	4.60	1.20	0.57		1.70	99.79
Магнезиорибекит														
230	53.02	1.93	0.12	11.34	11.96	0.78	9.40	2.56	5.62	0.75		1.38	1.70	99.85

**Элементы и производные величины в кристаллохимической
формуле амфиболов**

№ п/п	Si ⁴⁺	Al ^{VI}	f _{Mg}	f _{Al}	Ca _B	Na _A	ΣA	F	Ca- comp
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1	7.85	—	0.79	—	0.10	—	—	18.90	—
2	6.46	1.03	0.71	0.52	0.08	0.34	0.34	40.40	—
3	7.95	0.05	0.47	0.15	0.23	0.07	0.09	41.20	—
4	7.46	—	0.98	—	1.76	0.43	0.53	8.60	69.60
5	6.69	0.15	0.62	0.16	1.62	0.41	0.72	48.10	59.60
6	6.73	0.29	0.07	0.19	1.75	0.45	0.74	95.20	63.90
7	6.54	—	0.55	—	1.87	0.80	1.12	53.90	59.90
8	6.48	0.62	0.86	0.60	1.89	0.59	0.59	21.20	73.00
9	5.98	1.09	0.72	0.72	1.90	0.42	0.60	34.60	73.10
10	5.52	0.83	0.53	0.54	2.00	0.25	0.72	56.60	74.60
11	5.55	0.81	0.50	0.54	2.00	0.30	0.79	56.70	73.50
12	6.33	0.05	0.70	0.04	2.00	0.62	0.93	48.80	69.30
13	6.32	0.26	0.59	0.23	1.85	0.39	0.70	49.70	68.50
14	5.80	0.03	0.73	0.02	1.61	0.21	0.58	54.40	62.40
15	6.48	0.06	0.37	0.06	1.74	0.51	0.89	69.40	60.20
16	6.08	0.14	0.46	0.11	1.82	0.42	0.78	63.90	65.50
17	6.02	0.29	0.45	0.20	1.54	0.45	0.95	65.00	52.20
18	6.08	0.45	0.38	0.28	1.68	0.17	0.62	70.90	64.10
19	6.28	0.14	0.43	0.09	1.60	0.25	0.58	68.50	62.00
20	6.31	0.17	0.42	0.14	1.58	0.43	0.94	66.20	53.70
21	5.32	1.05	0.79	0.50	1.90	0.37	0.60	40.70	73.10
22	5.39	0.64	0.23	0.37	1.87	0.52	0.98	81.80	62.90
23	5.29	0.59	0.18	0.27	1.52	0.21	0.86	88.30	53.10
24	5.31	0.75	0.19	0.37	1.72	0.27	0.92	86.40	58.90
25	5.44	0.70	0.26	0.44	1.77	0.52	1.08	78.60	57.50
26	7.58	—	0.96	—	1.84	0.36	0.46	7.50	74.80
27	7.56	—	0.81	—	1.91	0.09	0.15	29.10	88.80
28	7.53	—	0.45	—	1.81	—	0.06	60.60	87.90
29	6.68	0.46	0.60	0.50	1.90	0.39	0.38	44.80	77.00
30	6.67	0.29	0.82	0.30	1.85	0.25	0.28	27.90	81.10
31	6.87	0.02	0.66	0.02	1.96	0.21	0.28	47.20	86.00
32	6.04	1.16	0.76	0.73	1.81	0.37	0.40	31.00	74.30
33	5.68	1.06	0.76	0.53	1.91	0.38	0.46	39.10	77.60
34	6.35	0.46	0.71	0.30	1.68	0.26	0.37	44.20	70.40
35	6.34	0.33	0.67	0.22	1.76	0.24	0.38	47.60	74.00
36	6.04	0.26	0.06	0.16	1.62	0.32	0.44	95.80	66.40
37	7.53	—	0.66	—	1.00	0.38	0.53	47.00	39.50
38	7.52	—	0.54	—	1.01	0.46	0.76	52.10	36.60
39	7.77	0.02	0.90	0.06	1.08	0.51	0.83	15.40	38.30
40	7.78	—	0.84	—	1.27	0.44	0.64	21.60	48.10
41	7.55	0.13	0.50	0.13	1.16	0.29	0.60	55.80	44.60
42	7.50	—	0.71	—	1.00	0.40	0.60	39.60	38.50
43	7.42	—	0.73	—	1.11	0.43	0.69	38.20	41.30
44	7.04	—	0.77	—	1.29	0.27	0.55	40.00	50.60
45	6.39	0.23	0.33	0.12	1.09	0.49	0.91	77.80	37.50
46	6.17	0.10	0.29	0.12	1.25	0.60	1.00	78.80	41.60
47	5.84	0.52	0.37	0.26	1.36	0.39	0.84	74.30	47.90

Продолжение приложения III

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
48	6.00	0.33	0.22	0.16	1.19	0.44	0.89	85.30	41.20
49	6.20	0.03	0.54	0.02	1.48	0.39	0.74	62.00	54.00
50	7.76	0.16	0.74	0.09	0.68	–	0.11	42.20	32.40
51	7.54	–	0.71	–	1.38	0.13	0.27	38.60	60.80
52	6.96	–	0.82	–	1.36	0.30	0.36	42.60	57.60
53	7.38	–	0.72	–	1.11	0.05	0.25	45.40	49.30
54	7.85	0.09	0.97	0.12	0.43	0.44	0.73	14.80	15.80
55	7.71	0.06	0.61	0.04	0.33	–	0.03	61.70	16.20
56	6.89	–	–	–	–	–	–	–	–
57	7.28	0.28	0.51	0.85	–	0.17	0.26	34.10	–
58	6.59	–	–	–	0.54	–	–	–	–
59	6.96	–	–	–	0.11	–	–	–	–
60	6.74	–	–	–	0.11	–	–	–	–
61	5.68	1.24	0.63	0.70	1.95	0.44	0.53	46.30	77.10
62	5.70	0.81	0.53	0.50	2.00	0.12	0.50	57.70	80.00
63	5.58	0.72	0.52	0.53	2.00	0.37	0.82	56.10	70.90
64	5.58	0.78	0.57	0.52	1.98	0.36	0.76	53.40	71.70
65	5.56	0.82	0.51	0.55	2.00	0.24	0.74	57.60	73.00
66	5.58	0.66	0.50	0.41	2.00	0.32	0.57	61.80	77.80
67	6.23	0.16	0.57	0.14	1.64	0.61	0.97	53.00	55.20
68	6.27	–	0.74	–	1.76	0.49	0.79	43.50	63.10
69	6.02	0.40	0.56	0.28	1.94	0.43	0.61	55.70	74.30
70	6.17	–	0.80	–	1.76	0.43	0.62	42.30	67.20
71	5.63	0.73	0.55	0.45	1.99	0.23	0.60	56.50	76.50
72	5.62	0.74	0.54	0.49	2.00	0.27	0.67	55.90	74.90
73	5.80	0.03	0.75	0.02	1.61	0.21	0.58	54.40	62.40
74	6.29	0.23	0.45	0.28	1.95	0.76	0.95	59.50	66.10
75	6.43	–	0.39	–	1.68	0.34	0.67	70.00	62.90
76	5.94	0.14	0.43	0.09	1.60	0.46	0.84	69.50	56.30
77	6.02	0.12	0.44	0.08	1.58	0.46	0.87	67.4	55.00
78	5.64	0.45	0.18	0.26	1.68	0.50	0.94	86.8	57.10
79	5.87	0.33	0.50	0.25	1.60	0.59	1.18	58.60	50.30
80	5.80	0.44	0.26	0.31	1.73	0.70	1.14	79.10	55.10
81	6.32	0.25	0.37	0.22	1.53	0.53	1.05	68.80	50.20
82	5.93	0.29	0.44	0.20	1.65	0.73	1.29	65.30	50.20
83	6.50	0.20	0.32	0.13	1.79	1.00	1.30	7.64	54.20
84	5.63	0.38	0.45	0.22	1.66	0.34	1.27	66.70	50.80
85	6.22	0.07	0.42	0.05	1.69	0.27	0.60	68.70	65.00
86	6.10	0.27	0.30	0.20	1.82	0.34	0.70	76.20	67.40
87	5.64	0.45	0.18	0.26	1.68	0.44	0.94	86.80	57.10
88	5.46	0.55	0.45	0.30	1.70	0.85	1.30	66.70	51.80
89	7.72	–	0.48	–	1.96	0.08	0.11	55.40	92.90
90	7.75	–	0.38	–	1.90	–	0.03	64.90	94.50
91	6.84	0.67	0.72	0.66	1.86	0.18	0.22	34.20	83.80
92	7.02	0.57	0.74	0.60	1.87	0.08	0.11	32.60	88.60
93	6.69	0.72	0.76	0.51	1.80	0.20	0.06	36.10	87.40
94	6.95	0.60	0.74	0.59	1.86	0.13	0.16	33.30	86.10
95	7.18	0.44	0.71	0.65	1.93	0.17	0.20	32.50	87.70
96	6.67	0.71	0.74	0.57	1.83	0.15	0.21	35.40	82.80
97	6.97	0.59	0.74	0.61	1.86	0.14	0.17	32.20	85.70
98	6.64	0.69	0.75	0.55	1.83	0.16	0.23	35.20	82.10

Продолжение приложения III

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
99	6.78	0.63	0.70	0.63	1.92	0.20	0.26	35.60	85.00
100	6.94	0.55	0.84	0.73	1.83	0.48	0.48	26.10	73.80
101	7.21	0.45	0.86	0.60	1.84	0.20	0.20	19.60	83.60
102	6.96	0.65	0.82	0.79	1.82	0.30	0.30	22.80	79.10
103	6.96	0.49	0.89	0.52	1.83	0.27	0.27	19.70	80.60
104	6.92	0.61	0.85	0.66	1.78	0.38	0.38	20.70	74.80
105	6.57	0.77	0.86	0.61	1.76	0.41	0.41	23.60	73.00
106	7.03	0.54	0.87	0.61	1.80	0.35	0.35	19.60	76.60
107	6.91	0.53	0.85	0.62	1.83	0.41	0.41	21.00	75.90
108	6.86	0.62	0.87	0.60	1.78	0.33	0.33	20.80	76.40
109	7.18	0.48	0.85	0.71	1.83	0.31	0.31	18.80	79.20
110	7.09	0.54	0.86	0.67	1.84	0.26	0.26	19.30	81.40
111	7.14	0.53	0.83	0.78	1.83	0.35	0.35	19.50	77.90
112	7.11	0.60	0.87	0.67	1.76	0.24	0.24	24.10	78.60
113	6.80	0.62	0.90	0.55	1.77	0.31	0.31	20.50	76.60
114	6.79	0.67	0.87	0.64	1.79	0.37	0.37	20.60	75.50
115	6.85	0.68	0.86	0.68	1.77	0.38	0.38	20.60	74.40
116	6.83	0.70	0.86	0.64	1.82	0.26	0.26	21.90	80.50
117	6.94	0.69	0.84	0.75	1.79	0.35	0.35	20.20	76.20
118	6.85	0.67	0.85	0.70	1.80	0.40	0.40	20.80	75.00
119	7.26	0.56	0.84	0.93	1.88	0.26	0.26	16.70	83.20
120	6.96	0.65	0.83	0.87	1.78	0.49	0.49	18.80	71.50
121	6.93	0.78	0.82	0.94	1.82	0.42	0.42	18.50	75.20
122	7.04	0.58	0.89	0.58	1.82	0.24	0.24	17.40	81.20
123	7.16	0.57	0.83	0.69	1.86	0.36	0.36	23.30	78.80
124	7.31	0.50	0.87	0.76	1.85	0.18	0.18	16.00	84.80
125	7.34	0.50	0.86	0.82	1.87	0.18	0.18	16.00	85.80
126	7.40	0.39	0.90	0.59	1.85	0.09	0.09	15.40	88.50
127	7.40	0.45	0.85	0.88	1.87	0.22	0.22	16.30	84.20
128	7.36	0.48	0.86	0.79	1.86	0.17	0.17	21.10	85.70
129	6.74	0.71	0.71	0.65	1.89	0.11	0.25	35.50	84.00
130	6.99	0.47	0.75	0.48	1.92	0.06	0.09	33.60	91.90
131	6.57	0.45	0.87	0.45	1.78	0.21	0.24	23.20	79.50
132	6.58	0.36	0.86	0.30	1.84	0.39	0.42	28.10	76.00
133	7.46	–	0.96	–	1.75	0.39	0.49	8.90	70.30
134	6.52	0.42	0.64	0.25	1.64	–	0.19	52.00	74.90
135	6.53	0.45	0.57	0.34	1.80	0.19	0.33	53.20	77.30
136	6.51	0.38	0.74	0.29	1.78	0.20	0.38	39.10	74.80
137	6.53	0.27	0.61	0.19	1.81	0.19	0.24	51.90	80.80
138	6.62	0.25	0.56	0.21	1.69	0.28	0.49	53.20	67.90
139	6.85	0.48	0.58	0.48	1.89	0.72	1.25	46.60	58.20
140	6.70	0.29	0.60	0.21	1.72	0.04	0.20	52.00	78.20
141	6.58	0.21	0.64	0.14	1.72	–	0.17	52.30	79.30
142	6.55	0.25	0.63	0.16	1.71	–	0.18	52.40	78.40
143	6.61	0.30	0.56	0.23	1.84	0.03	0.23	54.60	82.50
144	6.57	0.30	0.57	0.22	1.80	0.06	0.26	54.60	79.60
145	6.57	0.20	0.59	0.12	1.75	–	0.04	57.00	85.80
146	5.91	1.04	0.68	0.60	1.86	0.42	0.50	43.00	74.40
147	6.08	1.30	0.65	0.78	1.89	0.24	0.36	40.00	80.10
148	5.85	1.22	0.62	0.69	1.88	0.42	0.50	46.50	75.20
149	5.90	1.08	0.68	0.62	1.86	0.42	0.50	42.80	74.40

Продолжение приложения III

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
150	6.06	0.92	0.71	0.58	1.85	0.45	0.49	40.20	74.30
151	6.07	0.98	0.68	0.57	1.83	0.30	0.39	44.00	76.60
152	5.71	1.24	0.73	0.66	1.95	0.31	0.40	39.70	81.20
153	5.62	1.18	0.79	0.58	1.92	0.28	0.35	38.80	81.70
154	5.73	1.15	0.67	0.58	1.83	0.34	0.42	47.50	75.60
155	5.63	1.25	0.67	0.62	1.89	0.33	0.42	47.00	79.10
156	5.60	1.24	0.50	0.60	1.91	0.29	0.39	47.20	79.90
157	5.64	1.24	0.67	0.59	1.86	0.26	0.37	48.70	78.50
158	5.60	1.15	0.72	0.56	1.88	0.30	0.42	45.10	77.70
159	5.84	0.92	0.76	0.54	1.80	0.18	0.26	38.50	79.60
160	5.72	1.04	0.61	0.52	1.87	0.27	0.36	54.20	79.20
161	5.83	1.08	0.83	0.56	1.89	0.24	0.30	34.70	82.20
162	5.95	1.13	0.79	0.65	1.93	0.27	0.31	34.10	83.60
163	5.82	1.02	0.88	0.52	1.89	0.21	0.26	33.20	83.60
164	5.96	0.98	0.69	0.52	1.86	0.23	0.36	45.30	78.80
165	5.97	0.99	0.70	0.55	1.81	0.34	0.43	44.40	74.50
166	5.98	0.97	0.72	0.55	1.83	0.34	0.43	42.50	75.30
167	6.08	1.12	0.73	0.67	1.96	0.23	0.28	37.60	86.00
168	5.91	1.11	0.78	0.62	1.84	0.41	0.45	35.70	75.10
169	6.07	1.09	0.76	0.60	1.91	0.19	0.22	38.10	86.10
170	5.98	1.17	0.74	0.66	1.91	0.25	0.32	37.60	82.30
171	5.95	1.15	0.75	0.65	1.89	0.31	0.39	37.10	79.10
172	5.91	1.15	0.80	0.58	1.83	0.11	0.17	37.70	84.30
173	5.90	1.19	0.76	0.64	1.89	0.28	0.36	37.50	80.10
174	5.97	1.15	0.76	0.63	1.89	0.24	0.31	37.10	81.80
175	6.10	1.12	0.77	0.57	1.90	0.02	0.04	39.70	93.10
176	6.13	1.12	0.72	0.66	1.92	0.21	0.24	38.90	85.70
177	5.61	1.16	0.70	0.50	1.92	0.32	0.42	45.40	79.30
178	5.73	1.00	0.76	0.49	1.84	0.24	0.34	44.40	78.60
179	5.70	1.01	0.73	0.50	1.86	0.28	0.40	45.30	77.50
180	5.72	0.97	0.81	0.47	1.82	0.26	0.36	41.40	77.10
181	5.74	0.99	0.81	0.48	1.82	0.24	0.31	41.00	78.80
182	5.62	1.08	0.68	0.50	1.89	0.26	0.34	50.00	80.80
183	5.84	0.94	0.84	0.49	1.81	0.30	0.40	38.70	75.40
184	5.80	0.94	0.78	0.48	1.84	0.27	0.35	41.80	78.30
185	5.81	0.94	0.80	0.50	1.85	0.32	0.40	39.30	77.10
186	5.74	0.94	0.76	0.46	1.87	0.23	0.32	44.90	80.60
187	5.73	0.99	0.72	0.50	1.88	0.31	0.37	45.80	79.30
188	5.93	0.97	0.83	0.50	1.86	0.25	0.28	36.80	81.60
189	6.05	0.80	0.78	0.41	1.87	0.27	0.35	43.30	79.60
190	6.03	0.85	0.74	0.45	1.76	0.23	0.31	42.40	76.20
191	6.08	0.37	0.60	0.26	2.00	0.24	0.39	52.60	83.70
192	6.18	0.74	0.62	0.50	1.88	0.36	0.45	48.20	76.70
193	6.25	0.41	0.51	0.26	1.75	0.23	0.44	59.90	71.70
194	6.09	0.42	0.54	0.25	1.77	0.10	0.44	58.80	72.50
195	6.10	0.43	0.55	0.25	1.77	0.10	0.43	57.90	72.80
196	6.11	0.42	0.52	0.27	1.82	0.13	0.46	59.10	74.00
197	6.16	0.31	0.61	0.17	1.76	0.06	0.22	56.70	79.30
198	6.10	0.33	0.56	0.19	1.76	0.12	0.44	58.10	72.10
199	6.14	0.39	0.56	0.21	1.76	0.09	0.45	58.70	71.80
200	6.21	0.31	0.56	0.20	1.80	0.13	0.45	57.20	73.50

Окончание приложения III

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
201	6.19	0.38	0.58	0.23	1.77	0.02	0.36	56.20	75.00
202	6.08	0.38	0.60	0.21	1.74	–	0.34	57.20	74.40
203	6.09	0.39	0.57	0.22	1.73	0.07	0.44	57.20	70.90
204	6.21	0.32	0.58	0.19	1.76	0.06	0.36	56.70	74.60
205	6.43	0.25	0.54	0.18	1.74	0.06	0.29	59.20	76.00
206	6.27	0.33	0.54	0.19	1.72	0.03	0.30	60.00	74.80
207	6.31	0.31	0.54	0.18	1.74	0.02	0.29	60.40	76.00
208	6.01	0.30	0.56	0.17	1.79	0.09	0.46	58.90	72.80
209	6.11	0.36	0.57	0.20	1.79	0.01	0.34	57.40	76.50
210	6.48	0.22	0.55	0.16	1.85	0.09	0.54	56.50	79.00
211	6.47	0.58	0.60	0.34	1.60	0.04	0.24	53.80	71.40
212	6.43	0.24	0.53	0.17	1.74	0.11	0.42	59.00	71.90
213	6.36	0.27	0.72	0.15	1.60	–	0.20	50.50	72.70
214	6.26	0.29	0.81	0.18	1.81	0.13	0.33	40.30	77.70
215	6.28	0.44	0.48	0.29	1.76	0.24	0.46	61.10	71.50
216	7.77	0.02	0.90	0.06	1.08	0.51	0.82	15.40	38.30
217	7.76	0.06	0.56	0.09	0.73	0.46	0.85	49.90	25.60
218	7.56	–	0.71	–	0.84	0.35	0.64	41.00	31.80
219	7.70	0.06	0.56	0.14	1.05	0.56	0.81	48.30	37.40
220	7.36	–	0.71	–	1.16	0.26	0.59	40.50	44.80
221	6.16	0.28	0.29	0.18	1.28	0.64	1.05	78.80	42.00
222	6.13	0.21	0.48	0.14	1.36	0.56	0.96	65.70	46.00
223	6.16	0.29	0.19	0.18	1.24	0.78	1.21	86.60	38.60
224	5.90	0.37	0.25	0.21	1.35	0.59	1.00	82.30	45.00
225	6.11	0.17	0.42	0.12	1.44	0.58	0.98	68.50	48.30
226	6.47	0.42	0.30	0.21	1.23	0.76	1.12	80.0	39.4
227	5.99	0.39	0.20	0.24	1.36	0.44	0.92	85.50	46.60
228	5.92	0.38	0.19	0.22	1.29	0.45	1.05	86.3	42.3
229	7.42	–	0.74	–	0.95	0.25	0.47	39.00	38.50
230	7.78	0.11	0.62	0.07	0.40	–	0.14	57.80	18.70

Пояснения к приложениям I – III

1. Энстатит-антофиллитовая порода, г. Савелькульская (Савелькульское м-ние антофиллит-асбеста), ю-в берег оз. Б. Миассово (антофиллит, Симонов А. И., 1949).
2. Биотитовые кристаллосланцы, пр. ИК–105–39, из метаморфических пород Зырянского блока, Кыштымская толща, оз. Б. Миассово. Микророндов. анализ, аналитик Чурин Е. И. (жедрит; Кориневский В. Г., 1997).
3. Куммингтонит-актинолит-магнетитовый кварцит, Селянкинский блок (куммингтонит; Рассказова А. Д., 1990; табл., ан. 1).
4. Актинолитовая порода среди гнейсов и амфиболитов, копь 360, южнее Биткуловской куры оз. Б. Ишкуль. Аналитик Гонибесова К. А. (актинолит красно-бурый; Симонов А. И., 1949; табл. 1, ан. 3).
5. Кристаллы амфибола в крупнозернистом кальците, муз. обр. № 8759 (фонд первичных материалов), новый щебеночный карьер в

- окр. г. Миасса. Материал Попова В. А. (микронзондов. анализ, аналитик Чурин Е. И.).
6. Краевая графическая зона послемиаскитового пегматита, обр. 40/ПК — 7, водораздел озер Б. Ишкуль — Б. Таткуль (рог. обм. ферроэденитовая; Баженов А. Г., др., 1982; табл. 4, ан. 7).
 7. Силикатно-карбонатная порода в экзоконтакте миаскитового массива, новый щебеночный карьер в окр. г. Миасса, с-в борт (рог. обм. фторферриэденитовая; Баженов А. Г., 1992).
 8. Амфиболит, обр. 312, среди кристаллосланцев ильменогорской толщи, в 0.05 км юго-юго-западнее Няшевского массива. Аналитики Н. А. Целикова (рог. обм. паргаситовая; Баженов А. Г., др., 1978; табл. 2, ан. 3; они же, 1982; табл. 1, ан. 7).
 9. Гранат-паргаситовый горнблендит, пр. ИГ-95-33, с корундом и герцинитом, Гранатовая горка, сев. берег оз. Б. Миассово. Микронзондов. анализ, аналитик Чурин Е. И., материал Вализер Н. И. (паргасит железистый; Кориневский В. Г., 1998; табл. 4, ан. 1).
 10. Гранат-скаполит-амфиболовая порода, Н-IV-2, из шурфа на сев. берегу оз. Карасье, у дороги на оз. Демидовское. Микронзондов. анализ, аналитик Котляров В. А. (калийпаргасит, д. а.).
 11. Гранат-скаполит-амфиболовая порода, Н-IV-3, из шурфа на сев. берегу оз. Карасье, у дороги на оз. Демидовское. Микронзондов. анализ, аналитик Котляров В. А. (калийферропаргасит, д. а.).
 12. Кварц-полевошпатовая зона в центральной части полевошпатового пегматита с мусковитом, копь 67. Аналитик Постоева Н. Г., 1947 г. (рог. обм.; Ротман Л. Э., 1956, табл. 8, ан. 1; Левин В. Я., 1974, табл. 28/29, ан. 19).
 13. Амфиболит Селянkinской толщи, обр. И-75-335-100, западнее оз. Б. Ишкуль (рог. обм. магнезиальная гастингситовая; Баженов А. Г., др., 1982; табл. 2, ан. 1).
 14. Фенитизированный амфиболит, обр. 766, щебеночн. к-ер в Широком логу, Т-254, сев.-зап. экзоконтакт миаскитового массива. Аналитик Жданова Т. Л. (гастингсит; Левин В. Я., 1974; табл. 28/29, ан. 20).
 15. Кварц-полевошпатовый пегматит с ортитом и магнетитом, обр. К-303, копь 303, зап. склон Ильменского хр. (гастингсит; Левин В. Я., 1974; табл. 28/29, ан. 21).
 16. Меланократовый амфиболовый фенит, обр. М-76-252, щебеночный карьер с-в пос. Строителей в окр. г. Миасса. Аналитик Звонарева Г. К. (гастингсит магнезиальный; Баженов А. Г., др., 1982. Табл. 7, ан. 6).
 17. Керн скважины 1, возле моста у ворот заповедника, обр. 467^х, ю-в эндоконтакт массива (гастингсит; Левин В. Я., 1974; табл. 28/29, ан. 28).
 18. Гранитный мигматит, обр. М-72-2054^{III}, с вершины г. Круглой, в верховьях р. Селянки, (гастингсит магнезиальный; Баженов А. Г., др., 1981).

19. Мигматиты Западного пояса, обр. 161—68, западный склон Ильменского хребта (рог. обм. магнезиальная гастингситовая; Баженов А. Г., др., 1982; табл. 4, ан. 3).
20. Силикатно-карбонатные породы в экзоконтакте миаскитового массива, новый щебеночный карьер в окр. г. Миасса (рог. обм. калиевая фтормагнезиогастингситовая, Баженов А. Г., 1992).
21. Корундсодержащий амфиболит, подножие северного склона Савелькульской сопки, ю-в берег оз. Б. Миассово (магнезиосаданагаит, Поляков В. О., др., 1998).
22. Фирсит, скальное обнажение в левом берегу р. Демидовки, восточный экзоконтакт миаскитового тела. Аналитик Баженова Л. Ф. (саданагаит; Баженов А. Г., др., 1988; табл. 1/2, ан. 2).
23. Щелочной сиенит, пр. 121-7, место отбора пробы в работе не указано. Аналитик Кринова Т. В. (калийферрисаданагаит; Баженов А. Г., др., 1999, табл. 3, ан. 3).
24. Щелочной сиенит, пр. М-8210, место отбора пробы в работе не указывается. Аналитик Кринова Т. В. (калийферрисаданагаит; Баженов А. Г., др., 1999; табл. 3, ан. 1).
25. Миаскит, скальное обнажение (обн. 08449*) в левом борту р. Демидовки, восточн. экзоконтакт миаскитового тела. Аналитик Баженова Л. Ф. (гастингсит; Левин В. Я., 1974; табл. 28/29, ан. 36. Баженов А. Г., др., 1988, низкокремниевый аналог гастингсита, табл. 1/2, ан. 1).
26. Амфиболовая (актинолитовая) порода, копь 360, южнее Биткуловской курьи, оз. Б. Ишкуль. Аналитик Амосов А. Б. (актинолит; Симонов А. И., 1945; табл. 1, ан. 2).
27. Небольшая линза метаультрабазитов в амфиболитах Ильменогорской толщи, копь 157, северо-восточный берег оз. Ильменского. Аналитик Буторина А. В. (тремолит; Баженов А. Г., др., 1982; табл. 1, ан. 2).
28. Амфибол-кварцевая линзочка в пироксеновом сиените, зап. экзоконтакт миаскитового массива. Микрозондов. анализ, аналитик Чурин Е. И. (ферроактинолит; Баженов А. Г., др., 1999; табл. 1, ан. 2).
29. Амфиболит ильменогорской толщи, обр. И-75-4683, средняя часть Ильменского заповедника (амфибол; Баженов А. Г., др., 1982; табл. 2, ан. 9).
30. Анортитовый амфиболит, обр. 15785, среди кристаллосланцев ильменогорской толщи, в 1,5 км южнее Няшевского массива, ю-з оз. Б. Миассово (рог. обм., Баженов А. Г., др., 1978, прилож. I—II, ан. 239; Баженов А. Г., др., 1982, табл. 2, ан. 9).
31. Копь 199 — скаполитовая. Обр. № 199/III. Микрозондов. анализ, аналитик Чурин Е. И. Материалы Попова В. А., в анализе присутствует $ZnO = 0.1\%$ (ферримagneзиогорнблендит, д. а.).
32. Анортитовый амфиболит, обр. У84-1, среди кварцитов сайтовской толщи, западнее д. Уразбаево, восточн. окраина Ильменского заповедника. Микрозондов. анализ, аналитик Чурин Е. И., (чермакит, Кориневский В. Г., др., 1998).

33. Гранат-цоизитовый амфиболит, пр. 98-8 (I-2). Там же. Микрозондовый анализ, аналитик Котляров В. А. (д. а.).
34. Амфиболит, пр. 1099, к северу от слияния рр. Белой и Няшевки, Ильменогорская свита. Аналитик Целикова Н. А. (рог. обм.; Домниковский Г. Г., 1971; табл. 7, ан. 1. Левин В. Я., 1974, табл. 28/29, ан. 8).
35. Амфиболит вишневогорской (фирсовской) толщи, обр. И-75-2752, южнее оз. Б. Ишкуль (рог. обм. чермакитовая; Баженов А. Г., др., 1982; табл. 2, ан. 4).
36. Амфиболит с биотитом (= аннитом), пр. М-77-320, опорный разрез через Ильменогорский комплекс по ЛЭП (рог. обм.; Кутепова Л. А., др., 1982; табл. 4, ан. 4).
37. Амфибол-пироксен-полевошпатовый пегматит на восточном склоне Ильменского хребта, в 3-х км на юго-восток от д. Селянкино. Аналитик Постоева Н. Г., 1947 г. (рог. обм.; Ротман Л. Э., 1956; табл. 6, ан.3).
38. Амфибол-пироксеновый фенит, обр. И-74-6108-24, центральная щелочная полоса, северо-восточнее д. Селянкино (рог. обм.; Иванов Б. Н., др., 1978; табл. 4, ан. 6).
39. Флогопит-амфиболовый фенит, щебеночный карьер северо-восточнее п. Строителей в окр. г. Миасса. Аналитик Смирнова О. А. (рихтерит; Баженов А. Г., др., 1976; табл. 1, ан. 1).
40. Апогипербазиты щелочных метасоматитов, копь 97, ю-в Черемшанского торфяника (фторрихтерит; Баженов А. Г., др., 1993).
41. Пироксен-амфиболовый фенит, И-75-8187⁶, в 70 м к западу от квартального столба 16/17, с-с-з берег оз. Б. Ишкуль. Аналитики Губернаторова З. Д. и др. (рог. обм., Иванов Б. Н., др., 1978; табл. 4, ан. 3.; амфибол, Роненсон Б. М., др., 1979, табл. 3, ан. 1).
42. Амфиболит фенитизированный, верховье Ускова ключа, обн. 10634, восточный экзоконтакт массива (магнезиокаатофорит; Левин В. Я., 1974; табл. 28/29, ан. 43).
43. Амфиболовый фенит, обр. И-74-2212⁸, северо-восточнее д. Селянкино (магнезиоферрикаатофорит; Баженов А. Г., др., 1982; табл. 5, ан. 8).
44. Пегматит в группе 15-х копей, с-в отрог г. Фирсовой (магнезиогастингсит; Ротман Л. Э., 1956; табл. 2, ан. 3).
45. Сиенит, обр. 719, обн. 40553, ю-з эндоконтакт Ильменогорского щелочного массива (гастингсит; Левин В. Я., 1974; табл. 28/29, ан. 23).
46. Амфиболовый фенит, обр. ТВ-14, ю-в контакт Ильменского миаскитового массива. Аналитик Галкина Н. И. (тарамит; Баженов А. Г., др., 1982; табл. 7, ан. 1).
47. Миаскит, обн. 0277, к северу от р. Белой, восточное миаскитовое тело (гастингсит; Левин В. Я., 1974; табл. 28/29, ан. 35).
48. Миаскит амфиболовый жильный, пр. ТВ-VII-Д, водопроводная траншея в 200 м севернее нового здания музея Ильменского запо-

- ведника. Аналитик Звонарева Г. К. (тарамит; Баженов А. Г., др., 1988).
49. Лейкокатровый амфиболовый фенит, обр. И-75-2729, восточная полоса щелочных пород, ю-в оз. Б. Ишкуль. Аналитик Галкина Н. И. (гастингсит магнезиальный; Баженов А. Г., др., 1982; табл. 7, ан. 8).
 50. Жилка альпийского типа, обр. И-74-6101-64, северо-восточнее д. Селянкино. Аналитик Буторина А. В. (ферривинчит; Баженов А. Г., др., 1982; табл. 6, ан. 1).
 51. Роговообманково-магнетитовый микрокварцит, обр. 2917-6^а, Обуховский участок (севернее территории ИГЗ) — продолжение селянкинского блока на широте оз. Мал. Агардыш. Аналитик Кринова Т. В. и др. (рог. обм.; Рассказова А. Д., др., 1989; табл. 1, ан. 6).
 52. Кварц-полевошпатовая жила со шлирами магнетита и роговой обманки, обр. 44, район копи 18, левобережье р. Няшевки. Аналитик Постоева Н. Г., 1947 г (магнезиогастингсит № 44; Ротман Л. Э., 1956; табл. 4, ан. 1).
 53. Амфиболовый фенит, И-75-76662, примерно в 1 км на запад от квартального столба 16/17, западный берег оз. Б. Ишкуль. Аналитики Губернаторова З. Д. и др. (амфибол, Иванов Б. Н., др., 1978; табл. 4, ан. 2; Роненсон Б. М., 1979; феррибарруазит, Баженов А. Г., др., 1982; табл. 5, ан. 7).
 54. Альбит-микроклиновый фенит в западном экзоконтакте миаскитового массива, южная оконечность отрога Мал. Ильмены, щебеночный карьер в окр. г. Миасса. Аналитик Кринова Т. В. (фтормагнезиоарфведсонит; Баженов А. Г. и др., 1990; 1992).
 55. Жилки в фенитизированном плагиогнейсе, копь 65, севернее жел./дор. платформы «2008 км». Аналитик Буторина А. В. (магнезиорибекит; Баженов А. Г., др., 1982; табл. 6, ан. 3).
 56. Метаультрабазит, обр. 157-1, копь 157, северо-восточный берег оз. Ильменского (Баженов А. Г. и др. 1982).
 57. Куммингтонитовый амфиболит, обр. Ик-105-12, оз. Б. Миассово, южный берег залива Зыряновка (Кориневский В. Г., 1997).
 58. Куммингтонитовый кристаллосланец, обр. Ик-105-14, там же.
 59. Куммингтонитовый амфиболит, обр. Ик-105-12, там же.
 60. Амфиболит, обр. 1965 (Баженов А. Г. и др., 1982).
 61. Гранатовый амфиболит, обр. 98-4-1-2, край зерна, окраина д. Уразбаево (наши данные).
 62. Гранат-скаполит-амфиболовая порода, обр. Н-1- 2, из шурфа на западном берегу оз. Карасье, у дороги на оз. Демидовское (наши данные).
 63. То же, Н-II-1, там же.
 64. То же, Н-II-3, там же.
 65. То же, Н-IV-1, там же.
 66. То же, Н-III-1, там же.
 67. Пироксен-амфиболовый фенит, обр. И-75-6101-15, северо-восточнее д. Селянкино (Иванов Б. Н. и др. 1979).
 68. Пегматит, обр. 15/III копь, район 15-копей (Ротман Л. Э., 1956).

69. Амфиболит, обр. 260, в 1.5 км к западу от Няшевской курьи (Ротман Л. Э., 1956).
70. Биотит-амфиболовый плагиогнейс, обр. К-156, южная часть комплекса, северо-восточнее оз. Ильменского (Панков Ю. Д. 1971).
71. Гранат-скаполит-амфиболовая порода, обр. Н-I-1, из шурфа на западном берегу оз. Карасье, у дороги на оз. Демидовское (наши данные).
72. То же, Н-II-2, там же.
73. Амфиболит фенитизированный, обр. 766, Т-254, щебеночный карьер в Широком логу, северо-западный экзоконтакт массива (Ротман Л. Э., 1956).
74. Биотит-амфиболовый плагиогнейс, обр. 9074, южная часть комплекса, северо-восточнее оз. Ильменского (Левин В. Я., 1974).
75. Мигматит, обр. 4754, западный склон Ильменского хребта и отрог Ильменский (Баженов А. Г. и др. 1982).
76. Фенит амфиболовый, обр. М-76-244, северо-западный контакт миаскитового массива, северо-восточнее п. Строителей (Баженов А. Г. и др., 1982).
77. Биотит-амфиболовый фенит, обр. М-72-2138г, северное обрамление массива, западнее оз. Б. Миассово (Баженов А. Г. и др., 1982).
78. Фирсит обр. б/н, восточный контакт массива, р. Белая (Баженов А. Г. и др., 1982).
79. Сандыит, обр. 38с, северная часть массива, верховья ручья Сухого (Баженов А. Г. и др., 1982)
80. Миаскит, обр. 08605, юго-восточный склон г. Белой, восточное миаскитовое тело, восточный контакт массива (Баженов А. Г., Левин В. Я и др, 1974).
81. Фенит, обр. 469, скв. 5, юго-восточный край Северо-Ильменского торфяника, восточный экзоконтакт массива (Левин В. Я., 1974).
82. Миаскит, обр. 08615, восточное миаскитовое тело, верховья р. Белой (Баженов А. Г., Левин В. Я и др., 1974).
83. То же, обр. 08606, там же.
84. Миаскит, обр. 013913р, верховье Ускова ключа, восток миаскитового массива (Липатов В. Н., Баженов А. Г., Левин В. Я и др., 1974).
85. Мигматит, обр. М-72-2107г, средняя часть комплекса, мигматиты западной полосы (Баженов А. Г. и др. 1982)
86. То же, обр. И-73-1014, Ишкульский хребет (Иванов Б. Н. и др., 1979).
87. Фирсит, обр. 15080, шурф 15080, к северу от р. Белой, восточный экзоконтакт массива (Баженов А. Г., Левин В. Я. и др., 1974).
88. То же, обр. 08449ж, северо-восточное выклинивание массива, р. Демидовка (Баженов А. Г. и др., 1982).
89. Кварц-карбонат-амфиболовая линза в пироксеновом сиените, обр. 1, западный экзоконтакт миаскитового массива (Баженов А. Г. и др., 1999).
90. То же, обр. 1а, там же.
91. Амфиболит, обр. 954а-I-1, окраина д. Уразбаево (наши данные).

92. То же, обр. 954а-I-2, там же.
93. То же, обр. 954а-II-1, там же.
94. То же, обр. 954а-II-2, там же.
95. То же, обр. 954а-II-3, там же.
96. То же, обр. 954а-III-1, там же.
97. То же, обр. 954а-III-2, там же.
98. То же, обр. 954а-III-4, там же.
99. То же, обр. 954а-III-5, там же.
100. Амфибол-плаггиоклазовая порода, обр. 1136-97-I-1, там же.
101. То же, обр. 1136-97-I-2, там же.
102. То же, обр. 1136-97-I-3, там же.
103. То же, обр. 1136-97-I-4, там же.
104. То же, обр. 1136-97-I-5, там же.
105. То же, обр. 1136-97-II-1, там же.
106. То же, обр. 1136-97-II-2, там же.
107. То же, обр. 1136-97-II-3, там же.
108. То же, обр. 1136-97-II-4, там же.
109. То же, обр. 1136-97-II-5, там же.
110. То же, обр. 1136-97-II-6, там же.
111. То же, обр. 1136-97-II-7, там же.
112. То же, обр. 1136-97-II-8, там же.
113. То же, обр. 1136-97-III-1, там же.
114. То же, обр. 1136-97-III-2, там же.
115. То же, обр. 1136-97-III-3, там же.
116. То же, обр. 1136-97-III-4, там же.
117. То же, обр. 1136-97-III-5, там же.
118. То же, обр. 1136-97-III-6, там же.
119. Амфибол-плаггиоклазовая порода, обр. 1135-97-IV-1, там же.
120. То же, обр. 1135-97-IV-2, там же.
121. То же, обр. 1135-97-IV-3, там же.
122. То же, обр. 1135-97-IV-4, там же.
123. То же, обр. 1135-97-IV-5, там же.
124. То же, обр. 1135-97-IV-6, там же.
125. То же, обр. 1135-97-IV-7, там же.
126. То же, обр. 1135-97-IV-8, там же.
127. То же, обр. 1135-97-IV-9, там же.
128. То же, обр. 1135-97-IV-10, там же.
129. Амфиболит, обр. 954а-III-3, там же.
130. То же, обр. 954а-III-6, там же.
131. Анортитовый амфиболит, обр. 2606б, восточнее оз. Ишкуль (Баженов А. Г. и др., 1982).
132. То же, обр. 2835, там же.
133. Амфиболовая порода, обр. 360, копь 360, южнее Биткуловской курьи оз. Б. Ишкуль (Симонов А. И., 1949).
134. Амфиболит, обр. И-74-8091б, западнее и юго-западнее оз. Б. Ишкуль (Баженов А. Г. и др., 1982).

135. То же, обр. И-75-1002б, вишневогорская толща, южнее оз. Б. Ишкуль (Баженов А. Г. и др., 1982).
136. То же, обр. С-89-12, средняя часть заповедника, ильменогорская толща (Баженов А. Г. и др., 1982).
137. То же, обр. 0106, там же.
138. Гранатовый амфиболит, обр. И-74-2249 (Баженов А. Г. и др., 1981).
139. Амфиболит, обр. пр. 2864, в 0.5 км к северо-востоку от кордона «Тургояк», западный склон Ильменского хребта (Доминиковский Г. Г. и др., 1971).
140. Алодиабазовый гранатовый амфиболит, обр. 244-6-III-1, копь-244, по просеке 60/66 от квартального столба 60/61/66/67 250 м на юго-запад (наши данные).
141. То же, 244-6-III-1, там же.
142. То же, 244-6-III-2, там же.
143. То же, 244-6-III-3, там же.
144. То же, 244-6-I-2, там же.
145. То же, 244-6-I-3, там же.
146. Гранат-амфибол-хлоритовая поорода, обр. У-933-1п, окрестности д. Уразбаево (Кориневский В. Г., 1998).
147. Амфиболит, обр. У-305-1чр, там же.
148. Амфибол-гранат-хлоритовая порода, обр. 933-1, в 0.5 км севернее западной окраины д. Уразбаево (Кориневский В. Г., 1998).
149. То же, 933-1, там же.
150. То же, 933-1, там же.
151. То же, 933-1, там же.
152. Гранат-цоизитовый амфиболит, обр. 98-8-I-1, в 0.6 км к северу от западной окраины д. Уразбаево (наши данные).
153. То же, 98-8-I-3, там же.
154. Гранатовый амфиболит хлоритизированный, обр. 98-4-I-1, там же.
155. То же, 98-4-I-2, там же.
156. То же, 98-4-I-2, там же.
157. Гранатовый амфиболит хлоритизированный, обр. 98-4-II-1, там же.
158. То же, 98-4-II-2, там же.
159. То же, 98-2-I-2, там же.
160. То же, 98-5, там же.
161. Гранатовый амфиболит, обр. 98-14-2, оз. Таткуль, Змеиная горка (наши данные).
162. То же, 98-14-2, там же.
163. То же, 98-14-2, там же.
164. Гранат-амфибол-хлоритовая порода, обр. 98-1-1, в 0.5 км севернее д. Уразбаево (наши данные).
165. То же, 98-1-1, там же.
166. То же, 98-1-1, там же.
167. То же, 98-1-2, там же.
168. То же, 98-1-2, там же.
169. То же, 98-1-2, там же.
170. То же, 98-1-3, там же.

171. То же, 98-1-3, там же.
172. То же, 98-1-3, там же.
173. То же, 98-1-3, там же.
174. То же, 98-1-3, там же.
175. То же, 98-1-4, там же.
176. То же, 98-1-4, там же.
177. Гранатовый амфиболит хлоритизированный, обр. 98-4-II-2, там же.
178. То же, 98-4-II-2, там же.
179. То же, 98-2-II-1, там же.
180. То же, 98-2-II-2, там же.
181. То же, 98-2-II-2, там же.
182. То же, 98-2-I-1, там же.
183. То же, 98-2-I-2, там же.
184. То же, 98-2-I-2, там же.
185. То же, 98-2-I-3, там же.
186. То же, 98-2-I-3, там же.
187. То же, 98-2-I-3, там же.
188. Гранатовый амфиболит, обр. 98-14-1, район оз. Таткуль, Змеиная горка (наши данные).
189. Гранат-амфибол-хлоритовая порода, обр. 98-1-1, в 0.5 км севернее д. Уразбаево (наши данные).
190. То же, обр. 98-1-1, там же.
191. Амфиболовая порода, обр. 598, средняя часть комплекса юго-западнее оз. Б. Миассово (Баженов А. Г. и др., 1982).
192. Амфибол-гранат-хлоритовая порода, обр. У- 933, в 0.5 км севернее западной окраины д. Уразбаево (Кориневский В. Г., 1998).
193. Амфиболит, обр. И-75-2293-5, южнее оз. Б. Ишкуль (Баженов А. Г. и др., 1982).
194. Аподиабазовый (?) гранатовый амфиболит, обр. 244-6-VII-1, копь 244 по просеке 60/66 от квартального столба 60/61/66/67 250м на юго-запад (наши данные).
195. То же, обр. 244-6-VII-2, там же.
196. То же, обр. 244-6-VII-3, там же.
197. То же, обр. 244-6-V-1, там же.
198. То же, обр. 244-6-V-2, там же.
199. То же, обр. 244-6-V-3, там же.
200. То же, обр. 244-6-IV-1, там же.
201. То же, обр. 244-6-IV-2, там же.
202. То же, обр. 244-6-IV-3, там же.
203. То же, обр. 244-6-IV-4, там же.
204. То же, обр. 244-6-IV-5, там же.
205. То же, обр. 244-6-VI-1, там же.
206. То же, обр. 244-6-VI-2, там же.
207. То же, обр. 244-6-VI-3, там же.
208. То же, обр. 244-6-II-1, там же.
209. То же, обр. 244-6-II-2, там же.
210. То же, обр. 244-6-I-1, там же.

211. Амфиболит, обр. И-75-2806, средняя часть заповедника, ильменогорская толща (Баженов А. Г. и др., 1982).
212. Биотит-амфиболовый плагиогнейс, обр. И-74-1356, сев. часть комплекса, южнее оз. Б. Ишкуль (Баженов А. Г. и др., 1982).
213. То же, обр. К-575, средняя часть комплекса, юго-западнее оз. Б. Миассово (Баженов А. Г. и др., 1982).
214. Амфиболит, обр. 409, в 1.5 км к северо-востоку от копи 13, канава 408, разрез Аптекарский Лог–Косые горы (Левин В. Я., 1974).
215. То же, обр. И-75-2293-5, южнее оз. Б. Ишкуль из вишневогорской (фирсовской) толщи (Баженов А. Г. и др., 1982).
216. Фенит, обр. 1976, западный экзоконтакт Ильменского миаскитового массива (Баженов А. Г. и др., 1982).
217. Амфибол-пироксеновый фенит, обр. И-74-6108-6, северо-восточнее д. Селянкино (Баженов А. Г. и др., 1982).
218. То же, обр. И-74-6101-89, там же.
219. То же, обр. 161-60, отрог М. Ильменский, севернее пос. Строителей (Иванов Б. Н. и др., 1979).
220. Амфиболит фенитизированный, обр. 010634, верховье Ускова ключа, восточный экзоконтакт массива (Баженов А. Г. и др., 1982).
221. Биотит-амфиболовый фенит, обр. ТВ-46, юго-восточный экзоконтакт миаскитового массива (Баженов А. Г. и др., 1982).
222. То же, обр. ТВ-40, юго-восточный экзоконтакт миаскитового массива (Баженов А. Г. и др., 1982).
223. Миаскит амфиболовый, обр. 721, сводовая часть массива, юго-восточный склон Ильменского хребта (Баженов А. Г. и др., 1982).
224. Миаскит биотит-амфиболовый, обр. 131-43, западный склон Ильменского хребта, северо-восточнее от пос. Строителей (Баженов А. Г. и др., 1982).
225. Фенит биотит-амфиболовый, обр. ТВ-62, юго-восточный экзоконтакт миаскитового массива (Баженов А. Г. и др., 1982).
226. Миаскит амфиболовый, обр. 720, сводовая часть массива, юго-восточный склон Ильменского хребта (Баженов А. Г. и др., 1982).
227. Миаскит амфиболовый, обр. ТВ-4, юго-восточный экзоконтакт массива (Баженов А. Г. и др., 1982).
228. Миаскит, обр. 1909, южный склон Ильменских гор (Белянкин Д. С., Ротман Л. Э., 1949).
229. Фенит амфиболовый, И-74-2212в, северо-восточнее д. Селянкино (Баженов А. Г. и др., 1982).
230. Жила альпийского типа в фените, обр. 65-5, копь 65, в 1 км восточнее базы заповедника (Баженов А. Г. и др., 1982).

Научное издание

Сергей Николаевич Никандров
Юрий Степанович Кобяшев
Петр Михайлович Вализер

***АМФИБОЛЫ
ИЛЬМЕНОГОРСКОГО КОМПЛЕКСА***

Рекомендовано к изданию
Ученым советом Ильменского
государственного заповедника
и НИСО УрО РАН

ЛР № 020764
от 24.04.98 г.

Технический редактор В. В. Слета
Компьютерная верстка О. Л. Заушицина
Корректор Е. П. Щербакова

Оригинал-макет выполнен в издательской группе
Ильменского государственного заповедника

НИСО УрО РАН № 73(2000). Подписано к печати 4.05.2000.
Формат 60×84¹/₁₆. Бумага офсетная. Гарнитура Таймс. Печать офсетная.
Усл. печ. л. 7.2. Уч. –изд. л. 7.6. Тираж 200 экз.

456301, г. Миасс, Челябинской области
Ильменский государственный заповедник УрО РАН