Ф. В. КУЗНЕЦОВА

НЕФЕЛИНОВЫЕ СИЕНИТЫ ОБРАМЛЕНИЯ БОРГОЙСКОЙ ВПАДИНЫ

ИЗДАТЕЛЬСТВО «НАУКА»
СИБИРСКОЕ ОТДЕЛЕНИЕ

АКАДЕМИЯ НАУК СССР
СИБИРСКОЕ ОТДЕЛЕНИЕ
ИНСТИТУТ ЗЕМНОЙ КОРЫ

552.3

Ф. В. КУЗНЕЦОВА

НЕФЕЛИНОВЫЕ СИЕНИТЫ ОБРАМЛЕНИЯ БОРГОЙСКОЙ ВПАДИНЫ

1559

Ответственный редактор
кандидат геол.-мин. наук *П. М. Хренов*

ИЗДАТЕЛЬСТВО «НАУКА»
СИБИРСКОЕ ОТДЕЛЕНИЕ
Новосибирск · 1975

Институт Геологических Наук АН УССР
Библиотека

УДК 552.331.4(571.54)

В отличие от ранее высказанных точек зрения о существенно магматическом происхождении нефелиновых сиенитов в бассейне р. Джиды, в предлагаемой работе на основе детальных геолого-петрографических исследований приведены доказательства в пользу метасоматической природы этих пород. Интенсивный натровый метасоматоз протекал в обрамлении Боргойской впадины по узким тектоническим зонам, оперяющим региональные разломы. В магистральных каналах возникали породы типа мариуполитов, а вокруг них — широкие ореолы фенитизации.

Выявлена вертикальная и горизонтальная зональность процесса фенитизации, широкое развитие низкотемпературного щелочного метасоматоза, сопровождавшегося слабой редкоземельной минерализацией.

Предполагается, что богатые щелочами растворы генетически связаны со щелочным базальтоидным вулканизмом, широко проявленным в пределах Боргойской впадины. Определение радиометрического возраста по биотиту из нефелиновых сиенитов дало цифры 108—137 млн. лет, что соответствует нижнемеловому периоду и времени внедрения щелочных базальтоидов в Боргойской впадине.

Книга рассчитана на геологов и петрографов, занимающихся изучением вещественного состава щелочных и нефелиновых сиенитов, щелочных базальтоидов, а также вопросами генезиса этих пород.

К $\frac{20805-859}{055(02)-75}$ 213—75

© Издательство «Наука», 1975.

нических зонах, очевидно, одновозрастных с этой впадиной. Определения абсолютного возраста нефелиновых сиенитов по биотиту калий-аргоновым методом дают цифры не более 108—137 млн. лет.

Полученный фактический материал по нефелиновым сиенитам склоняет автора к выводу о генетической связи их с трахибазальтовым магматизмом Боргойской впадины. Субщелочная базальтовая магма могла явиться источником богатых натрием растворов, которые фенитизировали благоприятные в петрохимическом отношении породы обрамления впадины вдоль узких тектонических зон.

В работе приведено 65 химических анализов пород и минералов, выполненных В. С. Лебедевой, Т. А. Лахно, Н. Г. Таскиной, Л. В. Комаровой и Г. В. Бондыревой в химической лаборатории Института земной коры СО АН СССР. Большинство анализов горных пород сопровождается данными по количественному соотношению минералов, подсчитанными на интеграционном столике. Сделаны петрохимические пересчеты этих анализов по методу А. Н. Заварицкого, подсчитаны нормативные составы проанализированных пород по CIPW. Пересчеты по А. Н. Заварицкому, а также по CIPW были выполнены на ЭВМ по программе, составленной А. А. Коневым.

Работа по выделению мономинеральных фракций, а также по оформлению работы проведена ст. лаборантом Н. В. Забоевой. Всем упомянутым выше товарищам автор выражает свою благодарность. Автор признателен также кандидату геол.-мин. наук П. М. Хренову, взявшему на себя труд редактирования рукописи.

ВВЕДЕНИЕ

Боргойская межгорная впадина мезокайнозойского возраста расположена в Западном Забайкалье в бассейне нижнего течения р. Джиды.

Нефелиновые сиениты в кристаллическом обрамлении впадины были открыты геологами Бурятского геологического управления в 1958 г.

Самые крупные проявления нефелиновых сиенитов — Боргойское, Нижне-Ичетуйское и Боцинское разведывались с поверхности и на глубину с целью определения перспективности на алюминиевое сырье. В результате была дана отрицательная оценка этим массивам, так как содержание глинозема в них оказалось низким (не более 20—21%), запасы невелики, а технология обогащения сложна. В северной части Боргойского массива были проведены также небольшие поиски на редкие земли, которые не дали положительных результатов.

Автором проводились полевые работы по изучению геологии и петрографии массивов нефелиновых сиенитов в период с 1959 по 1964 г. В течение этого времени были составлены схематические геологические карты масштаба 1 : 10 000 для большинства проявлений нефелиновых сиенитов, собран большой каменный материал.

В предлагаемой монографии приведены результаты изучения детального геологического строения большинства проявлений нефелиновых сиенитов. Благодаря хорошей обнаженности, а также поисково-разведочным горным выработкам и многочисленным скважинам удалось выяснить формы и условия залегания тел нефелиновых сиенитов, их взаимоотношения с вмещающими породами.

Анализ геологических и петрографических результатов исследований привел автора к выводу о метасоматической природе нефелиновых сиенитов в этом районе. Процессы нефелинизации протекали по застывшим и деформированным вмещающим биотитовым сиенитам и генетически с ними не связаны.

Нефелиновые сиениты — самые молодые породы в пределах обрамления Боргойской впадины, залегают они в текто-

КРАТКИЙ ОЧЕРК ГЕОЛОГИЧЕСКОГО СТРОЕНИЯ ОБРАМЛЕНИЯ БОРГОЙСКОЙ ВПАДИНЫ

Краткое описание геологического строения обрамления Боргойской впадины приводится по результатам исследований Н. А. Флоренсова (1960, 1964), И. В. Белова (1963), П. И. Налетова (1961), Д. Д. Сагалуева и В. А. Новикова, Д. Д. Сагалуева (1960), Ю. В. Комарова (1963, 1970), В. М. Ладаевой (1960) и Г. В. Смирнова (1963). Схематическая геологическая карта этого района (рис. 1) составлена по материалам В. А. Новикова и Д. Д. Сагалуева, Л. Н. Малышевой и Н. С. Андрюхина, а также по результатам наблюдений автора в контрольных маршрутах. Геология обрамления очень сложна, в ней много неясного и недоработанного, много противоречивых фактов, которые не нашли еще своего объяснения.

СТРАТИГРАФИЯ

Схема стратиграфии обрамления Боргойской впадины представляется в следующем виде:

Эффузивно-осадочная свита (Pt). В ее состав входят: кварц-серицитовые филлитовидные, хлоритовые, серицито-хлоритовые, кварц-гематитовые сланцы, зеленые ортосланцы, рассланцованные фельзиты, фельзит-порфиры конгломератовидные образования.

Гнейсово-сланцевая свита (Pt) расчленена на две подсвиты — нижнюю и верхнюю. Первая сложена гнейсами (биотит-роговообманковыми, амфиболовыми биотит-гранатовыми двуслюдяными) и ортогнейсами. Вторая состоит из силлиманитовых и слюдяных сланцев, кварцитов и гнейсов.

К свите приурочено Кяхтинское силлиманитовое месторождение, а также лазулитовое проявление нижнего Ичетуя. Возраст свит считается условно протерозойским на том основании, что в их составе содержатся высокометаморфизованные породы — силлиманитовые, биотит-гранатовые и другие сланцы и гнейсы.

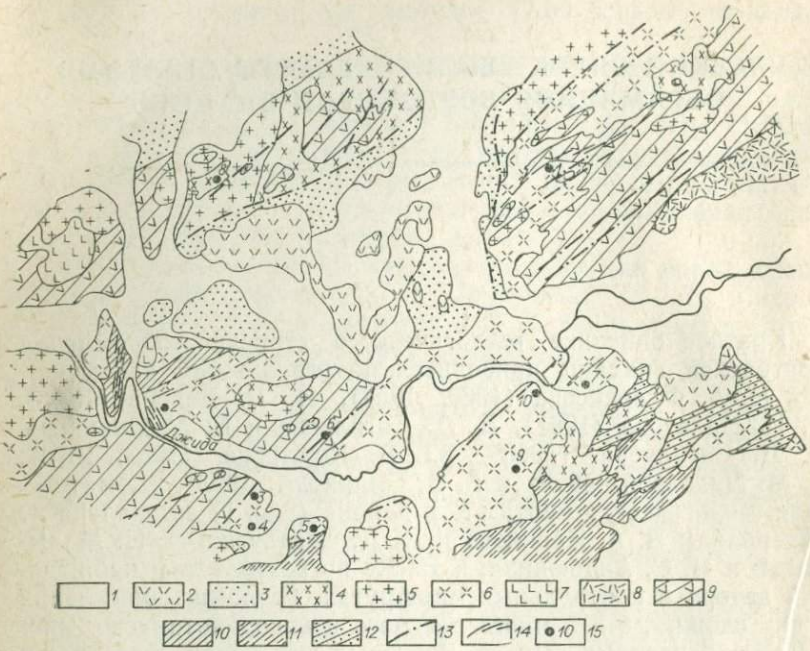

Рис. 1. Схема геологического строения обрамления Боргойской впадины (составлена по материалам В. А. Новикова и Д. Д. Сагалуева, Л. Н. Малышевой, Н. С. Андрюхина, а также по материалам контрольных маршрутов автора). М 1 : 200 000.

1 — рыхлые отложения; *2* — Белоозерский субвулканический комплекс (нижний мел — неоген): лимбургитовые долериты, лимбургиты, трахидолериты, эссекситы, кринаниты, тешениты и др.; *3* — отложения хилокской и гусиноозерской свит (юра — мел): (снизу) осадочно-туфогенные породы, покровы лав трахибазальтовых и трахиандезитовых порфиритов и трахидолеритов, песчаниково-сланцевые и песчаниково-конгломератовые осадки, песчаники, алевролиты, прослои андезито-базальтов и базальтов; *4* — малокунналейский интрузивный комплекс (юра?): щелочные и субщелочные сиениты, граносиениты и граниты, дайки сиенитов, сиенит-порфиров; *5* — джидинский интрузивный комплекс (палеозой?): розовые, розовато-серые граниты и граносиениты, *6* — джидинский комплекс (палеозой?): серые, темно-серые биотитовые сиениты и граносиениты; *7* — джидинский комплекс (палеозой?): — гранодиориты, диориты, габбро-диориты, габбро; *8* — цаганхунтейская свита (юра?): ортофиры, трахиты, фельзиты, фельзит-порфиры, агломераты и туфы; *9* — боргонская свита (мезозой?): метаморфизованные и рассланцованные фельзиты, фельзит-порфиры, кварцевые порфиры, сиенит-порфиры, базальтовые и андезитовые порфириты, диабазы, туфы, туфобрекчии, кремнисто-серицитовые, хлоритовые и биотитовые сланцы, амфиболовые сланцы, углисто-глинистые сланцы; *10* — астайская свита (протерозой): биотит-амфиболовые гнейсы и сланцы; *11* — гнейсово-сланцевая свита (протерозой): силлиманитовые, двуслюдянные сланцы, кварциты, гнейсы; *12* — эффузивно-осадочная свита (протерозой): кварц-серицитовые, филлитовидные, хлоритовые, серицито-хлоритовые, кварц-гематитовые сланцы, зеленые ортосланцы, рассланцованные фельзиты, фельзит-порфиры, конгломератовидные образования; *13* — разломы; *14* — зоны бластомилонитов; *15* — проявление нефелиновых сиенитов (1 — Боргойское, 2 — Нижне-Ичетуйское, 3 — Боцинское, 4 — Зорменикское, 5 — Сухо-Хобольское, 6 — Белоозерское, 7 — Харасунское, 8 — Дабхорское, 9 — Верхне-Булыкское. 10 — Орцекское).

Боргойская свита (Mz?). Эффузивно-осадочные породы боргойской свиты залегают в виде широких полос северо-восточного простирания в центральной и северо-западной части площади. Мощность толщи около 1000 м.

Для пород боргойской свиты весьма характерен неравномерный, зачастую довольно интенсивный меатморфизм, благодаря которому их долгое время относили к нижнему протерозою.

Вопрос о возрасте боргойской толщи до сих пор остается спорным. П. И. Налетов (1961), В. А. Новиков и Д. Д. Сагалуев относят ее к нижнему палеозою. Д. Жалсабон (1964) считает породы боргойской толщи верхнепалеозойскими, некоторые исследователи склонны относить ее к мезозою. Так, Ю. В. Комаровым и А. И. Киселевым (1963) были обнаружены отпечатки мезозойской флоры в отложениях, относимых к боргойской толще. Можно предполагать, как считает Д. Жалсабон (1964), что под названием «боргойская толща» разными геологами объединяются разновозрастные образования. Боргойская толща очень сложна по своему составу. По данным Ю. В. Комарова и А. И. Киселева (1963), наиболее полный разрез ее следующий: низы толщи сложены пирокластическими и излившимися образованиями кислого состава с редкими прослоями осадочных пород. Пирокластические осадки представлены кристаллолитокластическими туфами фельзитов и кварцевых порфиров, туфоконгломератами с обломками кислых эффузивов, туфопесчаниками и туфосланцами. Среди метаморфизованных туфопесчаников и туфоконгломератов залегает пласт углистых сланцев мощностью около 1,5 м. Сланцы кварц-серицит-полевошпатового состава с примесью углистого вещества. В этих сланцах и были найдены отпечатки растений. Среди эффузивов распространены фельзит-порфиры, кварцевые порфиры и ортофиры.

Верхняя часть разреза сложена миндалекаменными порфиритами, диабазами и диабазовыми порфиритами с прослоями туфоконгломератов. В верхней части разреза боргойской толщи были выделены также прослои кислых эффузивов и туффитовых сланцев.

Отложения боргойской свиты подвергались динамотермальному метаморфизму в узких тектонических зонах с образованием сланцев хлоритовой и реже биотитовой фаций метаморфизма. Некоторые тектонические зоны, по данным Ю. В. Комарова (1970), подвергнуты гранитизации и нефелинизации, например на Боргойском хребте и вершине пади Эхирик.

Контактовое воздействие прорывающих интрузий гранитоидов проявляется в ороговиковании пород боргойской свиты и в появлении амфиболитов.

Цаганхунтейская свита ($T—J_1$). В составе свиты преобладают трахиты, фельзиты, фельзит-порфиры, агломераты и туфы. Как видно из геологической карты, цаганхунтейская свита слагает узкую полосу на юго-восточном склоне Боргойского хребта.

Хилокская свита (J). Породы свиты залегают в пределах северного обрамления Боргойской впадины. Нижняя часть разреза сложена осадочно-туфогенными, иногда довольно грубообломочными породами, а верхняя — покровами лав трахибазальтовых и трахиандезитовых порфиритов и трахидолеритов. В подчиненном количестве в верхах свиты присутствуют туфы и туфо-брекчии.

Гусиноозерская серия ($J—Cr_1$). Осадки в этой серии залегают во внутренней части впадины. С. М. Замараевым (1958) эти осадки расчленены на четыре пачки (снизу): песчаниково-сланцевую, песчаниково-конгломератовую, песчаниковую, алевролитовую с прослоями андезито-базальтов и базальтов. Угленосные отложения, характерные для гусиноозерской серии, в пределах Боргойской впадины отсутствуют. Мощность серии равна приблизительно 1300 м.

Отпечатки растений свидетельствуют о широком возрастном диапазоне — от юры до нижнего мела. Отложения гусиноозерской серии прорваны субвулканическими телами щелочных основных пород, на контактах с которыми образуются роговики и метаморфизованные песчаники.

Четвертичные отложения разнообразны по своему составу и генезису. Здесь встречаются аллювиальные породы древних долин, мощные делювиальные толщи предгорной части впадины и современные аллювиальные отложения рек и озер. В составе отмечены: глыбы, валуны, галечники, пески, супеси, суглинки, глины, слабосцементированные конгломераты, песчаники и глинистые сланцы.

ИНТРУЗИВНЫЕ ПОРОДЫ

Среди большого разнообразия изверженных пород в районе выделено три комплекса: 1) джидинский (предположительно палеозойский), 2) малокуналейский (мезозойский) и 3) белоозерский (мезокайнозойский).

Джидинский интрузивный комплекс (Pz ?). В состав комплекса входят граниты, биотитовые сиениты, щелочные роговообманковые сиениты, диориты, граносиениты, гранодиориты, кварцевые сиениты, габбро-диориты и габбро. Среди больших полей изверженных пород, относимых к джидинскому комплексу, преобладают биотитовые сиениты, граносиениты и граниты. Гранодиориты, диориты, габбро-диориты и габбро слагают лишь несколько небольших тел (рис. 2).

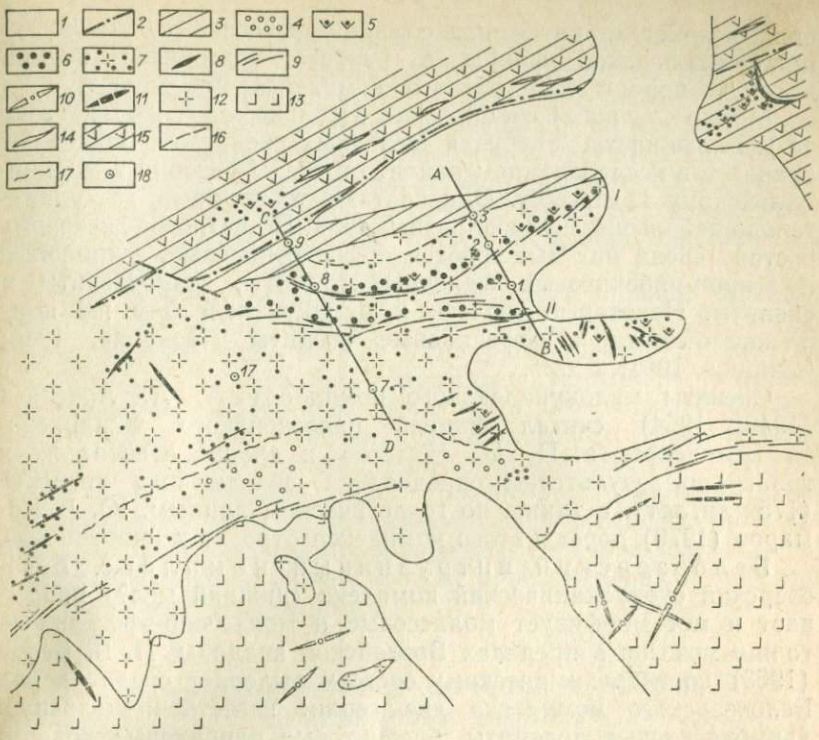

Рис. 2. Схематическая геологическая карта Боргойского проявления нефелиновых сиенитов (составлена Ф. В. Кузнецовой). М-б 1 : 10 000.

1 — рыхлые отложения; *2* — региональный разлом; *3* — зона интенсивной фенитизации эффузивов боргойской свиты; *4* — мусковитизированные биотитовые сиениты; *5* — пегматоидные нефелиновые сиениты; *6* — зона мариуполитизации; *7* — нефелиновые и нефелинсодержащие сиениты; *8* — эгириновые и роговообманковые тингуаиты и сельвсбергиты; *9* — тектонические зоны, сопровождавшиеся процессами альбитизации и мариуполитизации; *10* — жилы кварцевых сиенитов; *11* — жилы сиенито-диоритов; *12* — биотитовые и роговообманковые сиениты; *13* — габбро; *14* — жилы сиенит-порфиров; *15* — рассланцованные и метаморфизованные эффузивы боргойской свиты; *16* — северная граница распространения канкринитовых и канкринит-нефелиновых сиенитов; *17* — северная граница распространения мусковитизированных биотитовых сиенитов; *18* — номер скважины.

В южной части площади в пределах Енхорского батолита, по данным Г. В. Смирнова (1961), широко распространены щелочные роговообманковые сиениты с постепенными переходами их как в нефелиновые сиениты, так и в биотитовые сиениты и граносиениты.

Предполагается, что большое разнообразие пород в джидинском комплексе обусловлено дифференциацией первичной магмы, а также процессами ассимиляции вмещающих пород (Налетов, 1963; Смирнов, 1961).

Возраст пород джидинского комплекса для исследованной территории остается неясным. Некоторые геологи относят их к верхнему палеозою. Однако верхнепалеозой-

ский возраст ставится под сомнение в связи с находками нижнемезозойской флоры в разрезе боргойской толщи, которую породы джидинского комплекса прорывают.

Малокуналейский интрузивный комплекс (J_1). Большинство интрузий щелочных сиенитов и щелочных гранитов в исследованном районе отнесены условно к малокуналейскому комплексу. Они слагают то крупные, то сравнительно небольшие штокообразные тела. По петрографическому составу среди них выделяются арфведсонитовые, эгириновые и эгирин-рибекитовые щелочные граниты, граносиениты и сиениты. Некоторые геологи к малокуналейскому же комплексу относят и нефелиновые сиениты (Ладаева, 1960; Смирнов, 1961; и др.).

Сиениты малокуналейского комплекса А. А. Арсеньев (1946, 1954) считал фацией палеозойского джидинского комплекса, а П. И. Налетов и другие относят их к триасу по результатам определения абсолютного возраста (175 млн. лет), а также по геологическим данным. Ю. В. Комаров (1970) породы этого комплекса относит к нижней юре.

Белоозерский интрузивный комплекс. Белоозерский субвулканический комплекс (нижний мел?) прорывает и метаморфизует молассовые и молассово-эффузивные толщи мезозоя в пределах Боргойской впадины. И. В. Белов (1963) по петрохимическому составу выделяет среди пород Белоозерского комплекса две серии: известково-щелочную (лимбургитовые долериты, базальтовые оливиновые долериты и др.) и щелочно-известковую (лимбургиты, трахидолериты, эссекситы, кринаниты, тешениты, гленмуириты и др.). Форма тел пород субвулканического комплекса очень сложна и многообразна: покровы, купола, лакколиты, силлы, дайки (иногда кольцевые), системы даек. И. В. Беловым (1963) была высказана мысль о генетической связи нефелиновых сиенитов в Боргойском хребте с Белоозерским субвулканическим комплексом.

ТЕКТОНИКА

Согласно схеме тектонического районирования Бурятии (по Флоренсову, 1964), бассейн нижнего течения Джиды входит в мезозойский Западно-Забайкальский пояс. Этот активизированный в мезозое пояс наложен на каледонские и, возможно, герцинские структуры. В виде узкой полосы он пересекает территорию Бурятии по диагонали с юго-запада на северо-восток. Для пояса характерно закономерное чередование параллельных мезозойских сводов и прогибов (или межгорных впадин) с их мощными континентальными молассоидными и вулканогенными формациями. В развитии

мезозойского активизированного пояса Бурятии устанавливается два этапа. Первый этап — образование прогибов с одновременным накоплением осадков; это связано с деформацией фундамента и зачастую сопровождается разломами. Со вторым этапом связано появление в прогибах зон локального смятия и надвигов небольшой амплитуды, а также внедрение даек и штоков щелочных пород в переходные от прогибов к сводам участки. Время внедрения — нижний мел и до конца палеогена (Михно, 1964).

Боргойская межгорная впадина имеет сложное строение. Она состоит из двух ветвей — Боргойской (южной) и Гегетуйской (северной). Между ними расположено Дабхорское поднятие. Обе впадины обрамлены крупными тектоническими нарушениями сбросового типа. Во всем районе широко развиты тектонические зоны сбросового типа, имеются также и пологие тектонические зоны (см. рис. 2). Характерны также широкие зоны интенсивной милонитизации. Наиболее крупные из них имеют северо-восточное простирание. Крупные разломы сопровождаются более мелкими, оперяющими; бóльшая часть из них ориентирована в направлении, близком к широтному.

КРАТКАЯ ИСТОРИЯ ИЗУЧЕНИЯ МАССИВОВ НЕФЕЛИНОВЫХ СИЕНИТОВ

Впервые нефелиновые сиениты Джидинского района были описаны В. М. Ладаевой (1960), которая дала краткую петрографическую характеристику этих пород и выделила среди них следующие разновидности: либнеритовые, эгириновые нефелиновые, пегматоидные эгириновые и мелкозернистые эгириновые нефелиновые. В. М. Ладаева считает, что нефелиновые сиениты являются породами магматическими и относит их к джидинскому магматическому комплексу. Изучение сиенитов Енхорского массива и щелочных сиенитов, а также проявлений в нем нефелиновых сиенитов проводилось Г. В. Смирновым (1961, 1963). Он пришел к выводу, что эти породы кристаллизовались из магмы и что при этом большую роль играли процессы ассимиляции вмещающей гнейсово-сланцевой толщи. На основании сходства химического и минерального составов и структурно-текстурных особенностей щелочных и нефелиновых сиенитов этот автор полагает, что данные породы генетически тесно связаны между собой. Нефелиновые сиениты возникли, по его мнению, в результате эндогенного автометасоматоза ранней щелочной стадии по щелочным сиенитам Енхорского массива. В пользу этого он приводит также некоторые петрохимические особенности нефелиновых

сиенитов: чрезвычайно невыдержанный количественно-минеральный и химический состав даже в одном небольшом теле.

Боргойский массив нефелиновых сиенитов изучался Г. В. Андреевым (1968, 1969). Им была составлена схематическая геологическая карта Боргойского массива по материалам В. В. Казакова, Э. Ф. Жбанова, Ф. В. Кузнецовой (1962), А. О. Шаракшинова и собственным наблюдениям. Г. В. Андреев в результате исследований пришел к выводу, что Боргойский массив является типичной трещинной интрузией. Большая часть массива сложена биотитовыми сиенитами, нефелиновые же сиениты слагают одну треть массива и расположены в его северо-восточной части. Г. А. Андреев (1969) вслед за Ф. В. Кузнецовой (1962) отмечает, что биотитовые сиениты подверглись интенсивному послемагматическому метасоматозу — главным образом альбитизации. Среди альбитизированных нефелиновых сиенитов этот автор выделяет многочисленные разновидности в зависимости от интенсивности процесса альбитизации; кроме того, им были выделены метасоматические нефелин-альбитовые породы, развивающиеся главным образом по биотитовым и частично по нефелиновым сиенитам, а также канкринит-альбитовые породы и микроклиниты. Так же, как и Г. В. Смирнов (1963), Г. В. Андреев указывает на существенную петрохимическую особенность нефелиновых сиенитов Боргойского массива — повышенное содержание кремнезема, окисного железа и пониженное содержание глинозема, окиси магния и щелочей, объясняя это наложенной альбитизацией. Г. В. Андреев (1969) считает, что Боргойский массив слагают нефелиновые сиениты как магматические, так и метасоматические. Этот вывод он подкрепляет геологическими данными и результатами исследований температур гомогенизации газово-жидких включений в нефелинах, полученными Л. И. Паниной (1966, 1967).

Л. И. Панина (1967) провела интересные работы по изучению температур гомогенизации газово-жидких включений в нефелине из пегматоидных и среднезернистых разновидностей нефелиновых сиенитов Боргойского и Боцинского массивов.

Наиболее широкий интервал температур гомогенизации включений был установлен для нефелина — от 80° до 780°. Преобладают двухфазные газово-жидкие включения. Форма включений чаще неправильная, особенно для низкотемпературных включений. Характерно, что калишпат почти не содержат включений. Встреченные редкие включения в нем гомогенизировались при температуре 85—230°. Включения в канкрините гомогенизировались при 200—420°. Л. И. Панина допускает возможность магматической природы щелочных пород Боргойского массива.

ГЕОЛОГИЧЕСКОЕ СТРОЕНИЕ ПРОЯВЛЕНИЙ НЕФЕЛИНОВЫХ СИЕНИТОВ

Нефелиновые сиениты в бассейне нижнего течения Джиды залегают в обрамлении Боргойской впадины и приурочены к системе региональных разломов северо-восточного простирания.

При детальном изучении геологического строения участков устанавливается, что тела нефелиновых сиенитов залегают либо в узких тектонических зонах, оперяющих региональные разломы, либо приурочены к реликтам даек сельвсбергитов, залегающих также в оперяющей трещиноватости региональных разломов. В тектонических зонах нефелиновые сиениты имеют жилообразную форму или форму узких длинных линз с крутыми углами падения. Тектонические зоны, сопровождающиеся нефелиновыми сиенитами, имеют субширотное простирание и ориентированы обычно под небольшим углом к линейным зонам региональных разломов.

Нефелиновые же сиениты, сопровождающие реликты даек сельвсбергитов, иногда полностью замещают отдельные члены деформированных и разорванных даек сельвсбергитов, располагаясь вдоль контактов их с вмещающими породами и т. д.

Нефелиновые сиениты с четко выраженными формами (линзы, пластообразные тела) по количественно-минеральному составу близки к мариуполитам. Тела нефелиновых сиенитов типа мариуполитов сопровождаются ореолами нефелинизации.

Между мощностью тел мариуполитов и шириной ореола нефелинизации существует прямая зависимость. Наиболее широкие ореолы нефелинизации наблюдаются на Боргойском (самом крупном) месторождении, где мощность тел мариуполитов достигает 25—50 м, а радиусы ореолов нефелинизации — до 200—500 м. Если тела мариуполитов располагаются недалеко друг от друга, то ореолы нефелинизации сливаются, создается впечатление, что нефелиновые сиениты слагают единый крупный массив.

Известные в районе десять проявлений нефелиновых сиенитов изучены с разной степенью детальности в зависимости от их обнаженности, степени разведанности и т. д. Более полно исследованы Боргойское, Нижне-Ичетуйское, Боцинское и Дабхорское месторождения. Несмотря на сходные геологические условия, а также минералого-петрографические характеристики пород, каждое из этих месторождений имеет свои специфические особенности. Для Боргойского месторождения, например, характерна интенсивная нефели-

низация, охватывающая площадь около 2 км^2 вокруг двух крупных тел мариуполитов. Отчетливо проявились здесь и более низкотемпературные процессы (альбитизация, мусковитизация, либнеритизация и др.), сопровождающиеся слабой редкоземельной минерализацией. Образование мариуполитов в узких тектонических зонах, а также вдоль контактов реликтовых даек сельвсбергитов наиболее четко выделяется при изучении Нижне-Ичетуйского месторождения. Сложные процессы нефелинизации в разлинзованных реликтовых дайках сиенит-порфиров представилась возможность изучить наиболее полно на Дабхорском месторождении. Интенсивные процессы мусковитизации и вертикальная зональность низкотемпературного щелочного метасоматоза хорошо проявлены на Боцинском месторождении. Процессы содалитизации характерны для Харасунского и Белоозерского месторождений. Ниже приводится описание месторождений нефелиновых сиенитов.

Боргойское проявление нефелиновых сиенитов — самое крупное в Джидинском районе. Расположено оно в 15 км юго-западнее ст. Джиды, в центральной части Боргойского хребта (см. рис. 2), площадь его около 2,6 км^2.

Массив разведывался с поверхности шурфами и канавами, а на глубину — колонковым бурением по сетке 200×400 м. Глубина скважин 200—300 м.

Вмещающими породами месторождения на севере и северо-востоке массива являются метаморфизованные эффузивы щелочного и кислого состава, прорванные интрузиями сиенитов и граносиенитов, а также дайками сиенит-порфиров, на юге — бурые биотитовые сиениты и прорванные и измененные этими сиенитами габбро.

Эффузивы вблизи Боргойского массива сильно изменены и представлены почти лейкократовыми мелкозернистыми породами калишпат-альбитового состава с тонкими прерывистыми жилками черного эгирина и гастингсита.

На западе и юго-западе нефелиновые сиениты незаметно переходят в биотитовые. Среди нефелиновых сиенитов встречаются часто ксенолиты биотитовых сланцев, реликтовые тела метаморфизованных эффузивов, а также цепочки линзовидных тел сиенит-порфиров, тингуаитов и сельвсбергитов.

Параллельно северному контакту Боргойского массива проходит региональный разлом северо-восточного простирания, прослеживающийся далеко за пределами месторождения.

Внутреннее строение массива очень сложно. Наиболее распространенными породами в массиве являются нефелиновые сиениты со средним содержанием нефелина около 4—5%, которые образуют ореолы вокруг двух крупных зон мариуполитов.

Переходы между нефелиновыми сиенитами (серыми) и безнефелиновыми (бурыми) биотитовыми сиенитами постепенные, но зона перехода обычно не превышает 10 см. И самое примечательное во взаимоотношении этих пород является то, что трахитоидность, сохраняя строго выдержанное северо-западное простирание, сечет линию контакта между биотитовыми бурыми и нефелиновыми серыми сиенитами (рис. 3).

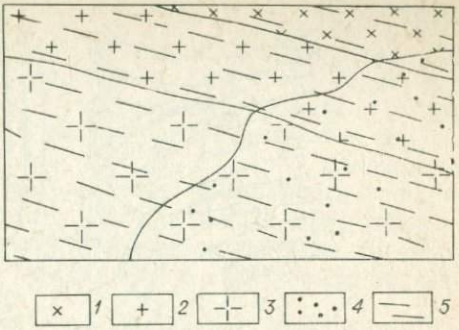

Рис. 3. Характер взаимоотношения бурых биотитовых сиенитов и светло-серых эгирин-нефелиновых сиенитов на Боргойском участке. М-б 1 : 100.

1 — мелкозернистые сиениты; *2* — среднезернистые; *3* — крупнозернистые; *4* — появление эгирина и нефелина в сиенитах; *5* — направление трахитоидности в сиенитах.

Самые крупные зоны мариуполитов (см. рис. 2, I и II) имеют субширотное простирание с падением на север под углом 30—40°.

Первая зона простирается более чем на 2 км. Мощность ее 30 м. Мариуполиты развиты по разлинзованной и рассланцованной дайке сиенит-порфиров. Реликтовые тела сиенит-порфиров часто встречаются среди мариуполитов.

Наиболее распространены в зоне средне- и мелкозернистые мариуполиты. Среди них встречаются обособления пегматоидных мариуполитов неправильной формы.

Очень интересно северо-восточное окончание зоны мариуполитов, которое можно наблюдать в сплошных коренных обнажениях по левому борту долины Эхирик (рис. 4). Мариуполиты здесь экранируются другой поперечной по отношению к зоне дайкой сиенит-порфиров. Вблизи этой дайки появляются крупные гнезда пегматоидных мариуполитов. Форма их тел заметно согласуется с контактами дайки. Сиенит-порфиры же вдоль контакта с мариуполитами фенитизированы; максимум фенитизации в экранирующей дайке приходится на выпуклую часть, где сиенит-порфиры фенитизированы до тингуаитов. К северо-востоку от дайки сиенит-порфиров мариуполитов нет. Туда проникают лишь маломощные жилки альбит-эгиринового и кварц-альбит-арфведсонитового состава.

Мариуполиты второй зоны приурочены к мощной полосе рассланцевания в биотитовых сиенитах. Мощность зоны колеблется от 40 до 50 м. По простиранию она прослежена более чем на 1,5 км по сплошным коренным обнажениям. Скважинами № 1 и 8 эта зона была подсечена на глубине около 200 м.

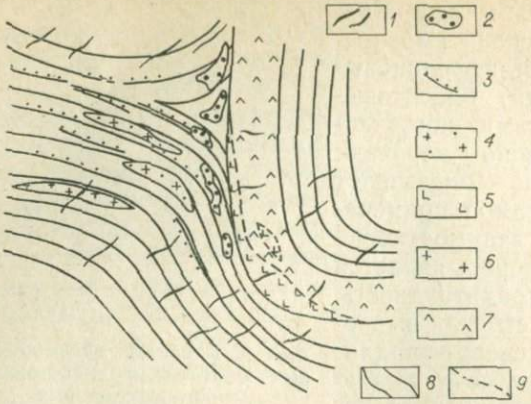

Рис. 4. Северо-восточное окончание первой зоны мариуполитов на Боргойском участке. М-б 1 : 500.

1 — жилки альбит-эгиринового и кварц-альбит-арфедсонитового состава; *2* — пегматоидные мариуполиты; *3* — среднезернистые мариуполиты; *4* — нефелинизированные биотитовые сиениты; *5* — сельвсбергиты и тингуаиты; *6* — биотитовые сиениты; *7* — сиенит-порфиры; *8* — фенитизированные эффузивы боргойской свиты; *9* — условная линия контакта между сельвсбергитами и сиенит-порфирами.

Первичные бурые биотитовые сиениты сохранились здесь лишь в виде редких линз и блоков. Характерно линзовидно-полосчатое чередование отдельных разновидностей мариуполитов: крупнозернистых пегматоидных, средне- и мелкозернистых и со структурой пчелиных сот, где альбит образует только перегородки между идиоморфными зернами нефелина. Среди мариуполитов этой зоны преобладают многочисленные переходные разновидности от мариуполитов к нефелитовым сиенитам и первичным бурым биотитовым сиенитам. Встречаются также отдельные маломощные прослои белых эгирин-альбитовых пород.

Кроме двух крупных полос мариуполитов в пределах массива имеют место многочисленные мелкие тела. Они обычно редко бывают одиночными, чаще всего образуют серию параллельных тел мощностью не более 1 м и встречаются вдоль юго-восточной и северо-западной оконечности массива. Мелкие зонки мариуполитов нередко сопровождаются жилками пегматоидных нефелиновых сиенитов.

При изучении ореолов фенитизации вокруг тел мариуполитов на Боргойском участке устанавливается зональное расположение отдельных петрографических разновидностей внутри ореола фенитизации. Непосредственно к мариуполитам примыкает зона нефелиновых сиенитов с содержанием нефелина от 4 до 10%. Следующая зона сложена нефелинсодержащими сиенитами с канкринитом или канкринито-

выми сиенитами. Последние сменяются мусковитизированными сиенитами. Внешний и самый широкий ореол фенитизации слагают бурые слабоальбитизированные биотитовые сиениты. Такая зональность прослеживается как по коренным обнажениям на поверхности, так и по скважинам на глубине. Однако четко выраженная зональность ореолов фенитизации наблюдается лишь на удаленных друг от друга телах мариуполитов. Мелкие тела мариуполитов со своими ореолами фенитизации усложняют и затушевывают четкую зональность.

Нижне-Ичетуйское проявление нефелиновых сиенитов расположено на левом склоне долины Джиды, в 3 км ниже устья р. Ичетуй, близ пересечения двух мощных тектонических зон северо-восточного и северо-западного простирания. Обе тектонические зоны сложены интенсивно развальцованными и брекчированными породами. Мощность зон 1—2 км.

Вмещающими породами нефелиновых сиенитов являются бурые и розовато-бурые биотитовые сиениты и роговообманковые щелочные сиениты с многочисленными ксенолитами метаморфизованных эффузивов главным образом основного состава.

1559

Нефелиновые сиениты не образуют на Нижне-Ичетуйском участке крупного цельного массива, здесь распространены лишь узкие прямолинейные тела альбит-нефелиновых пород типа мариуполитов с ореолами нефелинизации вокруг них. На Нижне-Ичетуйском проявлении особенно отчетливо устанавливается, что распространение нефелиновых сиенитов подчинено строгому тектоническому контролю (рис. 5). Все самые крупные тела мариуполитов имеют выдержанное субширотное простирание (290—300°) и крутое падение (80°). Мощность тел мариуполитов, приуроченных к тектоническим зонам, колеблется от 0,5 до 2,0 м, длина до 100 м редко до 200 м.

На Нижне-Ичетуйском месторождении процессы нефелинизации боковых пород не были столь интенсивны, как это проявилось на Боргойском месторождении, и каналы, по которым поступали нефелинизирующие растворы, не затушеваны. Ширина ореолов нефелинизации вокруг тел мариуполитов не более 10—20 м. Нефелиновые сиениты в ореолах содержат около 2—3% нефелина.

Мариуполиты имеют облик бластомилонитов. Залегающие рядом нефелинизированные биотитовые сиениты, как правило, массивны. Мариуполиты же всюду рассланцованы, часто наблюдаются вытянутые по сланцованности зерна нефелина. Создается впечатление, что образование нефелина шло одновременно с рассланцеванием пород. Содержание нефелина в мариуполитах колеблется от 15 до 30%; из темноцветных минералов часто вместо эгирина присутствуют биотит и роговая обманка, и породы имеют состав личфильдитов.

Институт геологии и геохимии Уральского отделения Академии Наук СССР Библиотека

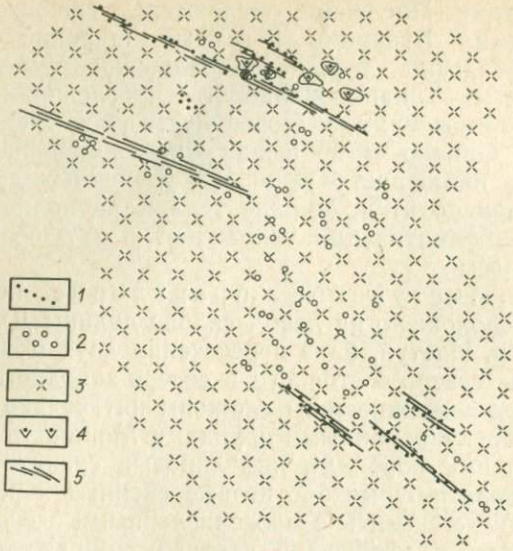

Рис. 5. Юго-западная часть Нижне-Ичетуйского проявления нефелиновых сиенитов. М-б 1 : 10 000.

1 — гастингситовые мариуполиты; *2* — мусковитизированные биотитовые сиениты; *3* — биотитовые сиениты; *4* — пегматоидные нефелиновые сиениты; *5* — тектонические зоны.

Тела мариуполитов сопровождаются гнездами и жилковидными образованиями пегматитов нефелиновых сиенитов. Наблюдается определенная закономерность в размещении пегматитовых тел: они залегают в пределах висячих крыльев зон мариуполитизации (см. рис. 5). По-видимому, небольшие оперяющие трещинки были благоприятными камерами для кристаллизации пегматитов. Большинство тел пегматитов жилообразной формы ориентированы перпендикулярно по отношению к зоне мариуполитизации, а гнездообразные тела располагаются цепочками, параллельно к телам мариуполитов. Размеры пегматитовых гнезд меняются от 0,5×1 м до 10×10 см, жилки пегматитов также невелики: 1×0,2 м, 0,5×0,1 м и менее.

Мусковитизированные сиениты проявлены в юго-западной части Нижне-Ичетуйского месторождения (см. рис. 5), в промежутке между двумя группами тел нефелиновых сиенитов типа мариуполитов. Зеленовато-серые либо светло-серые пятна мелкочешуйчатого мусковита встречаются на этом участке повсеместно среди розовых крупнозернистых биотитовых сиенитов. Мусковитовый агрегат типа либнерита содержится главным образом в крупнозернистых пегматоидных разновидностях этих сиенитов, которые слагают небольшие

гнезда и тела неправильной формы среди розовых биотитовых сиенитов и имеют с ними постепенные переходы. Мелкочешуйчатый мусковитовый агрегат образуется обычно в интерстициях между крупными идиоморфными зернами полевого шпата. При петрографическом изучении мусковитизированных сиенитов устанавливается, что мусковитизации здесь был подвергнут калишпат, но не нефелин, как преполагалось ранее.

На Нижне-Ичетуйском участке среди бурых биотитовых сиенитов встречаются многочисленные тела сиенит-порфиров. В восточной половине площади тела сиенит-порфиров вытянуты в северо-восточном направлении и имеют форму либо узких длинных прерывистых линз, собранных в цепочки, либо форму деформированных даек. В западной же половине площади, на стыке двух мощных тектонических зон, тела сиенит-порфиров несут на себе следы более интенсивной деформации — рассланцованы, разорваны, смяты в складки причудливой формы. Как и на Боргойском месторождении, здесь есть бурые безнефелиновые сиенит-порфиры, серые сельвсбергиты и тингуаиты. Все эти разновидности дайковых пород тесно связаны. Они встречаются в одних и тех же телах и имеют между собой постепенные переходы. Нет обособленных тел тингуаитов, а есть тела в различной степени фенитизированных сиенит-порфиров типа тингуаитов и сельвсбергитов.

Бурые сиенит-порфиры за пределами зон фенитизации постоянно несут на себе следы воздействия на них вмещающих крупнозернистых бурых биотитовых сиенитов. Они пронизаны жилками сиенитов, отдельные участки сиенит-порфиров ассимилированы биотитовыми сиенитами и видны лишь их теневые реликты. Сиенит-порфиры в эндоконтактах часто обогащаются крупными порфировидными вкрапленниками калишпата. Наблюдаются полосы пород (среди сиенитов), переходных между сиенит-порфирами и сиенитами на продолжении тел сиенит-порфиров.

Тела сиенит-порфиров, так же как и тектонические зоны, контролируют процессы фенитизации. Наиболее четко это устанавливается на Нижне-Ичетуйском участке, потому что процессы фенитизации проявлены здесь слабее. Если на Боргойском месторождении благодаря интенсивным процессам фенитизации и особым геологическим условиям (одинаковая ориентировка зон мариуполитизации, тел сиенит-порфиров и трахитоидности) влияние этих двух факторов сливается, то на Нижне-Ичетуйском месторождении из-за слабых процессов фенитизации и разной ориентировки тектонических зон и тел сиенит-порфиров выявляется их самостоятельное значение в контролировании процессов фенитизации.

Можно предполагать, что вдоль контактов плотных сиенит-порфиров с крупнозернистыми биотитовыми сиенитами (более проницаемыми для растворов) происходило подпру-

живание фенитизирующих растворов, т. е. сиенит-порфиры играли роль экранов. Существенное значение, по-видимому, имел и химический состав сиенит-порфиров.

Процессы фенитизации в телах сиенит-порфиров проявляются по-разному. Наиболее часто наблюдается постепенный переход бурых безнефелиновых сиенит-порфиров в серые сельвсбергиты либо тингуаиты в одном и том же линзовидном теле без изменения структуры и ориентировки трахитоидности. В других же случаях, также довольно частых, тингуаиты или сельвсбергиты возникают в одной из линз в цепочке тел сиенит-порфиров. В одном случае удалось наблюдать, как нефелин образует мономинеральные прослои вдоль трещинок рассланцевания в деформированной и разорванной дайке сельвсбергита (рис. 6). Не каждое тело сиенит-порфиров фенитизировано. Пути циркуляции щелочных растворов определяются тектоническими зонами. И если сиенит-порфиры попадают в эти зоны, то они подвергаются фенитизации как благоприятные частные структуры.

На Нижне-Ичетуйском участке наблюдались интересные, так называемые «сухие», тектонические зоны. Сухими их назвали потому, что в них нет ни эгирина, ни нефелина. Эти зоны параллельны зонам мариуполитов и имеют с ними сходное строение; узкие, прямолинейные, субширотного простирания, сложенные бластомилонитами, они, так же как зоны мариуполитов, сопровождаются небольшими телами пегматоидных сиенитов. Главные различия между этими, во многом сходными тектоническими зонами заключаются прежде всего в окраске. «Сухие» тектонические зоны бурые, а зоны, сложенные мариуполитами, всегда серые. С этими же зонами

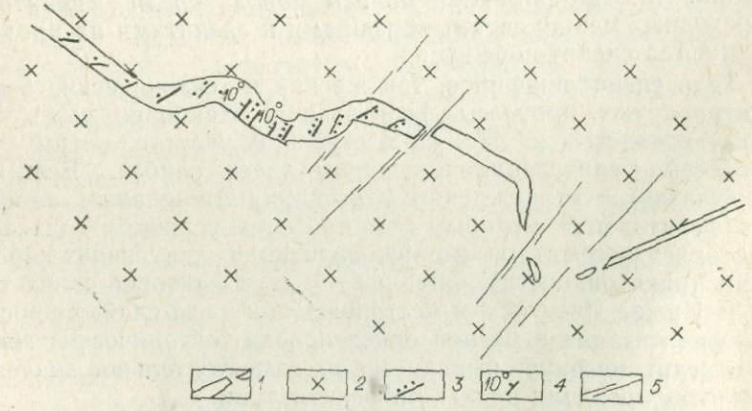

Рис. 6. Деформированная и фенитизированная дайка сиенит-порфиров на Нижне-Ичетуйском участке. М-б 1 : 500.

1 — контур дайки; *2* — сиениты; *3* — нефелин; *4* — ориентировка зон рассланцевания; *5* — «сухие» зоны рассланцевания.

связаны ореолы мусковитизации биотитовых сиенитов. По-видимому, в «сухих» тектонических зонах проявилась самая ранняя стадия фенитизации, выразившаяся лишь в слабой альбитизации, мусковитизации и ожелезнении пород. Ореолы мусковитизации пород вокруг этих зон аналогичны породам из внешней зоны ореолов фенитизации вокруг мариуполитовых тел.

Таким образом, и «сухие» тектонические зоны, и тектонические зоны с мариуполитами, по всей вероятности, имеют одну и ту же природу, а разница между ними объясняется различной степенью фенитизации пород, а также, возможно, различными уровнями залегания зон мариуполитизации по вертикали.

В северной части Нижне-Ичетуйского участка встречаются многочисленные ксенолиты метаморфизованных эффузивов среднего и основного состава. Мелкие ксенолиты обычно плотные темно-зеленые; их эффузивная природа проявляется лишь изредка в сохранившейся структуре первичных пород. Более крупные тела ксенолитов обнаруживают первичную порфировую структуру, особенно в центральной части ксенолита. Краевые же зоны ксенолитов, а также мелкие узкие тела обычно сильно рассланцованы и превращены в зеленые сланцы. Нефелиновые сиениты в контакте с зелеными эффузивами не наблюдались.

Боцинское проявление нефелиновых сиенитов расположено на правом борту долины р. Джиды в 4 км к западу от дер. Боци. Обнаружено оно в 1959 г. геологом В. В. Казаковым. Летом 1960 г. здесь были проведены разведочные работы колонковым бурением до глубины 200 м.

На поверхности нефелиновые сиениты обнажаются в виде небольшого тела размером 10×5 м. На глубине нефелиновые сиениты были подсечены двумя скважинами. Маломощные тела нефелиновых сиенитов были встречены на глубине от 50 до 70 м (скв. № 1) и на глубине от 10 до 20 м (скв. № 9). В обоих случаях нефелиновые сиениты находятся между дайками сиенит-порфиров.

Вмещающими породами нефелиновых сиенитов на Боцинском участке являются серовато-розовые средне- и крупнозернистые мусковитизированные сиениты, переходящие с глубиной в розовато-бурые биотитовые сиениты.

По трем главным скважинам (№ 1, 8, 9) хорошо устанавливается вертикальная зональность процесса фенитизации биотитовых сиенитов. В верхней части массива, до глубины 100 м, биотитовые сиениты интенсивно мусковитизированы. В интервале 100—130 м наблюдается альбитизация сиенитов, а в гнездах мусковита появляются кальцит и магнетит. Между 130 и 150 м в биотитовых сиенитах продолжается более интенсивная альбитизация, мусковит исчезает, а вместо него

появляются гнезда андрадита и эпидота. От 150 до 180—200 м залегают эгириновые и роговообманковые сиениты без нефелина.

На основании приведенной выше зональности можно предположить, что ниже эгириновых сиенитов могут залегать нефелиновые сиениты, т. е. продукты интенсивного и высокотемпературного щелочного метасоматоза.

Дабхорское проявление. Дабхорский хребет расположен в северной половине Боргойской впадины. Он вытянут в северо-восточном направлении и разделяет впадину на две неравные части. Щелочные и нефелиновые сиениты встречены в юго-западной части Дабхорского хребта. Представлены они дайками сельвсбергитов и тингуаитов. Собственно нефелиновые сиениты типа мариуполитов были встречены лишь в одном небольшом коренном обнажении. Вмещающими породами являются биотитовые и роговообманковые сиениты. Полевыми наблюдениями было установлено, что дайки щелочных нефелиновых сиенитов на Дабхорском хребте очень сложны по форме, составу и условиям залегания.

По взаимоотношению с вмещающими породами выделяются реликтовые дайки и дайки секущие.

Реликтовые дайки являются наиболее распространенными на этом участке. Они имеют разнообразную форму, но преобладают среди них разлинзованные дайки, вытянутые в северо-восточном направлении (рис. 7). Мощность реликтовых даек колеблется от 1 до 7 м, но преобладают дайки мощностью в 2—3 м. По простиранию дайки прослеживаются до 1,5 км.

Большинству реликтовых даек присущи отчетливые признаки воздействия на них вмещающих пород в виде хорошо проявленной сиенитизации. Дайки рассланцованы, подвергнуты интенсивной полевошпатизации по зонам рассланцевания и вдоль контактов, часто пронизаны жилками сиенитов, уходящими своими корнями во вмещающие сиениты, нередко контакты даек с вмещающими породами расплывчаты и переход между ними постепенный.

По минералогическому составу среди реликтовых даек преобладают буровато-серые и бурые роговообманковые и эгириновые сельвсбергиты без нефелина. Нередко среди сельвсбергитов встречаются линзы тингуаитов. Кроме того, часто отмечаются единичные линзовидные тела тингуаитов, приуроченные к местам перегиба даек сельвсбергитов. Линзовидные тела тингуаитов залегают в виде цепочек по контактам разлинзованных даек сельвсбергитов (рис. 8).

Секущие дайки тингуаитов и сельвсбергитов немногочисленны. Они легко выделяются при полевых наблюдениях. Этим дайкам присущи прямолинейные секущие контакты со всеми породами и небольшая мощность (10—50 см). Для

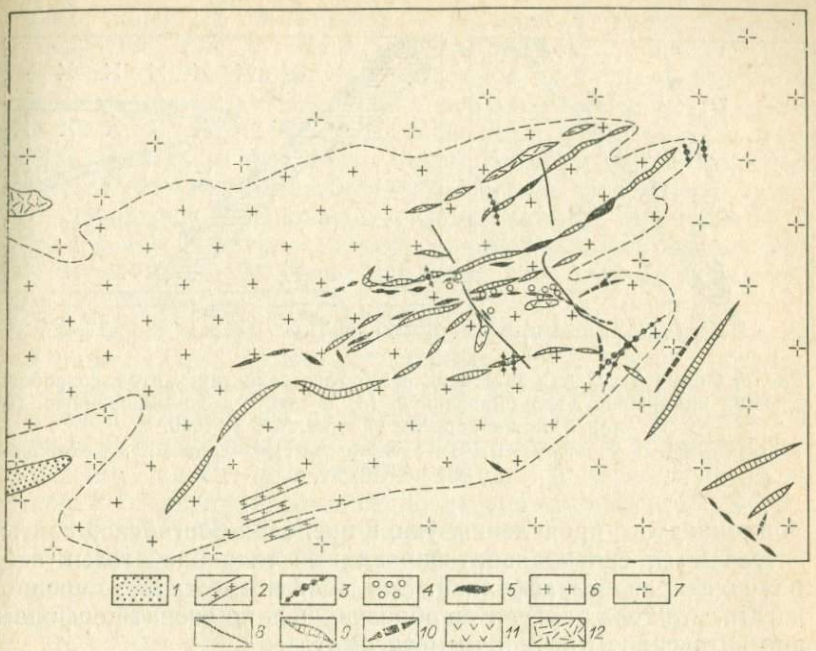

Рис. 7. Схематическая геологическая карта Дабхорского участка. М-б 1 : 10 000.

1 — рыхлые отложения; *2* — дайки гранитов; *3* — жилы красных тингуаитов и сельвсбергитов; *4* — видимый макроскопически нефелин в сиенитах и тингуаитах; *5* — тингуаиты; *6* — сиениты и граносиениты; *7* — граниты; *8* — дайки розовых жильных сиенитов; *9* — разлинзованные дайки сельвсбергитов; *10* — метаморфизованные ксенолиты даек диабазов; *11* — ксенолиты метаморфизованных и частично фенитизированных андезитов; *12* — метаморфизованные эффузивы.

сельвсбергитов и тингуаитов, слагающих секущие дайки, характерен буровато-красный цвет из-за обильных окислов железа и игольчатая трахитовая структура, видимая простым глазом. В отдельных случаях вокруг даек наблюдаются экзоконтактовые воздействия на вмещающие породы, выразившиеся в их альбитизации и изредка нефелинизации.

Мощная секущая дайка на юге участка сложена своеобразными красными призматически-зернистыми сиенитами с интерстициями, выполненными первичными кальцитом, хлоритом и эпидотом. Тингуаиты и сельвсбергиты, слагающие реликтовые и секущие дайки, хорошо различаются под микроскопом по своим структурным особенностям, которые будут приведены при петрографическом описании.

Зорменикское проявление нефелиновых сиенитов расположено в 1,2 км на юго-восток от Боцинского участка в том же массиве биотитовых сиенитов. Альбит-микроклин-нефелиновые породы типа тингуаитов образуют здесь серию линзовидных тел среди биотитовых сиенитов. Далее на запад от

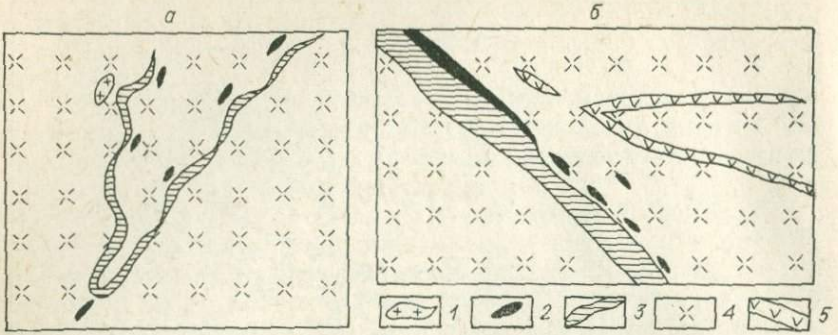

Рис. 8. Форма и условия залегания реоморфических тингуаитов, сопровождающих интенсивно деформированную (*а*) и слабо деформированную (*б*) дайки на Дабхорском участке. М-б 1 : 1000.

1 — граносиениты; *2* — тингуаиты; *3* — сельвсбергиты; *4* — сиениты; *5* — реликтовая дайка диабазов.

Зорменикского проявления, уже в пределах боргойской свиты, встречаются сильноальбитизированные тела биотитовых сиенит-порфиров без нефелина. Это дает возможность предполагать, что тела тингуаитов образовались по сиенит-порфирам при интенсивном натровом метасоматозе.

Белоозерское проявление нефелиновых сиенитов расположено на левом борту долины Джиды, в пади Нарын-Хунды, в 3 км от ее устья. Открыто оно было В. М. Ладаевой в 1959 г. Нефелиновые сиениты слагают здесь несколько небольших тел, приуроченных либо к тектоническим зонам, либо к телам сиенит-порфиров.

Общая геологическая обстановка такова: среди эффузивов боргойской толщи преимущественно основного состава залегает небольшой массив (1×1 км) биотитовых сиенитов бурого либо розовато-бурого цвета. Сиениты средне- и крупнозернистые, с редкими обособлениями крупнозернистых сиенитов пегматоидной структуры. Вдоль восточной границы массива проходит широкая полоса сильномилонитизированных и брекчированных пород. Мощность зоны милонитизации меняется от 200 до 400 м. Судя по реликтам, милонитизации подверглись биотитовые сиениты. Проявление нефелиновых сиенитов расположено вблизи этой тектонической зоны в северо-восточной части массива биотитовых сиенитов. Нефелинизированные дайки сиенит-порфиров и тектонические зонки с нефелиновыми сиенитами ориентированы в направлении, близком к меридиональному и под острым углом к главной тектонической зоне. Так же как и на Нижне-Ичетуйском проявлении, здесь наблюдаются постепенные переходы в телах сиенит-порфиров от бурых безнефелиновых до светло-серых альбит-нефелиновых пород типа тингуаитов. Альбит-нефели-

новые породы, образованные по сиенит-порфирам, всюду мелкозернистые с порфировидными вкрапленниками калишпатов, сохранившихся от первичной породы. Вблизи нефелинизированных тел сиенит-порфиров встречаются гнезда крупнозернистых нефелиновых сиенитов пегматоидной структуры. Размеры гнезд резко превышают 1×2 м. Прослежены две тектонические зоны меридионального простирания, сопровождающиеся интенсивной мусковитизацией вмещающих пород. Альбит-нефелиновые породы дают широкий ореол фенитизированных биотитовых сиенитов. Содержание нефелина в них не превышает 2—3%.

На Белоозерском проявлении нефелиновых сиенитов в миниатюре видны те же характерные черты, что и в крупных Нижне-Ичетуйском и Боргойском месторождениях. Альбит-нефелиновые породы развиваются здесь в основном за счет бурых сиенит-порфиров; нефелиновые сиениты образуют ореолы вокруг альбит-нефелиновых пород и постепенно переходят либо в серовато-розовые мусковитизированные, либо в розовато-бурые и бурые биотитовые сиениты.

Характерная особенность Белоозерского проявления — присутствие в нем альбит-нефелин-содалитовых пород, в которых содержание содалита достигает 20—25%.

Харасунское проявление расположено в 3 км на восток от устья Харасун и в 0,5 км южнее крупного разлома, с которым связано Харасунское флюоритовое проявление.

Так же как и на Белоозерском проявлении, нефелиновые сиениты образуют здесь несколько небольших тел размером 10×15, 4×30, 10×120 м и контролируются реликтовыми дайками сиенит-порфиров. Нефелиновые сиениты содержат переменное количество нефелина — от 5 до 25%. Отмечаются небольшие гнезда крупнозернистых нефелиновых сиенитов с пегматоидной структурой. В тонких прожилках в нефелиновых сиенитах встречается фиолетово-голубой содалит.

Вмещающие породы — биотитовые сиениты, иногда щелочные сиениты с эгирином и сине-зеленой роговой обманкой.

Сухо-Хобольское проявление нефелиновых сиенитов находится в устье пади Сухой Хобол. Нефелиновые сиениты залегают среди биотит-роговообманковых сиенитов. Наблюдается преобладание канкринитовых сиенитов над нефелиновыми. Участок плохо обнажен и взаимоотношения пород изучены слабо.

Орцекское проявление находится в 3 км западнее Харасунского участка. Оно представляет собой несколько коренных выходов нефелиновых сиенитов среди биотитовых бурых сиенитов.

Верхне-Булыкское проявление на Верхнем Булыке упоминаются в статье В. М. Ладаевой (1960) как небольшое проявление.

ПЕТРОГРАФИЧЕСКОЕ ОПИСАНИЕ ГЛАВНЫХ ТИПОВ ПОРОД

В начале главы дано петрографическое описание вмещающих пород, а затем продуктов фенитизации по породам различного состава. В особый раздел выделены дайковые породы.

Термин «фенитизация» в настоящей работе используется в обычном его понимании как щелочной метасоматоз, главным образом натровый, который выразился на разных стадиях в альбитизации пород, эгиринизации, нефелинизации, канкринитизации, содалитизации, мусковитизации.

ВМЕЩАЮЩИЕ ПОРОДЫ

Большинство проявлений нефелиновых сиенитов залегает среди биотитовых и биотит-роговообманковых сиенитов.

Биотитовые сиениты на всех изученных участках имеют сходный минеральный состав и текстурно-структурные особенности. Это бурые и серовато-розовые полнокристаллические породы с послойным чередованием средне-, мелко- и крупнозернистых разновидностей. Нередко в них хорошо выражена трахитоидность, особенно отчетливая в мелкозернистых сиенитах. Почти всегда в них виден биотит, который образует пятнистые скопления.

При микроскопическом изучении даже на вид свежие и массивные биотитовые сиениты обнаруживают следы катаклаза перекристаллизации.

Наблюдается активное воздействие биотитовых сиенитов на вмещающие их породы и ксенолиты в виде отчетливой сиенитизации. Ксенолиты среди биотитовых сиенитов представлены рассланцованными эффузивами, реликтовыми дайками сиенитов и сиенит-порфиров. В некоторых участках, особенно в эндоконтактах биотитовых сиенитов, наблюдаются теневые структуры первичных эффузивов; отдельные ксенолиты эффузивов сильно фельдшпатизированы.

Биотитовые сиениты в наименее измененном виде сохранились на Нижне-Ичетуйском участке, так как процессы фенитизации проявились здесь не столь интенсивно, поэтому принимаются в работе условно как типичные. В табл. 1 приведены данные количественно-минеральных подсчетов биотитовых сиенитов как с Нижне-Ичетуйского участка, так и с Боргойского.

Главным породообразующим минералом в слабофенитизированных биотитовых сиенитах является калишпат-ортоклаз-микропертит. Он образует крупные пластины. Альбит в виде

мелких изометричных зерен, чаще без двойников, располагается по межзерновым трещинам либо образует гнездовые скопления вместе с биотитом. Содержание альбита колеблется от 7 до 25%.

На Боргойском же месторождении в биотитовых сиенитах содержание альбита увеличивается до 50% и более. Пертитовые вростки альбита в ортоклазе становятся крупными, сдвойникованными и составляют до 30—40% площади кристалла ортоклаза. Мелкозернистый альбит в основной массе цементирует крупные пластины ортоклаза, образует прожилки и гнезда в нем. Состав альбита в пертитовых прорастаниях и в основной массе одинаково содержит около 6% анортитовой молекулы. Биотит обычно образует крупные пятнистые обособления. В фенитизированных разновидностях помимо этих пятен мелкочешуйчатый биотит вместе с альбитом пронизывает породу в виде тонкой прерывистой сети. На примере слабофенитизированных биотитовых сиенитов устанавливается, что альбитизации предшествует биотитизация. Во всяком случае, эти два процесса тесно связаны между собою. Биотитом замещается калишпат вокруг жилок альбита, а при изучении биотит-роговообманковых разновидностей, которые будут описаны ниже, устанавливается интенсивная биотитизация роговой обманки также в связи с альбитизацией. Более поздняя альбитизация разрушает биотит.

Таблица 1

Количественно-минеральный состав биотитовых сиенитов, об. %

Минерал	Проба			
	138	1-Б	1-29	8-БН
Ортоклаз	77,5	34,9	25,8	19,9
Альбит	7,0	45,9	55,4	60,7
Биотит	15,5	15,4	17,8	18,9
Эгирин	+	—	—	++
Апатит	+	+	+	+
Сфен	+	+	—	+
Кальцит (доломит)	—	2,5	1,0	0,5
Мусковит	—	0,9	++	+
Рудный минерал	—	0,4	—	—
Циркон	—	+	+	+
Флюорит	—	+	+	+

Примечания: 1. 138 — бурый биотитовый сиенит, Нижне-Ичетуйское проявление, аналитик Т. А. Лахно; 1-Б, 1-29, 8-БН — розовато-бурые биотитовые сиениты, Боргойский массив, аналитик Н. Г. Таскина. 2. В данной таблице и во всех последующих таблицах количественно-минерального состава знаки (+, ++) означают присутствие минерала в акцессорном количестве, а знак (—) — отсутствие минерала.

Для малоизмененных биотитовых сиенитов характерен однообразный и бедный состав акцессорной минерализации — апатит, редко сфен. В фенитизированных разновидностях набор акцессорных минералов увеличивается, что хорошо иллюстрируется табл. 1. Из таблицы также видно, что более фенитизированные биотитовые сиениты на Боргойском месторождении содержат доломит, кальцит, мусковит и низкотемпературный калишпат второй генерации, представленный микроклином. Микроклин очень свежий, приурочен к альбит-биотитовым гнездам, обычно в ассоциации с кальцитом и доломитом.

Таблица 2

Химический состав биотитовых сиенитов, вес. %

Компонент	Проба				Среднее
	138	1-Б	1-29	8-БН	
SiO_2	58,35	55,80	57,62	58,00	57,44
TiO_2	0,92	0,72	0,42	0,50	0,64
Al_2O_3	16,32	18,22	17,80	20,06	18,09
Fe_2O_3	0,74	4,41	2,87	0,30	2,08
FeO	7,03	4,31	4,31	5,39	5,26
MnO	0,20	0,32	0,58	0,20	0,32
MgO	0,85	0,71	1,37	0,35	0,82
CaO	1,65	2,04	0,07	1,67	1,36
Na_2O	5,87	4,97	6,95	7,96	6,44
K_2O	6,60	6,31	5,23	3,00	5,28
H_2O^-	0,12	0,10	—	0,02	0,08
H_2O^+	1,80	0,26	1,25	1,80	1,28
P_2O_5	0,18	0,20	0,09	0,07	0,14
CO_2	—	1,32	0,14	0,12	0,53
F	—	—	0,46	—	—
SO_3	—	0,11	0,24	0,12	0,16
ZrO_2	—	—	0,01	—	—
Сумма	100,50	99,70	99,41	99,58	—
f	82,2	77,6	80,6	89,8	—
f'	83,5	87,0	86,9	90,3	—

Примечание. Во всех таблицах химического состава пород номера проб соответствуют номерам в таблицах количественно-минерального и нормативного составов, а также номерам в сводной таблице числовых характеристик, по Заварицкому А. Н. (см. табл. 50); знак (—) означает, что анализ на данный компонент не проводился; (нет) — не обнаружен при анализе;

$$f = \frac{FeO}{FeO+MgO}\cdot 100;\ f' = \frac{FeO + Fe_2O_3}{FeO+MgO+Fe_2O_3}\cdot 100.$$

При пересчете химических анализов биотитовых сиенитов (табл. 2) на CIPW (табл. 3) в двух пробах появляется нефелин. Количественные соотношения нормативного ортоклаза и альбита почти такие же, как в шлифах, за исключением пробы 138, где при подсчете в шлифах пертитовые вростки в ортоклазе не учитывались. В фенитизированных разновидностях содержание ортоклаза уменьшается, а альбита увеличивается как по данным подсчетов в шлифах, так и по нормативным составам.

Биотит-роговообманковые сиениты. Бурые и серовато-розовые сиениты, содержащие роговую обманку, встречаются среди биотитовых сиенитов довольно часто, особенно на Нижне-Ичетуйском, Боцинском и Харасунском месторождениях. Наиболее типичные разновидности состоят из ортоклаза-микропертита, небольшого количества альбита, биотита и сине-зеленой роговой обманки. Повышенное содержание сфена, рудного минерала, а также присутствие щелочной роговой обманки, по-видимому, является результатом ассимиляции сиенитами вмещающих пород основного состава (табл. 4).

Биотит-роговообманковые сиениты, так же как и биотитовые, неравномерно фенитизированы. Установлено, что роговая обманка даже при слабой фенитизации быстро разрушается с образованием псевдоморфоз, выполненных биотитом, сфеном, рудным минералом, альбитом. Роговая обманка сначала мут-

Таблица 3

Нормативный состав биотитовых сиенитов по CIPW, вес. %

Минерал	Проба			
	138	1-Б	1-29	8-БН
Кварц	—	0,29	—	—
Корунд	—	3,18	2,64	1,28
Циркон	—	—	0,01	—
Ортоклаз	39,00	37,29	30,91	17,73
Альбит	33,98	41,34	48,83	56,42
Анортит	—	0,48	—	7,07
Нефелин	7,3	—	—	5,50
Тенардит	—	0,19	0,004	0,21
Карбонат натрия	—	—	1,70	—
Акмит	2,14	—	—	—
Силикат натрия	0,02	—	—	—
Диопсид	1,04	—	—	—
Геденбергит	5,06	—	—	—
Энстатит	—	1,77	2,38	—
Ферросилит	—	3,68	4,14	—
Форстерит	1,14	—	0,72	0,61
Фаялит	7,00	—	1,38	7,10
Магнетит	—	6,39	4,17	0,43
Ильменит	1,75	1,37	0,80	0,95
Апатит	0,43	0,47	0,21	0,17
Флюорит	—	—	0,94	—
Кальцит	—	3,00	1,28	0,27
Сумма	98,86	99,45	99,96	97,74

неет, так как в ней образуются обильные мелкие зерна сфена. Затем развивается биотит либо непосредственно по зерну роговой обманки (тогда он переполнен сфеном), либо растет перпендикулярно к зерну роговой обманки (в этом варианте биотит чистый, а более крупные зерна сфена окаймляют его). От роговой обманки же остается псевдоморфоза, выполненная

Таблица 4

Количественно-минеральный состав биотит-роговообманковых сиенитов, об.%

Минерал	Проба					
	29б	82	118а	117	79б	47б
Калишпат	61,9	82,7	72,6	64,6	69,8	46,0
Альбит	27,0	7,2	5,5	12,1	25,0	45,5
Роговая обманка	5,0	5,3	12,0	1,0	+	3,2
Биотит	3,0	4,8	9,9	21,5	5,2	4,8
Апатит	++	++	++	++	++	++
Сфен	++	++	++	0,8	+	0,5
Гранат	—	—	—	—	—	+
Рудный минерал	3,1	++	++	++	++	++

Примечание. 29б — бурый сиенит, Харасунский участок; 82, 118а, 117, 79б, 47б — бурые и серовато-розовые сиениты с. Нижне-Ичетуйского участка.

Таблица 5

Химический состав биотит-роговообманкового сиенита (проба 296) *

Компонент	Вес. %	Компонент	Вес. %	Компонент	Вес. %
SiO_2	63,80	MgO	1,18	P_2O_5	0,06
TiO_2	0,71	CaO	0,13	CO_2	0,33
Al_2O_3	19,12	Na_2O	5,90	SO_3	Нет
Fe_2O_3	0,68	K_2O	7,00		
FeO	1,44	H_2O^-	0,18	Сумма	100,58
MnO	0,23	H_2O^+	—	f	77,9
				f'	83,2

* Аналитик Т. А. Лахно.

агрегатом зерен сфена рудного минерала и биотита. Биотитизация роговой обманки либо опережает альбитизацию, либо развивается на ранней ее стадии.

Более интенсивные процессы фенитизации превращают биотит-роговообманковые сиениты в биотитовые. Поэтому они и сохранились в большом количестве либо на участках со слабой или умеренной фенитизацией. При пересчете химического состава биотит-роговообманкового сиенита (табл. 5) на числовые характеристики по А. Н. Заварицкому он относится к нормальному ряду (см. табл. 50). В нормативном составе этих пород содержится небольшое количество кварца, корунда, почти равные количества ортоклаза и альбита (табл. 6). Резкое несоответствие количественных соотношений полевых шпатов в нормативном составе и в составе при подсчете в шлифах объясняется пертитовыми прорастаниями альбита в ортоклазе, которые трудно учесть при подсчетах в шлифах.

Габбро. К югу от Боргойского массива биотитовых сиенитов обнажается крупный массив габбро. Биотитовые сиениты прорывают габбро. Вдоль контакта с биотитовыми сиени-

Таблица 6

Нормативный состав биотит-роговообманкового сиенита (проба 296)

Минерал	Вес. %	Минерал	Вес. %	Минерал	Вес. %
Кварц . . .	2,96	Карбонат натрия	0,70	Ильменит .	1,35
Корунд . . .	2,51	Энстатит . . .	2,94	Апатит . .	0,14
Ортоклаз . .	41,37	Ферросилит . .	1,34	Кальцит . .	0,09
Альбит . . .	46,48	Магнетит . . .	0,99	Сумма . .	100,87

Таблица 7

Химический состав габбро, вес. %

Компонент	Проба 103	Проба 210	Проба 96	Среднее габбро, по Дэли	Компонент	Проба 103	Проба 210	Проба 96	Среднее габбро, по Дэли
SiO_2	43,44	47,54	51,48	48,24	H_2O+	1,71	1,36	1,17	0,28
TiO_2	2,82	2,0	2,29	0,97	P_2O_5	0,45	0,42	0,70	—
Al_2O_3	18,86	16,28	20,29	17,88	F	—	0,07	—	—
Fe_2O_3	4,09	4,16	2,92	3,16	Cl	—	0,04	—	—
FeO	7,27	9,19	4,84	5,95	SO_3	—	0,28	—	—
MnO	0,15	0,07	0,12	0,13	CO_2	1,65	—	1,10	—
MgO	4,86	5,70	1,89	7,51					
CaO	10,56	7,74	5,38	10,99	Сумма	99,76	99,81	100,29	—
Na_2O	3,24	2,60	4,95	2,55	f	45,6	47,5	59,0	—
K_2O	0,66	2,36	3,16	0,89	f'	55,9	56,0	68,9	—
H_2O^-	0,18	0,04	0,14	1,45					

Примечание. 103 — габбро; проба взята в 300 м от контакта с сиенитами; состав (визуальный): плагиоклаз (№ 49—65) — 65%, роговая обманка — 25, биотит — 2, хлорит — 3, эпидот — 5%, кальцит, титаномагнетит, сфен, апатит. 210 — габбро; проба взята в 200 м от контакта с сиенитами; состав: плагиоклаз — 60%, моноклинный пироксен ($cNg=49°$) — 10, роговая обманка — 15, биотит — 12%, эпидот, титаномагнетит, кальцит, апатит, сфен. 96 — сиенито-диорит из жилы в габбро; состав: плагиоклаз — 55%, калишпат — 8, альбит — 25, биотит — 10, титаномагнетит, сфен — 1,5, апатит —0,5%, эпидот, кальцит, серицит. Аналитик Т. А. Лахно.

тами габбро рассланцованы и превращены в альбит-соссюрит-биотитовые породы. Ширина зоны рассланцевания 50—60 м.

Вторичные изменения в габбро наблюдаются и в 200—300 м от контакта с биотитовыми сиенитами. Эти изменения выражаются в замещении плагиоклаза альбит-соссюритовым агрегатом и в замещении пироксена биотитом и сине-зеленой роговой обманкой.

Химический состав двух проб габбро несколько отличается от среднего состава габбро, по Дэли (табл. 7). Эти отклонения объясняются метасоматическими изменениями в габбро, связанными с воздействием на них биотитовых сиенитов, что отразилось и на нормативном составе пород (табл. 8). Нефелиновые сиениты нигде не контактируют с габбро.

В массиве габбро вблизи контакта с биотитовыми сиенитами встречаются жилы гибридных пород сиенито-диоритового состава (см. табл. 7). Мощность жил около 10 м, протяженность около 200 м. Жилы расположены в зоне рассланцевания габбро и ориентированы параллельно контакту с биотитовыми сиенитами (см. рис. 2). По минеральному и химическому составу эти породы можно отнести к сиенито-диоритам. По всей вероятности, они являются гибридными и генетически связаны с биотитовыми сиенитами.

Таблица 8

Нормативный состав габбро, вес. %

Минерал	Проба		
	103	210	96
Корунд	—	—	3,15
Ортоклаз	3,90	13,95	18,68
Альбит	27,42	19,87	41,89
Анортит	34,97	26,91	15,21
Галит	—	0,07	—
Тенардит	—	0,50	—
Диопсид	2,34	4,21	—
Геденбергит	0,95	2,66	—
Энстатит	1,84	8,44	4,42
Ферросилит	0,85	6,10	2,74
Форстерит	6,42	2,66	0,20
Фаялит	3,27	2,12	0,13
Магнетит	5,92	6,03	4,23
Ильменит	5,36	3,80	4,35
Апатит	1,07	0,99	1,66
Флюорит	—	0,10	—
Кальцит	3,75	—	2,50
Сумма	98,06	98,41	99,16

ПРОДУКТЫ ФЕНИТИЗАЦИИ БИОТИТОВЫХ СИЕНИТОВ

Последовательность описания пород дана в соответствии с установленной метасоматической зональностью вокруг тел мариуполитов в порядке затухания интенсивности процессов фенитизации.

Мариуполиты. При описании участков указывалось, что мариуполиты залегают только в тектонических зонах и имеют облик бластомилонитов. Исходными породами при образовании мариуполитов были в большинстве случаев биотитовые сиениты и щелочные роговообманковые сиениты, также пегматоидные разновидности этих пород. Часто встречаются мариуполиты, развившиеся по жильным породам (сиенит-порфирам, сельвсбергитам) и по эффузивам сиенитового состава, которые будут описаны в разделе «Дайковые породы». По текстурно-структурным типам мариуполиты обрамления Боргойской впадины укладываются в классификацию С. А. Руденко (1962), предложенную для мариуполитов Восточного Приазовья:

1. Мелкозернистые.
2. Гнейсовидные.
3. Полосчатые: а) параллельно-лейстовая, б) спутанно-лейстовая, в) массивная текстура, г) порфиробластовая структура.
4. Полосчато-пятнистые и пятнистые.
5. Порфиробластовой структуры.

Небольшие расхождения с этой классификацией заключаются в следующем: мелкозернистые мариуполиты, которые С. А. Руденко считает исходными для мариуполитов других типов структур и текстур, в изученном районе образуются в зонах наиболее интенсивной милонитизации и являются не исходными, а, напротив, породами, максимально переработанными метасоматическими процессами.

В зонах мариуполитизации независимо от исходных пород в конечном результате возникали породы типа мариуполитов, близкие между собой по минеральному и химическому составу (табл. 9, 10, 11). Большинство мариуполитов изучен-

Таблица 9

Количественно-минеральный состав мариуполитов, об. %

Минерал	Проба								
	23	р-111	р-30	Пр. 6	р-59	р-1	Пр. 8	2(153)	4(148)
Ортоклаз-пертит	2,3	26,1	23,5	27,3	29,7	30,0	33,0	12,0	3,0
Альбит	48,4	37,9	34,8	32,5	29,0	35,0	40,0	47,0	47,5
Нефелин	23,5	24,8	29,5	27,6	28,0	3,0	2,0	29,0	27,5
Эгирин	24,1	8,2	10,9	9,9	10,3	15,0	10,0	3,0	20,0
Микроклин	+	+	+	+	+	+	+	—	—
Биотит	1,7	3,0	1,3	2,7	1,0	10,0	7,0	—	—
Роговая обманка	—	+	+	+	2,0	—	—	—	—
Канкринит	+	+	+	—	+	7,0	8,0	—	—
Флюорит	+	+	+	+	+	+	+	—	0,5
Содалит	—	+	+	+	+	+	+	—	—
Цеолит	—	+	+	+	+	++	—	—	—
Гранат	—	—	+	—	++	—	—	—	—
Ловенит	+	—	+	+	+	—	+	—	—
Апатит	—	+	+	+	+	+	+	—	—
Циркон	+	+	+	+	+	+	+	4,0	1,3
Сфен	—	—	—	—	—	+	+	—	—
Пирохлор	—	—	—	—	—	—	—	—	0,2

Примечание. 23 — мелкозернистый мариуполит, Нижне-Ичетуйский участок; р-111, р-30, пр. 6, р-59 — эгирин-нефелиновые мариуполиты; р-1, Пр. 8 — эгирин-канкринитовые мариуполиты; 2 (153) — мариуполит грубозернистый (нормальный тип И. А. Морозевича), балка Вали Тарама; 4 (148) — гнейсовидный мариуполит (цирконовый тип И. А. Морозевича) (данные Н. А. Елисеева, В. Г. Кушева, Д. П. Виноградова, 1965).

ного района принадлежит к калишпатсодержащей разновидности. Собственно же мариуполиты, т. е. породы альбит-эгирин-нефелинового состава с очень небольшим содержанием калишпата, встречаются редко; залегают они в наиболее долгоживущих узких тектонических зонах и представляют собой мелкозернистую разновидность мариуполитов, о которой только что упоминалось.

Собственно мариуполиты. Это мелкозернистые породы альбит-нефелин-эгиринового состава. Залегают они в виде тонких прослойков и линзочек среди широких зон калишпатовых мариуполитов. На Нижне-Ичетуйском участке встречено несколько самостоятельных тел мелкозернистых мариуполитов в узких длинных тектонических зонах мощностью от 0,3 до 0,4 м. Протяженность этих зон не превышает 200 м.

По количественному минеральному составу (см. табл. 9) мелкозернистые мариуполиты близки к составу меланократовой разновидности мариуполитов. Для мелкозернистых мариуполитов характерна порфиробластовая структура с элементами пойкилобластовой и гломеробластовой. Основная мелкозернистая масса породы сложена альбитом роговиковой структуры; пойкилобласты представлены изометричными пластинами нефелина. Эгирин — светло-зеленый, со сла-

Таблица 10

Количественно-минеральный состав личфильдитов, об. %

Минерал	Канкринитовые		Биотитовые		Роговообманковые	
	3-46	р-75	3-35	12а	32	38а
Ортоклаз . . .	5,0	25,0	35,5	30,1	15,8	45,1
Альбит	80,0	54,0	41,2	41,0	50,3	12,5
Нефелин . . .	—	—	14,4	18,3	25,3	31,2
Канкринит . .	8,0	5,0	3,0	—	—	+
Биотит	7,0	4,4	6,4	8,5	+	2,4
Гранат	—	—	—	2,1	+	+
Микроклин . .	+	7,0	+	—	+	—
Содалит . . .	++	+	+	—	+	—
Эгирин	—	+	—	—	—	—
Роговая обманка	—	—	—	—	8,1	8,3
Рудный минерал .	+	5,0	+	+	0,5	+
Флюорит . . .	+	+	+	+	+	+
Ловенит . . .	+	++	+	—	+	—
Карбонат . . .	+	—	—	—	—	—
Цеолит	+	—	+	—	—	+
Циркон	+	+	+	+	+	+
Апатит	+	+	+	++	+	—

Примечание. 3-46, р-75, 3-35 — с Боргойского участка; 12а, 22, 38а — с Нижне-Ичетуйского участка.

бым плеохроизмом, образует либо отдельные длинные лейсты, либо мелкозернистые гломеробластовые скопления.

Калишпатсодержащие мариуполиты. По составу темноцветных минералов калишпатсодержащие мариуполиты разделяются на две группы — эгириновые мариуполиты и породы типа личфильдитов — роговообманковые и биотитовые. В каждой из этих групп есть нефелиновые, канкринитовые и содалитовые разновидности. В табл. 9 приведены количественно-минеральные составы нефелиновых и канкринитовых разновидностей эгириновых мариуполитов. Здесь же для сравнения приведены минеральные составы мариуполитов, по А. И. Морозевичу.

Эгирин-нефелиновые мариуполиты — самая распространенная разновидность в районе. Ими сложены все самые мощные зоны мариуполитов. Они представляют собой светло-серые средне- и крупнозернистые породы с хорошо видимым простым глазом оспенным матовым нефелином. По своим текстурно-структурным особенностям среди эгириновых мариуполитов встречаются все приведенные в классификации С. А. Руденко (1962) разновидности.

Метасоматические процессы, создавшие мариуполиты, настолько изменили первоначальный облик пород, их минеральный состав и структуру, что восстановить их можно лишь при сопоставлении всей совокупности геологических и петрогра-

Таблица 11

Химический состав средне- и крупнозернистых мариуполитов, вес. %

Компонент	Проба								
	р-111	р-30	Пр. 6	р-59	р-1	Пр. 8	1	2(153)	3(158)
SiO_2	55,46	55,75	55,78	55,78	56,82	54,10	56,47	58,35	56,71
TiO_2	0,32	0,32	0,31	0,32	0,58	0,53	0,43	0,17	0,07
Al_2O_3	21,52	21,46	20,84	21,66	19,39	18,68	21,26	20,07	21,29
Fe_2O_3	3,75	3,11	2,72	2,89	4,86	7,26	3,37	2,39	3,62
FeO	2,23	2,29	2,44	2,29	2,23	4,67	1,44	0,63	2,14
MnO	0,18	0,17	0,06	0,17	0,24	0,09	0,16	0,38	0,27
MgO	0,42	0,41	0,83	0,13	0,64	0,56	0,33	0,11	—
CaO	1,46	1,29	1,52	1,29	1,91	1,52	1,50	1,30	1,97
Na_2O	9,22	10,36	9,51	9,03	7,86	7,30	11,63	11,23	9,31
K_2O	4,38	3,59	3,72	4,78	3,96	4,45	2,21	3,55	3,65
H_2O^-	—	0,10	—	—	0,08	0,10	—	0,13	0,19
H_2O^+	0,78	0,64	0,80	0,60	1,42	0,18	0,77	6,78	0,66
P_2O_5	0,06	0,05	0,04	0,09	0,06	0,05	0,08	0,06	—
CO_2	—	—	0,30	—	—	0,58	0,24	0,10	—
F	—	—	0,30	—	—	0,23	—	0,17	—
Cl	—	—	0,44	—	—	0,08	0,14	—	0,21
SO_3	—	—	0,29	—	—	0,42	—	—	—
Zr_2O	—	—	0,01	—	—	0,117	—	0,05	—
Сумма	99,78	99,44	99,91	99,07	99,97	100,89	100,03	99,90	100,09
f	75,1	75,8	62,1	89,8	66,4	82,4	—	—	—
f'	88,5	87,3	76,8	94,9	85,4	91,8	—	—	—

Примечание. Пробы с Боргойского месторождения: р-111, р-30 — мариуполиты, аналитик Л. В. Комарова; Пр. 6 — мариуполит, проба весом 30 кг, аналитик Т. А. Лахно; р-59 — мариуполит, аналитик Л. В. Комарова; р-1 — канкринитовый мариуполит, аналитик Л. В. Комарова; Пр. 8 — канкринитовый мариуполит, аналитик Т. А. Лахно. Пробы с других месторождений: 1 — средний состав мариуполитов по 9 анализам (Nockolds, 1954); 2(153) — мариуполит грубозернистый (нормальный тип И. А. Морозевича); (Елисеев, Кушев, Виноградов, 1965); 3(158) — меланократовый мариуполит.

физических данных. От первичных сиенитов в мариуполитах сохранились лишь редкие реликтовые пластины ортоклаз-пертита. В большинстве же случаев ортоклаз-пертит перекристаллизован и распался на беспертитовый микроклин и альбит. Судя по относительному идиоморфизму в шлифах, нефелин является одним из наиболее поздних минералов мариуполитов (рис. 9). Однако при изучении под микроскопом часто устанавливается развитие более позднего альбита по нефелину. Лишь в переходных разновидностях можно наблю-

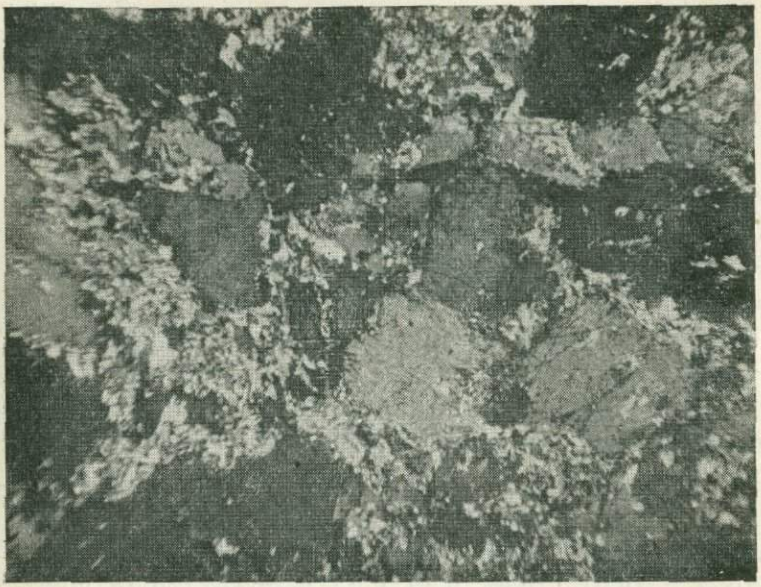

Рис. 9. Мариуполит, субидиоморфные зерна нефелина в микроклин-альбитовой основной массе. Ув. 8, николи (+).

дать замещение калишпата нефелином и эгирином, которое обычно начинается вдоль границ альбитовых пертитов замещения в калишпате. В личфильдитах на Нижне-Ичетуйском участке встречаются крупные идиоморфные пластины нефелина с реликтовыми участками замещенной породы калишпат-биотит-альбитового состава. Эти редкие случаи, сохранившие начальную стадию нефелинизации, позволяют предполагать, что нефелин замещал как отдельные минералы, так и целые участки породы. Более интенсивные процессы нефелинизации и последующей альбитизации сильно затушевывают последовательность образования минералов в мариуполитах.

Эгирин-канкринитовые мариуполиты обычно слагают краевую часть мощных зон мариуполитизации и образуют многочисленные мелкие линзовидные тела и зонки в широких ореолах нефелиновых сиенитов вокруг тел мариуполитов. Канкринитовые мариуполиты образуются одновременно с главными зонами эгирин-нефелиновых мариуполитов, но в более удаленных от магистрального канала участках. Канкринит в этих породах развивается не по нефелину, а вместо нефелина, образуя линзовидные гломеробластовые скопления либо равномерно рассеиваясь в микроклин-альбитовой массе.

Таблица 12

Нормативный состав мариуполитов (к табл. 9, 11), вес. %

Минерал	Проба						
	р-111	р-30	Пр. 6	р-59	р-1	Пр. 8	1
Корунд	—	—	1,00	—	—	1,81	—
Циркон	—	—	0,01	—	—	0,02	—
Ортоклаз	25,89	21,22	21,99	28,25	23,40	26,30	13,06
Альбит	38,46	41,98	47,70	37,52	48,79	48,04	51,26
Анортит	4,40	1,67	3,22	4,59	5,93	1,88	—
Нефелин	21,43	24,52	14,96	20,93	9,60	5,63	24,81
Акмит	—	—	—	—	—	—	1,2
Галит	—	—	0,73	—	—	0,13	—
Тенардит	—	—	0,51	0,07	—	0,74	—
Диопсид	1,2	1,66	—	0,20	2,45	—	1,77
Геденбергит	0,81	2,02	—	0,86	—	—	—
Волластонит	—	—	—	—	—	—	1,30
Форстерит	0,34	0,17	1,45	0,16	0,32	0,98	—
Фаялит	0,29	0,27	1,42	0,88	—	1,44	—
Магнетит	5,44	4,51	3,94	4,19	6,29	10,52	3,41
Гематит	—	—	—	—	0,52	—	0,60
Ильменит	0,61	0,61	0,59	0,61	1,10	1,01	0,82
Апатит	0,14	0,12	0,09	0,21	0,14	0,12	0,19
Флюорит	—	—	0,61	—	—	0,47	—
Кальцит	—	—	0,68	—	—	1,32	0,55
Сумма	99,01	98,75	98,90	98,47	98,54	100,41	98,97

Личфильдиты, как и эгирин-канкринитовые мариуполиты, встречаются на периферии ореолов фенитизации вокруг мощных зон мариуполитов на Боргойском месторождении. На Нижне-Ичетуйском участке роговообманковые личфильдиты образуют самостоятельные тела в узких тектонических зонах мощностью не более 0,3 м. Кроме этого, биотитовые личфильдиты залегают в ореолах фенитизации жильных сиенит-порфиров, где они находятся в тесных взаимопереходах с нефелиновыми сиенитами типа миаскитов. В табл. 10 даны результаты количественно-минеральных подсчетов различных разновидностей личфильдитов. В отличие от обычных мариуполитов в личфильдитах нет эгирина. Из темноцветных минералов присутствуют биотит либо роговая обманка гастингсит-арфведсонитового ряда. Обращает на себя внимание повышенное содержание в породах рудного минерала — магнетита.

В нормативном составе отдельных мариуполитов (табл. 12) содержится значительно меньше нефелина и больше альбита, чем в реальном составе этих пород (см. табл. 9). Пониженное содержание нефелина в нормативном составе объясняется обилием включений альбита, эгирина и биотита в реальном нефелине, которые при подсчете в шлифах не учитываются; более высокое содержание альбита в нормативном

составе объясняется перераспределением при пересчете натрия эгирина и глинозема биотита в альбит. По этой же причине в нормативном составе мариуполитов отсутствует эгирин. В отдельных пробах (Пр. 6 и р-1) значительно более низкое содержание ортоклаза в нормативном составе, по-видимому, связано с пертитовыми вростками альбита в реальном ортоклазе. Если учесть, что при пересчете химических анализов на норматиный состав весь калий (полевошпатовый и биотитовый) уходит в ортоклаз, то получается, что содержание нормативного ортоклаза выше реального. При сравнении же нормативных и визуальных составов видим, что в нормативном составе ортоклаза содержится больше, чем в визуальном. Из приведенных сравнений в отношении ортоклаза можно сделать вывод, что в реальном составе породы ортоклаза значительно меньше, чем при подсчетах под микроскопом, главным образом из-за большого содержания натрового полевого шпата в калишпате.

По химическому составу мариуполиты, согласно числовым характеристикам по А. Н. Заварицкому (см. табл. 50), относятся к породам нормального ряда, несмотря на высокое содержание в них эгирина (10—15%). Избыток свободного от полевых шпатов натрия в породе при пересчете полностью компенсируется глинеземом биотита. Некоторые пробы содержат избыточный глинозем, который при пересчете на нормативный состав фиксируется в виде корунда (см. табл. 12).

Пегматоидные нефелиновые сиениты. Нефелиновые сиениты пегматоидной структуры образуют гнезда и жилообразной формы тела обычно небольших размеров от 0,1×0,1 м до 1,0×0,5 м. Встречаются также более крупные единичные тела пегматитов.

Устанавливается четко выраженная закономерность — пегматоидные нефелиновые сиениты залегают в висячих крыльях зон мариуполитизации. Впервые эта закономерность была подмечена при детальном картировании зон мариуполитизации и ореалов фенитизации вокруг них на Нижне-Ичетуйском участке, а после многократно подтвердилась при картировании других участков, а также при изучении керна скважин, подсекающих мощные зоны мариуполитизации на Боргойском участке. Интересно, что самые мелкие зоны мариуполитов иногда сопровождаются в висячих крыльях крупными зернами нефелина.

По минеральному составу нефелиновые сиениты пегматоидной структуры близки к мариуполитам. По содержанию темноцветных минералов среди них выделяются эгириновые, роговообманковые и биотитовые разновидности типа личфильдитов. По содержанию полевых шпатов чаще встречаются разновидности с крупными кристаллами калинатрового полевого шпата, в которых калиевый полевой шпат низведен

до положения антипертита в результате интенсивной альбитизации. Лейстовый альбит развивается лишь по межзерновым трещинам и отдельными пластинами врезается в крупные зерна калинатрового полевого шпата.

Реже встречаются разновидности, в которых полевой шпат представлен только лейстовым альбитом, цементирующие крупные кристаллы нефелина.

Нефелин в роговообманковых и биотитовых пегматоидных сиенитах почти не перекристаллизован. Обильные включения в нем представлены биотитом и редко роговой обманкой. В эгириновых разновидностях наблюдается интенсивная грануляция нефелина и перекристаллизация его в виде дендритоподобных образований. Включения в нефелине также обильны, но среди них преобладает эгирин и альбит.

Вторичные замещения нефелина выражаются в умеренной цеолитизации, канкринитизации и содалитизации. Сколько-нибудь повышенного содержания редкоземельных минералов в пегматоидных нефелиновых сиенитах не наблюдается.

Нефелиновые сиениты являются самыми распространенными породами среди нефелинсодержащих пород на всех изученных участках. Они образуют широкие ореолы вокруг зон мариуполитов. Ореолы эти зачастую сливаются в сплошные поля нефелиновых сиенитов; как уже указывалось выше они имеют постепенные переходы с биотитовыми сиенитами без изменения структуры пород и ориентировки трахитоидности и полосчатости.

Для нефелиновых сиенитов характерен невыдержанный количественный минеральный состав (табл. 13). Наблюдаются резкие колебания количественных соотношений как главных породообразующих минералов, так и второстепенных. Особенно резко меняются содержания нефелина, биотита и эгирина.

Под микроскопом устанавливается неравномерная альбитизация первич-

Таблица 13

Количественно-минеральный состав нефелиновых сиенитов, об. %

Минерал	Проба			
	1-Н	8-НС	Пр.5	159/4
Калишпат	33,2	34,5	31,2	37,0
Альбит	39,0	35,7	46,3	25,0
Нефелин	11,4	3,9	1,7	21,0
Эгирин	12,2	11,5	5,2	17,0
Биотит	2,6	9,5	14,5	—
Канкринит	0,7	1,5	1,1	—
Роговая обманка	0,7	0,8	+	+
Цеолиты	++	—	—	—
Кальцит	+	1,2	+	—
Флюорит	0,2	0,6	+	+
Рудный минерал	—	0,8	+	+
Апатит	+	+	+	+
Циркон	+	+	++	—
Сфен	—	+	—	—
Ловенит	+	+	+	—
Гранат	—	+	—	—

Примечание. 1-Н — крупнозернистый нефелиновый сиенит из сборной пробы, скв. 1, Боргойский участок; 8-НС — среднезернистые нефелиновые сиениты, проба из скв. 8, Боргойский участок; Пр. 5 — среднезернистые сиениты с редкими зернами нефелина, проба из канавы 4, Боргойский участок; 159/4 — нефелиновый сиенит, Дабхорский участок, аналитик Т. А. Лахно.

Таблица 14

Химический состав нефелиновых сиенитов, вес. %

Компонент	Проба			
	1-Н	8-НС	Пр. 5	159/4
SiO_2	56,24	55,70	56,88	57,64
TiO_2	0,47	0,72	0,55	0,40
Al_2O_3	20,15	17,51	19,70	19,61
Fe_2O_3	3,58	4,73	2,56	2,55
FeO	2,73	4,17	2,30	4,60
MnO	0,21	0,34	0,06	0,35
MgO	0,43	0,84	0,72	0,22
CaO	1,59	2,46	1,82	1,57
Na_2O	7,56	5,62	6,79	6,61
K_2O	5,38	5,84	4,84	6,50
H_2O^-	0,06	0,10	—	0,34
H_2O^+	0,66	0,82	0,42	0,12
P_2O_5	0,07	0,17	0,12	—
CO_2	0,48	0,48	0,90	0,22
F	—	—	0,40	—
Cl	—	—	0,24	—
SO_3	0,06	0,04	0,70	—
Сумма	99,61	99,44	99,02	100,3
f	78,3	73,5	64,5	91,4
f'	88,7	88,7	78,4	94,7

ного артоклаз-пертита. Альбитизация обычно начинается, так же как в биотитовых сиенитах, с образования гнезд альбита по биотиту, затем лейстовый альбит начинает замещать породу по межзерновым трещинкам, порода приобретает цементную структуру. На более поздних стадиях альбит замещает крупные зерна ортоклаз-пертита. Альбитизация, охватившая нефелиновые сиениты, затушевывала взаимоотношения более ранних минералов между собою. Особенно это касается взаимоотношения нефелина с первичным минералом породы — ортоклаз-пертитом. Нефелин является более поздним минералом, чем ортоклаз-пертит. Это устанавливается главным образом при изучении нефелиновых сиенитов в обнажениях по взаимоотношению нефелиновых сиенитов с окружающими породами. Он редко равномерно рассеян в породе, обычно образует либо гнезда, либо жилковидные образования, а также неравномерно рассеянные зерна. Часто зерна нефелина имеют идиоморфные очертания — шести-, четырехугольники с матовой поверхностью и оспенными углублениями. Они переполнены микровключениями биотита, эгирина и альбита. Нередко наблюдается грануляция нефелина и дендритоподобная перекристаллизация первичного цельного зерна нефелина. Лейстовидный альбит врезается в зерна нефелина.

Для нефелиновых сиенитов характерна более богатая редкоземельная минерализация (см. табл. 13), в отличие от биотитовых и роговообманковых сиенитов в них появляются ловенит, циркон и ринкит.

По химическому составу (табл. 14) нефелиновые сиениты, согласно пересчету по системе А. Н. Заварицкого, относят-

ся к нормальному ряду (см. табл. 50), несмотря на сравнительно высокий процент нефелина и эгирина в этих породах, что можно объяснить сравнительно высоким содержанием биотита в них.

В нормативном составе нефелиновых сиенитов (табл. 15) в сравнении с реальным минеральным составом (см. табл. 13), получается заниженное содержание нефелина из-за обильных включений альбита, биотита и эгирина в реальном нефелине и характерно отсутствие эгирина, повидимому, за счет присутствующего в породе биотита.

Таблица 15

Нормативный состав нефелиновых сиенитов, вес. %

Минерал	Проба			
	1-Н	8-НС	Пр. 5	159/4
Кварц	—	—	1,97	—
Корунд	0,35	—	4,65	—
Циркон	—	—	0,03	—
Ортоклаз	31,80	34,51	28,60	38,41
Альбит	40,32	39,18	50,48	34,40
Анортит	4,40	5,44	—	4,64
Нефелин	12,60	4,40	0,40	11,66
Тенардит	0,11	0,08	1,24	—
Карбонат натрия	—	—	0,12	—
Диопсид	—	0,94	—	0,14
Геденбергит	—	1,26	—	1,41
Энстатит	—	—	1,79	—
Ферросилит	—	—	1,31	—
Форстерит	0,75	1,16	—	0,34
Фаялит	1,29	1,94	—	4,31
Магнетит	5,19	6,86	3,71	3,70
Ильменит	0,89	1,37	1,04	0,76
Апатит	0,16	0,40	0,28	—
Флюорит	—	—	0,81	—
Кальцит	1,09	1,09	1,93	0,50
Сумма	98,95	98,63	98,36	100,27

Миаскиты. Нефелиновые сиениты типа миаскитов встречаются часто на Нижне-Ичетуйском участке. Миаскиты образуются в ореолах маломощных зон личфильдитовых мариуполитов, а также слагают ореолы вокруг реликтовых даек сиенит-порфиров, фенитизированных до личфильдитов и тингуаитов. Обычно миаскиты представляют собой серые среднезернистые породы с черными пятнистыми обособлениями биотита. Встречаются также крупнозернистые пегматоидные миаскиты. От широко распространенных в районе эгириновых нефелиновых сиенитов миаскиты отличаются лишь тем, что вместо эгирина в них развит биотит. Вторичные изменения в миаскитах выражаются в содалитизации и канкринитизации нефелина.

Биотит-канкринитовые сиениты (среднезернистые либо крупнозернистые) обычно имеют серую или розовато-серую окраску. Располагаются они за зоной нефелиновых сиенитов или вместо этой зоны. Наблюдается также приуроченность биотит-канкринитовых сиенитов к биотитовым сланцам, которые могли бы служить источниками карбоната кальция при образовании канкринита. Характерно, что канкринит развивается независимо от нефелина и не по нефелину, а вместо нефелина.

Таблица 16

Количественно-минеральный состав биотит-канкринитовых сиенитов *, об. %

Минерал	Проба				
	17-13	р-75	р-77	264	3-46
Ортоклаз	45,9	25,0	67,0	75,0	5,0
Альбит	31,0	54,0	10,0	15,0	80,0
Канкринит	10,8	5,0	20,0	3,0	8,0
Биотит	6,3	4,0	3,0	5,0	7,0
Микроклин	4,9	7,0	+	+	+
Эгирин	+	+	—	—	—
Нефелин	+	—	—	+	—
Сфен	1,1	—	+	—	—
Рудный минерал	+	5	+	1,5	—
Флюорит	+	++	+	—	+
Ловенит	—	++	++	—	+
Содалит	+	+	++	—	++
Карбонаты	+	—	—	0,5	+
Цеолиты	—	—	+	—	+
Апатит	—	—	—	+	—
Циркон	+	+	+	—	+

* Боргойское проявление.

Количественно-минеральный состав биотит-канкринитовых сиенитов очень невыдержанный (табл. 16). Сильно варьируют количественные соотношения полевых шпатов и канкринита при сравнительно выдержанном содержании биотита. Нефелин и эгирин в этих породах присутствуют в ничтожном количестве либо их нет совсем. При пересчете химического состава (табл. 17) биотит-канкринитового сиенита на числовые характеристики по А. Н. Заварицкому

Таблица 17

Химический состав биотит-канкринитового сиенита, вес. %

Окисел	17-13	Окисел	17-13	Окисел	17-13
SiO_2	57,83	MgO	0,75	P_2O_5	0,05
TiO_2	0,79	CaO	2,57	SO_3	0,08
Al_2O_3	16,52	Na_2O	6,83	CO_2	0,22
Fe_2O_3	2,57	K_2O	6,28		
FeO	4,63	H_2O^-	0,38	Сумма	100,41
MnO	0,24	H_2O^+	1,05	f	77,6
				f'	83,8

Примечание. 17-13 — биотит-канкринитовый сиенит серый, крупнозернистый, скв. 17, Боргойское проявление, аналитик В. С. Лебедева.

Таблица 18

Нормативный состав биотит-канкринитового сиенита, вес. %

Минерал	17-13	Минерал	17-13	Минерал	17-13
Ортоклаз	37,11	Диопсид	2,15	Ильменит	1,50
Альбит	28,80	Геденбергит	7,38	Апатит	0,12
Нефелин	11,49	Форстерит	0,61	Кальцит	0,50
Тенардит	0,14	Фаялит	2,64		
Акмит	6,39	Магнетит	0,52	Сумма	99,35

получается, что эти породы относятся к группе пород, пересыщенных щелочами (см. табл. 50). В нормативном же составе нефелина — 11, эгирина — 6% (табл. 18).

Либнеритовые сиениты встречаются как среди канкринитовых сиенитов, так и в виде жилковидных обособлений среди нефелиновых сиенитов и мариуполитов. Чисто либнеритовые сиениты, где нефелин полностью замещен либнеритом, встречаются редко. Макроскопически такие сиениты имеют розовато-серую окраску, средне- или крупнозернистые, с оспенными псевдоморфозами по нефелину светло-серого матового, розовато- или красновато-серого либнерита.

Из табл. 19, 20 и 21 видно, что изученные две пробы либнеритовых сиенитов заметно отличаются друг от друга по своему минеральному и химическому составу. Либнеритовый сиенит пробы 17-37 образовался по нефелиновому сиениту типа миаскита, которые часто встречаются в скв. 17. Состав либнерита в этой пробе в основном кальцит-мусковитовый, в либнеритовых псевдоморфозах присутствует корунд. По химическому составу порода относится к группе пород, пересыщенных глиноземом. Проба 8-30 взята из прослойка в мариуполитах. Псевдоморфозы по нефелину здесь состоят из мусковита, содалита, цеолитоподобного вещества и кальцита. В породе много эгирина.

Таблица 19

Количественно-минеральный состав либнеритовых сиенитов, об. %

Минерал	Проба 17-37	Проба 8-30	Минерал	Проба 17-37	Проба 8-30
Ортоклаз	50	35,0	Рудный минерал	+	—
Альбит	32	38,5	Корунд	+	—
Либнерит	15	6,7	Ловенит	+	+
Эгирин	+	11,5	Апатит	+	+
Содалит	—	+	Флюорит	+	+
Биотит	3	8,3	Кальцит	+	+
Гранат	+	—	Сфен	—	+

Примечание. Обозначение проб см. в табл. 20.

Таблица 20

Химический состав либнеритовых сиенитов, вес. %

Окисел	Проба 17-37	Проба 8-30
SiO_2	55,86	56,82
TiO_2	0,66	0,81
Al_2O_3	20,40	16,05
Fe_2O_3	2,88	4,36
FeO	3,88	4,35
MnO	0,16	0,32
MgO	0,43	0,33
CaO	1,86	2,52
Na_2O	5,56	6,30
K_2O	5,61	6,14
H_2O^-	0,22	0,58
H_2O^+	1,93	1,05
P_2O_5	0,02	Нет
SO_3	0,14	0,02
CO_2	0,55	0,66
Сумма	99,94	99,73

Примечание. 17-37 — либнеритовый сиенит, Боргойское месторождение, скв. 17, аналитик Т. А. Лахно; 8-30 — либнеритовый сиенит среди мариуполитов, Боргойское месторождение, скв. 8, аналитик В. С. Лебедева.

Таблица 21

Нормативный состав либнеритовых сиенитов, вес. %

Минерал	Проба 17-37	Проба 8-30
Кварц	—	—
Корунд	3,14	—
Ортоклаз	33,15	36,29
Альбит	43,60	34,88
Анортит	5,62	—
Нефелин	1,82	7,31
Тенардит	0,02	0,03
Акмит	—	4,23
Диопсид	—	1,18
Геденбергит	—	6,07
Форстерит	0,75	0,19
Фаялит	3,05	1,25
Магнетит	4,17	4,20
Ильменит	1,25	1,54
Апатит	0,05	—
Кальцит	1,25	1,50
Сумма	97,87	98,67

Для либнеритовых сиенитов обеих проб характерно повышенное количество ловенита.

Содалитовые сиениты голубовато-серого цвета без нефелина были встречены лишь на Белоозерском проявлении нефелиновых сиенитов. Они приурочены к зонам катаклаза и являются, по-видимому, низкотемпературными продуктами фенитизации. Содалит в них развивается по межзерновым трещинам, вдоль зонок катаклаза и в интерстициях между крупными пластинами калинатрового полевого шпата с агрессивными контактами по отношению к полевому шпату. Содалитовые сиениты содержат около 25—30% содалита, около 65—70% альбитизированного лейстового калинатрового полевого шпата и не более 5% биотита, зачастую замещенного мелкозернистым октаэдрическим магнетитом; почти всегда присутствует небольшое количество флюорита.

Мусковитизированные биотитовые сиениты встречаются на всех изученных участках, но наиболее распространены на Боцинском, Боргойском и Нижне-Ичетуйском. Установлено, что мусковитизированные сиениты расположены во внешней зоне ореолов фенитизации. Такие сиениты имеют окраску, переходную от серых нефелиновых

Таблица 22

Количественно-минеральный состав мусковитизированных биотитовых сиенитов, об. %

Минерал	Проба					
	1-М	3-СБ	08-2	08-4	01-19	08-5
Калишпат	27,5	22,9	57,4	52,4	60,3	63,2
Альбит	49,0	47,6	9,9	13,5	10,0	11,6
Мусковит	13,0	15,5	20,0	23,7	24,2	14,1
Биотит	9,3	11,7	+	2,6	+	3,0
Микроклин второй генерации	—	—	9,1	5,4	4,3	3,1
Кальцит	1,2	2,3	+	0,7	+	+
Магнетит	+	+	3,6	1,7	1,2	5,0
Апатит	+	+	+	+	+	+
Сфен	+	—	+	+	+	+
Ортит	—	—	—	—	—	+
Флюорит	+	—	—	—	—	—
Циркон	+	+	+	+	+	+
Рутил	—	—	+	+	—	—

Примечание. 1-М — среднее по 5 шлифам, скв. 1, Боргойское месторождение; 3-СБ — среднее по 4 шлифам, скв. 3, Боргойское месторождение; 08-2, 08-4, 01-19, 08-5 — шлифы с Боцинского проявления. Обозначение проб см. в табл. 23.

к бурым биотитовым, обычно это серовато-розовые или розовато-серые породы с серебристым оттенком на изломе из-за скоплений мусковита.

Из табл. 22 видно, что количественный минеральный состав мусковитизированных сиенитов с Боргойского и Боцинского участков значительно отличаются по содержанию в них полевых шпатов и слюд, по постоянному присутствию калишпата второй генерации на Боцинском участке.

Однако по химическому составу мусковитизированные сиениты с обоих участков очень сходны (табл. 23). Высокое содержание калишпата в сиенитах Боцинского участка по сравнению с сиенитами на Боргое при одинаковом содержании щелочей в тех и других породах объясняется тем, что калишпаты на Боцинском проявлении сильно пертитизированы.

Суммарное содержание слюд в сиенитах почти одинаково и равно приблизительно 22% (см. табл. 22). Мусковит развивается как по биотиту, так и по калишпату. По калишпату замещение начинается по межзерновым трещинам. Прослеживаются все стадии замещения зерен калишпата мусковитом до образования полных псевдоморфоз. Мусковитизации подвергаются предпочтительно те зерна, которые залегают в интерстициях между крупными пластинами калишпата и поэтому псевдоморфозы зачастую имеют угловатую форму. В связи с тем, что на Боцинском участке В. М. Ладаевой (1960) все мусковитизированные сиениты были названы либ-

Таблица 23

Химический состав мусковитизированных биотитовых сиенитов, вес. %

Компонент	Проба			
	1-М	08-2	08-4	01-19
SiO_2	58,20	59,44	57,71	56,73
TiO_2	0,38	0,21	0,25	0,26
Al_2O_3	20,53	22,07	20,33	20,28
Fe_2O_3	1,47	2,56	4,01	4,47
FeO	4,02	1,45	3,75	2,31
MnO	0,21	0,11	0,19	0,20
MgO	0,96	0,24	0,23	0,43
CaO	1,13	0,79	1,41	1,80
Na_2O	6,12	6,66	6,21	6,70
K_2O	5,60	4,87	4,86	4,44
H_2O^-	0,04	0,40	0,46	0,18
H_2O^+	0,21	1,23	1,03	0,73
P_2O_5	0,05	Нет	0,02	Нет
CO_2	0,99	0,33	0,44	1,43
SO_3	0,03	0,05	0,01	0,05
Сумма	99,90	100,01	100,45	99,83
f	70,3	77,5	90,3	75,2
f'	75,7	89,9	94,8	89,3

Примечание. 1-М — мусковитизированный биотитовый сиенит, среднезернистый, серовато-розовый, Боргойское месторождение, скв. 1, аналитик Н. Г. Таскина; 08-2 — розовый мусковитизированный сиенит, Боцинское, скв. 8, аналитик В. С. Лебедева; 08-4 — серовато-розовый мусковитизированный биотитовый сиенит, Боцинское, скв. 8, аналитик В. С. Лебедева; 01-19 — розовый мусковитизированный сиенит с темными пятнами биотита, Боцинское, скв. 1, аналитик В. С. Лебедева.

неритовыми, вопрос, по какому минералу развивался мусковит, изучался особенно тщательно. Всюду встречались реликты калишпата в мусковитовых скоплениях, но нигде не было нефелина. В отличие от мусковитизированных собственно либнеритовые сиениты на Боргойском участке всюду содержат в своем составе эгирин, а в составе псевдоморфоз (кроме мусковита) цеолиты, содалит и аморфное вещество. Мусковитизированные сиениты отличаются от либнеритовых сиенитов так же и по времени образования. Мусковитизация проходила на фронте ореолов фенитизации, где растворы вдали от магистральных каналов теряли свою температуру. Либнеритовые же сиениты образовались позднее по нефелиновым сиенитам при понижении температуры в конечную стадию фенитизации; с этой же стадией связано появление в породах редкометальной минерализации. Поэтому либнеритовые сиениты, развивавшиеся по нефелиновым, всегда содержат повышенное количество редких минералов, таких как ловенит, ортит, циркон и много флюорита, содалита. В мусковитизированных же сиенитах все эти минералы, кроме циркона, не содержатся.

В нормативном составе (табл. 24) мусковитизированные сиениты содержат корунд (от 3 до 5%), что отражает их пересыщенность глиноземом.

По химическому составу (см. табл. 23) все мусковитизированные биотитовые сиениты относятся к ряду пород пере-

сыщенных глиноземом. Обогащение этих пород глиноземом связано с их мусковитизацией.

Таблица 24

Нормативный состав мусковитизированных *биотитовых сиенитов*, вес. %

Минерал	Проба			
	1-М	08-2	08-4	01-19
Кварц	—	0,95	—	0,26
Корунд	4,80	5,23	3,37	4,56
Ортоклаз	33,10	28,78	28,72	26,24
Альбит	49,75	56,03	52,48	56,16
Анортит	—	1,83	4,08	—
Тенардит	0,05	0,09	0,02	0,09
Карбонат натрия	0,37	—	—	0,04
Энстатит	0,58	0,60	0,17	1,07
Ферросилит	1,44	0,40	1,06	0,49
Форстерит	1,27	—	0,28	—
Фаялит	3,47	—	1,89	—
Магнетит	2,13	3,71	5,81	6,48
Ильменит	0,72	0,40	0,47	0,49
Апатит	0,12	—	0,05	—
Кальцит	1,90	0,75	1,00	3,27
Сумма	99,70	98,77	99,40	99,15

Гранат-биотитовые сиениты. Биотитовые сиениты иногда содержат гранат-андратит. Внешне гранатсодержащие сиениты ничем не отличаются от окружающих *биотитовых* сиенитов. Химические и количественно-минеральные составы тех и других сиенитов очень *близки* (*табл.* 25, 26). Гранат находится всегда в ассоциации с биотитом. Мелкие зерна андрадита либо окружают биотит, либо включены в него. Взаимоотношения этих минералов и то, что гранат развивается *по биотиту*, указывают на более позднее, чем биотит, появление граната. В большинстве случаев в гранатсодержащих сиенитах присутствует эгирин в очень небольшом количестве.

Таблица 25

Количественно-минеральный состав гранат-биотитовых сиенитов, об. %

Минерал	Проба				
	33б	1-23	17-36	112	112а
Калишпат	20,8	42,7	50,4	80,0	71,3
Альбит	54,1	33,3	35,1	5,1	8,9
Биотит	22,9	17,0	10,9	12,3	18,5
Микроклин второй генерации	—	—	+	—	—
Эгирин	—	3,0	2,9	+	
Роговая обманка	—	—	+	+	+
Апатит	+	+	+	+	+
Сфен	++	2,0	+	++	++
Циркон	+	—	—	—	—
Ловенит	+	—	—	—	—
Кальцит	—	+	+	—	—

Примечание. 33б, 1-23, 17-36 — бурые и серовато-розовые сиениты с Боргойского *участка*; 112, 112а — серовато-розовые биотитовые сиениты с Нижне-Ичетуйского участка (см. табл. 4).

Таблица 26

Химический состав гранат-биотитовых сиенитов, вес. %

Окисел	Проба		Окисел	Проба	
	33б	17-36		33б	17-36
SiO_2	52,76	58,00	K_2O	5,59	6,06
TiO_2	0,54	0,70	H_2O^-	0,10	—
Al_2O_3	18,30	17,05	H_2O^+	1,31	0,82
Fe_2O_3	4,85	3,05	P_2O_5	0,06	0,13
FeO	2,44	4,47	CO_2	—	0,07
MnO	0,24	0,29	SO_3	0,09	0,44
MgO	1,91	0,54			
CaO	0,32	2,32	Сумма	100,04	100,17
Na_2O	7,13	6,23	f f'	85,3 94,2	90,2 93,6

Примечание. Пробы с Боргойского месторождения 33б — биотитовый сиенит с гранатом, бурый, среднезернистый, аналитик Т. А. Лахно; 17-36 — биотитовый сиенит с гранатом, серовато-розовый, среднезернистый, скв. 17, аналитик В. С. Лебедева.

Эгириновые сиениты, как нефелинсодержащие, так и безнефелиновые, также изредка содержат в своем составе гранат. Нередко наблюдается замещение граната эгирином. Возможно, что гранат-биотитовые сиениты являются промежуточными породами между биотитовыми и эгириновыми сиенитами, возникшими на самой ранней высокотемпературной стадии щелочного метасоматоза, предшествовавшей фенитизации, в период повышенной активности кальция. Поскольку постоянно наблюдается образование эгирина непосредственно по биотиту, минуя стадию граната, а гранатсодержащие сиениты имеют ограниченное распространение, то

Таблица 27

Нормативный состав гранат-биотитовых сиенитов, вес. %

Минерал	Проба		Минерал	Проба	
	33б	17-36		33б	17-36
Корунд	0,19	—	Форстерит	3,33	0,42
Ортоклаз	33,04	35,81	Фаялит	0,02	1,73
Альбит	44,14	39,89	Магнетит	7,03	4,42
Анортит	1,20	2,19	Ильменит	1,03	1,33
Нефелин	8,45	5,39	Апатит	0,14	0,31
Тенардит	0,16	0,78	Кальцит	—	0,16
Диопсид	—	1,61			
Геденбергит	—	5,31	Сумма	98,73	99,35

Примечание. Согласно числовым характеристикам по А. Н. Заварицкому, гранат-биотитовые сиениты относятся к породам нормального ряда (см. табл. 50).

можно предположить, что повышенная активность кальция в растворах носила локальный характер и зависела от состава боковых пород, т. е. могла повышаться вблизи богатых карбонатами биотитовых сланцев. Обращает на себя внимание присутствие нефелина в нормативном составе биотит-гранатовых сиенитов (табл. 27).

ПРОДУКТЫ ФЕНИТИЗАЦИИ ПОРОД ОСНОВНОГО СОСТАВА

Ийолиты были встречены только на Боргойском участке среди среднезернистых порфировидных нефелиновых сиенитов (вблизи первой зоны мариуполитов), где они образуют редкие линзовидные прослойки (мощность не более 30 см) с расплывчатыми контактами. Макроскопически они представляют собой мелкозернистые серовато-зеленые породы с мелкими оспинками матового светло-серого нефелина. Количественно-минеральный состав ийолитов: эгирина 48,6%, нефелина 42,7, альбита 4,1, калишпата 2,3 и биотита 2,3%. Из акцессорных минералов присутствуют сфен, флюорит и апатит.

Для эгирина в ийолитах характерно пучковидное расположение длинных пластин, эгирин часто образует гломеробластические скопления. В пластинах его наблюдается зональность: центральная часть зерен окрашена в яркий изумрудно-зеленый цвет, краевая — в желтовато-зеленый. Нефелин выделяется в виде изометричных ксеноморфных зерен. Отдельные зерна его слабо перекристаллизованы и почти все по краям и трещинкам замещаются мелкими зернами альбита и калишпата. Биотит в виде мелких чешуек располагается по контактам нефелина с эгирином и в некоторых участках ассоциирует с мелкозернистым эгирином и сфеном.

Ийолиты образовались, по всей вероятности, при нефелинизации ксенолитов эффузивов основного состава.

Фенитизированные андезито-базальты. Эти породы встречаются в делювиальных обломках на Дабхорском участке вблизи коренных выходов нефелиновых сиенитов, а также вблизи тел тингуаитов. Это черные очень плотные массивные породы, с мелкозернистой основной массой и крупными пластинами плагиоклаза, частично или полностью замещенными альбит-калишпат-эгирин-нефелиновым мелкозернистым агрегатом. Основная масса породы состоит из альбит-биотит-эгиринового мелкозернистого агрегата, в котором встречаются крупные зерна первичного титан-авгита, замещенного по краям ярко-зеленым эгирином.

Порода обогащена биотитом, который окружает эгириновые мелкозернистые обособления. К этим же обособлениям приурочен сфен, обычно в большом количестве; по-видимому,

освобожденные титан и кальций при замещении титан-авгита сконцентрировались в этом минерале. Акцессорные минералы представлены фиолетовым флюоритом и апатитом.

Интересно отметить и здесь проявляющуюся закономерность — интенсивный калиевый метасоматоз на ранних этапах фенитизации, или вернее, на фронте фенитизации.

Первичными породами, подвергнутыми процессам фенитизации, были андезитовые базальты, которые в виде ксенолитов присутствуют среди вмещающих биотитовых сиенитов.

ПРОДУКТЫ МЕТАСОМАТИЧЕСКОГО ИЗМЕНЕНИЯ ЭФФУЗИВОВ БОРГОЙСКОЙ СВИТЫ В СВЯЗИ С ПРОЦЕССАМИ ФЕНИТИЗАЦИИ

Среди измененных эффузивов Боргойской свиты выделены две группы пород — фениты, развитые в экзоконтактах массивов, и биотитовые и андрадит-везувиан-биотитовые сланцы, залегающие внутри этих массивов.

Фениты. К собственно фенитам, согласно классификации Брёггера относятся породы, содержащие до 90% щелочных полевых шпатов и от 5 до 25% эгирина, либо щелочной роговой обманки.

Наиболее типичные фениты встречаются в северной части Боргойского массива нефелиновых сиенитов вдоль контакта с метаморфизованными эффузивами Боргойской свиты (см. рис. 2). Большая часть этих пород образовалась при фенитизации рассланцованных эффузивов щелочного и кислого состава. Образуются фениты также и по биотитовым сиенитам.

Фениты представляют собой белые или кремовые мелкозернистые породы с едва заметной сланцеватостью, подчеркнутой тонкими прерывистыми жилковидными обособлениями в них эгирина или гастингсита. Содержащийся в фенитах кварц приурочен главным образом к этим же прожилкам. Почти сплошные коренные обнажения фенитов расположены на левом борту пади Эхирик; из них и были отобраны пробы для анализов (табл. 28, 29). Фениты по эффузивам обычно имеют бластопорфировую структуру с роговиковой структурой основной массы. Для фенитов по биотитовым сиенитам характерна цементная структура. Реликтовые пластины полевых шпатов в обеих разновидностях представлены ортоклаз-пертитом, в различной степени альбитизированным. Наблюдаются мономинеральные полосчатые обособления из беспертитового микроклина. Эгирин и роговая обманка в массивных разновидностях образуют идиоморфные кристаллы. В полосчатых разновидностях эгирин и роговая об-

Таблица 28

Количественно-минеральный состав фенитов (по эффузивам Боргойской свиты), об. %

Минерал	Проба			Минерал	Проба		
	Пр. 1	Пр. 2	Пр. 4		Пр. 1	Пр. 2	Пр. 4
Кварц . . .	5	5,1	—	Ловенит . .	+	+	—
Калишпат . .	41,7	32,7	38,0	Флюорит . .	+	+	+
Альбит . . .	45,0	47,2	47,0	Апатит . . .	—	+	+
Эгирин . . .	8,3	12,0	12,2	Циркон . . .	+	—	+
Роговая обманка . .	—	2,5	—	Кальцит . .	—	—	+
Биотит . . .	+	0,5	2,3	Мусковит . .	—	—	+
				Рудный минерал . . .	—	—	0,5

Примечание. Пр. 1 — мелкозернистый белый эгириновый фенит; Пр — 2 — мелкозернистый светло-розовый роговообманково-эгириновый фенит; Пр. 4 — мелкозернистый серый эгириновый фенит, Боргойское месторождение, левый склон пади Эхирик, аналитик Т. А. Лахно; 16 (табл. 29) — фенит из Мельтейга, район Фен (Барт, Рамберг, 1969).

Таблица 29

Химический состав фенитов (по эффузивам Боргойской свиты), вес. %

Компонент	Проба			
	Пр. 1	Пр. 2	Пр. 4	16
SiO_2	61,32	64,52	61,46	62,17
TiO_2	0,27	0,31	0,55	0,44
Al_2O_3	17,82	18,99	16,92	15,04
Fe_2O_3	2,24	2,07	2,24	3,20
FeO	0,86	0,72	0,86	1,05
MnO	0,05	0,02	0,03	0,11
MgO	0,46	0,37	0,74	0,40
CaO	1,40	0,70	1,42	3,01
Na_2O	6,95	7,00	6,24	5,25
K_2O	5,63	4,96	6,83	7,16
H_2O^+	Нет	—	0,80	0,41
P_2O_5	0,09	0,15	0,11	0,05
CO_2	0,66	0,54	0,08	1,61
F	0,74	0,17	0,23	Следы
Cl	0,16	0,20	0,38	«
SO_3	0,95	0,19	0,44	0,09
ZrO_2	0,25	0,023	0,079	0,05
Nb_2O_5	0,02	—	0,015	—
BaO	—	—	—	0,15
Сумма	99,87	100,93	99,42	100,19
f	52,1	52,8	40,1	—
f'	78,2	79,9	68,8	—

Таблица 30

Нормативный состав фенитов, вес. %

Минерал	Проба			Минерал	Проба		
	Пр. 1	Пр. 2	Пр. 4		Пр. 1	Пр. 2	Пр. 4
Кварц	7,78	8,86	0,67	Диопсид	—	—	2,47
Корунд	2,90	3,41	—	Энстатит	1,14	0,92	0,70
Циркон	0,37	0,03	0,12	Магнетит	2,15	1,49	1,27
Ортоклаз	33,27	29,31	40,36	Гематит	0,75	1,04	1,36
Альбит	45,38	52,54	47,11	Ильменит	0,51	0,59	1,04
Галит	0,26	0,33	0,63	Апатит	0,21	0,35	0,26
Тенардит	1,63	0,34	0,78	Флюорит	1,52	0,34	0,46
Карбонат натрия	1,22	0,80	—	Кальцит	0,35	0,47	0,18
				Сумма	99,49	100,82	97,31

манка в виде длинных игл приурочены к кварц-альбитовым тонкозернистым участкам.

По химическому составу фениты относятся либо к группе пород нормального ряда (пробы 1 и 2), либо к породам, пересыщенным щелочами. По сравнению с классическим фенитом из района Фен (Барт, Рамберг, 1969) фениты с Боргойского месторождения отличаются пониженным содержанием кальция и преобладанием натрия над калием (см. табл. 29). В нормативном составе отдельных разновидностей фенитов (пробы Пр. 1 и Пр. 2) содержится корунд (табл. 30).

Таблица 31

Количественно-минеральный состав биотитовых и андрадит-везувиан-биотитовых сланцев, об. %

Минерал	Проба				
	7-23	8-47	17-17	8-106	239/59
Калишпат	—	—	—	—	30,0
Альбит	55,0	50,0	36,0	31,0	35,0
Биотит	15,0	36,0	20,0	50,0	10,0
Хлорит	20,0	—	15,0	—	—
Андрадит	—	—	7,0	16,0	10,0
Везувиан	—	—	4,0	—	10,0
Мусковит	—	2,0	—	—	—
Кальцит	3,0	12,0	8,0	—	—
Канкринит	—	—	10,0	—	5,0
Апатит	2,0	0,5	+	1,0	+
Сфен	5,0	—	+	2,0	+
Рудный минерал	+	+	+	+	+

Примечание. 7-23 — тонкозернистый хлорит-биотитовый сланец, скв. 7; 8-47 — тонкозернистый кальцит-биотитовый сланец, скв. 8; 17-17 — хлорит-везувиан-биотитовый сланец, скв. 17; 8-106 — пятнистый андрадит-биотитовый сланец, скв. 8; 239/58 — андрадит-везувиан-биотитовый сланец, боргойская свита. Все породы с Боргойского участка, аналитик Т. А. Лахно.

Биотитовые и андрадит-везувиан-биотитовые сланцы. Биотитовые сланцы в виде прослоев мощностью от 0,5 до 70 м встречаются среди биотитовых и нефелиновых сиенитов на Боргойском, Нижне-Ичетуйском, Боцинском и Зорменикском участках. Контакты с вмещающими породами постепенные или резкие. Обычно биотитовые сланцы представляют собой тонко рассланцованные зеленовато-серые или темно-зеленые породы, иногда с пятнистой текстурой из-за гломеробластических обособлений биотита.

В табл. 31 и 32 приведены минеральные и химические составы сланцев, взятых из скважин на Боргойском участке. По минеральному составу среди сланцев выделяются биотитовые и андрадит- или везувиан-андрадит-биотитовые разновидности. Устанавливается пространственная приуроченность биотитовых сланцев к бурым или розовато-серым биотитовым сиенитам без нефелина. Андрадит- и везувиансодержащие сланцы обычно залегают среди серых нефелиновых сиенитов.

Биотитовые сланцы разделяются по минеральному составу на хлорит-биотитовые и кальцит-биотитовые (пробы 7-23, 8-47). Обе разновидности сланцев представляют собой мелкозернистые породы с роговиковой лепидобластовой структу-

Таблица 32

Химический состав биотитовых и андрадит-везувиан-биотитовых сланцев, вес. %

Окисел	Проба				
	7-23	8-47	17-17	8-106	239/59
SiO_2	47,62	49,36	45,64	42,90	51,74
TiO_2	2,75	2,75	2,75	2,29	1,02
Al_2O_3	17,69	16,68	16,64	17,01	18,20
Fe_2O_3	1,22	0,39	2,17	1,69	2,93
FeO	8,39	6,88	8,96	8,28	3,96
MnO	0,21	0,18	0,23	0,18	0,26
MgO	3,24	3,20	3,93	7,11	2,52
CaO	5,38	5,89	6,84	8,32	4,79
Na_2O	5,36	6,03	5,00	3,36	5,82
K_2O	1,74	3,78	3,80	4,90	5,63
H_2O^-	0,18	0,18	0,08	0,20	0,08
H_2O^+	3,16	1,44	1,94	1,32	2,28
P_2O_5	1,12	0,53	0,62	0,59	0,38
CO_2	1,65	3,74	0,66	1,21	—
SO_3	—	—	—	—	0,11
Сумма	99,53	99,67	99,18	99,16	99,64
f	59,3	54,8	56,1	39,6	46,9
f'	62,4	56,3	60,8	43,8	65,3

Таблица 33

Нормативный состав биотитовых и андрадит-везувиан-биотитовых сланцев, вес. %

Минерал	Проба				
	7-23	8-47	17-17	8-106	239/59
Корунд	3,69	1,88	—	—	—
Ортоклаз	10,28	22,34	22,46	21,98	33,27
Альбит	45,36	38,40	14,10	—	19,00
Анортит	9,01	2,15	11,74	16,86	7,39
Лейцит	—	—	—	6,47	—
Нефелин	—	6,84	15,28	15,40	15,89
Тенардит	—	—	—	—	0,25
Диопсид	—	—	5,98	6,97	7,49
Геденбергит	—	—	5,63	3,56	3,80
Энстатит	1,93	—	—	—	—
Ферросилит	2,46	—	—	—	—
Форстерит	4,30	5,58	4,91	10,14	1,96
Фаялит	6,02	7,76	5,83	6,54	1,26
Магнетит	1,77	0,57	3,15	2,45	4,25
Ильменит	5,22	2,98	5,22	4,35	1,94
Апатит	2,65	1,26	1,47	1,40	0,90
Кальцит	3,75	8,50	1,50	2,75	—
Сумма	96,44	98,26	97,27	97,87	97,40

рой. Вторичные низкотемпературные изменения проявляются либо в хлоритизации биотита и пропитывании породы бурыми окислами железа (проба 7-23), либо в появлении в породе полос мусковит-кальцитового состава. Биотитовые сланцы, возможно, являются сильно измененными эффузивами. Интенсивное рассланцевание и биотитизация этих пород происходили одновременно или несколько позднее образования зон мариуполитизации в зонах, удаленных от главных каналов фенитизации, где проявился лишь наиболее низкотемпературный калиевый метасоматоз, выразившийся в биотитизации и мусковитизации рассланцованных эффузивов.

Андрадит-везувиан-биотитовые сланцы залегают среди нефелиновых сиенитов также в виде прослоев мощностью до 2—3 м. Это хорошо рассланцованные мелкозернистые темнозеленые породы. Под микроскопом они обнаруживают лепидобластовую структуру с порфиробластами идиоморфных зерен везувиана и андрадита. Биотит мелкими чешуйками равномерно рассеян по породе и образует иногда гломеробластовые скопления линзовидной формы. Альбит в виде мелких изометричных зерен (почти без двойников) слагает основную массу породы.

В нормативном составе андрадит-везувиан-биотитовые сланцы содержат более 15% нефелина (табл. 33). Интересно, что в пробе 8-106 присутствует нормативный лейцит.

Андрадит-везувиан-биотитовые сланцы, по всей вероятности, представляют собой интенсивно переработанные эффузивы основного состава типа андезитов, ксенолиты которых сохранились при внедрении биотитовых сиенитов. Позднее в зонах фенитизации эти породы испытали сильный щелочной и кальциевый метасоматоз и были превращены в своеобразные метасоматиты.

ДАЙКОВЫЕ ПОРОДЫ

В обрамлении Боргойской впадины дайковые породы многочисленны и разнообразны по составу. Взаимоотношения между дайками отдельных разновидностей, а также между дайками и вмещающими породами сложны и трудно поддаются расшифровке. Изучение дайковых пород в этом районе заслуживает специального изучения. В настоящей работе приведены лишь результаты изучения даек щелочных и нефелиновых сиенитов и сиенит-порфиров.

Сельвсбергиты. По условиям залегания дайки сельвсбергитов разделяются на две группы: 1) разлинзованные субширотного простирания и 2) субмеридионального простирания, которые секут разлинзованные дайки сельвсбергитов.

По составу темноцветного минерала среди обеих групп встречаются роговообманковые и эгириновые сельвсбергиты (табл. 34). Последние чаще встречаются на Боргойском участке и часто являются переходными к тингуаитам, так как содержат небольшое количество нефелина или содалита, а роговообманковые — на Дабхорском и Нижне-Ичетуйском участках.

Таблица 34

Количественно-минеральный состав сельвсбергитов, об. %

Минерал	Проба			Минерал	Проба		
	8-34	158/4	70/4		8-34	158/4	70/4
Калишпат	30,0	50,0	75,0	Мусковит	—	4,0	—
Альбит	49,0	29,0	19,0	Канкринит	+	—	—
Эгирин	13,0	—	—	Флюорит	+	—	+
Роговая обманка	—	16,0	2,0	Ловенит	+	—	—
Биотит	7,0	—	4,0	Апатит	+	+	+
Содалит	1,0	—	—	Сфен	—	—	+

Примечание. 8-34 — серый эгириновый сельвсбергит из разлинзованной дайки, скв. 8, Боргойский массив, аналитик Т. А. Лахно; 158/4 — буровато-серый роговообманковый сельвсбергит из разлинзованной дайки, Дабхорский хребет, аналитик В. С. Лебедева; 70/4 — красный роговообманковый сельвсбергит, Дабхорский хребет, секущая дайка, аналитик Т. А. Лахно.

Наиболее существенные различия между сельвсбергитами из разлинзованных и секущих даек обнаруживаются в их структурно-текстурных особенностях. Структура сельвсбергитов из секущих даек порфировая с типичной трахитовой структурой основной массы. Структуры же сельвсбергитов из разлинзованных даек чрезвычайно сложны и многообразны. Прежде всего обращает на себя внимание то, что в большинстве случаев структура этих пород неоднородна даже в одном шлифе. Наиболее распространенным является своеобразное сочетание роговиковой, призматически-зернистой и трахитоидной структур. На первой стадии перекристаллизации возникла неравномерно-зернистая структура, в отдельных участках переходящая в панидиоморфнозернистую. Панидиоморфнозернистая структура, образованная альбитом и беспертитовым микроклином, по-видимому, возникла в тех участках, где перекристаллизация протекала в относительно спокойных условиях и не была нарушена последующей альбитизацией. Роговиковая структура сельвсбергитов при альбитизации в тектонически спокойных условиях осложняется пучкообразными новообразованиями лейстового альбита. Когда пучкообразные образования альбита многочисленны, структура сельвсбергитов приобретает вид призматически-зернистой.

Если перекристаллизация в сельвсбергитах протекала в условиях рассланцевания, то в них появляются участки псевдотрахитоидной структуры с субпараллельным расположением лейст позднего альбита. Калишпат же при этом занимает промежутки между лейстами альбита или образует линзовидные скопления. Эгирин и роговая обманка в каждой из выделенных разновидностей сельвсбергитов ведут себя по-разному. В мономинеральных альбитовых полосах трахитоидной структуры эгирин иногда образует идиоморфные длиннопризматические кристаллы. Идиоморфная роговая обманка встречается в сельвсбергитах панидиоморфнозернистой структуры. Крупные пойкилобласты роговой обманки идиоморфной формы широко распространены среди сельвсбергитов гранулитовой структуры на Дабхорском участке. Таким образом, устанавливается, что во всех интенсивно перекристаллизованных разновидностях сельвсбергитов намечается тенденция к идиоморфизму темноцветных минералов. В сельвсбергитах же из секущих даек темноцветные минералы ксеноморфны, они кристаллизуются в интерстициях между полевыми шпатами. Химический состав сельвсбергитов близок к среднему составу сельвсбергитов, по Дэли, отмечается лишь повышенное содержание железа (табл. 35). В связи с этим в нормативном составе содержится до 6,7% магнетита (табл. 36).

Тингуаиты. Изучение условий залегания и петрографических особенностей тингуаитов позволило установить их

Таблица 35

Химический состав сельвсбергитов, вес. %

Компонент	Проба				
	8-34	158/4	70/4	Среднее	Среднее по Дэли
SiO_2	59,38	61,02	61,31	60,57	62,16
TiO_2	0,44	0,53	0,25	0,46	0,31
Al_2O_3	16,99	16,83	17,96	17,26	17,58
Fe_2O_3	3,61	4,17	4,63	4,17	3,05
FeO	4,02	3,75	2,30	3,36	1,80
MnO	0,07	0,22	0,06	0,12	0,18
MgO	0,42	0,19	0,22	0,28	0,48
CaO	0,56	0,89	0,79	0,75	1,11
Na_2O	7,37	6,26	7,33	6,99	7,30
K_2O	4,82	4,55	4,57	4,65	4,95
H_2O^-	0,04	0,16	0,08	0,09	—
H_2O^+	0,52	0,84	0,68	0,68	1,04
P_2O_5	0,06	0,02	0,02	0,03	0,04
SO_3	0,59	0,01	0,20	0,27	—
CO_2	0,12	0,11	Нет	0,11	—
F	0,27	—	—	0,27	—
ZrO_2	0,09	—	—	0,09	—
Сумма	99,33	99,39	100,32	—	—
f	—	90,6	95,5	—	—
f'	—	95,0	98,3	—	—

гетерогенность. Выделено три генетических типа тингуаитов: метасоматические, реоморфические и магматические.

Метасоматические тингуаиты не образуют обособленных тел. Они слагают лишь отдельные участки в разлинзованных дайках сельвсбергитов, а также встречаются в дайках сиенит-порфиров вдоль контактов с мариуполитами (см. рис. 4). Пятна тингуаитов в жилах сельвсбергитов и сиенит-порфиров выделяются своим свежим обликом и светло-серой окраской. Иногда простым глазом видны в них матовые оспинки нефелина. Характерны постепенные переходы между тингуаитами и вмещающими их сельвсбергитами и сиенит-порфирами.

Тингуаиты этого типа отличаются роговиковой структурой основной массы с участками гранобластовой и панидиоморфнозернистой структуры. На фоне этой структуры выделяются идиоморфные или субидиоморфные порфиробласты нефелина. Более поздняя альбитизация усложняет структуру тингуаитов. В основной массе появляются скопле-

Таблица 36

Нормативный состав сельвсбергитов, вес. %

Минерал	Проба			Минерал	Проба		
	8-34	158/4	70/4		8-34	158/4	70/4
Кварц	—	4,05	0,18	Энстатит	—	0,47	0,39
Корунд	0,52	0,30	—	Ферросилит	—	2,97	0,07
Циркон	0,15	—	—	Форстерит	0,73	—	—
Ортоклаз	28,49	26,89	27,00	Фаялит	2,94	—	—
Альбит	57,69	52,91	60,72	Магнетит	5,23	6,04	6,71
Анортит	—	3,59	3,30	Ильменит	0,84	1,00	0,47
Нефелин	0,10	—	—	Апатит	0,14	0,05	0,05
Тенардит	1,05	0,02	0,35	Флюорит	0,55	—	—
Карбонат натрия	0,12	—	—	Кальцит	0,16	0,25	—
Диопсид	—	—	0,33				
Геденбергит	—	—	0,05	Сумма	98,71	98,54	99,62

ния лейстового альбита или веерообразные новообразования из альбита. Порфиробласты нефелина, пронизанные альбитом, превращаются в пойкилобласты (рис. 10). Для темноцветных минералов в метасоматических тингуаитах характерны субидиоморфные формы.

По составу темноцветного минерала среди метасоматических тингуаитов выделяются эгириновые, роговообманковые и гранат-биотитовые тингуаиты. Последние две разновидности тингуаитов можно отнести к личфильдитам. Тингуаиты типа личфильдитов часто встречаются на Нижне-Ичетуйском, Зорменикском и реже на Боргойском участках.

На Нижне-Ичетуйском и Зорменикском участках андрадит-биотитовые и роговообманковые личфильдиты приурочены к деформированным и разлинзованным дайкам сельвсбергитов и их метасоматическое происхождение не вызывает сомнений. На Боргойском же участке андрадит-биотитовые личфильдиты (Д-3 и 15а, табл. 37) слагают несколько прямолинейных дайкообразных тел северо-восточного простирания. Для них характерна небольшая мощность (не более 0,7 м). Протяженность их меняется от 50 до 150 м. По внешнему виду личфильдиты — очень плотные роговиковоподобные породы темно-серого, почти черного цвета. Под микроскопом они обнаруживают типичную мелкозернистую роговиковую структуру с гломеробластами зеленого биотита и зеленовато-желтого граната андрадита. Среди роговиковой основной массы калишпат-альбитового состава рассеяны лучистые обособления лейстового альбита. Нефелин образует ксеноморфные зерна, наполненные включениями альбита и замещенные частично или полностью цеолитоподобным веществом.

Реоморфические тингуаиты еще сохраняют пространственную связь с разлинзованными дайками сельвсбергитов.

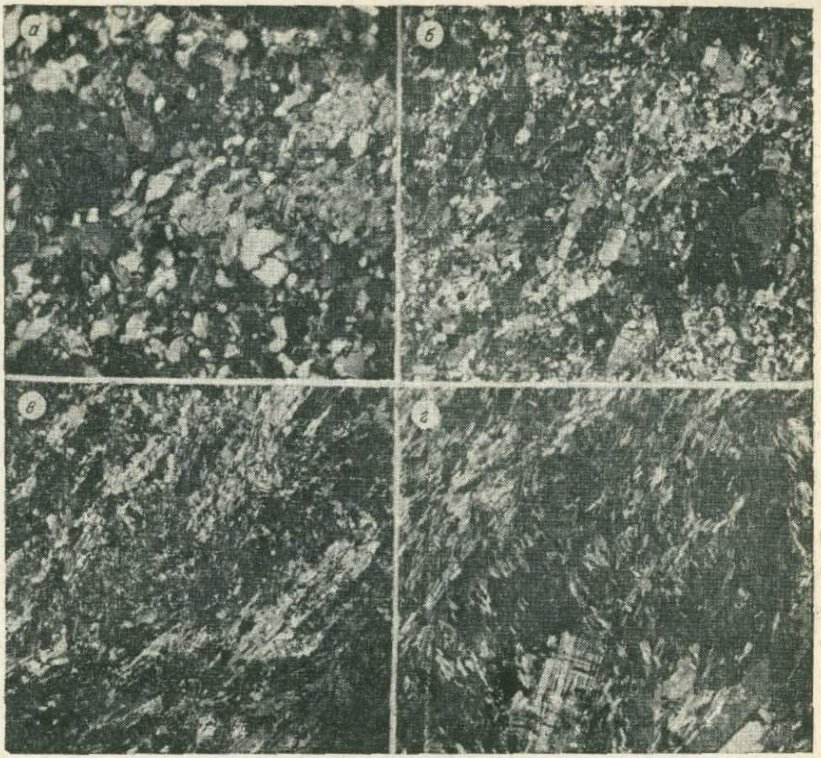

Рис. 10. Разновидности микроструктур в тингуаитах.

а — роговиковая с пойкилобластами нефелина; *б* — роговиковая с элементами панидиоморфнозернистой; *в* — роговиковая с новообразованиями лейст альбита; *г* — трахитовая порфировая.

Они образуют изолированные небольшие тела (10×20 м) вокруг деформированных даек сельвсбергитов в тектонически ослабленных участках. Иногда эти линзы группируются в цепочки вдоль тел сельвсбергитов (см. рис. 8). Особенно часто такие породы встречаются на Дабхорском хребте.

По внешнему виду реоморфические тингуаиты почти не отличаются от метасоматических — такие же свежие светло-серые или серые. Главные отличия между этими разновидностями заключаются в условиях залегания и в структурных особенностях. Реоморфические тингуаиты характеризуются причудливым сочетанием трахитовой и роговиковой структур. Участки трахитовой структуры обычно лейкократовые. Вдоль контактов роговиковой и трахитовой структур в них появляется ярко-оранжевый биотит, типичный для магматических тингуаитов. В участках же с роговиковой структурой биотит буровато-зеленый. Биотит двух генераций является также хорошим критерием для реоморфических тингуаитов.

Таблица 37

Количественно-минеральный состав тингуаитов и личфильдитов, об. %

Минерал	Проба					
	Р-131	82/4	97/4	15а	Д-3	252/4
Калишпат	20,0	31,0	26,5	22,0	27,0	40,0
Альбит	37,0	48,9	26,5	48,0	49,0	42,0
Нефелин	25,0	5,7	25,0	12,0	4,0	7,0
Эгирин	10,0	4,9	21,0	1,0	—	4,0
Биотит	3,0	6,3	1,0	8,8	15,5	6,0
Роговая обманка	+	3,2	—	+	1,0	1,0
Канкринит	+	—	—	+	+	—
Флюорит	+	+	+	+	+	+
Содалит	—	++	—	+	+	—
Цеолит	+	—	—	+	+	+
Гранат	5,0	—	—	7,0	2,0	—
Ловенит	+	—	—	+	+	—
Апатит	+	+	+	+	+	+
Сфен	+	—	+	1,2	1,5	+
Циркон	+	—	—	+	+	+

Примечание. Р-131 — метасоматический тингуаит из линзы в мариуполитах. Боргойский участок, аналитик Л. В. Комарова; *метасоматический тингуаит* (82/4) и реоморфический тингуаит (97/4) с Дабхорского участка, аналитик Т. А. Лахно; 15а, Д-3 — метасоматические гранат-биотитовые личфильдиты из тектонических зон на юге Боргойского участка, аналитик Л. В. Комарова; 252/4 — магматический тингуаит из секущей дайки. Дабхорский участок, аналитик Т. А. Лахно.

Реоморфические тингуаиты возникали при частичном плавлении сельвсбергитов во время интенсивного натрового метасоматоза.

Магматические тингуаиты слагают прямолинейные маломощные дайки субмеридионального простирания. По условиям залегания и внешнему виду они очень хорошо отличаются от метасоматических и реоморфических. Магматические тингуаиты слагают маломощные субмеридиональные дайки с прямолинейными четкими контактами. Для них характерна буровато-красная окраска и хорошо заметная на глаз игольчатая трахитовая структура.

Под микроскопом эти породы имеют типичную трахитовую структуру основной массы. Порфировые вкрапленники сложены *длинными лейстами* микроклина с пертитами распада (см. рис. 10).

В отличие от метасоматических тингуаитов нефелин в магматических тингуаитах ксеноморфен. Он кристаллизуется в интерстициях между полевыми шпатами и иногда в виде кайм вместе с флюоритом окружает вкрапленники микроклина. В большинстве случаев наблюдается замещение нефелина слюдоподобным веществом. Отчетливо ксеноморфны также темноцветные минералы — эгирин и биотит. Подбно нефелину они занимают промежутки между лейстами полевых шпатов.

Таблица 38

Химический состав тингуаитов и личфильдитов, вес. %

Компонент	Проба						Среднее по Дэли	Тингуаит из Фена
	Р-131	82/4	97/4	15а	Д-3	252/4		
SiO_2	56,26	58,62	56,76	57,58	57,46	59,44	55,02	56,60
TiO_2	0,36	0,63	0,43	0,44	0,49	0,55	0,36	0,44
Al_2O_3	20,44	17,95	17,43	20,67	18,63	18,05	20,42	20,78
Fe_2O_3	3,67	3,19	6,39	2,71	3,52	2,87	3,06	2,57
FeO	3,30	4,89	3,16	3,59	4,31	4,60	1,82	2,00
MnO	0,25	0,38	0,42	0,37	0,24	0,42	0,22	0,20
MgO	0,33	0,14	0,28	0,64	0,54	0,97	0,59	0,34
CaO	1,40	1,68	1,46	1,51	1,46	Нет	1,67	1,68
BaO	—	—	—	—	—	—	—	0,15
Na_2O	9,19	6,91	8,51	8,47	7,92	6,61	8,63	9,12
K_2O	3,92	5,37	4,85	3,24	4,18	5,61	5,38	7,07
H_2O^-	—	0,14	0,22	Нет	—	0,40	—	—
H_2O^+	0,52	0,1%	Нет	0,24	0,44	0,26	2,77	2,34
P_2O_5	0,08	0,08	0,02	0,12	0,09	Нет	0,06	0,07
CO_2	—	0,44	Нет	Нет	—	0,33	—	0,32
Cl	—	—	—	—	—	—	—	0,27
SO_3	Нет	Нет	0,33	—	Нет	Нет	—	—
Сумма	99,72	100,38	100,04	99,58	99,28	99,71	—	99,95
f	85,3	90,4	87,0	75,9	81,9	70,2	—	—
f'	92,9	90,6	94,9	84,1	88,8	80,6	—	—

Оранжевый биотит в виде широких лейст (вытянутых по оси *Np*) очень характерен для магматических тингуаитов и сельвсбергитов. Возможно, он кристаллизуется самым последним в породе, так как наблюдаются случаи замещения нефелина лейстами оранжевого биотита.

По химическому составу тингуаиты изученного района отличаются от среднего состава, по Дэли (Заварицкий, 1955), и от тингуаитов района Фен (Барт, Рамберг, 1969) значительно более высоким содержанием кремнезема (табл. 38), особенно магматический тингуаит. Большинство анализов указывает также на пониженное содержание глинозема и повышенное содержание железа, особенно закисного.

В нормативном составе тингуаитов содержится нефелин, количество его примерно соответствует реальному (табл. 39). Исключение составляет лишь магматический тингуаит, в ко-

Таблица 39

Нормативный состав тингуаитов и личфильдитов, вес. %

Минерал	Проба					
	Р-131	82/4	97/4	15а	Д-3	252/4
Коруид	—	—	—	0,77	—	1,87
Циркон	—	—	—	—	—	—
Ортоклаз	23,17	31,74	28,66	19,15	24,70	33,15
Альбит	43,93	46,56	37,19	53,23	48,37	52,00
Анортит	2,94	2,10	—	6,71	2,94	—
Нефелин	18,33	6,45	13,79	8,88	10,00	—
Карбонат натрия	—	—	—	—	—	0,79
Акмит	—	—	8,24	—	—	—
Диопсид	0,74	0,16	0,93	—	0,80	0,93
Геденбергит	2,26	2,43	3,42	—	2,40	3,42
Энстатит	—	—	—	—	—	0,17
Ферросилит	—	—	—	—	—	0,42
Форстерит	0,34	0,19	0,19	1,12	0,68	0,19
Фаялит	1,31	3,64	0,87	3,33	2,60	0,87
Магнетит	5,32	4,62	5,13	3,93	5,10	5,13
Ильменит	0,68	1,20	0,82	0,84	0,93	0,82
Апатит	0,19	0,19	0,05	0,28	0,21	0,05
Кальцит	—	1,00	0,75	—	—	0,75
Сумма	99,21	100,28	100,04	98,24	98,83	100,56

тором нет нормативного нефелина, тогда как в реальном составе порода содержит около 7% нефелина.

Биотитизированные и мусковитизированные сиенит-порфиры встречаются в виде жил и линзовидных тел среди бурых и розовато-бурых биотитовых сиенитов вдали от главных полей нефелиновых сиенитов и мариуполитов, т. е. во внешней зоне финитизации. Встречены эти породы были на Боргойском и Нижне-Ичетуйском участках, но наиболее распространены на Боргойском участке.

Биотитизированные сиенит-порфиры представляют собой мелкозернистые бурые или серовато-бурые породы с порфировидными вкрапленниками ортоклаз-пертита и гломеробластическими скоплениями биотита. Порфировидные вкрапленники образуют веерообразные сростки из 2—3 длинных лейст, заметные простым глазом. Вкрапленники ортоклаз-пертита зачастую деформированы и альбитизированы с образованием беспертитового микроклина и альбита.

Трахитоидная структура основной массы нарушается тонкой грануляцией по межзерновым трещинам лейстового альбита либо участковой или прожилковидной грануляцией.

Биотит мелкочешуйчатый, темно-зеленый, часто образует гломеробластовые скопления и изредка псевдоморфозы вместе с кальцитом и магнетитом по сине-зеленой роговой обман-

Таблица 40

Количественно-минеральный состав биотитизированных сиенит-порфиров, об. %

Минерал	Проба			Минерал	Проба		
	3-36	7-12	8-1		3-36	7-12	8-1
Калишпат . . .	35,0	25,0	27,0	Кальцит . . .	2,0	1,0	1,0
Альбит	45,0	52,0	47,0	Хлорит	—	+	—
Биотит	17,0	19,0	21,0	Рудный минерал .	1,0	+	+
Гранат	—	1,0	—	Флюорит . . .	—	+	—
Роговая обманка .	—	+	—	Апатит	+	+	+
Эгирин	—	+	—	Беккелит (?) . .	—	+	—
Мусковит . . .	+	2,0	4,0	Ловенит . . .	+	+	—

Примечание. 3-36 — бурый сиенит-порфир, скв. 3, аналитик Т. А. Лахно; 7-12 — бурый сиенит-порфир, скв. 7; 8-1 — серовато-бурый сиенит-порфир, скв. 8, аналитик В. С. Лебедева. Все пробы с Боргойского участка.

ке. Изредка встречаются вместе с биотитом мелкие зерна гранат-андрадита.

Мусковитизированные сиенит-порфиры отличаются от биотитизированных лишь содержанием небольших мономинеральных пятен из тонкочешуйчатого мусковита, образующегося независимо от биотита. Изредка в слабомусковитизированных разновидностях мусковит мелкими чешуйками равномерно рассеян по породе.

Биотитизированные сиенит-порфиры отличаются от других жильных пород высоким содержанием биотита (табл. 40).

Обогащение биотитом сиенит-порфиров можно считать метасоматическим по следующим причинам: биотитизированные сиенит-порфиры встречаются лишь на периферии зон нефелинизации или между этими зонами, где преобладает главным образом калиевый метасоматоз.

Возможно, что некоторые разновидности биотитизированных и мусковитизированных сиенит-порфиров образовались по роговообманковым сельвсбергитам, так как наблюдаются переходные разновидности между этими породами. Некоторые роговообманковые сельвсбергиты на Дабхорском участке содержат пятнистые скопления мусковита.

По химическому составу (табл. 41) биотитизированные сиенит-порфиры относятся к группе пород, пересыщенных глиноземом (см. табл. 50). В нормативном составе данных пород содержится до 4% корунда (табл. 42).

Сиенит-порфиры, секущие эффузивы боргойской свиты. Метаморфизованные эффузивы этой свиты вблизи Боргойского массива нефелиновых сиенитов секутся многочисленными дайками сиенит-порфиров, мощность даек колеблется от 0,5 м до 2—3 м. Протяженность их достигает 2 км и более.

Таблица 41

Химический состав биотитизированных сиенит-порфиров, вес. %

Окисел	Проба 3-36	Проба 7-12	Проба 8-1	Окисел	Проба 3-36	Проба 7-12	Проба 8-1
SiO_2	56,48	60,82	57,41	K_2O	5,36	3,41	4,83
TiO_2	0,59	0,44	0,45	H_2O^-	0,18	0,48	0,30
Al_2O_3	16,64	20,32	19,47	H_2O^+	1,05	0,82	1,70
Fe_2O_3	1,65	0,64	2,90	P_2O_5	0,04	Следы	0,19
FeO	4,27	3,48	4,62	CO_2	1,10	0,55	0,66
MnO	0,18	0,21	0,22	SO_3	Нет	0,08	0,01
MgO	0,59	0,46	0,19				
CaO	2,07	1,24	1,19	Сумма	99,61	99,34	100,30
Na_2O	6,60	6,87	6,46	f	80,1	81,0	93,0
				f'	84,1	83,2	95,4

Сиенит-порфиры заметно рассланцованы и метаморфизованы вместе с вмещающими эффузивами; особенно хорошо это видно на контактах даек. По внешнему виду они бурые или серовато-бурые, порфировидные. Под микроскопом обнаруживается, что первичная трахитоидная структура основной массы сильно нарушена катаклазом и последующей перекристаллизацией. Порфировидные вкрапленники калишпата зачастую деформированы и сильно гранулированы.

Изученные породы из двух жил неодинаковы по своему минеральному и химическому составу (табл. 43, 44). Проба 64г — кварцевый сиенит-порфир — была взята из жилы, удаленной от Боргойского массива более чем на 1 км. Вторичные изменения минералов в этой породе заключаются в хлоритизации биотита и в появлении бурых окислов железа по межзерновым трещинам. Жила, из которой взята проба 66, находится в 0,5 км от массива нефелиновых сиенитов. В ней наблю-

Таблица 42

Нормативный состав биотитизированных сиенит-порфиров, вес. %

Минерал	Проба 3-36	Проба 7-12	Проба 8-1	Минерал	Проба 3-36	Проба 7-12	Проба 8-1
Кварц	—	3,81	—	Ферросилит	—	5,52	—
Корунд	1,86	4,45	3,44	Форстерит	1,03	—	0,33
Циркон	—	—	—	Фаялит	4,49	—	4,44
Ортоклаз	31,68	20,15	28,54	Магнетит	2,39	0,93	4,20
Альбит	43,82	57,61	53,99	Ильменит	1,12	0,84	0,85
Анортит	3,06	2,67	0,50	Апатит	0,09	—	0,45
Нефелин	6,52	—	0,33	Кальцит	2,50	1,25	1,51
Тенардит	—	0,14	0,02				
Энстатит	—	1,14	—	Сумма	98,56	98,51	98,60

Таблица 43

Количественно-минеральный состав сиенит-порфиров, об. %

Минерал	Проба 64г	Проба 66	Минерал	Проба 64г	Проба 66
Калишпат . .	31,0	41,0	Рудный минерал . . .	2,0	10,0
Альбит . . .	50,0	45,0	Кальцит . .	—	2,0
Биотит . . .	5,0	2,0	Апатит . .	—	+
Хлорит . . .	2,0	—	Циркон . .	+	+
Кварц . . .	10,0	—			

Примечание. 64г — серовато-бурый кварцевый сиенит-порфир из жилы, секущей боргойскую свиту в 1,2 км от Боргойского участка, аналитик Т. А. Лахно; 66 — бурый сиенит-порфир из дайки, секущей Боргуйскую впадину в 0,5 км от Боргойского участка, аналитик Т. А. Лахно.

даются более интенсивные вторичные изменения, соответствующие самой ранней стадии фенитизации, по Т. Барту и И. Рамбергу (1969). Эти изменения выражаются в замещении биотита гидроокислами железа. В нормативном составе породы содержится небольшое количество нефелина и акмита и 2% гематита (табл. 45).

Признаки начальной фенитизации, имеющие место в жилах сиенит-порфиров за пределами массивов нефелиновых сиенитов, наряду с другими приведенными выше фактами указывают на возможность образования сельвсбергитов метасоматическим путем по сиенит-порфирам в зонах более интенсивной фенитизации.

Кринаниты и гленмуириты. Петрографическое описание щелочных базальтоидов в Боргойской впадине было дано И. В. Беловым (1963). В настоящей работе приводятся лишь некоторые сведения, которые могут указывать на генетическое родство между нефелиновыми сиенитами обрам-

Таблица 44

Химический состав сиенит-порфиров, вес. %

Окисел	Проба 64г	Проба 66	Окисел	Проба 64г	Проба 66
SiO_2	68,79	58,12	K_2O	4,95	5,07
TiO_2	0,42	0,82	H_2O^-	Нет	0,08
Al_2O_3	15,35	15,69	H_2O^+	0,16	0,44
Fe_2O_3	1,22	7,89	P_2O_5	0,14	0,11
FeO	2,20	2,96	CO_2	Нет	Нет
MnO	0,07	0,32	SO_3	«	«
MgO	0,46	1,00			
CaO	0,86	1,29	Сумма	100,47	99,97
Na_2O	5,85	6,26	f	73,4	62,2
			f'	80,7	84,8

Таблица 45

Нормативный состав сиенит-порфиров, вес. %

Минерал	Проба 64г	Проба 66	Минерал	Проба 64г	Проба 66
Кварц . . .	13,06	—	Энстатит . .	0,82	—
Ортоклаз . .	29,25	29,96	Ферросилит .	1,77	—
Альбит . . .	49,50	51,10	Оливин . .	—	0,31
Анортит . .	1,00	—	Магнетит .	1,77	8,21
Нефелин . .	—	0,21	Гематит . .	—	2,07
Акмит . . .	—	0,43	Ильменит .	0,80	1,56
Диопсид . .	0,69	4,42	Апатит . . .	0,33	0,26
Геденбергит .	1,30	—			
			Сумма . .	100,29	99,53

ления Боргойской впадины и щелочными базальтоидами, широко проявленными в этой впадине (табл. 46, 47).

1. Щелочные базальтоиды представлены гипабиссальной фацией с дифференциатами: кринанит — гленмуирит — куямит — бостонит — фельдшпатолит.

2. Более лейкократовые разновидности продуктов дифференциации тяготеют к краевым зонам впадины.

Таблица 46

Химический состав кринанитов и гленмуиритов, вес. %

Окисел	Проба 151/4	Проба 310/4	Проба 383/4	Проба 29/63	Окисел	Проба 151/4	Проба 310/4	Проба 383/4	Проба 29/63
SiO_2	47,86	51,32	48,66	50,96	K_2O	3,16	5,62	4,52	3,90
TiO_2	2,43	1,91	2,04	1,61	H_2O^-	0,50	0,22	0,42	0,12
Al_2O_3	18,13	15,38	13,00	16,58	H_2O^+	2,60	3,20	2,72	1,54
Fe_2O_3	3,35	5,06	11,11	5,66	P_2O_5	0,59	0,41	0,74	0,48
FeO	6,18	4,98	1,91	4,25	SO_3	Нет	Нет	0,05	0,12
MnO	0,25	0,12	0,15	0,14	CO_2	0,22	Нет	Нет	0,22
MgO	3,65	1,94	4,60	3,00					
CaO	6,23	5,01	7,51	6,08	Сумма	100,17	100,57	100,25	99,68
Na_2O	5,52	5,62	3,24	5,14	f	48,7	59,1	18,7	44,3
					f'	58,5	73,4	59,3	63,7

Примечание. 151/4 — кринанит из баянуидурского лакколита в Боргойской впадине (плагиоклаз 45%, анальцим 15, титан-авгит 12, оливин 17, рудный минерал 3, бронзовый биотит+иддингсит 7, апатит 1%); 310/4 — баркевикитовый гленмуирит (полевошпатово-анальцимовая масса 80%, баркевикит 8, титан-авгит 3, рудный минерал 7, халцедон 2%) из жилки, секущей кринаниты белоозерского лакколита; 383/4 — гленмуирит из муртойской дайки (плагиоклаз-ортоклазовая масса 60%, пироксен 10, анальцим 15, рудный минерал 9, бронзовый биотит 6%, флюорит); 29/63 — полевошпатовая масса с анальцимом 70%, биотит 15, пироксен 4, рудный минерал 5, апатит 1, кальцит (первичный) — 5%, аналитик Т. А. Лахно.

3. Лейкократовые дифференциаты кринанитов содержат до 32% анальцима.

4. Кринаниты и гленмуириты имеют в нормативном составе до 13,6% нефелина (см. табл. 47).

5. Гленмуириты, так же как сельвсбергиты и тингуаиты из секущих даек, включают характерный бронзовый биотит и флюорит.

Таблица 47

Нормативный состав кринанитов и гленмуиритов, вес. %

Минерал	Проба			
	151/4	310/4	383/4	29/63
Ортоклаз	18,68	33,21	26,71	23,05
Альбит	24,46	22,41	22,62	31,28
Анортит	15,36	0,14	7,75	11,07
Нефелин	12,05	13,62	2,42	6,19
Тенардит	—	—	0,09	0,21
Диопсид	5,66	10,41	19,22	10,56
Геденбергит	2,73	3,82	—	0,90
Волластонит	—	1,83	—	—
Форстерит	4,53	—	1,78	1,80
Фаялит	2,76	—	—	0,19
Магнетит	4,86	7,34	0,74	8,20
Гематит	—	—	10,60	—
Ильменит	4,61	3,63	3,87	3,06
Апатит	1,40	0,97	1,75	1,14
Кальцит	0,50	—	—	0,50
Сумма	97,60	97,38	97,55	98,15

Таким образом, можно говорить о непрерывном ряде продуктов дифференциации щелочных базальтоидов Боргойской впадины и ее обрамления: кринаниты — гленмуириты — тингуаиты — сельвсбергиты. В завершающую стадию этой дифференциации образовались многочисленные метасоматические породы в обрамлении впадины — мариуполиты, метасоматические тингуаиты и сельвсбергиты, нефелинизированные сиениты и др. Кринаниты и гленмуириты в послемагматическую стадию подверглись интенсивной цеолитизации и карбонатизации.

ГЛАВНЫЕ ПОРОДООБРАЗУЮЩИЕ МИНЕРАЛЫ

В этой главе рассматриваются породообразующие минералы пород. Коротко описываются некоторые акцессорные минералы.

Полевые шпаты — главные породообразующие минералы в изученных породах. Они явились тем основным фоном, на котором происходили структурные и минералогические преобразования пород. Их изучение в значительной мере помогает выяснить историю формирования пород.

Плагиоклаз в изученных породах представлен только альбитом. По оптическим свойствам во всех разновидностях он отвечает альбиту с небольшим количеством анортитовой молекулы (не более 8%). В связи с различными стадиями процесса фенитизации выделено несколько генераций альбита.

1. Альбит начальной стадии фенитизации развивается при разрушении биотита и замещении его изометричными полигональными зернами альбита, переполненного мельчайшими листочками биотита и рудной пылью. Вместе с альбитом по биотиту образуются магнетит и бурые окислы железа либо эгирин с магнетитом или без него. Эта генерация альбита содержит около 8% анортитового компонента.

2. Альбит, развивающийся в крупных пластинах ортоклаза в виде пертитов замещения.

3. Альбит, образовавшийся в результате полной перекристаллизации первичного ортоклаза с обособлением лейст альбита и ксеноморфных зерен беспертитового микроклина.

4. Альбит в прожилках, секущих мариуполиты и нефелиновые сиениты.

Калишпат. В описанных породах встречаются три разновидности калишпата, отличающиеся по составу и морфологии.

1. Криптопертитовый ортоклаз. Эта разновидность калишпата отмечается только в наименее измененных разновидностях биотитовых и роговообманковых сиенитов. Он образует крупные субидиоморфные пластины. Судя по его оптическим свойствам ($2V = -75°$), в ортоклазе содержится около 40% альбитовой молекулы (Дир и др., 1966, т. 4, с. 74).

2. Ортоклаз с пертитами замещения. Судя по количеству обособившегося в нем альбита, первичный ортоклаз был существенно натровым. Пертитовые вростки альбита составляют до 50% площади ортоклаза.

Ортоклаз с пертитами замещения характеризуется небольшим углом оптических осей (наблюдаются колебания $2V$ от 45 до 60°). Согласно диаграмме Таттла (Дир и др., 1966, т. 4, с. 74), этот ортоклаз содержит от 15 до 25% альбитового компонента. Ортоклаз с пертитами замещения является главным породообразующим минералом в биотитовых сиенитах, мусковитизированных биотитовых сиенитах и в нефелиновых сиенитах. В мариуполитах присутствуют лишь реликтовые пластины ортоклаза с пертитами замещения среди микроклин-альбитовой мелкозернистой основной массы.

3. Беспертитовый микроклин. Появляется в виде одиночных полигональных зерен в некоторых гнездах альбита, образующегося по биотиту в биотитовых сиенитах вместе с магнетитом или эгирином.

Микроклин развивается также по крупным пластинам ортоклаза при его альбитизации, когда калишпат низводится до положения антипертита в образующихся крупных пластинах альбита (рис. 11). При более интенсивных процессах альбитизации происходит полный распад первичного калинатрового полевого шпата на беспертитовый микроклин и альбит. Индивидуализированные альбит и микроклин цементируют реликтовые пластины ортоклаза в нефелиновых сиенитах и

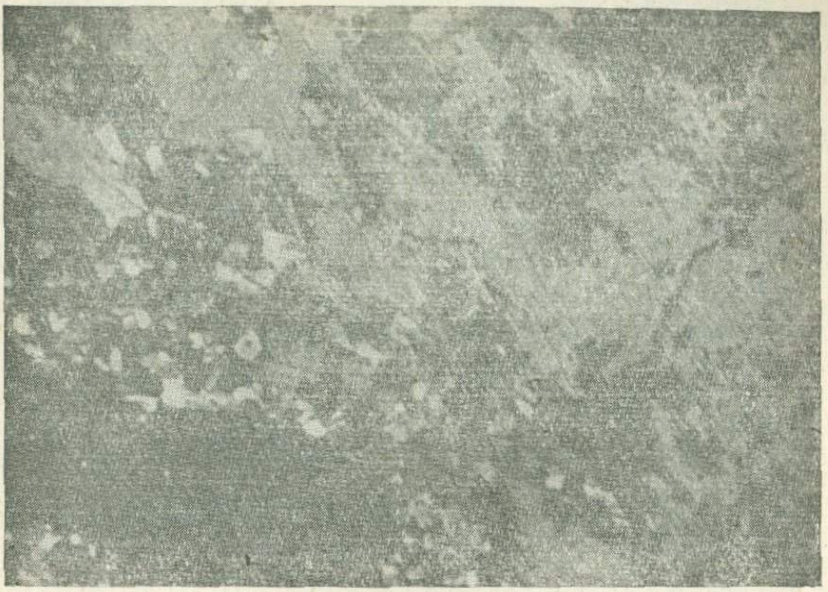

Рис. 11. Крупные альбитизированные пластины ортоклаза, сцементированные индивидуализированными зернами альбита и микроклина в мариуполите. Ув. 8, николи (+).

слагают основную массу породы в мариуполитах и в отдельных разновидностях сельвсбергитов и тингуаитов (см. рис. 9—11).

Нефелин. Зеленовато-серые зерна нефелина обычно хорошо обнаруживаются макроскопически. На выветрелой поверхности нефелин образует оспенные углубления бледно-голубого или серого цвета. В нефелинсодержащих сиенитах нефелин обычно имеет неправильную форму, образует единичные зерна или небольшие скопления в виде гнезд и прожилков. В мариуполитах он часто образует идиоморфные шестигранники или квадраты. Некоторые разновидности мариуполитов состоят только из идиоморфных зерен нефелина и цементирующей белой калишпат-альбитовой массы.

Встречаются мономинеральные нефелиновые линзы и прожилки в рассланцованных сиенит-порфирах и сельвсбергитах (см. рис. 7). Под микроскопом обнаруживается, что нефелин в большинстве случаев переполнен мельчайшими включениями идиоморфных зерен альбита, биотита и эгирина (рис. 12). В биотитовых нефелиновых сиенитах типа миаскитов включения в нефелине представлены только биотитом. В эгиринсодержащих разновидностях пород нефелин содержит обыч-

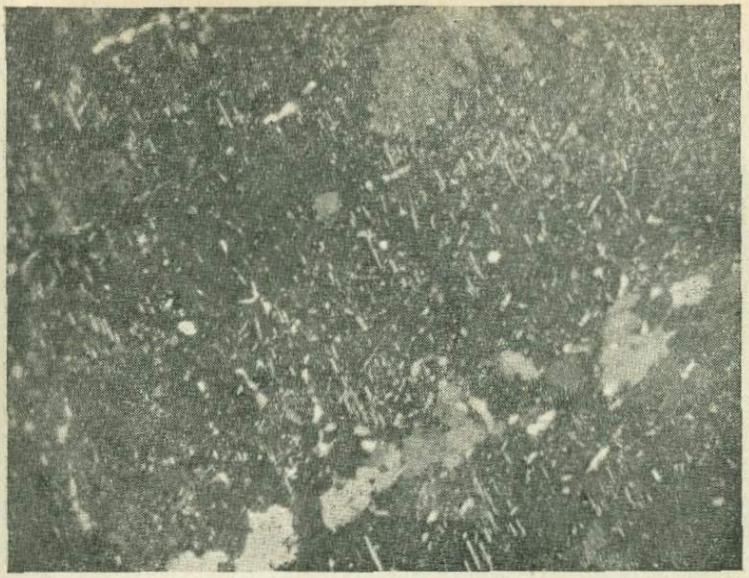

Рис. 12. Микровключения альбита, биотита и эгирина в нефелине, пересеченном жилкой альбита. Ув. 40, николи (+).

но включения и биотита и эгирина (см. рис. 12). Включения эгирина в этих породах приурочены к перекристаллизованным участкам зерен нефелина. Не наблюдается строгой закономерности в ориентировке включений — они располагаются либо вдоль трещинок спайности, либо просто по трещинкам в виде извилистых линий; иногда включения образуют концентрические кольца, повторяя внешние контуры минерала.

Редкие зерна нефелина не испытали перекристаллизации. Большинство зерен нефелина гранулировано, часто наблюдается более поздняя, чем грануляция, перекристаллизация нефелина в виде дендритоподобных новообразований. Есть основания предполагать, что нефелин образовался раньше эгирина. Сначала он ассоциировался с биотитом, о чем свидетельствуют обильные включения биотита в нефелине. Позднее, в стадии альбитизации, появлялся эгирин. При этом происходила грануляция и частичная перекристаллизация нефелина, а также рост микровключений эгирина в перекристаллизованных участках нефелина. В таких участках наблюдаются дактилоскопические вростки альбита, а на фронте перекристаллизованного альбита появляются более крупные включения эгирина или альбита. При этом происходит очищение нефелина от микровключений.

В мариуполитах и альбит-нефелиновых прожилках часто отмечаются тонкие жилки альбита в нефелине, а также включения отдельных лейст альбита.

Показатели преломления нефелина колеблются для *Ng* от 1,533 до 1,542, а для *Np* от 1,529 до 1,539. Перекристаллизованные участки нефелина с дактилоскопическими вростками альбита имеют более низкий показатель преломления (*Ng* — 1,533, *Np* — 1,529); низкий показатель преломления также у нефелинов из мономинеральных прожилков в дайках сиенит-порфиров. Низкие показатели преломления в нефелинах, по мнению Шенда (Shand, 1939), зависят от увеличения кремнезема в составе нефелина. Этот вывод хорошо подтверждается геологическими и петрографическими наблюдениями в изученном районе. Нефелины с низкими показателями преломления связаны с самыми поздними относительно кислыми натровыми растворами. У нефелина в магматических тингуаитах, по-видимому, тоже сравнительно много кремния, так как при пересчете на нормативный состав в породах, содержащих около 7% реального нефелина, нормативного нефелина не получается.

Высокие показатели преломления наблюдаются в нефелинах из миаскитов, в нефелиновых сиенитах с эгирином и реже в мариуполитах.

Спектральным анализом в нефелинах обнаруживаются тысячные доли процента циркония и стронция.

Вторичные изменения в нефелине выражаются в замещении его бурым пелитоподобным веществом по краям зерен, тонковолокнистым цеолитоподобным веществом, канкринитом и содалитом.

Эгирин является одним из главных породообразующих цветных минералов большинства фенитизированных пород района. Его содержание колеблется в мариуполитах от 3 до 24%, в нефелиновых сиенитах — от 5 до 17%; в ийолитах эгирина около 48%. В дайковых породах — сельвсбергитах и тингуаитах — количество эгирина также непостоянно (от 1 до 21%). В мариуполитах и нефелиновых сиенитах часто образуются крупные кристаллы темно-зеленого, почти черного эгирина, но наиболее обычны линзовидные или неправильной формы гломеробластические обособления эгирина. В большинстве случаев эгирин находится в ассоциации с биотитом. Развивается эгирин по биотиту и обычно содержит многочисленные реликтовые включения этого минерала.

По химическому составу выделяются эгирин-авгит (табл. 48) и акмит. Первый наиболее распространен в породах. Акмит же появляется в связи с поздним наложенным процессом альбитизации. Вследствие поздней прожилковой альбитизации в одном шлифе часто встречаются и эгирит-авгит, и акмит. Наблюдаются зональные кристаллы эгирина: централь-

Таблица 48

Химический состав эгирин-авгита * из мариуполита Боргойского участка, вес. %

Компонент	Проба 126
SiO_2	48,02
TiO_2	1,31
Al_2O_3	1,97
Fe_2O_3	24,25
FeO	7,45
MnO	0,23
MgO	0,56
CaO	6,96
Na_2O	9,21
K_2O	0,22
Сумма	100,18
Ng	1,792
Np	1,745
2V	—68°
Np	3°

* Аналитик Г. В. Бондырева.

ная часть зерна сложена ярко-зеленым эгирин-авгитом, а краевая — буровато-желтым акмитом. В отличие от эгирин-авгита акмит не встречается в ассоциации с биотитом. Мариуполиты, содержащие из темноцветных минералов только акмит, отмечены в поисковых скважинах в долине пади Эхирик. Эгирит-авгит имеет следующую схему плеохроизма: *Np* — ярко-зеленый, *Ng* — зеленовато-бурый, *Nm* — светлый желтовато-бурый.

Акмит отличается от эгирин-авгита светлой желтовато-бурой окраской по *Np* и еще более светлой желтовато-бурой по *Ng* и *Nm*. Показатели преломления его: *Np'* — 1,773; *Ng'* — 1,830, $2V = -61°$.

Согласно треугольной диаграмме (Sabine, 1950), эгирин-авгиты из мариуполитов изученного района по оптическим данным содержат 75% молекулы акмита, акмит же — не более 3% молекулы эгирин-авгита. По результатам полуколичественных спектральных анализов в эгиринах имеются десятые и сотые доли процента циркония, цинка, лантана, сотые доли — стронция и тория и тысячные — ниобия.

Биотит в том или ином количестве присутствует почти во всех изученных породах. Особенно распространенным является *зеленовато-бурый биотит*, плеохроирующий до темно-бурого, почти черного цвета. Наиболее выдержан количественный состав биотита в биотитовых (15—10%), биотит-андрадитовых сиенитах (10—23%) и личфильдитах (17%). Нефелиновые сиениты и мариуполиты отличаются значительными колебаниями биотита в составе. Так как в большинстве случаев эгирин развивается по биотиту, то содержание биотита зависит и от интенсивности этого замещения.

Более светлый, *буровато-зеленый* мелкочешуйчатый биотит всегда связан с альбитизацией. На ранней стадии альбитизации, когда альбит образуется по межзерновым трещинкам, зеленый мелкочешуйчатый биотит окаймляет прожилки альбита, развиваясь как бы на фронте альбитизации. На этой стадии, по-видимому, идет переотложение первичного биотита. При этом происходит изменение в составе биотита в сторону увеличения окисного железа, что выражается в некотором осветлении и значительном позеленении переотло-

женного биотита. Метасоматическое замещение первичного калинатрового полевого шпата нефелином также сопровождается кристаллизацией в нефелине обильных мельчайших включений идиоморфного буровато-зеленого либо зеленого биотита. Особенно богаты включениями биотита нефелиновые сиениты типа миаскитов, так как они не испытали последующей интенсивной альбитизации, которая вызвала замещение биотита эгирином как в основной массе породы, так и во включениях в нефелине.

В мариуполитах часто встречаются каймы из буровато-зеленого мелкочешуйчатого биотита вокруг зерен нефелина, вдоль границы его с эгирином (рис. 13). Эта биотитовая кайма между эгирином и нефелином возникает только в том случае, когда между этими минералами по межзерновой трещине проникает цепочка из мелких одиночных зерен альбита.

Яркий оранжевый биотит появляется в совершенно особых условиях. Он присутствует только в магматических дайках тингуаитов. В реоморфических тингуаитах и сельвсбергитах содержится биотит двух генераций — буро-зеленый реликтовый и яркий оранжевый. В участках, подвергшихся частичному расплавлению, в зеленом биотите наблюдаются оранжевые полоски вдоль спайности и по краям оплавленных лейст. Оранжевый биотит содержится также в небольших

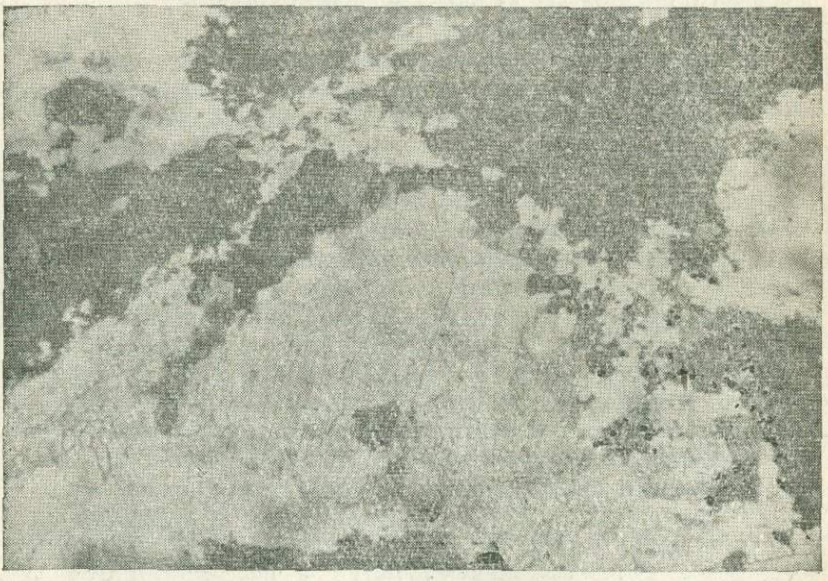

Рис. 13. Кайма биотита вокруг нефелина на границе с эгирином. Ув. 8, николи (—).

прожилках нефелин-эгирин-альбитового состава среди мариуполитов на Боргойском участке.

По оптическим свойствам (табл. 49) биотиты из нефелиновых сиенитов относятся к высокожелезистому анниту, согласно диаграммам В. Е. Трегера (1958), а из биотитовых сиенитов джидинского комплекса и из фенитизированных сланцев — к лепидомелану. При сравнении биотитов из нефелиновых сиенитов с анализами биотитов, приведенными в литературе (Дир и др., 1966, т. 3, с. 73), по химическому составу (см. табл. 49) первые также принадлежат к самым высокожелезистым. Необычно высоким является содержание окисного железа в биотитах (до 15%). Для яркого оранжевого биотита (252/4) характерно самое высокое содержание как суммарного железа (36,9%), так и окисного (15,8%).

На треугольной диаграмме состава биотитов в координатах $(FeO+MnO)-(Fe_2O_3+TiO_2)-MgO$ (Дир и др., 1966, т. 3, с. 97) биотиты нефелиновых сиенитов ложатся в поле самых высокожелезистых биотитов с максимальным содержанием окисного железа (рис. 14). Спектральным анализом в их составе обнаружены десятые и сотые доли процента лития, цинка, лантана, циркония и тысячные — ниобия. В отдельных *биотитах из альбит-нефелиновых прожилков* присутствует никель и хром — сотые доли процента.

Роговая обманка как главный цветной минерал встречается в биотит-роговообманковых сиенитах, где она представлена разновидностью арфведсонитового ряда. Ее оптические константы: Ng' — 1,710, Np' — 1,698, cNp — 10°, $2V=-42°$; схема плеохроизма: Ng — светлый буровато-зеленый, Np — темный синевато-зеленый, Nm — темный серовато-зеленый.

В нефелинсодержащих сиенитах, в мариуполитах и тингуаитах роговая обманка, по-видимому, содержит больше гастингситовой молекулы (феррогастингсит), так как показатель преломления ее значительно повышается: Ng'—1,722, Np'—1,702; соответственно повышается и величина двупреломленная (до 0,020), увеличивается угол оптических осей (до —65°); $cNp=20$; меняется схема плеохроизма: Ng — желтовато-бурый, Np — темный оливково-зеленый, Nm — темный зеленовато-синий. Роговая обманка, близкая по оптическим данным к феррогастингситу, присутствует либо как один из главных цветных минералов вместе с биотитом в роговообманковых личфильдитах и сельвсбергитах, либо как редкий второстепенный минерал, развивающийся по эгирину,— в мариуполитах и *нефелиновых сиенитах*.

Роговая обманка из тонких альбитовых и кварц-альбитовых прожилков в фенитах пади Эхирик, согласно оптическим константам, близка к арфведсониту. У нее характерная для арфведсонита схема плеохроизма: Np — яркая сине-зеленая, Nm — темная зеленая с лиловым оттенком, Ng — светлая

Таблица 49

Химический состав биотитов, вес. %

Компонент	Проба				
	8-94	8-92	252/4	0028	263
SiO_2	32,60	33,30	35,60	31,98	32,22
TiO_2	0,90	2,05	1,62	5,84	3,10
Al_2O_3	16,85	13,81	10,51	10,10	14,93
Fe_2O_3	6,71	6,23	15,82	13,53	439
FeO	27,30	28,02	21,11	19,68	25,93
MnO	1,04	0,93	1,25	1,34	0,77
MgO	1,93	2,62	1,33	2,97	2,50
CaO	0,50	0,76	1,00	0,65	0,16
Na_2O	0,25	0,18	0,95	0,98	2,01
K_2O	9,50	9,40	8,44	8,32	8,16
H_2O^-	0,03	Нет	0,27	1,02	0,20
H_2O^+	2,96	3,11	2,87	4,02	3,68
ZrO_2	0,04	0,19	0,06	—	—
Cr_2O_3	—	—	—	—	0,90
Fe	—	—	—	—	1,15
Сумма	100,58	100,60	100,56	99,41	99,90
Ng	1,696	1,692	1,686	1,686	1,686
f	88,8	85,8	89,9	78,8	85,3
f'	90,6	87,8	93,7	85,8	87,0

Количество ионов в пересчете на 12 (O, OH, F)

Si	2,671	4,00	2,722	4,00	2,889	3,90	2,590	3,55	2,552	3,97
Al	1,329		1,278		1,006		0,963		1,420	
Al	0,299		0,050		—		—		—	
Ti	0,054		0,125		0,098		0,357		0,185	
Fe^{3+}	0,414		0,383		0,968		0,826		0,265	
Fe^{2+}	1,869	2,88	1,917	2,87	1,435	2,75	1,328	2,96	1,715	2,57
Mn	0,011		0,065		0,085		0,091		0,051	
Mg	0,235		0,317		0,160		0,357		0,295	
Zr	0,002		0,009		0,003		—		0,057	
Ca	0,044		0,064		0,088		0,056		0,015	
Na	0,039	1,08	0,027	1,07	0,151	1,11	0,154	1,07	0,306	1,14
K	0,994		0,983		0,873		0,858		0,824	
F	—	1,62	—	1,70	—	1,55	—	2,17	0,288	2,23
OH	1,619		1,698		1,554		2,171		1,941	

Компонент	8-64	8-69	0065	49	108a
SiO_2	35,86	36,92	32,66	36,46	37,10
TiO_2	1,62	0,93	4,48	1,98	0,83

Компонент	8-64	8-69	0065	49	108а
Al_2O_3	11,49	13,64	15,04	15,67	16,41
Fe_2O_3	9,31	4,79	8,30	3,62	6,28
FeO	23,23	20,12	18,39	14,85	13,89
MnO	1,30	0,80	1,20	0,23	0,40
MgO	2,70	9,06	4,89	11,30	9,20
CaO	1,88	0,82	0,06	0,97	1,58
Na_2O	1,71	0,55	2,13	0,59	1,23
K_2O	8,40	9,68	9,21	9,84	9,04
H_2O^-	0,03	Нет	0,88	Нет	0,23
H_2O^+	2,58	2,23	3,98	3,85	3,74
ZrO_2	0,11	0,16	—	0,04	0,04
Сумма	100,19	99,70	100,32	99,40	99,74
Ng	1,697	1,698	1,666	1,692	1,666
f	82,8	55,5	67,8	42,4	45,8
f'	86,8	60,2	74,7	47,4	54,3

Количество ионов в пересчете на 12 (O, OH, F)

Si	2,920	4,00	2,937	4,00	2,563	3,95	2,768	4,00	2,810	4,00
Al	1,080		1,063		1,389		1,232		1,190	
Al	0,025		0,212		—		0,172		0,278	
Ti	0,099		0,055		0,263		0,113		0,047	
Fe^{3+}	0,576		0,286		0,490		0,210		0,355	
Fe^{2+}	1,582	2,70	1,339	3,02	1,206	2,61	0,943	2,73	0,879	2,63
Mn	0,088		0,052		0,080		0,015		0,027	
Mg	0,328		1,074		0,574		1,279		1,038	
Zr	0,005		0,007		—		0,002		0,002	
Ca	0,164		0,069		0,005		0,079		0,130	
Na	0,266	1,30	0,086	1,14	0,326	1,26	0,089	1,12	0,178	1,19
K	0,871		0,983		0,925		0,954		0,878	
OH	1,399	1,40	1,183	1,18	2,070	2,07	1,946	1,95	1,889	1,89

Примечание. Пробы различных проявлений и участков: 8-94 — биотит из среднезернистых нефелиновых сиенитов, Боргойское проявление, скв. 8; 8-92 — биотит из серого среднезернистого сиенита с эгирином и нефелином, (Боргойское, скв. 8); 252/4 — оранжевый биотит из тингуаита (Дабхорское); 0028 — биотит из пегматита нефелиновых сиенитов (Нижне-Ичетуйское); 263 — биотит из пегматита нефелиновых сиенитов (Боргойское); 8-64 — биотит из серого биотитового сиенита с эгирином и нефелином (Боргойское, скв. 8); 8-69 — биотит из альбитизированного нефелинового сиенита (Боргойское); 0065 — биотит из биотитовых сиенитов джидинского комплекса (Боцинский участок); 49 — биотит из фенитизированного биотитового сланца (Боргойское); 108а — биотит из зеленого сланца (Нижне-Ичетуйское); аналитик Т. А. Лахно.

желто-зеленая. Показатели преломления.: Ng' — 1,710, Np'—1,702. Угол оптических осей из-за сильной дисперсии как осей индикатрисы, так и оптических осей замерить не удалось.

Гранат. Желтовато-бурый гранат-андрадит (N — 1,876; уд. в. 3,754) в виде мелких часто идиоморфных зерен встречается в биотитовых и роговообманковых сиенитах как вторичный минерал, возникающий на начальной стадии фенитизации. Совместно с беспертитовым микроклином, рудным минералом и сфеном гранат образует своеобразные псевдоморфозы по роговой обманке. В биотитовых сиенитах и в биотитовых сланцах наблюдается андрадит, развивающийся по биотиту.

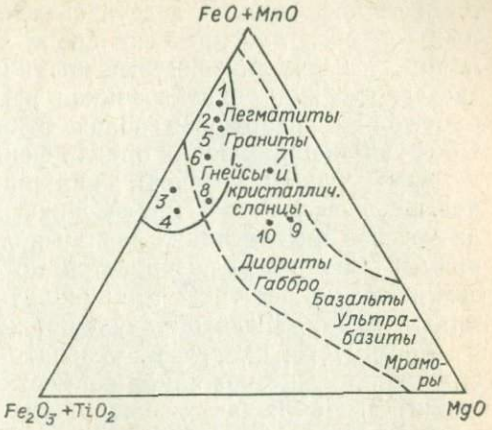

Рис. 14. Химические составы биотитов (см. табл. 49), нанесенные на диаграмму (Дир и др., 1966, т. 31, с. 97).

1 — 8-94; *2* — 8-92; *3* — 252/4; *4* — 00028; *5* — 263; *6* — 8-64; *7* — 8-69; *8* — 0065; *9* — 49; *10* — 108а.

Андрадит встречается в дайковых породах — в роговообманковых и биотитовых лиффильдитах, где он составляет до 7% объема породы (см. табл. 37).

Эккерман (1948) (цит. по кн.: Дир и др., 1965, т. 2, с. 99) считает, что андрадит развивается при самых высоких температурах процесса фенитизации вместо эгирина. Если это так, то получается, что в изученном районе наиболее высокие температуры фенитизации были на самой ранней стадии, а продукты этих высокотемпературных процессов сохранились лишь там, где не было поздней низкотемпературной альбитизации. Гранат гроссуляр-андрадитового ряда (N —1,834) желтовато-зеленого цвета встречается в тонких жилках, секущих нефелиновые сиениты и мариуполиты, совместно с альбитом, канкринитом и флюоритом.

Везувиан отмечается в андрадит-везувиан-биотитовых сланцах в ассоциации с андрадитом. Минерал образует идиоморфные зерна; содержание его в породе достигает 10%.

Под микроскопом везувиан зеленовато-серого цвета, почти не плеохроирует; характерна слабая аномальная интерференционная окраска; Ng'—1,745, Np'—1,738.

Канкринит как породообразующий минерал содержится в биотит-канкринитовых сиенитах, где он слагает до 20% объема породы. Канкринит в этих породах образуется незави-

симо от нефелина. В виде изометричных, иногда полигональных зерен он либо рассеян среди лейстового альбита, либо образует в нем линзовидные мозаичные скопления. Предполагается, что канкринит возникал при натровом метасоматозе биотитовых сиенитов в зонах с более высоким давлением CO_2— во внешних зонах ореола фенитизации.

Как первичный минерал канкринит встречается изредка в реоморфических и магматических тингуаитах, где он кристаллизуется в интерстициях между полевыми шпатами, как вторичный минерал — развивается по нефелину в нефелиновых сиенитах, окружающих мариуполиты, замещает нефелин по краям зерен, иногда образует прожилки в нем.

Кроме того, канкринит розовато-желтого цвета часто просматривается в прожилках совместно с альбитом среди мариуполитов. Наблюдаются небольшие колебания в показателе преломления канкринита: *Np* от 1,500 до 1,505, *Ng* от 1,523 до 1,530.

Содалит как породообразующий минерал присутствует в содалитовых сиенитах на Белоозерском участке, где содержание его в породе достигает 30%. Он окрашен в серовато-голубой цвет (N — 1,487); развивается по межзерновым трещинам, а также в интерстициях между калишпатом. По-видимому, содалит в этих породах является первичным минералом.

Содалит как вторичный по нефелину минерал постоянно встречается в либнеритовых и нефелиновых сиенитах на Боргойском участке.

Акцессорные минералы. В нефелиновых сиенитах изученного района содержатся следующие акцессорные минералы: циркон, сфен, ловенит, ринкит, ортит, апатит, флюорит, пирохлор (?), астрофиллит (Андреев и др., 1969), магнетит, ильменит.

Циркон в виде мелких неправильной формы зерен появляется часто как в нефелиновых, так и в биотитовых сиенитах. Видимые макроскопически призмы циркона бурого цвета были обнаружены на Боргойском участке в нефелиновых сиенитах на контакте с дайкой сельвсбергитов.

Сфен постоянно присутствует в роговообманковых сиенитах и в нефелиновых сиенитах в виде неправильной формы зерен. Изредка наблюдаются идиоморфные зерна сфена.

Ловенит наблюдается довольно часто в нефелиновых сиенитах и мариуполитах. Судя по оптическим данным, ловенит является титан-ловенитом (Ng' — 1,762, Np' — 1,719, $2V = -81°$, $Ng - Np = 0{,}047$, $cNg = 43°$). Схема плеохроизма: Np — светлый винно-желтый, Nm — зеленовато-желтый, Ng — красновато-бурый. Ловенит всегда находится в ассоциации с флюоритом и сфеном, иногда обрастает зерна ринкита. Этот минерал характерен только для фенитизированных пород; в первичных биотитовых и роговообманковых сиенитах он не обнаружен.

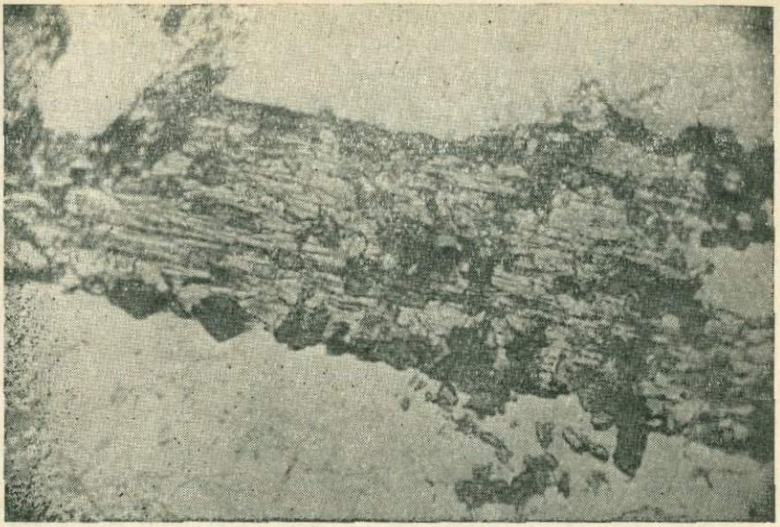

Рис. 15. Ринкит, окруженный и наполненный мелкими зернами ловенита. Ув. 40, николи (+).

Ринкит встречается в мелкозернистых эгирин-альбит-нефелиновых прожилках среди мариуполитов. Он образует длинные пластины. Под микроскопом он бесцветный, с хорошо заметными полисинтетическими двойниками. Оптические константы: Ng'—1,688, Np'—1,672, $2V=+39°$, $Ng:a=6°$. Ринкит прорастает флюоритом по спайности, иногда флюорит почти полностью замещает пластины ринкита. Характерна тесная ассоциация ринкита с ловенитом, который образует включения в ринките вместе с флюоритом и в виде субидиоморфных мелких зерен обрастает пластинки ринкита (рис. 15).

Ортит проявляется редко. Обнаружен он был на Боцинском участке в мусковитизированных биотитовых сиенитах в виде зерен неправильной формы вместе с эпидотом. Отмечаются идиоморфные небольшие кристаллы ортита с двойниками в биотитовых сиенитах. Под микроскопом ортит бледно-зеленый, слабо плеохроирует до желтовато-зеленого; характерна пятнистая интерференционная окраска; Ng'—1,780, Np'—1,758.

Апатит как сквозной минерал присутствует во всех изученных породах в виде неправильной формы зерен или образует идиоморфные шестигранники. Наблюдается повышенное содержание апатита в биотитовых сланцах.

Флюорит всегда связан с процессами фенитизации. Он появляется одновременно с эгирином и сопровождает все эгиринсодержащие породы. В большинстве случаев под мик-

роскопом флюорит бесцветный и редко яркий фиолетовый.

Акцессорные минералы в настоящей работе изучены далеко не полно. Остался ряд неизученных минералов из группы карбонатов, пирохлор не подтвержден точными исследованиями, остался недиагносцированным также редко встречающийся в скважинах прозрачный золотисто-желтый минерал.

Минералогия и геохимия описанных пород заслуживают специальных исследований.

К ПЕТРОХИМИИ

Петрохимические особенности отдельных типов пород отмечались при их описании. В этой главе будут кратко изложены лишь те общие петрохимические закономерности, которые удалось подметить при сопоставлении результатов пересчетов химических анализов главных типов пород по различным методам (табл. 50).

Нефелиновые сиениты характеризуются следующими величинами главных параметров, принятых при классификации щелочных пород.

1. Коэффициент агпаитности колеблется от 0,83 до 0,97 в нефелиновых сиенитах и мариуполитах и только в двух случаях поднимается до 1,02 в сельвсбергитах и до 1,10 в тингуаитах.

2. Отношение Na_2O/K_2O в мариуполитах и тингуаитах меняется от 2,0 до 2,8, в нефелиновых сиенитах — от 1,0 до 1,5.

3. Содержание FeO в мариуполитах и нефелиновых сиенитах колеблется от 2,23 до 4,67%, в тингуаитах — от 3,16 до 4,89%; содержание Fe_2O_3 в мариуполитах и тингуаитах меняется от 2,7 до 7,26%, в нефелиновых сиенитах — от 2,55 до 4,73%.

4. Содержание CaO колеблется от 1,29 до 2,46%.

5. Отношение SiO_2/Al_2O_3 в мариуполитах — от 2,6 до 2,8%; в нефелиновых сиенитах — от 2,8 до 3,2%; в тингуаитах — от 2,7 до 3,3%.

Согласно новой классификации О. А. Воробьевой (1971), изученные нефелиновые сиениты по величине коэффициента агпаитности относятся к калиево--натриевой группе. По другим же параметрам, согласно этой классификации, они стоят ближе к группе нефелиновых сиенитов из ассоциации с ультраосновными породами и карбонатитами. Близкими являются и их минералогические особенности: присутствие канкринита, содалита, кальцита, эгирина и эгирин-авгита, альбита и биотита, особенно своеобразного бронзового. Характерно также

Таблица 30

Числовые характеристики главных типов пород, по А. Н. Заварицкому

Параметр	Биотитовые и биотит-роговообманковые сиениты					Сиенит малокуналейский	Габбро		Сиенито-диорит	Мариуполиты					
	138	1-Б	1-29	8-БН	296	543	103	210	96	р-111	р-30	Пр. 6	р-59	р 1	Пр. 8
a	21,87	20,93	23,36	22,51	23,11	18,70	8,84	9,51	16,71	27,22	28,33	26,89	27,63	23,52	22,99
c	—	2,24	0,48	2,11	1,23	—	—	—	—	1,10	0,36	0,80	1,12	1,48	1,27
$\bar{c}$	0,65	—	—	—	—	1,97	9,38	6,57	6,29	—	—	—	—	—	—
b	10,3	10,1	9,0	7,3	2,7	4,8	25,2	26,1	12,0	7,1	7,0	7,3	5,7	8,6	12,5
S	67,2	66,7	67,1	68,1	73,0	74,5	56,6	57,9	65,1	64,6	64,3	65,0	65,6	66,4	63,2
f'	66,5	84,2	75,3	78,7	77,8	61,0	45,8	49,2	64,9	79,6	72,4	65,6	87,4	76,9	87,3
m'	14,0	12,4	11,2	8,4	14,6	17,6	35,7	38,4	28,8	10,3	10,0	19,6	4,0	12,8	7,7
a'	—	—	—	12,9	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
c'	19,5	3,4	13,5	—	7,6	21,3	18,5	12,3	6,3	10,1	17,5	14,9	8,6	10,3	4,9
n	56,2	54,5	66,9	80,1	56,2	57,4	88,2	62,6	70,4	76,2	81,4	79,5	74,2	75,1	71,4
Q	—10,0	—10,7	—12,8	—10,7	—1,5	—9,6	—13,9	—9,8	—9,4	—26,1	—28,4	—24,6	—25,3	—15,8	—20,9
$a:c$	33,5	9,3	48,2	10,7	18,8	9,5	0,9	1,4	2,6	24,6	78,0	33,5	24,5	15,8	18,1
$\frac{R_2O}{Al_2O_3}$	1,03	0,82	0,96	0,81	0,90	1,10	0,32	0,42	0,56	0,92	0,97	0,94	0,92	0,91	0,90

Продолжение табл. 50

Параметр	Нефелиновые сиениты				Биотит-канкринитовый сиенит	Либнеритовые сиениты		Мусковитизированные биотитовые сиениты				Андрадит-биотитовые сиениты	
	1-Н	8-НС	Пр. 5	159/4	17-13	17-37	8-30	1-М	08-2	08-4	01-19	336	17-36
a	25,13	21,38	23,14	24,23	22,18	21,20	21,81	21,71	21,65	20,96	21,94	24,10	22,53
c	1,30	1,34	2,32	1,15	—	—	—	—	—	—	—	0,35	0,16
$\bar{c}$	—	—	—	—	2,02	2,36	1,29	1,38	0,96	1,73	2,26	—	—
b	7,5	11,7	6,0	8,1	9,2	9,8	10,7	10,1	9,9	10,7	8,8	9,3	10,7
S	66,1	65,5	68,6	66,5	6,6	66,6	66,2	66,8	67,4	66,5	66,1	66,2	66,6
f'	80,8	72,8	78,3	85,8	52,2	66,7	65,5	52,5	36,8	67,4	72,9	74,0	66,6
m'	10,0	12,4	21,5	4,6	13,7	7,7	5,3	16,2	4,1	3,7	8,5	4,4	8,5
a'	—	—	—	—	—	25,6	—	31,3	59,2	28,9	18,6	—	—
c'	9,2	14,8	0,2	9,6	33,9	—	29,2	—	—	—	—	21,6	24,8
n	68,1	59,4	68,1	60,7	58,8	60,1	58,6	62,4	67,5	66,0	69,6	66,0	60,9
Q	—19,4	—13,0	—11,5	—16,6	—13,2	—11,5	—12,5	—11,2	—9,4	—10,6	—12,2	—16,0	—12,1
$a:c$	19,3	15,9	9,9	21,0	10,9	9,0	16,8	15,7	22,6	12,0	9,6	67,0	13,7
$\frac{R_2O}{Al_2O_3}$	0,90	0,89	0,83	0,91	1,09	0,75	1,06	0,78	0,74	0,76	0,78	0,97	0,99

Параметр	Фениты			Биотитовые сланцы					Сельвсбергиты		
	Пр. 1	Пр. 2	Пр. 4	7-23	8-47	17-17	8-106	239/59	8-34	158/4	70/4
a	23,79	22,23	62,20	15,57	19,58	17,16	14,98	21,57	22,99	20,61	22,73
c	0,20	0,84	—	5,09	1,87	2,99	4,27	1,75	—	1,09	0,64
$\bar{c}$	—	—	2,74	—	—	—	—	—	0,47	—	—
b	5,1	4,2	13,2	18,0	18,6	23,6	28,4	15,3	8,0	7,8	6,9
S	70,9	72,7	20,7	61,3	59,9	56,3	52,3	61,3	68,6	70,5	69,7
f'	54,9	58,6	37,3	55,6	39,5	46,7	34,5	43,7	82,4	95,7	90,0
m'	15,4	14,8	26,3	33,1	30,4	29,3	43,8	28,6	9,0	4,2	5,4
a'	—	26,6	—	—	—	—	—	—	—	—	—
c'	29,7	—	36,3	11,3	30,2	24,0	21,8	27,7	8,6	0,6	4,6
n	65,2	68,2	56,3	82,4	70,8	66,7	51,0	61,1	69,3	67,6	70,9
Q	—6,1	—0,2	—187,5	—13,6	—21,2	—24,7	—29,5	—22,2	—9,4	—1,2	—6,6
$a:c$	11,9	26,5	23,0	3,0	10,5	5,7	3,5	12,4	48,9	18,9	35,5
$\frac{R_2O}{Al_2O_3}$	0,98	0,91	1,04	0,60	0,84	0,74	0,63	0,86	1,02	0,90	0,95

Окончание табл. 50

Параметр	Тингуаиты и личфильдиты						Биотитизированные и мусковитизированные сиенит-порфиры			Сиенит-порфиры, секущие боргойскую свиту		Криниаиты и гленмуриты			
	Р-131	82/4	97/4	15а	Д-3	252/4	3-36	7-12	8-1	64г	66	151/4	310/4	383/4	29/63
a	26,21	22,97	23,51	23,64	23,69	22,46	23,21	20,07	21,74	19,36	20,83	17,45	20,73	13,81	17,37
c	0,73	0,52	—	—	0,73	—	2,08			0,24		3,73	0,04	1,88	2,68
$\bar{c}$	—	—	2,45	1,86	—	0,0		1,51	1,48		0,12				
b	8,1	9,5	8,8	7,9	9,4	10,2	7,4	8,9	9,6	4,6	12,9	19,8	18,7	26,8	19,3
S	64,9	67,0	65,3	66,6	66,2	67,3	67,3	69,5	67,2	75,8	66,2	58,8	60,5	57,5	60,64
f'	80,9	81,4	74,1	77,8	78,8	69,8	78,7	45,3	75,7	67,0	74,9	47,3	49,5	43,2	47,74
m'	6,9	2,5	5,5	13,9	9,8	15,9	14,0	8,7	3,4	16,3	13,0	32,6	17,7	29,4	26,90
a'	—	—	—	8,4	—	14,3		46,0	20,8						
c'	12,2	16,1	20,5	—	11,3	—	7,3			16,7	12,1	20,1	32,7	27,4	25,4
n	78,1	66,2	69,9	79,9	74,2	64,2	65,2	75,4	67,0	64,2	65,0	72,6	60,3	52,14	66,7
Q	—23,3	—12,4	—18,9	—15,9	—15,7	—10,3	—13,9	—2,7	—10,6	—12,6	—9,5	—21,1	—20,4	—14,42	—16,1
$a:c$	35,7	44,4	9,6	12,7	32,5	0,0	11,2	13,3	14,7	80,5	170,1	4,4	555,4	7,4	6,5
$\frac{R_2O}{Al_2O_3}$	0,95	0,96	1,10	0,84	0,94	0,94	0,85	0,74	0,81	0,98	1,01	0,69	0,99	0,79	0,76

повышенное содержание в их составе хлора (до 0,44%) и серы (SO_3 до 0,70%).

Неустойчивые петрохимические параметры в изученных породах, наряду с другими изложенными выше фактами, подтверждают вывод об их метасоматическом происхождении.

При пересчете химических анализов пород на нормативный состав по CIPW выяснилось, что большинство биотитовых сиенитов содержат нормативный нефелин, тогда как в реальном составе нефелин в них отсутствует. Это обстоятельство, возможно, объясняет почти постоянную приуроченность нефелиновых пород к биотитовым сиенитам, которые близки к ним по составу. В других же более кислых породах процессы фенитизации выражаются лишь в альбитизации и эгиринизации, как, например, в эффузивах боргойской толщи.

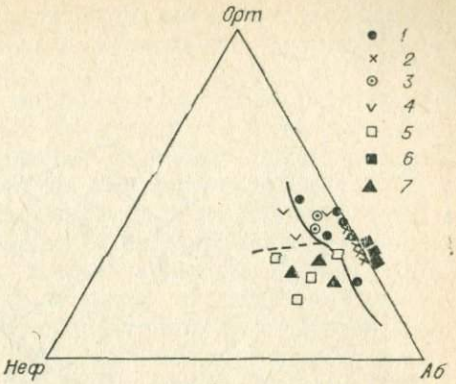

Рис. 16. Нормативный минеральный состав пород.

1 — биотитовые и роговообманковые сиениты; *2* — мусковитизированные сиениты; *3* — андрадит-биотитовые сиениты; *4* — нефелиновые сиениты; *5* — мариуполиты; *6* — сиенит-порфиры; *7* — тингуаиты.

На диаграмме нормативного минерального состава (рис. 16) главные породы района разделяются на четыре группы: 1) безнефелиновые, 2) с нормативным нефелином без реального нефелина (справа от сплошной линии), 3) с нормативным и реальным нефелином (слева от сплошной линии), 4) богатые ортоклазом нефелиновые сиениты (отделены от поля мариуполитов пунктирной линией).

Средние химические составы главных типов пород были пересчитаны по кислородному

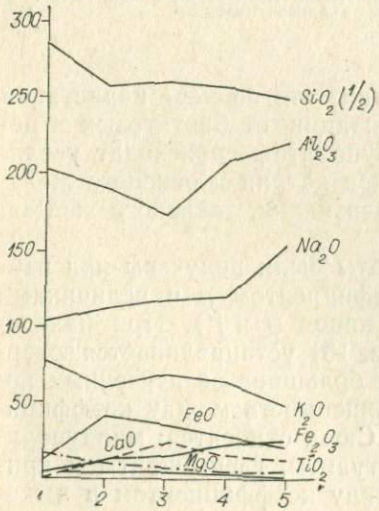

Рис. 17. Диаграмма изменения состава пород по мере нарастания интенсивности процесса фенитизации. *По горизонтали: средние составы* разновидностей пород; по вертикали: количество ионов в стандартной ячейке (по Т. Барту).

1 — биотит-роговообманковые сиениты; *2* — биотитовые сиениты; *3* — биотит-канкринитовые сиениты; *4* — нефелиновые сиениты; *5* — мариуполиты.

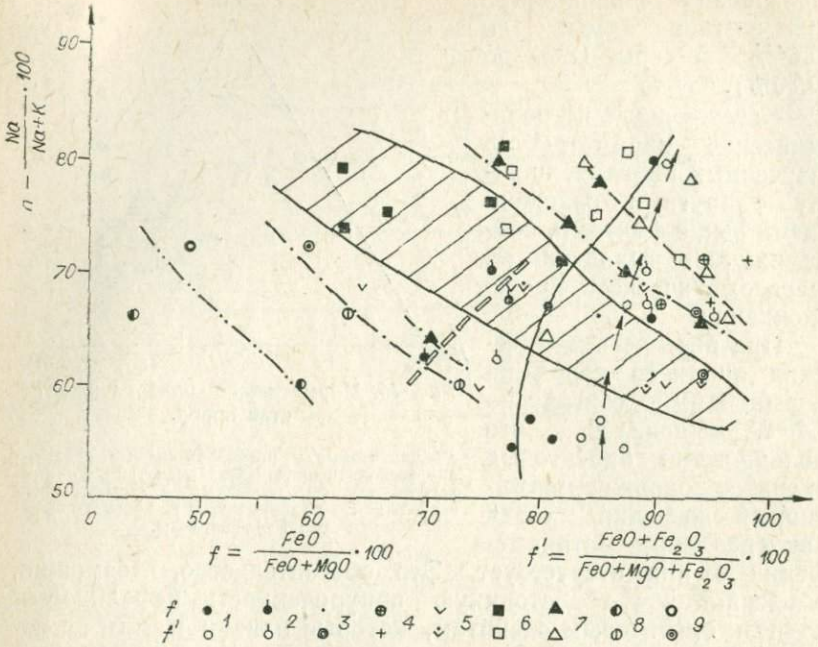

Рис. 18. Диаграмма, иллюстрирующая обратную зависимость между железистостью пород (f и f') и коэффициентом n (см. табл. 50) в мариуполитах, нефелиновых сиенитах, тингуаитах, кринанитах и гленмуиритах и прямую зависимость в биотитовых и роговообманковых сиенитах и в мусковитизированных биотитовых сиенитах.

1 — биотитовые и роговообманковые сиениты; *2* — мусковитизированные биотитовые сиениты; *3* — андрадит-биотитовые сиениты; *4* — сельвсбергиты; *5* — нефелиновые сиениты; *6* — мариуполиты; *7* — тингуаиты; *8* — гленмуириты; *9* — кринаниты. Величины коэффициента n для каждой группы пород приведены в табл. 50, а величины f и f' — в таблицах химических анализов пород.

методу Т. Барта. На графике видно, что по мере нарастания интенсивности процесса нефелинизации от биотитовых и роговообманковых сиенитов к мариуполитам происходит увеличение содержания глинозема, окиси натрия и окисного железа и снижение — кремнезема, окиси калия, закисного железа, окиси магния (рис. 17).

Наиболее интересные результаты были получены при изучении зависимости между коэффициентом n и величинами частной и общей железистости пород (f и f'). При нанесении этих величин на график (рис. 18) устанавливается совершенно четкая закономерность. В большинстве изученных пород обнаруживается обратная зависимость между коэффициентом n и железистостью пород. Сюда относятся: мариуполиты, нефелиновые сиениты, тингуаиты, гленмуириты и кринаниты. Прямая зависимость между коэффициентом n и же-

лезистостью характерна лишь для биотитовых и биотит-рогово-обманковых сиенитов, а также для мусковитизированных биотитовых сиенитов.

Из графика (см. рис. 18) видно, что для изученных пород характерна большая разница в величинах f и f'; видно также и то, что та и другая железистость в обеих группах пород ведет себя одинаково по отношению к коэффициенту n.

Одинаковое поведение железистости к возрастанию отношения натрия к сумме щелочей в фенитизированных породах и в щелочных базальтоидах может указывать на их петрохимическое родство. О геохимическом родстве этих пород можно судить и по результатам спектральных анализов. Для этих пород намечается ряд сквозных элементов, таких как иттрий, лантан, ниобий, стронций, цинк, цирконий, содержание которых колеблется от сотых до тысячных долей процента.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

При решении вопроса генезиса изученных нефелиновых сиенитов учитывались следующие особенности этих пород.

Нефелиновые сиениты залегают в обрамлении Боргойской впадины и приурочены к узким тектоническим зонам, оперяющим региональные разломы.

Непосредственно в тектонических зонах залегают породы типа мариуполитов. По своим текстурно-структурным особенностям и условиям залегания они представляют собой бластомилониты. Милонитизация вдоль тектонических трещин сопровождалась интенсивным щелочным метасоматозом. В магистральных каналах возникали метасоматиты типа мариуполитов. Вокруг зон мариуполитов наблюдается зональное метасоматическое изменение вмещающих пород: нефелинсодержащие сиениты — канкринитовые сиениты — мусковитизированные сиениты — бурые биотитовые сиениты.

В отличие от хорошо известных мариуполитов Восточного Приазовья (Царовский, 1960; Елисеев, Кушев, Виноградов, 1965; Елисеев, Кушев, 1968) мариуполиты изученного района возникли не после нефелиновых сиенитов, а раньше и вокруг них образовывали ореолы нефелинизированных пород.

Судя по различным ассоциациям цветных минералов в мариуполитах, условия температуры и давления были различными в разных зонах. Преобладают эгириновые мариуполиты с биотитом. Роговообманковые, биотит-андрадитовые и биотитовые мариуполиты типа личфильдитов встречаются на Нижне-Ичетуйском участке и на юге Боргойского участка.

Замечено, что тектонические условия оказывают существенное влияние на минералогические и структурные особенности мариуполитов. В узких, четко прямолинейных тектонических зонах (мощностью не более 0,7 м) на юге Боргойского участка возникают плотные мелкозернистые биотит-андрадитовые мариуполиты (личфильдиты). К таким же узким трещинам приурочены феррогастингситовые с андрадитом мелкозернистые мариуполиты на Нижне-Ичетуйском участке. Эгириновые мариуполиты характерны для широких «рыхлых» тектонических зон. Андрадитсодержащие породы Эккерман

(1948) (цит. по кн.: Дир и др., 1965, т. 2, с. 99) считает самыми высокотемпературными продуктами фенитизации. Согласно опытам И. А. Островского (1957), щелочной амфибол при значительном увеличении температуры и давления водяных паров может возникать вместо эгирина.

Согласно экспериментальным данным Энгланда (Tuttle, Bowen, 1958), эгирин кристаллизуется при температуре выше 610° при содержании воды более 4%. Развитие окисного железа становится возможным при диссоциации воды с выделением свободного водорода.

Геологические и петрографические наблюдения указывают на меняющиеся условия давления и температуры при образовании нефелиновых сиенитов. Об этом же свидетельствуют широкие колебания температур, определенные для этих пород Л. И. Паниной (1966, 1967) при изучении газово-жидких включений (от 80 до 780°).

Вопрос о дайках сельвсбергитов и тингуаитов в связи с генезисом нефелиновых сиенитов представляется в следующем виде. Секущие дайки и тела магматических и реоморфических тингуаитов и сельвсбергитов встречаются лишь на Дабхорском проявлении; их образование связано с поздней стадией магматической дифференциации щелочных базальтоидов Боргойской впадины. Большинство же тингуаитов и сельвсбергитов является метасоматическими; они возникали по реликтовым дайкам древних сиенит-порфиров в зонах фенитизации (по типу рис. 4). Реликтовые дайки сиенит-порфиров во многом сходны с дайками Береговых гор вблизи Ванкувера (Roddick, Armstrong, 1959).

Расположение нефелиновых сиенитов вокруг Боргойской впадины, где широко развиты щелочные базальтоиды, наводит на мысль о генетической связи нефелиновых сиенитов с гипабиссальной фацией базальтоидов (кринанитов, гленмуиритов). Возраст нефелиновых сиенитов, определенный по биотиту 115 млн. лет (данные Тарасевич) и 108—137 млн. лет (данные Л. В. Фирсова, цит. по кн.: Г. В. Андреев и др., 1969), соответствует возрасту кринанитов и гленмуиритов, которые прорывают нижнемеловые отложения Боргойской впадины. О генетическом родстве этих пород свидетельствуют также их петрохимические (см. рис. 18) и геохимические (см. табл. 50) особенности. Возможно, нефелинизирующие растворы связаны не непосредственно со щелочными базальтоидами Боргойской впадины, а имели с ними общий очаг.

Фенитизированные породы, а также реоморфические и магматические тингуаиты изученного района имеют сходные черты с продуктами фенитизации вокруг некоторых карбонатитовых комплексов (Гарсон, 1969; Эккерман, 1969; Барт, Рамберг, 1969; Кинг, Сатерленд, 1969). В связи с этим не исключено, что источником щелочных растворов послужили

карбонатиты. Этот вопрос требует специального изучения.

Приведенный в работе материал указывает на длительную историю развития магматизма в Боргойской впадине. Многочисленные продукты дифференциации щелочных базальтоидов распространены как в самой впадине, так и в ее обрамлении. Послемагматическая деятельность очага щелочных базальтоидов проявилась в виде интенсивной фенитизации пород в обрамлении впадины по благоприятным тектоническим зонам. Известные в Боргойской впадине телетермальные проявления золота, по-видимому, также связаны генетически со щелочными базальтоидами.

ЛИТЕРАТУРА

Андреев Г. В. Метасоматические процессы послемагматической стадии в массивах нефелиновых сиенитов Западного Забайкалья и Северного Прибайкалья.— «Геология и геофизика», 1968, № 1, с. 135—139.

Андреев Г. В., Шаракшинов А. О., Литвиновский Б. А. Интрузии нефелиновых сиенитов Западного Забайкалья. М., «Наука», 1969, 187 с.

Арсеньев А. А. Проблемы изучения щелочных гранитоидов Забайкалья.— «Изв. АН СССР. Серия геол.», 1946, № 3, с. 125—127.

Арсеньев А. А. Щелочные породы Восточной Сибири.— «Докл. АН СССР», 1954, т. 95, № 2, с. 363—366.

Барт Т., Рамберг И. Кольцевой комплекс Фен.— В кн.: Карбонаты М., «Мир», 1969, с. 234—262.

Белов И. В. Трахибазальтовая формация Прибайкалья. М., Изд-во АН СССР, 1963, 371 с.

Воробьева О. А. О химизме нефелин-сиенитовой магмы.— В кн.: Геохимия, петрология и минералогия щелочных пород. М., «Наука», 1971, с. 7—16.

Гарсон М. С. Карбонатиты Малави.— В кн.: Карбонатиты. М., «Мир», 1969, с. 50—86.

Дир У. А., Хау Р. А., Зусман Дж. Породообразующие минералы. В 5-ти томах, т. 4. «Мир», 1965—1966; т. 2, 406 с.; т. 3, 317 с.; т. 4, 482 с.

Елисеев Н. А., Кушев В. Г. Соотношение процессов кристаллизации щелочных сиенитов и метасоматитов Октябрьского массива.— «Зап. Всес. минералог. об-ва», 1968, ч. 97, вып. 2, с. 185—190.

Елисеев Н. А., Кушев В. Г., Виноградов Д. П. Протерезойский интрузивный комплекс Восточного Приазовья. М.—Л., «Наука», 1965, 204 с.

Жалсабон Д. Верхнепалеозойские отложения.— В кн.: Геология СССР. Т. 35. Ч 1. М., «Недра», 1964, с. 212—214.

Заварицкий А. Н. Изверженные горные породы. М., Изд-во АН СССР, 1955, 479 с.

Замараев С. М. Некоторые особенности мезозойского вулканизма района Боргойской впадины.— «Изв. Сиб. отд. АН СССР. Геология и геофизика», 1958, вып. 1, с. 43—54.

Кинг Б. К., Сатерленд Д. С. Карбонатитовые комплексы Восточной Уганды.— В кн.: Карбонатиты. М., «Мир», 1969, с. 87—141.

Комаров Ю. В. Мезозойский внегеосинклинальный магматизм Западного Забайкалья. Автореф. докт. дис. Иркутск, 1970, 40 с.

Комаров Ю. В., Киселев А. И. О возрасте боргойской толщи в Западном Забайкалье.— «Докл. АН СССР», 1963, т. 152, № 3, с. 693—694.

Кузнецова Ф. В. Нефелиновые сиениты Боргойского массива.— «Зап. Вост.-Сиб. отд. Всесоюз. минерал. об-ва», 1962, вып. 3, с. 119—124.

Ладаева В. М. Нефелиновые сиениты южных районов Бурятии.— «Матер. по геол. и полезн. ископ. Бурятской АССР». Улан-Удэ, 1960, вып. 1, с. 101—106.

Михно Н. П. Мезозойская тектоника.— В кн.: Геология СССР. Т. 35. Ч. 1. М., «Недра», 1964, с. 526—533.

Налетов П. И. Стратиграфия центральной части Бурятской АССР. М., Госгеолтехиздат, 1961, 280 с.

Налетов П. И. Геологическое строение центральной части Бурятской АССР. Автореф. докт. дис. Иркутск, 1963, 49 с.

Островский И. А. Условия минералообразования в некоторых водно-силикатных системах при высоких давлениях и температурах.— «Тр. ИГЕМ АН СССР», 1957, вып. 9, 39 с.

Панина Л. И. О генезисе нефелиновых сиенитов Боргоя.— «Геол. и геофиз», 1966, № 8, с. 114—115.

Панина Л. И. Минералого-генетическая характеристика некоторых щелочных массивов Прибайкалья. Автореф. канд. дис. Новосибирск, 1967, 32 с.

Руденко С. А. Генезис и структурные особенности мариуполитов.— «Зап. ЛГИ», 1962, т. 43, вып. 2, с. 3—25.

Сагалуев Д. Д. Щелочные породы Боргойского хребта.— В кн.: Матер. совещ. по расчленению гранитоидов Забайкалья. Улан-Удэ, 1962, с. 150—154.

Смирнов Г. В. Щелочные породы Енхорского массива.— «Матер. по геол. и полезн. ископ. Бурятской АССР». Улан-Удэ, 1961, вып. 7, с. 94—108.

Смирнов Г. В. Петрохимические особенности нефелиновых сиенитов бассейна нижнего течения р. Джиды.— В кн.: Вопросы магматизма и тектоники Бурятии. Улан-Удэ, 1963, с. 72—82. (Тр. БКНИИ СО АН СССР, Серия геол., вып. 12).

Трёгер В. Е. Таблицы для оптического определения породообразующих минералов. М., Госгеолтехиздат, 1958, 185 с.

Флоренсов Н. А. Мезозойские и кайнозойские впадины Прибайкалья.— «Тр. Вост.-Сиб. фил. АН СССР. Серия геол.», 1960, вып. 19, 258 с.

Флоренсов Н. А. Общие черты геологического строения.— В кн.: Геология СССР. Т. 35. Ч. 1. М., «Недра», 1964, с. 29—35.

Царовский И. Д. О зональности в мариуполитизированных щелочных породах.— «Докл. АН СССР», 1960, т. 130, № 6, с. 1341—1344.

Эккерман Г. фон. Карбонатиты Альнё.— В кн.: Карбонатиты. М., «Мир», 1969, с. 23—49.

Nockolds S. R. Average chemical compositions of some igneous rocks.— "Bull. Geol. Soc. Am.", 1954, v. 65, № 10, p. 1007—1032.

Roddick J. A., Armstrong J. E. Relict dikes in the Coast Mountains near Vancouver, B. C.— "J. Geol.", 1959, v. 67, № 6, p. 603—613.

Sabine P. A. The optical properties and composition of the acmitic pyroxenes.— "Min. mag.", 1950, v. 29, № 209, p. 113—125.

Shand S. J. The staining of feldspathoids, and zonal structure in nephelite.— "Am. Mineral.", 1939, v. 24, № 8, p. 508—513.

Tuttle O. F., Bowen N. L. Origin of granite in the light of experimental studies in the system $NaAlSi_3O_8$ — $KAlSi_3O_8$ — SiO_2 — H_2O — "Geol. Soc. Am., Mem.", 1958, N 74, p. 1—153.

ОГЛАВЛЕНИЕ

Введение 3
Краткий очерк геологического строения обрамления Боргойской впадины 5
Стратиграфия . . . . . —
Интрузивные породы 8
Тектоника 10
Краткая история изучения массивов нефелиновых сиенитов 11
Геологическое строение проявлений нефелиновых сиенитов 13
Петрографическое описание главных типов пород 26
Вмещающие породы . . . . . —
Продукты фенитизации биотитовых сиенитов 32
Продукты фенитизации пород основного состава 49
Продукты метасоматического изменения эффузивов Боргойской свиты в связи с процессами фенитизации 50
Дайковые породы 55
Главные породообразующие минералы 67
К петрохимии 80
Заключение 88
Литература 91

Фаина Васильевна Кузнецова

НЕФЕЛИНОВЫЕ СИЕНИТЫ ОБРАМЛЕНИЯ БОРГОЙСКОЙ ВПАДИНЫ

Ответственный редактор
Петр Михайлович Хренов

Редакторы *Л. Н. Вольский, Н. Ф. Джигирис*
Художественный редактор *В. И. Шумаков*
Художник *А. А. Заплавный*
Технический редактор *Г. Я. Герасимчук*
Корректоры *Л. А. Егорова, В. К. Тришина*

Сдано в набор 20 февраля 1975 г. Подписано к печати 9 октября 1975 г. МН 07524. Формат 60×90/16. Бумага типографская № 2. 6,0 печ. л., 5,8 уч.-изд. л. Тираж 1000 экз. Заказ 450. Цена 58 коп.

Издательство «Наука», Сибирское отделение, 630099, Новосибирск, 99, Советская, 18.
4-я типография издательства «Наука», 630077, Новосибирск, 77, Станиславского, 25.

СИБИРСКОЕ ОТДЕЛЕНИЕ ИЗДАТЕЛЬСТВА «НАУКА»

имеет в продаже следующие книги:

Перспективы калиеносности соляных отложений Сибири. 1965 г., 84 коп.

Вдовин В. В. История формирования мезозойско-кайнозойских отложений и современного рельефа в бассейне р. Вах. 1965 г., 63 коп.

Халфин С. Х. Петрология кагитахского габбро-монцонит-сиенитового комплекса. 1965 г., 58 коп.

Книги высылаются наложенным платежом. Заказы направлять по адресу: 630076, Новосибирск, 76, Красный проспект, 51. Магазин «Академкнига».

СИБИРСКОЕ ОТДЕЛЕНИЕ
ИЗДАТЕЛЬСТВА «НАУКА»

готовит к выпуску следующие книги:

Карпов И. К., Киселев А. И., Дорогокупец П. И. Термодинамика природных мультисистем с ограничивающими условиями.

Минералогия и геохимические условия формирования кор выветривания.

Минералогия траппов юга Сибирской платформы.

Измайлов Л. И. Пирротиновая минерализация золотоносных зон Колымы.

Ивашов П. В. Теоретические основы биогеохимического метода поисков рудных месторождений.

Строение земной коры и верхней мантии зоны перехода от Азиатского материка к Тихому океану.

Книги высылаются наложенным платежом. Заказы направляйте по адресу: 630090, Новосибирск, 90, Морской проспект, 22. Магазин «Наука».

Цена 58 коп.

1559