

РОССИЙСКАЯ АКАДЕМИЯ НАУК  
Уральское отделение  
Ильменский государственный заповедник им. В. И. Ленина

Б. Н. Пермяков

**ЧАШКОВСКО-ЕЛАНЧИКОВСКИЙ  
МИГМАТИТ-ГНЕЙСОГРАНИТНЫЙ МАССИВ  
Южный Урал**

Миасс  
2000

УДК 552:553

**Пермяков Б. Н.**

Чашковско-Еланчиковский мигматит-гнейсогранитный массив (Южный Урал). Научное издание. – Миасс: ИГЗ УрО РАН. 2000. – 187 с.

ISBN 5-7691-1045-7

В работе освещены результаты петрологических исследований гранитных массивов чашковского комплекса, развитых на южном замыкании Ильменогорского антиклинория. Рассмотрены стратиграфия района и основные его структурные элементы, форма, строение и структурное положение массивов, характер контактовых изменений, петро-геохимические особенности гранитов и петрохимические признаки их потенциальной рудоносности. Установлено, что выделявшиеся ранее как самостоятельные Чашковский и Еланчиковский массивы фактически представляют собой единое гранитное тело. Описаны этапы и стадии формирования гранитоидов и эволюция их химизма. Приведены данные, свидетельствующие о формационной однотипности Чашковско-Еланчиковского и Кисегачского массивов, что позволило объединить их в один мигматит-гнейсогранитный комплекс. В связи с этим, внесены соответствующие изменения в существующую схему раннепалеозойского домиаскитового гранитного магматизма Южных Ильмен.

Книга представляет интерес для широкого круга специалистов геологического профиля.

Табл. 19. Ил. 75. Библ. 83.

Электронная версия: URL:<http://w.ilmeny.ac.ru/biblio/pb.asp?Id=17>

Ответственный редактор  
доктор геолого-минералогических наук В. А. Попов

Рецензент  
доктор геолого-минералогических наук А. И. Белковский

ISBN 5-7691-1045-7

П  $\frac{55(2000)}{8П6(03)-1998}$  ПВ-2000

© ИГЗ УрО РАН, 2000

## Оглавление

Введение.....	4
Глава 1. Геологическая и структурно-тектоническая позиция гранитных массивов Южных Ильмен.....	8
1.1. Стратиграфия южной части Ильменогорского анти- клинория .....	8
1.2. Архей-протерозойские геолого-структурные эле- менты южной части Ильменогорского антиклинория.	11
1.3. Структурные особенности и вещественный состав гранитных массивов Южных Ильмен .....	23
Глава 2. Гранитоиды первого этапа формирования Чашковско- Еланчиковского массива .....	34
2.1. Фациальные разновидности гранитоидов-1 .....	34
2.2. Контактные изменения гранитоидов и вмещающих пород.....	39
2.3. Петрохимические особенности.....	50
2.4. Геохимические особенности.....	61
Глава 3. Граниты второго этапа формирования Чашковско- Еланчиковского массива .....	69
3.1. Фациальные разновидности гранитов-2 .....	69
3.2. Контактные изменения гранитов и вмещающих пород	71
3.3. Петрохимические особенности.....	88
3.4. Геохимические особенности .....	97
Глава 4. Жильные граниты и гранитные пегматиты.....	109
4.1. Взаимоотношения с вмещающими породами .....	109
4.2. Петрохимические особенности.....	118
4.3. Геохимические особенности.....	121
Глава 5. Оценка потенциальной рудоносности гранитоидов Чашковско-Еланчиковского массива по петрохимическим признакам .....	125
Глава 6. Стадии и типы метасоматической гранитизации мета- морфических пород и эволюция химизма гранитоидов Чаш- ковско-Еланчиковского массива .....	134
6.1. Петрохимические особенности вмещающих пород	134
6.2. Сравнительный анализ химического состава мета- морфических пород и гранитоидов Чашковско- Еланчиковского массива и стадийность формирова- ния гранитоидов .....	151
Глава 7. Сравнительная петрологическая характеристика и фор- мационная принадлежность Чашковско-Еланчиковского и Кисегачского массивов .....	168
Заключение .....	177
Литература .....	180
Приложение .....	186

## ВВЕДЕНИЕ

В основу монографии положены результаты многолетних исследований автора, касавшихся вопросов петрологии и эволюции гранитоидных ассоциаций ильмено-вишневогорского комплекса Южного Урала. В рамках этой тематики в период 1991–1995 гг. был изучен Кисегачский гранитный массив, расположенный на восточном склоне Ильменских гор [52], а с 1996 по 2000 гг. проведены петрологические исследования гранитоидов чашковского комплекса, массивы которого (Чашковский и Еланчиковский) развиты на южных отрогах Ильменского хребта (рис. 1).

Сведения о гранитоидах Южного Урала и, в частности, Ильменских гор содержатся в опубликованных работах [1, 4, 6–9, 13, 16, 17, 20, 23, 33, 34, 36, 38–42, 44, 46, 48, 52, 55, 59–61, 63, 68, 69, 78, 80 и др.], а также в ряде рукописных отчетов геологов Челябинской геологоразведочной экспедиции, МГРИ, Ильменского заповедника, Института геологии и геохимии УрО РАН.

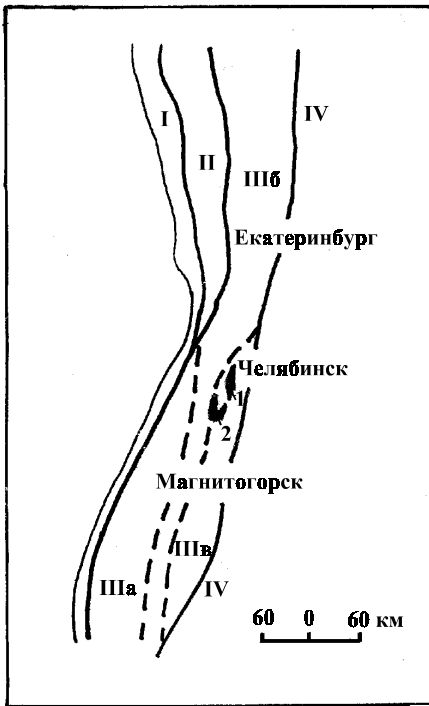


Рис. 1. Тектоническое положение Кисегачского (1) и Чашковско-Еланчиковского (2) мигматит-гнейсогранитных массивов.

I–IV – мегаблоки (по [46]):  
I – общеуральский шовный с корой океанического типа, II – северо-западный Тагильско-Музинский, III – Магнитогорско-Челябинский с корой островодужно-континентального типа (IIIa – островодужная фемическая зона, IIIб – окраинно-континентальная сиало-фемическая зона, IIIв – палеоконтинентальная сиалическая зона), IV – Зауральский с завершенными каледонидами в фундаменте.

При изучении гранитоидов чашковского комплекса, также как и Кисегачского массива, основное внимание было уделено следующим вопросам:

- структурному положению и условиям залегания массивов, их форме и петрографическому составу;
- последовательности образования и соотношению гранитоидов с вмещающими метаморфическими толщами;
- контактовым изменениям пород;
- петро- и геохимическим особенностям породных групп и их металлогении;
- эволюции химизма, генетическим признакам и формационной принадлежности изучаемых гранитоидов;
- влиянию процессов гранитообразования на формирование структурных элементов региона.

Методика полевых исследований и обработки результатов лабораторных данных, по сравнению с методикой изучения Кисегачского массива (см. [52]), особых изменений не претерпела. Определение содержания петрогенных компонентов горных пород и их микроэлементного состава осуществлено в лабораториях Института минералогии УрО РАН (аналитики Р. Г. Ахмерова, Л. А. Ганеева, М. Н. Маляренко, М. С. Свиренко, Т. В. Семенова).

В процессе тематических исследований произведено геологическое картирование Чашковского и Еланчиковского массивов масштаба 1 : 25 000 (на отдельных участках с детализацией масштаба 1 : 10 000), изучено около 500 образцов гранитоидов чашковского комплекса и вмещающих пород, обработано свыше 230 силикатных и 350 рентгено-флуоресцентных анализов, составлены геологическая карта Чашковского и Еланчиковского массивов масштаба 1 : 25 000 и структурно-тектонические схемы южной части Ильменогорского антиклинория.

В основу петрохимической характеристики горных пород положены граничные содержания кремнекислоты в магматитах [28], а также числовые значения модулей известковистости, общей щелочности, железистости и типа щелочности [53].

При геохимической характеристике магматических и метаморфических пород использованы кларки по А. П. Виноградову [12] и коэффициент накопления микроэлементов в породе по Д. М. Шоу [75].

Основные понятия и термины, применяемые в работе.

*Петрохимическая группа* – совокупность разновидностей магматических или метаморфических пород строго определенной (в пределах граничных значений) степени кремнекислотности,

распространенных в составе конкретных групп пород (основных, средних, кислых).

*Петрохимическая подгруппа* – часть петрохимической группы, представленная разновидностями магматитов или метаморфитов, принадлежащих к какому-либо одному ряду щелочности.

*Петрохимический тип* – группа магматических пород, сходных по происхождению, близких по химическому составу и минералого-геохимическим особенностям, по поведению (граничному соотношению атомных количеств) петрогенных элементов и по проявлению однотипной рудной минерализации. Одной из характерных особенностей петрохимических типов магматитов является их повторяемость во времени и пространстве.

*Петрохимическая серия* – ассоциация магматитов (или метаморфитов), принадлежащих к разным породным группам и обладающих сходными или близкими признаками по ряду и типу щелочности и железомagneзиальности. С учетом кремнекислотности пород, петрохимические серии могут быть неконтрастными, последовательно дифференцированными (от крайне низкокремнекислой до высококремнекислой), прерывисто дифференцированными (когда из серии выпадает какая-либо петрохимическая группа или подгруппа), контрастными (серия представлена двумя крайними петрохимическими группами или подгруппами горных пород).

*Фаціальная разновидность* – горные породы, различающиеся особенностями минерального состава, структуры, текстуры, пространственного размещения в пределах массивов, характером проявления контактовых изменений и др.

Понятия «*магматический комплекс*», «*формационный тип*», «*магматическая формация*» близки к определению Ю. А. Кузнецова [32], «*геохимический тип*» – к определению Л. В. Таусона [65]. Для сравнения использованы классификационные признаки магматических пород, предложенные Б. Чапелом и А. Уайтом [81, 83].

Автор благодарит А. Г. Баженова (Институт минералогии УрО РАН) и М. С. Рапопорта (Уралгеолком) за обсуждение отдельных проблем, рассматриваемых в работе, И. А. Пермякову за постоянное участие в полевых исследованиях, аналитическую службу Института минералогии, редакционно-издательскую группу ИГЗ в составе Г. В. Губко, О. Л. Заушичиной, Т. А. Левановой, Л. Б. Новокрешеновой, В. В. Слета за оформление и корректировку текста монографии, директора Ильменского заповедника П. М. Вализера и ученого секретаря П. П. Трескина, активно содействовавших проведению научных работ, В. А. Попова

(Институт минералогии), взявшего на себя труд по научному редактированию данной работы.

Принятые в работе сокращения и условные обозначения:

«Граниты-1» и «граниты-2» – граниты, образованные, соответственно, в первый и второй этап формирования Чашковско-Еланчиковского (и Кисегачского) массива.

$$q = \frac{\text{Si} - [0.2\text{Al} + 0.8(\text{K} + \text{Na}) + 0.7\text{Ca} + \text{Mg} + \text{Fe}]}{\text{Si}} - \text{относительная кремнекислотность,}$$

$$c = \frac{\text{Ca}}{\text{Ca} + \text{Na} + \text{K}} - \text{известковистость,}$$

$$\alpha = \frac{\text{Na} + \text{K}}{\text{Al}} - \text{степень щелочности,}$$

$$f = \frac{\text{Fe}}{\text{Fe} + \text{Mg}} - \text{степень железистости,}$$

$$n = \frac{\text{Na}}{\text{Na} + \text{K}} - \text{тип щелочности,}$$

$al' = \text{Al}_2\text{O}_3/(\text{FeO} + \text{Fe}_2\text{O}_3 + \text{MgO})$  – глиноземистость,

т. н. – точка наблюдения,

аз. пад. – азимут падения,

ан. № – анализ, номер пробы,

ед. зн. – единичные знаки.

# Глава 1. ГЕОЛОГИЧЕСКАЯ И СТРУКТУРНО-ТЕКТОНИЧЕСКАЯ ПОЗИЦИЯ ГРАНИТНЫХ МАССИВОВ ЮЖНЫХ ИЛЬМЕН

## 1.1. Стратиграфия южной части Ильменогорского антиклинория

В составе Ильменогорского антиклинория распространены позднеархейские и, преимущественно, раннепротерозойские метаморфические толщи, стратиграфическое подразделение которых в данной работе приведено в соответствии с решением IV Уральского межведомственного стратиграфического совещания [67]: селянчинская свита (поздний архей), вишневогорская, ильменогорская, еланчиковская и кыштымская толщи (ранний протерозой). Антиклинорий обрамляется сланцевыми толщами сайтовской серии (средний рифей), перекрытыми в южной части района отложениями кундравинской свиты (венд).

Описание свит и толщ метаморфических пород под разными названиями содержится в публикациях [2, 3, 5, 11, 18, 21, 22, 24, 27, 35, 37, 47, 48, 57, 61, 67, 71–73 и др.], а также в ряде рукописных отчетов о результатах геологосъемочных и тематических работ. Ниже, с учетом материалов предыдущих исследователей, приведем краткую характеристику стратиграфических подразделений региона, возрастные рубежи которых даны в работах [14, 19, 30, 31, 45 и др.].

*Селянчинская свита* позднеархейского возраста представлена силлиманит-гранат-биотитовыми и гранат-биотитовыми гнейсами, кварцито-гнейсами, гранатовыми амфиболитами, скаполит-диопсид-плагноклазовыми кристаллическими сланцами, редко кварцитами и распространена в Селянчинском тектоническом блоке средней части Ильменских гор. Отложения свиты подвергнуты щелочному метасоматозу со стороны миаскитового массива с образованием амфибол-биотитовых и пироксеновых фенитов и нефелин-полевошпатовых мигматитов. Породы первоначально были метаморфизованы в условиях гранулитовой фации [30], на которую позднее был наложен амфиболитовый метаморфизм [22, 31]. Мощность свиты – 1000 м.

Нижнепротерозойские метаморфические образования развиты преимущественно по восточному и южному склону Ильменских гор, где ими сложен крупный тектонический блок, ограни-



ченный с запада Миасским, востока – Чебаркульским и юга – Еланчиковским разломами.

*Вишневогорская толща* картируется в виде неширокой (250–1000 м) полосы, окаймляющей приядерную часть Ильменогорского антиклинального выступа, и с востока ограничена Нязшевским сбросом. Толща имеет ритмично-слоистое строение (снизу вверх): 1) однородная пачка биотитовых гнейсов, 2) пачка кианит-гранат-биотитовых плагиогнейсов, 3) тонкое чередование меланократовых биотитовых гнейсов, амфиболитов и кварцитов с прослоями пироксен-плагиоклазовых кристаллических сланцев, кальцифиров и мраморов. Характерно наличие плагиогранитных мигматитов, фенитизированных пород и пироксеновых бескварцевых фенитов в контактовой части с Ильменогорским миасскитовым массивом. Мощность толщи – 850 м.

Вишневогорские амфиболиты отличаются от амфиболитов селянkinской свиты повышенной глиноземистостью, меньшим содержанием кремнезема, калия и титана, большей обогащенностью хромом, никелем и сопоставимы с высокоглиноземистыми базальтами островных дуг. На диаграмме А. А. Предовского амфиболиты попадают в поле базальтов, а гнейсы – в поле граувакков [2, 3].

*Ильменогорская толща* распространена восточнее вишневогорской и образует полосу шириной 1000–1500 м, расширяющуюся на южном периклинальном замыкании Ильменогорского антиклинального выступа до 3500 м. В состав толщи входят гранатые и пироксеновые амфиболиты, биотитовые, гранат-биотитовые и силлиманит-гранат-биотитовые плагиогнейсы, кварциты, кварцитогнейсы. По гнейсам и амфиболитам развиты двуполевошпатовые и плагиоклазовые мигматиты. Амфиболиты составляют в среднем 30–45 % объема толщи, а на восточном крыле Ильменогорского антиклинального выступа их количество достигает 90 %.

В разрезе толщи выделяются три подтолщи: нижняя существенно амфиболитовая с прослоями биотитовых и биотит-графитовых гнейсов и кварцитов; средняя – переслаивание гнейсов и кварцитов; верхняя – амфиболитовая. Мощность толщи оценивается в 900 м.

Ильменогорские амфиболиты отличаются от вишневогорских более высоким содержанием натрия и титана, причем количество титана сопоставимо с его содержанием в селянkinских амфиболитах. На диаграмме А. А. Предовского биотитовые плагиогнейсы попадают в поле туффитов кислого и среднего состава, а силлима-

нит-гранатовые плагиогнейсы – в поле граувакков, полимиктов и туффитов [2, 3, 24].

*Еланчиковская толща* наиболее широко развита на южном замыкании структуры Ильменогорского антиклинория в районе озер Ильменское, Еланчик и Бол. Еланчик, откуда прослеживается в северном направлении вдоль западного борта котловин озер Бол. Кисегач, Бол. Миассово и далее до оз. Аргази.

В низах разреза толщи распространены преимущественно гнейсы и мигматиты. По составу гнейсы биотитовые, амфибол-биотитовые, реже гранат-биотитовые и силлиманит-гранат-биотитовые. Мигматиты полосчатые, линзовидно-полосчатые, очковые (порфиробластовые), тневые и протягиваются в виде неширокой (300–600 м) полосы от оз. Бол. Еланчик в район Косых гор и далее по западному борту котловины оз. Бол. Миассово. В пределах толщи характерно обилие гранитных и пегматитовых жил. На диаграмме А. А. Предовского гнейсы (плагиогнейсы) располагаются в поле туффитов и, главным образом, в поле граувакков, что свидетельствует о их терригенном происхождении [2, 3, 24]. Мощность толщи 1300 м.

*Кыштымская толща* развита преимущественно в синклинали-леподобных структурах, разделяющих антиклинальные или куполовидные выступы. Нижняя граница толщи проводится по слою кварцитов, залегающих с небольшим угловым несогласием на плагиогнейсах еланчиковской толщи. В составе кыштымской толщи распространены графитовые кварциты (маркирующий горизонт), амфиболиты, биотитовые, гранат-биотитовые, гранат-амфибол-биотитовые и амфибол-биотитовые плагиогнейсы, слюдяные кварциты и мраморы. Мощность толщи 920 м.

Выше кыштымской толщи залегают отложения среднерифейской (?) сайтовской серии («сланцевое обрамление»), включающей аракульскую, нижнесайтовскую, верхнесайтовскую и игишскую свиты. Разрез «сланцевого обрамления» завершается плагиосланцами кундравинской свиты вендского возраста.

Сопоставление стратиграфических разрезов нижнепротерозойских метаморфических толщ выявляет близость их вещественного состава, а иногда и сходную ритмичность в переслаивании отдельных слоев и пачек. Это наводит на предположение о наличии в Ильменских горах не трех (вишневогорской, ильменогорской и еланчиковской) толщ, а возможно одной, дислоцированной на восточном крыле и южной периклинали Ильменогорского антиклинального выступа с образованием опрокинутых на запад (а в южной периклинали – на север) изоклинальных линей-

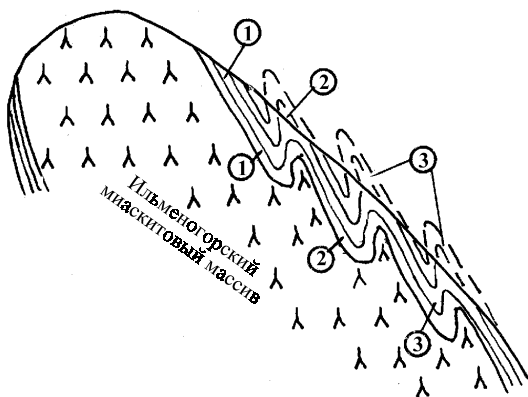


Рис. 2. Один из вариантов искусственного наращивания стратиграфической колонки за счет серии опрокинутых изоклиналильных линейных складок, проявленных в одной и той же толще.

1–3 – «псевдотолщи» (цифры в кружках): 1 – «нижняя», 2 – «средняя», 3 – «верхняя».

ных складок. Не исключено, что проявление неодинакового уровня эрозионного среза метаморфической толщи относительно ее положения на склонах Ильменских гор, а также запрокинутость складок, может привести к ошибочному наращиванию стратиграфической колонки и создать иллюзию наличия в разрезе нескольких толщ (рис. 2). Естественно, что данный вопрос является дискуссионным, и разрешение его требует постановки специальных исследований.

## 1.2. Архей-протерозойские геолого-структурные элементы южной части Ильменогорского антиклинория

Существующие представления геологов о тектонике Южных Ильмен свидетельствуют как о гетерогенности, так и чрезвычайной сложности структур Ильменогорского антиклинория [25, 26, 43, 49, 56, 58, 64, 70, 77, 79]. Согласно С. В. Чеснокову [72, 73], южнее Ильменогорского купола, ядро которого сложено щелочными породами (миаскитами), развит Миасский купол (антиформа), состоящий из трех ядер: Чашковского гранитогнейсового, Северо-Еланчиковского и Южно-Еланчиковского плагитогнейсовых с участками гранитогнейсов. Чашковское ядро имеет облик линейной, на севере – изоклиналильной опрокинутой антиклинали с брахиформной, собственно куполообразной южной периклиналью и неявным, скрытым северным замыканием. В южной периклинали амфиболовая оболочка передавлена метапелитовым ядром, чем сказывается диапиризм, а в северной части она «подвернута» под метапелитовое ядро поперек простирания оси структуры и всех линейных элементов.

Северо-Еланчиковское и Южно-Еланчиковское ядра Миасского купола вместе с разделяющей их Шумихинской амфиболитовой изоклинальной синформой изогнуты над погружением Ильменогорского купола таким образом, что у них, наряду с четко выраженными куполовидными южными периклиналями, образуются северные «периклинали», подвернутые поперек линейности.

В. Н. Юрецкий и др. (1982)\* выделяют следующие структурные подразделения, относящиеся к архей-протерозойскому структурному ярусу: Селянkinский блок, Ильменогорскую антиклиналь, Ильменогорскую складчато-блоковую структуру, включающую Няшевскую синклиналь, Еланчиковскую и Чашковскую антиклинали, Шумихинскую синформу.

*Селянkinский блок* сложен метаморфическими породами позднеархейской селянkinской свиты и раннепротерозойской вишневогорской толщи, в южной и северной частях структуры прорванными массивом миаскинов. Блок имеет вытянутую в субмеридиональном направлении пропеллерообразную форму, ширину в центральной части не более 0.5 км с постепенным расширением к югу и северу до 2–3 км. Кыштымским сдвиго-надвигом Селянkinский блок разорван на две части, при этом северная часть получила вращение относительно оси блока, вследствие чего восточное падение гнейсовидности и осевых плоскостей складок сменилось на западное. В продольном сечении блок имеет аркообразную форму с погружением линейности минералов в северной части на север, а в южной – на юг.

С запада Селянkinский блок ограничен Вишневогорско-Селянkinским сдвиго-взбросом, фиксирующимся зоной порфирокластовых бластомилонитов по селянkinским гнейсам и мигматитам, а также телами тальк-антофиллитовых пород, а с востока – Няшевским сдвиго-сбросом и Таткульским сбросом. В пределах блока развиты мелкие седловидные складки с увеличенной мощностью слоев мигматитов в замковой части и постепенным выклиниванием их на крыльях, параллельных осевой поверхности. Характерна многофазная складчатость.

---

\* Юрецкий В. Н., Петров В. И., Кузнецов Г. П. и др. «Отчет Ильменогорского геолого-съемочного отряда о результатах геологического доизучения масштаба 1 : 50 000 Ильменогорской площади ... за 1976–1982 год». Архив Ильменского заповедника. 1982.

*Ильменогорская антиклиналь*, к ядру которой приурочен массив щелочных пород, с запада ограничена Вишневогорско-Селянкинским, а с востока – Няшевским разломами. Шарнир этой структуры погружается в южном направлении, а осевая плоскость наклонена на восток под углом  $55\text{--}60^\circ$ . Антиклиналь осложнена более мелкими складками, параллельными ее оси. В Ильменогорском щелочном массиве наблюдаются blastsмилониты двух генераций (устное сообщение В. И. Ленных): более ранние высокотемпературные, согласные с гнейсовидностью миаскитов, и более поздние порфиорокласовые субширотного – северо-западного направления. К. И. Постоевым установлены две системы кливажа, развитые в миаскитах, причем складки ранней генерации связаны с кливажем, падающим на запад под углом  $28\text{--}30^\circ$ , а поздней генерации – с кливажем, падающим на восток под углом  $75\text{--}80^\circ$  (В. Н. Юрецкий и др., 1982).

*Ильменогорская складчато-блоковая структура* ограничена Таткульским и Няшевским разломами. В ее пределах также устанавливается несколько генераций складок. Севернее оз. Аргаяш в мигматизированных гнейсах развиты ядра, обрисованные кварцитами. Наиболее ранние складки связаны с кливажем, падающим на восток под углом  $20\text{--}30^\circ$ . На эти складки наложен поздний кливаж, падающий также в восточном направлении, но уже под углом  $75\text{--}80^\circ$ . С этим кливажем согласна мелкая плейчатость и переориентировка листочков биотита. Характерно, что гранитные жилы деформированы в складки по более поздней системе кливажа, а пегматитовые жилы секут как ранние, так и поздние складки.

В северной части складчато-блоковой структуры выделяется *Няшевская синклиналь*, для которой характерны два направления шарниров мелких складок: северо-восточное и юго-юго-восточное. Устанавливаются три генерации складок: более ранние складки имеют северо-восточное погружение шарниров; вторая генерация складок характеризуется погружением шарниров на юго-восток; третья генерация представлена открытыми складками с пологими крыльями волнообразной формы с шарнирами, погружающимися на восток.

В южной части Ильменогорской складчато-блоковой структуры развиты *Еланчиковская* и *Чашковская куполовидные антиклинали*, имеющие, по мнению В. Н. Юрецкого и др. (1982), такой же порядок, что и Ильменогорская антиклиналь. Эти структуры и разделяющая их перемятая Шумихинская синформа впервые были изучены, как отмечалось ранее, С. В. Чесноковым [72], дополни-

тельно к исследованиям которого В. Н. Юрецкий с коллегами приводят следующие данные: в Еланчиковской куполовидной структуре отчетливо наблюдаются три системы складок — северо-восточная (изоклиналильные складки), юго-юго-восточная (асимметричные складки) и меридиональная (открытые складки); в северной части Чашковской куполообразной антиклинали в мигматитах развиты мелкие лежачие изоклиналильные складки с перемятыми осевыми плоскостями. Шарниры складок обрисованы тонкими прослоями кварцитов и падают на юго-запад под углом 25–30°. Падение шарниров более поздних открытых складок северо-восточное под такими же углами. Все элементы складок и гнейсовидности в мигматитах еланчиковской толщи имеют южное направление, т. е. северное периклиналильное замыкание Чашковской антиклинали отсутствует. Западный контакт этой структуры крутой с переменным падением на запад или восток. В южной части фиксируется периклиналильное замыкание антиклинали.

*Шумихинская синформа*, разделяющая Чашковскую и Еланчиковскую структуры, которую С. В. Чесноков [72] характеризует как компенсационный прогиб, формировавшийся одновременно с ростом куполов, В. Н. Юрецким и др. (1982) была прослежена далеко на северо-восток до оз. Черное. Контакт Шумихинской синформы с Чашковской антиклиналью резкий и падает на восток под углом 70°, контакт с Еланчиковским куполом — на запад. Синформа имеет вид сигмоиды, образованной, по мнению В. Н. Юрецкого и др. (1982), в результате пересечения более древних субширотных — северо-восточных структур более молодыми субмеридиональными структурами.

Автор, на основании многолетнего изучения южной части Ильменогорского антиклинория и обобщения данных предшествующих исследователей ([25, 26, 49, 56, 58, 70, 79 и др.], В. Н. Юрецкий и др., 1982), придерживается следующей схемы структурного подразделения этого региона (рис. 3).

### Протерозойский структурный ярус

#### 1. Положительные структуры:

- Ильменогорский антиклинальный выступ
- Восточно-Ильменогорская антиклиналь
- Еланчиковский купол
- Чашковский антиклинальный выступ
- Кисегачский антиклинальный выступ

#### 2. Отрицательные структуры:

- Шумихинская синформа

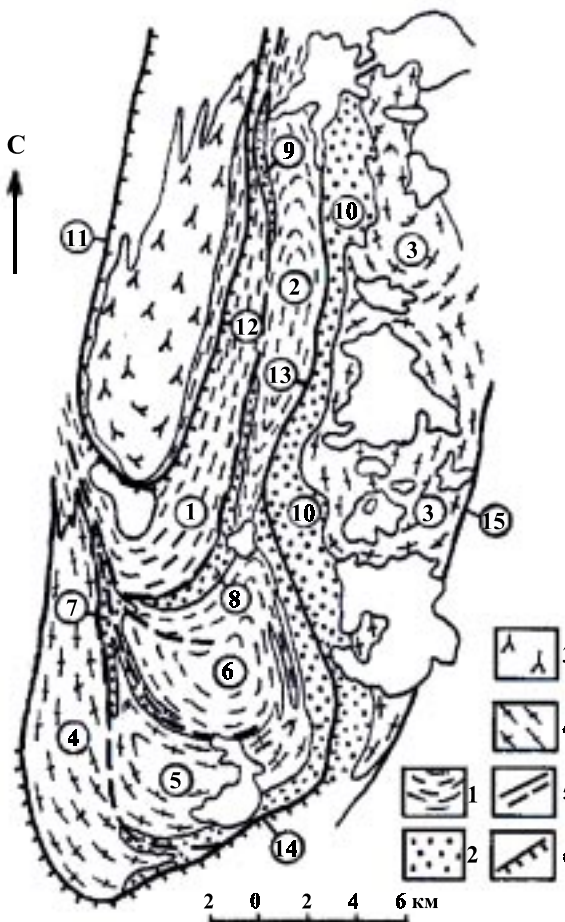


Рис. 3. Структурная схема южной части Ильменогорского антиклинория. Составил Б. Н. Пермяков с использованием материалов В. Н. Юрецкого и др., 1982.

1 – положительные структуры, сложенные метаморфическими породами, 2 – синклиналеподобные структуры, 3 – антиклинальный выступ с ядром щелочных пород, 4 – антиклинальные выступы, сложенные гранитными массивами, 5 – разломы достоверные и предполагаемые (пунктир), 6 – разломы с установленным направлением падения сместителя.

Цифры в кружках: 1–10 – структурные элементы антиклинория: 1 – Ильменогорский антиклинальный выступ, 2 – Восточно-Ильменогорская антиклиналь, 3 – Кисегачский антиклинальный выступ, 4 – Чашковский антиклинальный выступ, 5 – Южно-Еланчиковская куполовидная апофиза Чашковского выступа, 6 – Еланчиковский гнейсовый купол, 7 – Шумихинская синформа, 8 – Аргаяшская синклиналь, 9 – Няшевская синклиналь, 10 – Миассово-Еланчиковская синклиналь.

11–15 – разломы: 11 – Вишневогорско-Селянчинский сдвиго-сброс, 12 – Няшевский сброс, 13 – Таткульский сброс, 14 – Еланчиковский поддвиг, 15 – Чебаркульский (Восточно-Кундравинский) надвиг.

Аргаяшская синклиналь

Няшевская синклиналь

Миассово-Еланчиковская синклиналь.

Ниже остановимся на ряде моментов, связанных с вышеизложенной схемой.

1. Термин «выступ» нами применяется для обозначения положительных складчато-блоковых структур, обычно ограниченных разрывными нарушениями, при этом, прилагательное «антиклинальный» или «куполовидный» характеризует форму выступа.

2. Чашковский и Кисегачский антиклинальные выступы и Еланчиковский купол являются однопорядковыми структурами с Ильменогорским антиклинальным выступом, в связи с чем отпадает необходимость выделения Ильменогорской складчато-блоковой структуры в качестве отдельного подразделения Ильменогорского антиклинория.

3. В. Н. Юрецким и др. (1982), при описании Ильменогорской складчато-блоковой структуры, отмечалось, что восточнее Няшевской синклинали развита антиклиналь, сложенная метаморфическими породами еланчиковской толщи. В нашей схеме эта структура выделена под названием Восточно-Ильменогорской антиклинали, представленной вытянутой в субмеридиональном направлении и запрокинутой на запад крупной складкой протяженностью 15–16 км при ширине 2.5–3 км.

4. Шумихинская синформа автором подразделена на две структуры, сочленяющиеся в районе урочища Шумиха: Аргаяшскую синклинали и собственно Шумихинскую синформу.

Аргаяшская синклинали прослеживается от урочища Шумиха вначале на восток, где отделяет южную периклиналь Ильменогорского антиклинального выступа от Еланчиковского купола, и далее в районе оз. Аргаяш разворачивается в северо-восточном направлении и протягивается до оз. Черное, разграничивая восточное крыло Ильменогорского выступа от Восточно-Ильменогорской антиклинали.

С. В. Чесноков [72] рассматривал Шумихинскую синформу как синклиналеподобную структуру, разделяющую Чашковский и Еланчиковский ядра Миасского купола в виде сплошной перемычки метаморфических пород. По нашим данным, синформа, выполненная амфиболитами, плагиогнейсами и кварцитами кыштымской толщи, лишь небольшим «заливом» заходит между Чашковским антиклинальным выступом и северной частью Еланчиковского купола. Далее в южном направлении наблюдаются только отдельные ксенолиты метаморфических пород, залегающие в чашковских и еланчиковских гранитах, которые фактически образуют единое тело.

Учитывая это, а также, что северная часть выделявшейся ранее Шумихинской синформы отнесена к Аргаяшской синклинали, название «Шумихинская синформа» сохранено лишь для ее цен-



тральной части, расположенной в районе стыка Ильменогорской, Чашковской и Еланчиковской структур. В силу своего структурного положения, синформа приобрела «ламдаобразный» ( $\lambda$ ) вид. Своим северным окончанием она частично отделяет Чашковский выступ от южной периклинали Ильменогорского антиклинального выступа. В южном направлении синформа разделяется на две ветви: 1) субмеридиональную, проходящую по границе Чашковского выступа и западной части Еланчиковского купола и 2) юго-восточную, частично отделяющую еланчиковские граниты от плагиогнейсов еланчиковской толщи.

5. Еланчиковский гнейсовый купол надвинут на южную периклираль Ильменогорского антиклинального выступа, вследствие чего северная граница купола вместе с разделяющей эти структуры Аргаяшской синклиналью подвернута под купол и имеет обращенную на юг дугообразную форму. В то же время фиксируется нормальное залегание западного и восточного крыльев купола и его четкое южное периклиральное замыкание.

Еланчиковский купол сложен амфибол-биотитовыми и биотитовыми плагиогнейсами. В ядре купола распространены биотитовые и лейкократовые гранитогнейсы, выделенные В. Н. Юрецьким и др. (1982) в еланчиковский субкомплекс. В южной части купол интродуцирован мусковитовыми и двуслюдяными гранитами, образующими почти согласную дугообразную апофизу, отходящую от Чашковского выступа в восточном направлении и названную нами Южно-Еланчиковской. Граница сочленения апофизы с Чашковским выступом проходит по западному крылу меридиональной синклинальной складки, проявленной в еланчиковских мусковитовых гнейсовидных гранитах и пространственно совпадающей с выделявшейся ранее Шумихинской синформой. Южно-Еланчиковская апофиза имеет в плане неправильную серповидную форму с обращенной на юг выпуклостью и выклинивающимися в северном направлении западным и восточным флангами, охватываемыми по периферии Еланчиковский гнейсовый купол в его южной половине. Апофиза вписывается в структуру Еланчиковского купола и имеет с последним общее южное периклиральное замыкание линейных текстур.

6. Миассово-Еланчиковская синклиналь выполнена преимущественно отложениями кыштымской толщи и с запада граничит с Восточно-Ильменогорской антиклиналью. Протягивается в южном направлении от района Миассовских озер до оз. Бол. Еланчик, где делает разворот на юго-запад, заходя небольшим «заливом» между южным окончанием Чашковского выступа и Южно-

Еланчиковской апофизой. Синклиналь приурочена к крупному Таткульскому разлому, а в южной своей части – к Еланчиковскому дугообразному поддвигу. Восточное крыло ее «поглощено» Кисегачским гранитным массивом.

7. Кисегачский антиклинальный выступ, сложенный гнейсогранитами и гранитами одноименного массива, развит восточнее Миассово-Еланчиковской синклинали, имеет субмеридиональное направление и протяженность порядка 35 км при максимальной ширине 10 км. В северной (район Миассовских озер) и южной (южнее оз. Чебаркуль) частях выступ резко сужается до полного выклинивания. С востока ограничен Чебаркульским (Восточно-Кундравинским) разломом. Выступ практически целиком сложен параавтохтонными гранитами, с запада контактирующими с плагиогнейсами и амфиболитами кыштымской толщи, в разной степени подвергнутыми гранитизации и мигматизации. В его пределах выделяются, по крайней мере, две относительно крупные куполовидные структуры, характеристика которых приведена в работе [52].

8. Южную и восточную границы Ильменогорской антиклинали целесообразно проводить не по Няшевскому разлому, фактически ограничивающему ядро антиклинального выступа в пределах Селянкинского блока, а по Няшевской и Аргаяшской синклиналям. В этом случае восточное крыло Ильменогорской антиклинали (антиклинального выступа) и ее южная периклиналь будут представлены практически полным разрезом раннепротерозойских метаморфических образований, включающих вишневогорскую, ильменогорскую и еланчиковскую толщи.

Таковы, в основном, дополнения, внесенные автором в существующую схему структурного подразделения Ильменогорского антиклинория.

В формировании структурных элементов южной части Ильменских гор существенную роль играли разрывные нарушения типа сбросов, взбросов, надвигов и сдвигов, по которым происходили как вертикальные, так и горизонтальные подвижки отдельных блоков земной коры. Практически все синклиналеподобные структуры, разделяющие положительные структуры антиклинория, приурочены к крупным разломам. Так Миассово-Еланчиковская синклиналь контролируется Таткульским сбросом, а в южной своей части – дугообразным Еланчиковским поддвигом; Аргаяшская и Няшевская синклинали приурочены к субмеридиональной ослабленной зоне повышенной трещиноватости, расщепления и дробления пород, проходящей по границе Ильменогорского антиклинального выступа, и Восточно-Ильменогорской ан-

тиклинали; Шумихинская синформа (в новых границах, предложенных автором) развита на стыке четырех положительных структур (Ильменогорского и Чашковского антиклинальных выступов, Еланчиковского купола и Южно-Еланчиковской апофизы), ограниченных на данном участке веерообразно расходящимися от южной периклинали Ильменогорского выступа скрытыми разломами, трассируемыми многочисленными жильными телами гранитов и пегматитов.

Одной из характерных особенностей строения южной части Ильменогорского антиклинория является кулисообразное расположение антиклинальных структур (выступов). Так, в северном окончании Чашковский выступ кулисообразно причленяется к южной периклинали Ильменогорского антиклинального выступа; Южно-Еланчиковская апофиза занимает кулисообразное положение в западной своей части по отношению к Чашковскому, а в восточной части – Кисегачскому выступам. Все это свидетельствует о возможном сдвиге отдельных блоков земной коры по диагонали относительно приложения двух разнонаправленных сил – с востока на запад и с юга на север.

Состав и характер стратиграфических разрезов раннепротерозойских толщ указывает на ритмичность проявления терригенных и вулканических процессов, приведших к образованию эвгеосинклинальной формации в рифейский этап геологического развития Южного Урала. В отличие от площадей распространения метаморфических пород ильменогорской и еланчиковской толщ, ареалы развития метаморфитов кыштымской толщи ограничены узкими синклиналеподобными структурами, которые С. В. Чесноков [72] определял как компенсационные прогибы, образованные одновременно с ростом куполов. Подобные прогибы, как нам представляется, могли возникнуть только в орогенный этап развития региона. Следовательно, должен быть временной отрыв формирования пород кыштымской толщи от образования вишневогорской, ильменогорской и еланчиковской толщ. И в этом отношении, по видимому, целесообразно, вслед за В. Н. Юрецким и др. (1982), датировать отложения кыштымской толщи поздним протерозоем, а не ранним, как это принято в решении IV Уральского межведомственного стратиграфического совещания [67].

По нашему мнению, площадь развития отложений кыштымской толщи не ограничивалась только синклиналеподобными структурами, а охватывала всю восточную и южную части Ильменогорского антиклинория. Это подтверждается следующими фактами:

– кыштымская толща распространена не только внутри Ильменогорского антиклинория, но и по его периферии, окаймляя практически со всех сторон Чашковский, Еланчиковский и, частично, Кисегачский выступы, что, наряду с другими признаками, подтверждает точку зрения С. В. Чеснокова [72] о существовании у гранитогнейсовых куполов амфиболитовой оболочки;

– наличие многочисленных ксенолитов мигматизированных и гранитизированных амфиболитов и мезократовых плагиогнейсов в гнейсогранитах Кисегачского, Чашковского массивов и Южно-Еланчиковской апофизы как вблизи границ с кыштымской толщей, так и в удалении от них;

– метасоматическим преобразованием и гранитизации подвергнуты породы всех протерозойских толщ, включая кыштымскую, которые ранее были метаморфизованы в условиях одной и той же фации – альмандин-амфиболитовой;

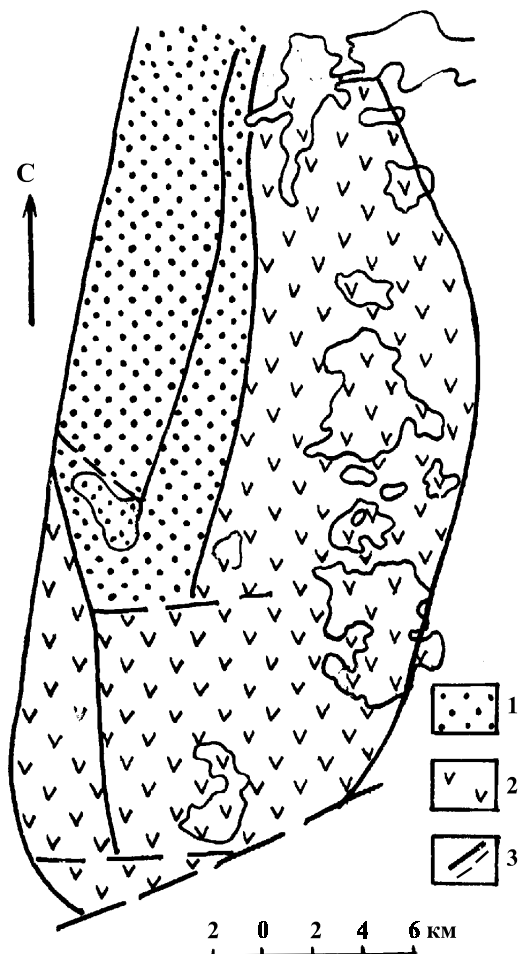
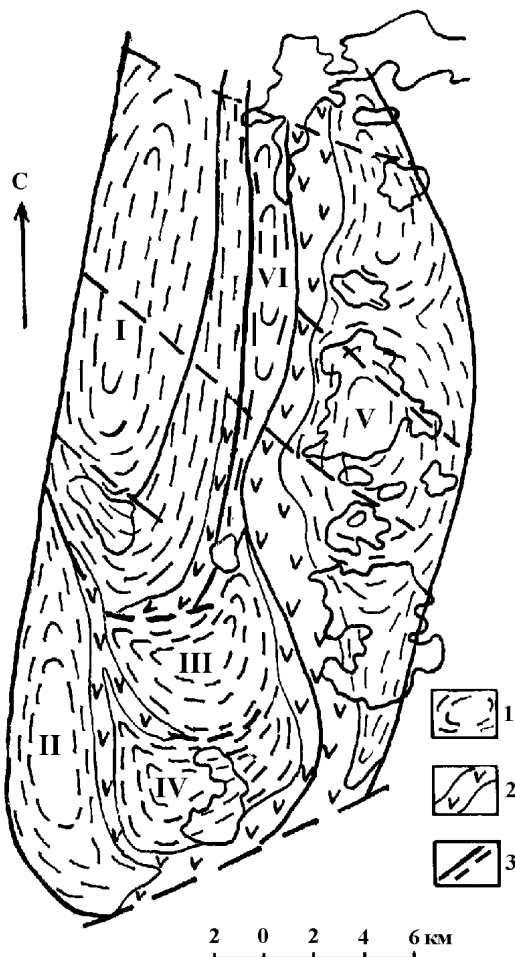


Рис. 4. Палеоструктурная схема южной части Ильменогорского антиклинория (рифей).

1 – отложения кыштымской, еланчиковской и ильменогорской толщ, 2 – отложения кыштымской толщи, 3 – разломы достоверные и предполагаемые (пунктир).

Рис. 5. Палеоструктурная схема южной части Ильменогорского антиклинория (поздний рифей – венд).

1 – антиклинальные структуры: I – Ильменогорская, II – Чашковская, III – Северо-Еланчиковская, IV – Южно-Еланчиковская, V – Кисегачская, VI – Восточно-Ильменогорская; 2 – синклиналиподобные структуры; 3 – разломы достоверные и предполагаемые (пунктир).



– формирование гранитных массивов происходило в результате гранитизации отложений еланчиковской толщи, что признается большинством исследователей Южных Ильмен. В таком случае, в качестве кровли гранитных массивов должны быть и породы кыштымской толщи. Процессы орогенеза, способствовавшие образованию складчато-блоковых структур, а также последующая эрозия привели к тому, что отложения кыштымской толщи сохранились только в ядрах синклиналей.

Реконструкция структурного плана южной части Ильменогорского антиклинория (рис. 4–6) позволяет полагать, что позднерифейский орогенический этап развития Южных Ильмен начался с заложения крупных субмеридиональных и северо-восточных разломов типа сбросов и взбросов как по периферии эвгеосинклинали, так и внутри нее, при этом в ее южной части проявились дугообразные разломы, ограничивающие форми-

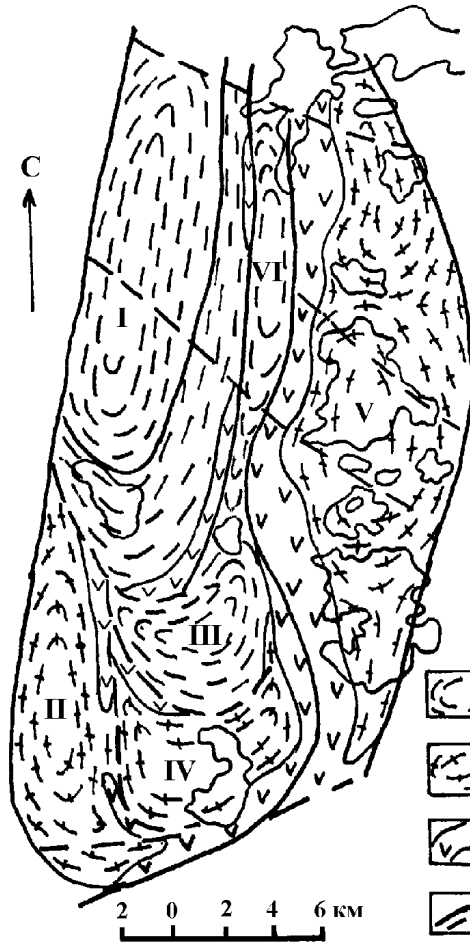


Рис. 6. Палеоструктурная схема южной части Ильменогорского антиклинория (ранний ордовик).

1 – антиклинальные структуры, сложенные метаморфическими породами, 2 – антиклиналеподобные структуры, сложенные гранитными породами, 3 – синклиналеподобные структуры, 4 – разломы достоверные и предполагаемые (пунктир). I–VI – названия антиклинальных структур см. рис. 5.

рующийся Ильменогорский антиклинорий. Процессы гранитизации метаморфических толщ способствовали разуплотнению отдельных участков земной коры, что приводило к возникновению гнейсовых куполов и поднятий. По периферии антиклинория

образовывались вытянутой формы антиклинальные структуры (Чашковская, Кисегачская), на южном замыкании антиклинория – поднятия дугообразной формы, облекающие периклиналь Ильменогорского антиклинального выступа.

Вероятно, в поствендское время наиболее интенсивно проявились горизонтальные подвижки типа надвигов, приведшие, в конечном счете, к запрокидыванию складчатых структур. В раннем палеозое территория Южных Ильмен претерпела тектономагматическую активизацию с формированием гранитных, а затем и щелочных массивов.

### 1.3. Структурные особенности и вещественный состав гранитных массивов Южных Ильмен

Одной из особенностей строения Ильменогорского антиклинория является приуроченность гранитных массивов к его восточному и южному периферическим частям. В изученном районе выделяются два относительно крупных гранитных тела – Кисегачский и Чашковско-Еланчиковский массивы.

*Кисегачский массив* площадью около 40 км<sup>2</sup> подробно охарактеризован в работе автора [52]. Здесь же отметим лишь те главные особенности массива, которые будут необходимы при дальнейшем изложении существа рассматриваемого вопроса.

Массив приурочен к запрокинутому на запад одноименному антиклинальному выступу, расположенному на восточном крыле Ильменогорского антиклинория вблизи его сочленения с Арамилско-Сухтелинским синклиниорием. С востока он ограничен Чебаркульским разломом, а с запада контактирует с метаморфическими породами кыштымской толщи, выполняющей линейную Миассово-Еланчиковскую синклиналь. Кисегачский массив вытянут в субмеридиональном направлении, имеет сигарообразную форму с сужающимися и выклинивающимися северным и южным оконечностями и занимает согласное положение по отношению к основным структурам района.

Формирование кисегачских гранитоидов произошло в два основных этапа: 1) метасоматоз и гранитизация вмещающих пород с образованием очковых, порфиробластовых и линзовидно-полосчатых мигматитов, гнейсовидных амфибол-биотитовых кварцевых сиенитов (кварцевых монцодиоритов), граносиенитов, гранодиоритов и гранитов; 2) локальный анатексис, гомогенезация вещественного состава более ранних гранитных масс, формирование биотитовых и лейкократовых гнейсогранитов и гранитов. Жильная серия представлена аплитами, аплитовидными и мелко-среднезернистыми гранитами, пегматитами и пегматоидными гранитами.

Судя по кольцевому расположению различных фаций гранитоидов, наличию концентрической петро-геохимической зональности, элементам залегания линейных текстур, в Кисегачском массиве выделяются две куполовидные структуры с центрами в районе оз. Бол. Кисегач и в районе Миассовских озер.

Контакты гранитоидов-1 с вмещающими породами преимущественно согласные, часто с образованием различной ширины

зон инъекционно-метасоматических линзовидно-полосчатых мигматитов, переходящих к центру массива в порфиробластовые гранитоиды. При взаимодействии гранитов-2 с плагиогнейсами наиболее характерны следующие контактовые изменения: среднезернистые массивные граниты сменяются на контакте мелкозернистыми гнейсовидными биотитовыми гранитами; в экзоконтактовых частях в метаморфических породах развиваются порфиробластовые выделения полевого шпата, а также прожилки и жилы гранитов и пегматитов. С амфиболитами контакты гранитов более резкие. На контакте амфиболиты нередко превращены в диоритоподобную породу или же подвергнуты послойной инъекции в виде кварц-полевошпатовых прожилков.

*Чашковско-Еланчиковский массив* находится в южной части Ильменогорского антиклинория. Название массива предложено после того, как в процессе полевых работ нами совершенно неожиданно было выявлено, что между Чашковским и Еланчиковским массивами не существует сплошной, разделяющей их перемычки метаморфических пород, т.е. чашковские и еланчиковские граниты образуют единое тело, о чем более подробно будет изложено несколько ниже.

Ю. Д. Панков [48, 49] рассматривал Чашковский и Еланчиковский массивы как ядра крупных антиклинальных складок. По мнению этого исследователя, Чашковский массив приурочен к ядру брахиантиклинальной, запрокинутой на запад складки, подвергнутой более мелкой складчатости. Ядра синклинальных складок сложены гранитизированными амфиболитами и гнейсами, а антиклинальных складок – средне-крупнозернистыми гнейсовидными гранитами часто с очковой структурой. В Еланчиковском массиве в ядрах мелких антиклинальных складок развиты или мелкозернистые граниты, часто содержащие крупные столбообразные ксенолиты амфиболитов, или же очковые крупнозернистые граниты.

В. Н. Юрецкий и др. (1982), Н. С. Бородина и Г. Б. Ферштатер [46], характеризуя структурное положение массивов чашковского комплекса, считают, что Чашковский массив, сложенный биотитовыми мелкозернистыми гнейсогранитами с неясноочковой структурой, вписывается в эллипсовидный купол-диапир с четким периклинальным замыканием полосчатости на южном окончании и погружением в сторону замыкания линейноориентированных тектур. В северной половине купол-диапир запрокинут на запад. Еланчиковский массив отделен от Чашковского неширокой (до 500 м) полосой метаморфических пород и представляет собой



интрузивную залежь, грубо согласную с вмещающими породами, сложен среднезернистыми двуслюдяными и мусковитовыми гранитами, прорванными жилами биотитовых и двуслюдяных гранитов и пегматитов.

Проведенное нами, в рамках программы тематических работ Ильменского заповедника, геологическое картирование масштаба 1 : 25 000 в районе развития Чашковского и Еланчиковского массивов, не подтвердило, как отмечалось выше, наличия между этими массивами сплошной полосы метаморфических пород, слагавших, по данным предыдущих исследователей, Шумихинскую синформу (рис. 7). Согласно нашим материалам, метаморфические породы, представленные амфиболитами, плагиогнейсами и кварцитами кыштымской толщи, в виде узких (300–700 м) «заливов» протяженностью 2.5–2.7 км, вдаются с юга и севера в Еланчиковский массив. Между этими заливами в субмеридиональном направлении фиксируются лишь отдельные удлиненной формы ксенолиты метаморфитов, содержащиеся в мусковитовых и двуслюдяных гранитах. В южном заливе наблюдается четкое центрикринальное погружение линейных текстур метаморфических пород. Контакт еланчиковских и чашковских гранитов проходит западнее прерывистой полосы развития метаморфитов (рис. 8).

Таким образом, в данном районе фактически развито одно гранитное тело неправильной подковообразной формы с обращенной на юг выпуклой стороной и выклинивающимися в северном направлении западным и восточным флангами. Чашковско-Еланчиковский массив приурочен к южному замыканию структур Ильменогорского антиклинория, что и предопределило соответствующую форму гранитного тела, состоящего из двух разновысоких выступов: 1) западного Чашковского антиклинального,

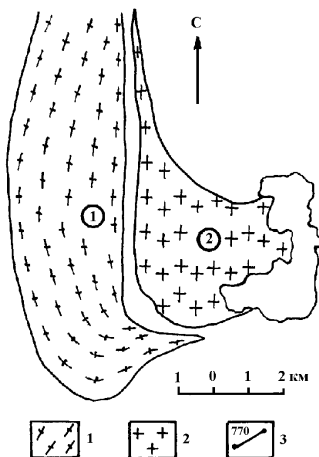


Рис. 7. Положение границ Чашковского (1) и Еланчиковского (2) массивов по В. Н. Юрецкому и др., 1982 г.

1 – чашковские гнейсограниты, 2 – еланчиковские двуслюдяные и мусковитовые граниты, 3 – линия маршрутного пересечения, точка наблюдения и ее номер (см. рис. 8).

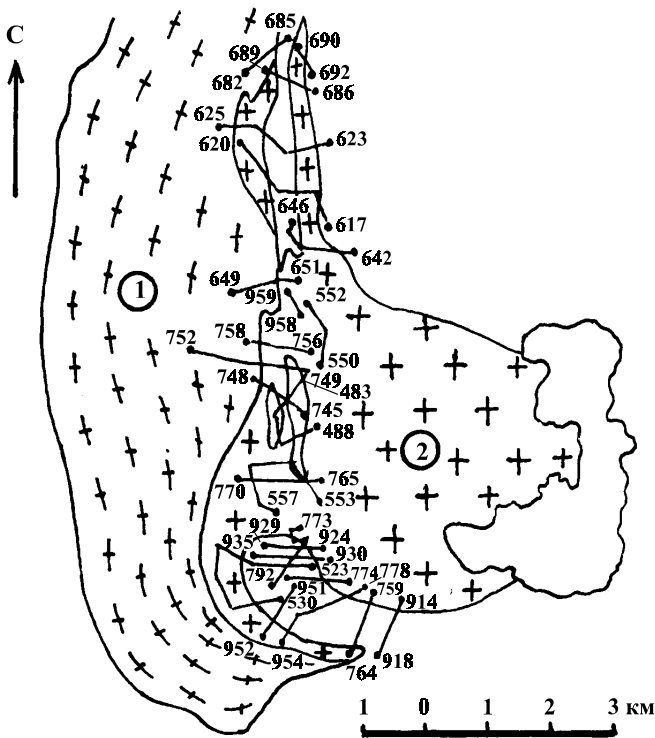


Рис. 8. Положение контакта Чашковского выступа (1) и Южно-Еланчиковской апофизы (2) по Б. Н. Пермякову, 1996–1998 гг.  
Условные обозначения см. рис. 7.

сложенного гранитоидами более высокого (близкоровлевого) уровня формирования массива и 2) юго-восточного Южно-Еланчиковского (бывшего Еланчиковского массива), представленного более глубинными двуслюдяными и мусковитовыми гранитами, в морфологическом отношении образующими апофизу, отходящую в восточном направлении от Чашковского выступа и полусогласно вписывающуюся в структуру Еланчиковского гнейсового купола.

Формирование гранитоидов Чашковско-Еланчиковского массива происходило в два этапа, отражающих основные рубежи развития мигматит-гнейсогранитной системы:

1 этап. Калий-натриево-кремниевая стадия гранитизации мелано- и мезократовых метаморфических пород (амфиболитов, амфибол-биотитовых и биотитовых плагиогнейсов), приведшая к

образованию полосчатых и линзовидно-полосчатых мигматитов в краевых контактовых зонах, постепенно сменяющихся во внутренних частях массива порфиروبластовыми амфибол-биотитовыми гнейсогранодиоритами, гнейсограносиенитами, биотитовыми и лейкократовыми порфиروبластовыми гнейсогранитами.

2 этап. Калиево-кремниевая стадия гранитизации и анатексиса метаморфических пород и гранитоидов 1-го этапа с формированием инъекционно-метасоматических и теневых мигматитов гранитного состава, биотитовых и лейкократовых гнейсогранитов и гранитов; магматическая мусковитизация гранитов, приведшая к образованию двуслюдяных и мусковитовых разновидностей.

Дайковая и жильная серия представлена гранитами, аплитами, гранитными пегматитами.

Сравнивая вещественный состав Чашковско-Еланчиковского и Кисегачского массивов, можно однозначно констатировать, что по набору петрографических разновидностей гранитоидов и последовательности их формирования (за исключением мусковитовых и двуслюдяных гранитов) эти массивы весьма близки. В главе 7 будет показано, что кроме близости вещественного состава для этих массивов характерно сходство и по целому ряду других признаков.

Ниже рассмотрим структурные особенности Чашковско-Еланчиковского массива.

*Чашковский выступ* расположен к юго-западу от оз. Ильменское в пределах одноименных гор. Выступ простирается в субмеридиональном направлении примерно на 16 км при ширине 2.5–3.5 км и в структурном отношении представляет собой антиклиналь, с запада граничащую с Игишской синклиналью по дугообразному разлому. В северной части Чашковский выступ кулисообразно причленяется к Ильменогорскому антиклинальному выступу и выклинивается на широте северной оконечности оз. Ильменское. Южное «носовидное» окончание выступа имеет разворот на восток согласно с общим замыканием структур Ильменского антиклинория.

Чашковский выступ, фактически являющийся вытянутым куполовидным образованием, имеет, как и все классические гранитогнейсовые купола [64], оболочку и ядро, что в свое время было отмечено С. В. Чесноковым [72]. Выделяется две оболочки Чашковской структуры: внешняя, сложенная амфиболитами кыштымской толщи, и внутренняя, представленная плагиогнейсами, в разной степени мигматизированными и переходящими в линзовидно-полосчатые мигматиты, которые постепенно сменяются порфиروبластовыми гнейсогранитами.

Ядро Чашковского выступа зональное. Верхняя зона образована биотитовыми и лейкократовыми гнейсогранитами, средняя зона – двуслюдяными гранитами, а внутренняя зона – мусковитовыми гранитами. Гранитным материалом внутренней и средней зон сложена Южно-Еланчиковская апофиза, развитая на южном периклинальном замыкании Еланчиковского гнейсового купола.

Для Чашковского выступа характерно южное погружение и воздымание в северном направлении, вследствие чего в северной части выступа обнажена верхняя зона ядра, представленная мелко-среднезернистыми биотитовыми и лейкократовыми гнейсовидными гранитами (рис. 9).

Метаморфическая толща в общих чертах конформно обрамляет ядро Чашковского выступа, причем внешняя амфиболитовая оболочка сохранилась только по его периферии. Внутренняя оболочка развита практически повсеместно в пределах этой структуры, однако горизонт линзовидно-полосчатых мигматитов наиболее четко фиксируется только в северо-восточной части выступа. Характерной чертой является интенсивная гранитизация пород субстрата, нарастающая к ядру Чашковского выступа: породы оболочки постепенно обогащаются гранитным материалом, маломощные кварц-полевошпатовые инъекции сменяются зонами полосчатых и линзовидно-полосчатых мигматитов, затем порфи-

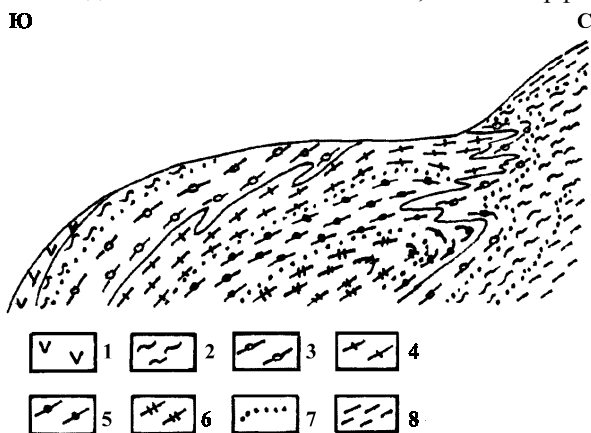


Рис. 9. Схематический продольный разрез Чашковского выступа.

1–3 – оболочки выступа: 1 – внешняя амфиболитовая, 2–3 – внутренняя (2 – мигматитовая зона, 3 – зона порфиоробластовых гранитоидов); 4–6 – ядро выступа: 4 – биотитовые гнейсограниты, 5 – двуслюдяные граниты, 6 – мусковитовые граниты; 7 – граница фациального перехода породных ассоциаций; 8 – плагиогнейсы вмещающей толщи.

робластовых гранитоидов, возрастает количество более крупных согласных тел гнейсовидных гранитов. В гранитизируемых меланократовых породах повышается содержание плагиоклаза, на более поздних стадиях метасоматоза замещаемого калиевым полевым шпатом, пироксен замещается амфиболом, по которому, в свою очередь, развивается биотит, появляется кварц. Нередко в отдельных частях гранитизированной внутренней оболочки сохранены не затронутые гранитизацией реликты метаморфических пород без видимого их перемещения в пространстве, т. е. формирование гранитного тела происходило путем «магматического замещения» метаморфических толщ на месте их залегания.

Граница ядра и оболочки структуры относительно резкая. Граниты, слагающие ядро, образуют в породах оболочки многочисленные согласные и секущие жильные инъекции. Характерна крупная гранитная апофиза (Южно-Еланчиковская), отходящая от Чашковского выступа и проникающая в плагиогнейсы Еланчиковского купола. Апофиза занимает грубосогласное положение в структуре гнейсового купола, интродуцирует преимущественно южную периклиналь купола, охватывая последний с запада и востока выклинивающимися в северном направлении флангами.

Чашковский антиклинальный выступ имеет асимметричное поперечное строение с пологим ( $30-45^\circ$ ) западным крылом и более крутым ( $50-80^\circ$ ) – восточным. Антиклиналь осложнена мелкими складками, осевые линии которых смещены к ее восточной части. Поэтому в данной структуре отсутствует единая осевая плоскость, так как замковая часть антиклинали представлена целым рядом сближенных линейных, часто кулисообразно расположенных складок более низкого порядка (рис. 10).

Наиболее интенсивно подвергнута дополнительной складчатости северная часть Чашковского выступа (водораздел оз. Ильменское – Миасский пруд) где фиксируются субмеридионального направления линейные складки протяженностью 3.5–3.7 км, причем углы падения крыльев складок изменяются от  $30-40^\circ$  в северной части участка до  $60-70^\circ$  в его южной части. В синклинальных складках обнажены мигматиты, амфибол-биотитовые и биотитовые порфиробластовые гнейсограносиениты, гнейсогранодиориты и гнейсограниты 1-го этапа. Ядра антиклинальных складок сложены мелко-среднезернистыми биотитовыми и лейкократовыми гнейсовидными гранитами 2-го этапа.

Граница между северной частью Чашковского и южной периклиналью Ильменогорского антиклинальных выступов проходит по синклинальной складке север-северо-западного направления,

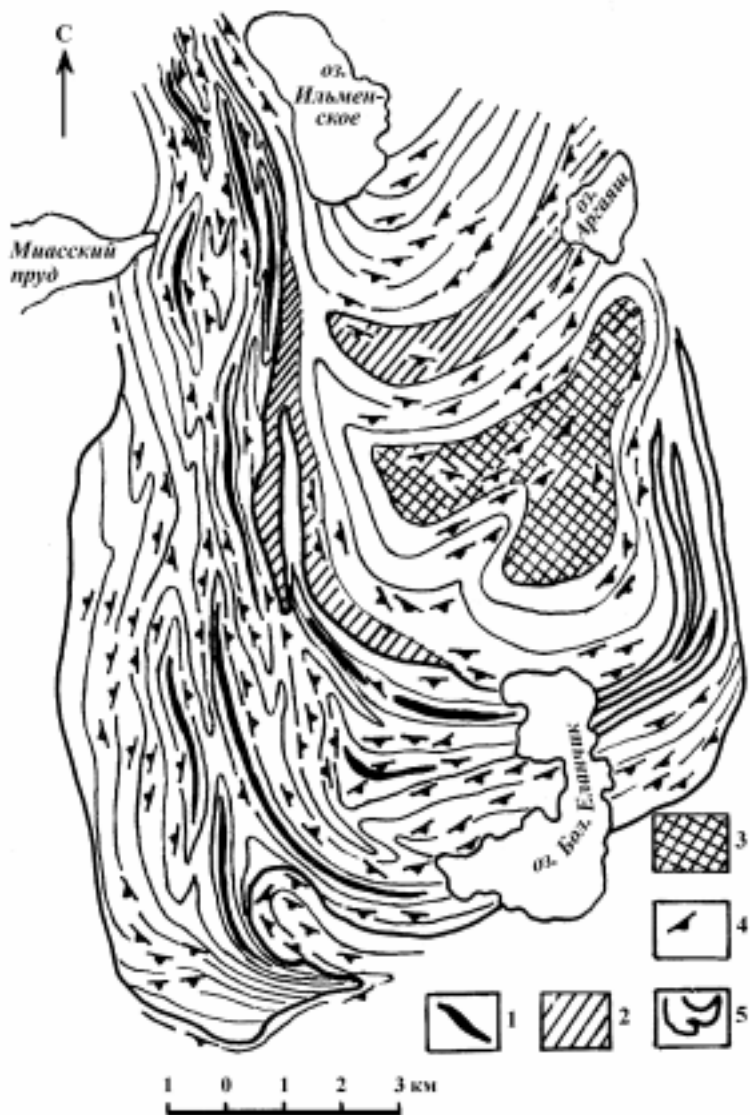


Рис. 10. Структурная схема Чашковско-Еланчиковского массива. Составил Б. Н. Пермяков.

1 – осевая линия антиклинальной складки, 2 – синклиналь, 3 – гранито-гнейсовое ядро Еланчиковского купола, 4 – элементы залегания линейных текстур, 5 – контур Чашковско-Еланчиковского массива.

развитой в плагиогнейсах еланчиковской толщи в западном борту котловины оз. Ильменское. Складка носит изоклинальный характер с наклоном осевой плоскости в восточном направлении. Линейные текстуры как в метаморфических породах, так и чашковских гранитоидах имеют субмеридиональное простирание. Элементы субширотной ориентировки линейности пород в районе сочленения Чашковского и Ильменогорского выступов нами не обнаружены. Поэтому наблюдения автора не подтверждают данные о том, что на широте средней части оз. Ильменское в Чашковских горах происходит разворот структуры еланчиковской толщи с северо-западного через субширотное на юго-юго-восточное, как это показано на геологической карте масштаба 1 : 50 000 (В. Н. Юрецкий и др., 1982 г.).

В средней и южной частях Чашковского выступа также фиксируется ряд параллельных, иногда кулисообразно расположенных субмеридиональных складок, проявленных в порфиробластовых биотитовых гнейсогранитах. Осевая плоскость некоторых антиклинальных складок изгибается в юго-восточном направлении и прослеживается далее в мусковитовых гнейсовидных гранитах Южно-Еланчиковской апофизы, прерывая тем самым Шумихинскую синформу, ранее выделявшуюся предыдущими исследователями между Чашковским и Еланчиковским массивами.

В южной части Чашковского выступа происходит разворот складчатой структуры с меридионального направления на субширотное и далее восток-северо-восточное, что подчеркивает общее южное замыкание структур Ильменогорского антиклинория.

Основной объем Чашковского выступа (примерно 80 % его площади) занимают гранитоиды-1, представленные порфиробластовыми породами гнейсовидной и, нередко, линзовидно-полосчатой текстуры, состав которых изменяется от амфибол-биотитовых гранодиоритов и граносиенитов до биотитовых и лейкократовых гранитов. В северо-восточной части выступа вблизи его контакта с метаморфитами еланчиковской и кыштымской толщ относительно широко развиты полосчатые и линзовидно-полосчатые мигматиты, по валовому составу соответствующие кварцевому монодиориту – кварцевому сиениту и имеющие постепенные переходы к порфиробластовым гранитоидам, с одной стороны, и мезократовым плагиогнейсам и гранитизированным амфиболитам, с другой. Мигматиты образуют восточную контактовую зону Чашковского выступа шириною 750–800 м, прослеживающуюся в южном направлении по западному борту котловины оз. Ильменское до урочища

Каменной Брод. Часто в них содержатся согласные инъекции мелкозернистых биотитовых гранитов.

Мелкозернистые и мелко-среднезернистые биотитовые и лейкократовые граниты-2 развиты преимущественно в северной части Чашковского выступа, где обнажаются в ядрах антиклинальных складок или же образуют дайкоподобные тела. Выходы этих гранитов небольшой площади наблюдаются в южной части выступа и по его границе с Южно-Еланчиковской апофизой, где они переходят в биотит-мусковитовые и мусковитовые интенсивно расланцованные граниты.

*Южно-Еланчиковская апофиза* (прежнее название – Еланчиковский массив) отходит на восток от южной половины Чашковского выступа и восточнее оз. Бол. Еланчик делает разворот в северном направлении, расщепляясь на ряд гранитных инъекций. Апофиза полусогласно вписывается в южную периклиналь Еланчиковского гнейсового купола, вследствие чего северная граница ее имеет дугообразный вид. Граница сочленения Южно-Еланчиковской апофизы с Чашковским выступом проходит западнее прерывистой полосы метаморфических пород, структурно относимых предыдущими исследователями к Шумихинской синформе, и трассируется по резкой смене чашковских порфиробластовых биотитовых гнейсогранитов среднезернистыми двуслюдянными и мусковитовыми гранитами, слагающими апофизу.

Южно-Еланчиковская апофиза в структурном отношении представляет собой антиклинальный выступ, надвинутый на южную периклиналь Еланчиковского гнейсового купола и осложненный рядом дугообразных запрокинутых на север складок с наклонном осевых плоскостей на юг. Угол падения опрокинутого (подвернутого) крыла антиклинальных складок, как правило, более крутой ( $50-60^\circ$ ), чем угол падения нормального крыла ( $30-40^\circ$ ). Осевые линии практически всех складок изменяют свое направление от субмеридионального на юго-восточное и далее через субширотное до северо-восточного, т.е. имеют дугообразную форму, согласную в общих чертах с южной периклиналиью Еланчиковского гнейсового купола.

Наиболее протяженная сквозная антиклинальная складка прослеживается через южную часть Южно-Еланчиковской апофизы, пересекает ранее выделявшуюся Шумихинскую синформу и далее фиксируется в субмеридиональном направлении в порфиробластовых гнейсогранитах Чашковского выступа. Это еще раз подтверждает факт, что Чашковский и Еланчиковский массивы не разделены сплошной полосой метаморфических пород.



Характерной особенностью складчатой структуры Южно-Еланчиковской апофизы является то обстоятельство, что при изменении субмеридионального простирания складок на субширотное происходит их опрокидывание в северном направлении, подчеркивая, тем самым, общую тенденцию надвига структурных элементов Ильменогорского антиклинория с юга на север (также, как и с востока на запад).

Южная и западная часть апофизы сложена мусковитовыми гранитами, сменяющимися в северном направлении биотит-мусковитовыми разновидностями. Непосредственно в контакте с Еланчиковским гнейсовым куполом двуслюдяные граниты переходят в биотитовые граниты, гнейсовидность которых падает на юг под углом 60–65°.

В ядрах синклиналиных складок, развитых в двуслюдяных гранитах, отмечаются реликтовые выходы порфиробластовых гранитоидов и линзовидно-полосчатых мигматитов повышенной основности.

Таким образом, в Чашковском выступе и Южно-Еланчиковской апофизе гранитоиды дислоцированы с образованием ряда линейных складок, направление которых подчинено общему структурному плану этих выступов. Часть складок имеет сквозной характер, т. е. прослеживается из одной структуры в другую, что свидетельствует об одновременности проявления складчатой дислокации как в Чашковском антиклинальном выступе, так и в его Южно-Еланчиковской апофизе.

## Глава 2. ГРАНИТОИДЫ ПЕРВОГО ЭТАПА ФОРМИРОВАНИЯ ЧАШКОВСКО-ЕЛАНЧИКОВСКОГО МАССИВА

### 2.1. Фациальные разновидности гранитоидов-1

Одной из характерных особенностей Чашковско-Еланчиковского массива является полифациальность гранитоидов, выражающаяся в многообразии как петрографических, так и структурно-текстурных разновидностей. Среди гранитоидов 1-го этапа распространены:

- полосчатые и линзовидно-полосчатые мелано- и мезократовые мигматиты;
- порфиробластовые амфибол-биотитовые и биотитовые двуполевошпатовые гнейсограносиениты, гнейсогранодиориты и гнейсограниты;
- неравномернозернистые средне-крупнозернистые биотитовые и лейкократовые гнейсограниты с редкими порфиробластами полевого шпата (рис. 11).

В генетическом отношении мигматиты подразделены на два типа: метасоматические, образованные в процессе гранитизации метаморфических толщ; инъекционные\*, возникшие в результате послыдного внедрения гранитного материала во вмещающие породы.

Согласно материалам предыдущих исследователей ([34, 36, 48], Юрецкий и др., 1982), мигматиты обычно слагают отдельные зоны мощностью несколько сот метров, в промежутках между которыми распространены прослои амфиболитов и плаггиогнейсов. Наиболее широко мигматиты развиты среди отложений ильменогорской и еланчиковской толщ на восточном крыле Ильменогорского антиклинального выступа и его южной периклинали.

В данной работе автор акцентирует внимание на мигматитах, локализованных непосредственно в контактовых зонах Чашковско-Еланчиковского массива.

#### *Мигматиты метасоматического типа*

Метасоматические мигматиты имеют наибольшее развитие в северной половине Чашковско-Еланчиковского массива, где вдоль его восточного контакта этими породами сложена субмеридио-

---

\*Инъекционные мигматиты наиболее характерны для контактовых зон гранитов 2-го этапа, в связи с чем описание их приводится в гл. 3.

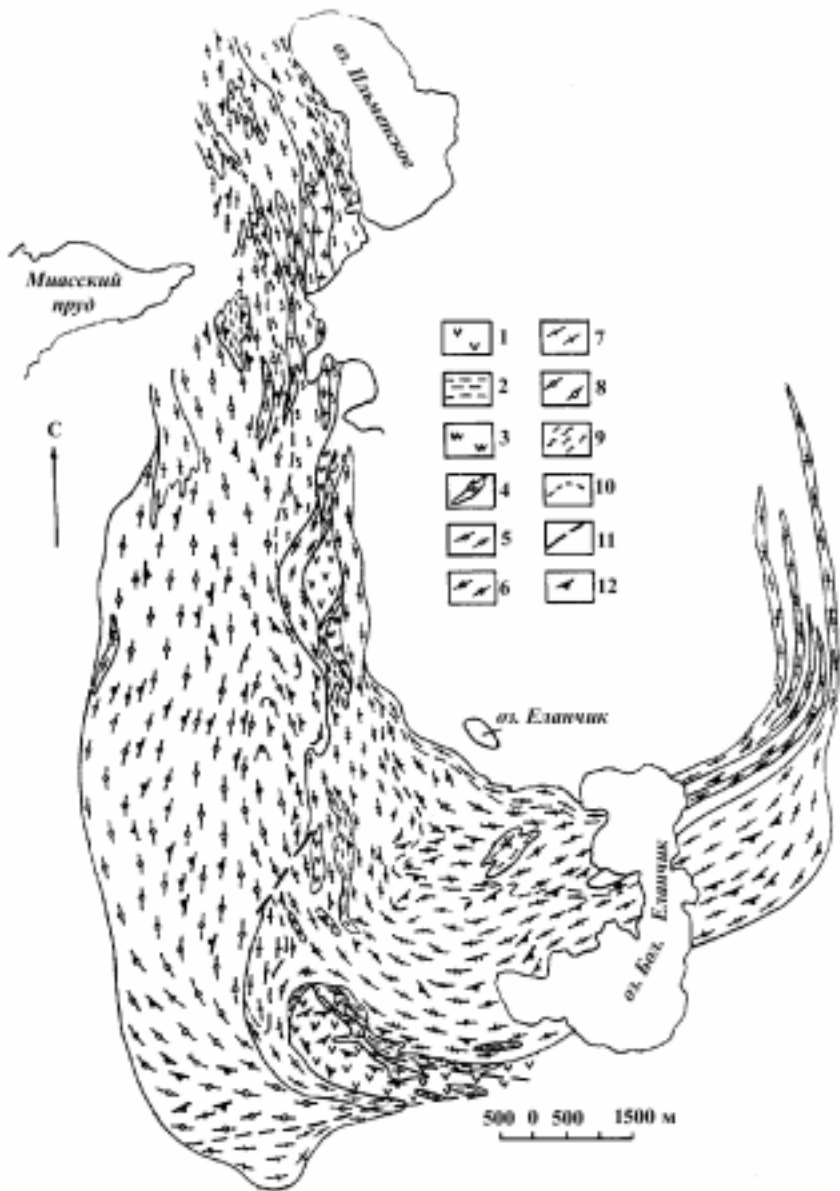


Рис. 11. Геологическая карта Чашковско-Еланчиковского массива. Составил Б. Н. Пермяков.

1 – амфиболиты, 2 – плагиогнейсы, 3 – кварциты, 4 – дайки гранитов, 5 – мусковитовые граниты, 6 – двуслюдяные граниты, 7 – биотитовые и лейкокатровые граниты и гнейсограниты, 8 – порфиробластовые гнейсограниты, 9 – мигматиты, 10 – граница фациальных разновидностей, 11 – разломы, 12 – элементы залегания линейных текстур.

нальная зона шириной от 500 до 1500 м и протяженностью порядка 7.5 км. На участке наибольшего расширения зоны (юго-западнее оз. Ильменское) наряду с метасоматическими распространены также мигматиты инъекционного типа.

Мигматиты, возникшие при гранитизации метаморфитов, обладают серой или пестрой окраской и четко выраженной линзовидно-полосчатой текстурой. Структура их чаще всего неравномернозернистая, но отмечаются также мелко-, средне- и крупнозернистые разновидности. Мигматиты состоят из переслаивающихся субпараллельных линзовидных полос, сложенных кварц-полевошпатовым (биотит-кварц-полевошпатовым) и плагиоклаз-амфибол-биотитовым агрегатом. Количественное соотношение лейкосом и меланосом может быть различным – от 1 : 1 до 1 : 5 соответственно. Значительно реже встречаются мигматиты с преобладанием лейкократового материала.

В зависимости от состава субстрата и пространственного расположения меланосом и лейкосом, выделяются следующие разновидности линзовидно-полосчатых мигматитов.

1. Мигматиты, в которых основной фон представлен породой тоналитового состава мелко-среднезернистой структуры гнейсовидной текстуры. На этом фоне развиты линзовидные выделения плагиоклаза размером от  $3 \times 15$  до  $15 \times 40$  мм, по длинной оси ориентированные согласно с гнейсовидностью основной массы. Биотитовый агрегат слагает тонкие (1–2 мм) прерывистые прослойки, часто облекающие полевошпатовые выделения (рис. 12а).

2. Мигматиты, сложенные перемежающимися параллельными прослойками кварц-полевошпатового, полевошпатового и биотитового агрегатов. Мощность полевошпатовых и кварц-полевошпатовых прослоек колеблется от 2 до 8, биотитовых – 0.5–2 мм. В полевошпатовых слоях нередко наблюдаются раздувы размером  $1.5 \times 3$  см, соединенные между собой тонкими проводниками (рис. 12б).

3. Мигматиты, состоящие из параллельных относительно выдержанных по простираению полос полевого шпата (преимущественно плагиоклаза) и линзовидных обособлений зерен кварца и биотита. Мощность полевошпатовых слоев составляет 3–5, кварцевых и биотитовых линз – 1–2 мм (рис. 12в).

4. Мигматиты, в которых основной объем (60–80 %) занимают меланосомы, представленные биотитизированным амфиболовым агрегатом. Лейкосомы сложены обычно плагиоклазовыми линзовидно-вытянутыми прослойками или же тонкими (1–3 мм)

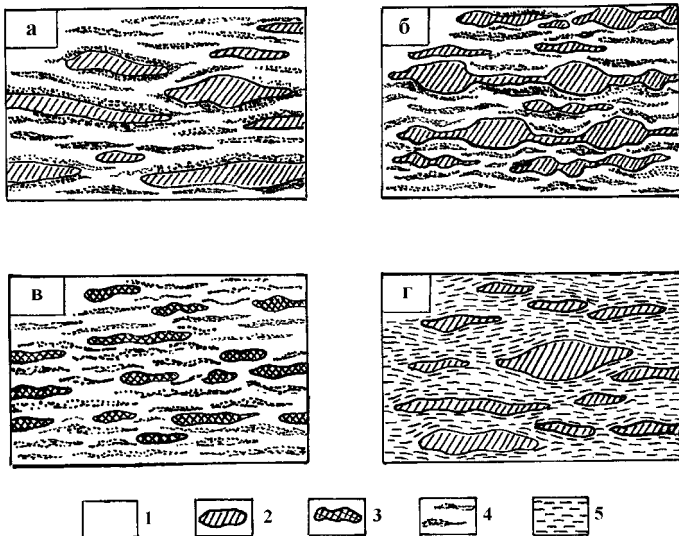


Рис. 12. Тектурные разновидности мигматитов (пояснения в тексте).

1 – кварц-полевошпатовый агрегат, 2 – порфиробласты и линзы полевого шпата, 3 – линзовидные выделения кварца, 4 – биотитовый агрегат, 5 – амфибол-биотитовый агрегат.

параллельными полевошпатовыми прожилками, согласными со сланцеватостью субстрата (рис. 12г).

5. Мигматиты, содержащие диоритовидные меланосомы, состоящие из плагиоклаза 55–70, биотита и амфибола 15–40, кварца 5–7 %. Лейкосомы образованы средне-крупнозернистым кварц-полевошпатовым агрегатом с тонкими линзовидно-извилистыми прослойками тонкочешуйчатого биотита. Плагиоклаз иногда образует отдельные выделения удлиненно-овальной формы размером  $1 \times 2.5$  см, оконтуренные мелкими зернами кварца или же биотит-кварцевым агрегатом. Границы лейкосом и меланосом неровные, извилистые с небольшими заливами полевошпатового и кварц-полевошпатового состава в диоритовидный субстрат (рис. 13). В меланосомах на контакте с лейкосомами иногда увеличивается количество амфибола.

6. Мигматиты, сочетающие элементы линзовидно-полосчатой и очковой текстур. Обычно относятся к дуполевошпатовым разновидностям, причем лейкосомы и меланосомы имеют сходный минеральный состав (плагиоклаз + калишпат + кварц + биотит), но в меланосоме количество биотита значительно больше, чем в лейкосоме.

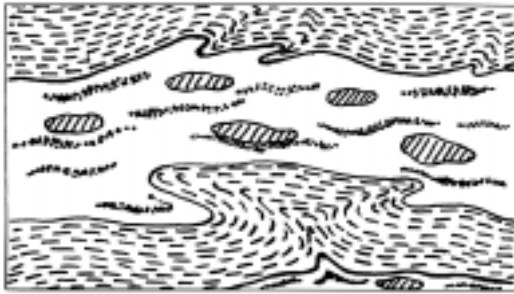
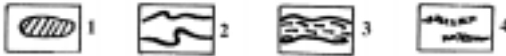


Рис. 13. Характер границы лейкосомы и меланосомы мигматитов.

1 – порфиробласты полевого шпата, 2 – лейкосома, 3 – меланосома, 4 – линзовидные прослои биотита.



### Порфиробластовые гранитоиды

Порфиробластовые гранитоиды занимают основной объем Чашковско-Еланчиковского массива. По внешнему виду – это неравномернозернистые, средне- и крупнозернистые породы преобладающих серых тонов окраски, обычно гнейсовидной текстуры, содержащие порфиробластовые выделения белого плагиоклаза, реже розоватого калиевого полевого шпата линзовидно-неправильной, изометричной или таблитчатой формы. Размеры порфиробласт различные – от  $3 \times 10$  до  $15 \times 30$  мм. Содержание их также колеблется в широких пределах – от 15 до 40 %.

Гнейсовидность порфиробластовых гранитоидов подчеркивается субпараллельным расположением вытянутых зерен всех породообразующих минералов. Зерна кварца и чешуйки биотита обычно слагают вытянутые (до 3 см) линзовидные агрегаты шириною 2–3 мм, часто облекающие порфиробласты полевого шпата.

Т а б л и ц а 1

Средний минеральный состав порфиробластовых гранитоидов

Порода	Содержание минерала, %				
	плагиоклаз	калишпат	кварц	биотит	роговая обманка
гнейсогранодиорит	60	10	15	13	2
гнейсограносиенит	45	25	15	10	5
гнейсогранит биотитовый	60	10	22	8	-
гнейсогранит лейкократовый	55	17	25	3	-

Среди порфиробластовых гранитоидов выделяются гнейсогранодиориты, гнейсограносиениты, гнейсограниты, средний минеральный состав которых приведен ниже (табл. 1). Гнейсогранодиориты и гнейсограносиениты имеют ограниченное распространение. В Чашковском выступе их выходы обычно приурочены к контактам с мезократовыми плагиогнейсами и амфиболитами; в Южно-Еланчиковской апофизе эти породы наблюдаются в виде небольших ксенолитов в двуслюдяных гранитах или же в контактовых зонах с амфиболитами.

## **2.2. Контактные изменения гранитоидов и вмещающих пород**

Изучение взаимоотношений между разными группами горных пород осуществлялось в процессе геологического картирования и маршрутных пересечений контактовых зон. На рис. 14 и 15 показано местоположение маршрутных пересечений, охарактеризованных в главах 2–4.

### *Характеристика контактов между фацциальными разновидностями гранитоидов-1*

На восточном склоне северной части Чашковского выступа установлены следующие минеральные и структурно-текстурные изменения пород при переходе мигматитов к порфиробластовым гнейсогранитам (рис. 16, т. н. 829–831).

0–150 м. Среднезернистые линзовидно-полосчатые мигматиты, образованные по биотитовым плагиогнейсам. В этих породах плагиоклаз желтовато-белого цвета слагает крупные (3–5 мм) зерна, группирующиеся в прерывистые линзовидные агрегаты, ориентированные согласно с гнейсовидностью и полосчатостью мигматитов. Иногда полевой шпат образует тонкие (до 7 мм) выклинивающиеся прожилки протяженностью до 5–6 см. Биотит частично хлоритизирован и распространен в виде прерывистых прослоек мощностью 1–1.5 мм. Кварц слагает также вытянутой формы агрегаты размером 2×40 мм. Общий валовый минеральный состав мигматитов: плагиоклаз 60, кварц 25, биотит 15 %. Обращает внимание повышенное количество кварца. В конце интервала (140–150 м) в мигматитах наблюдается появление роговой обманки и биотита.

150–370 м. Средне-крупнозернистые линзовидно-полосчатые амфибол-биотитовые мигматиты, в которых зерна роговой

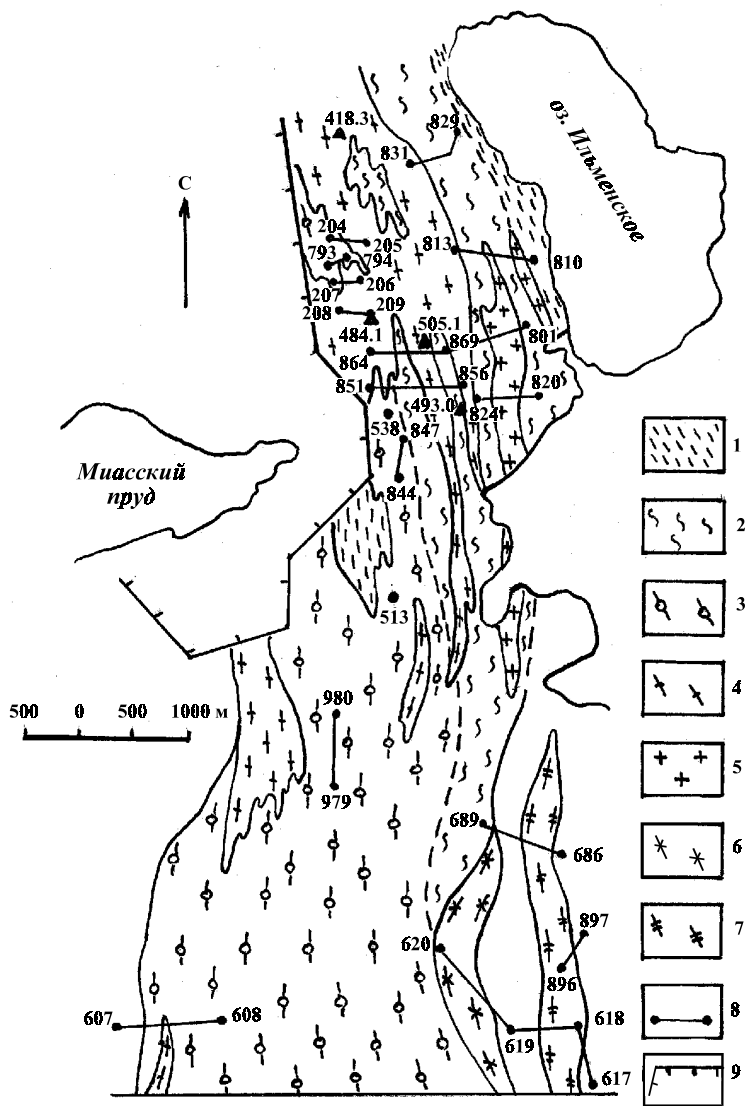


Рис. 14. Местоположение описанных в тексте маршрутных пересечений породных ассоциаций северной части Чашковско-Еланчиковского массива.

1 – плагиогнейсы, 2 – мигматиты, 3 – порфиробластовые гнейсограниты, 4 – мелко-среднезернистые биотитовые и лейкократовые гнейсограниты и граниты, 5 – мелко-среднезернистые биотитовые и лейкократовые массивные граниты (дайки), 6 – двуслюдяные граниты, 7 – мусковитовые граниты, 8 – линия маршрутного пересечения, точка наблюдения и ее номер, 9 – контур городских застроек.



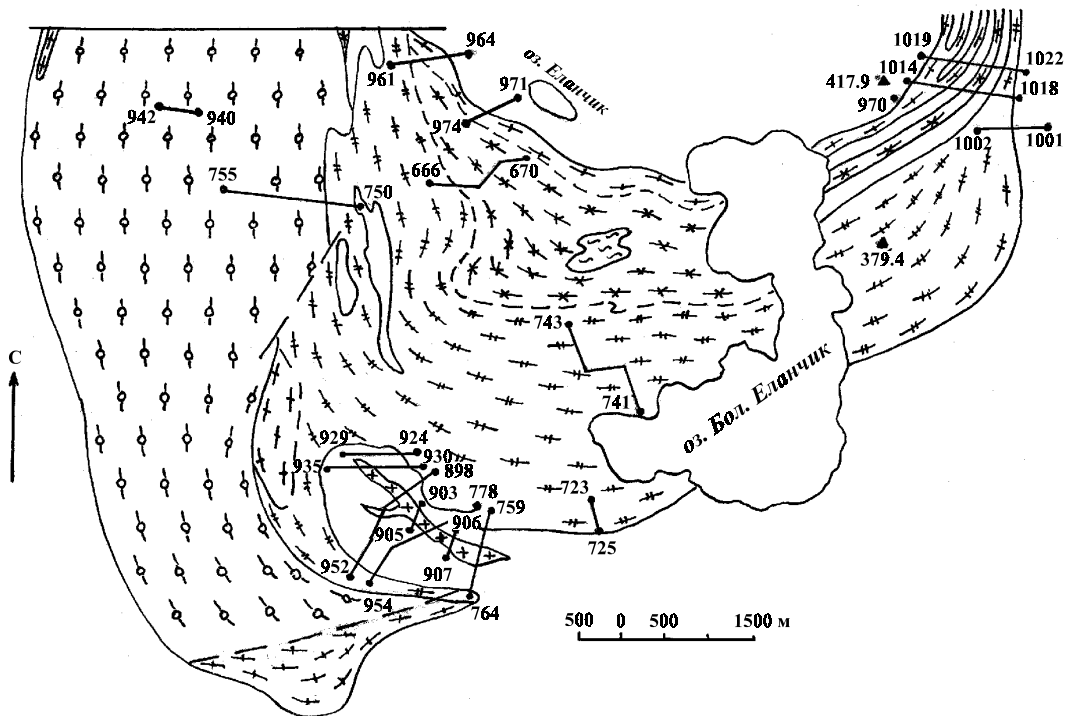


Рис. 15. Местоположение описанных в тексте маршрутных пересечений контактов породных ассоциаций южной части Чашковско-Еланчиковского массива.  
Условные обозначения см. рис. 14.

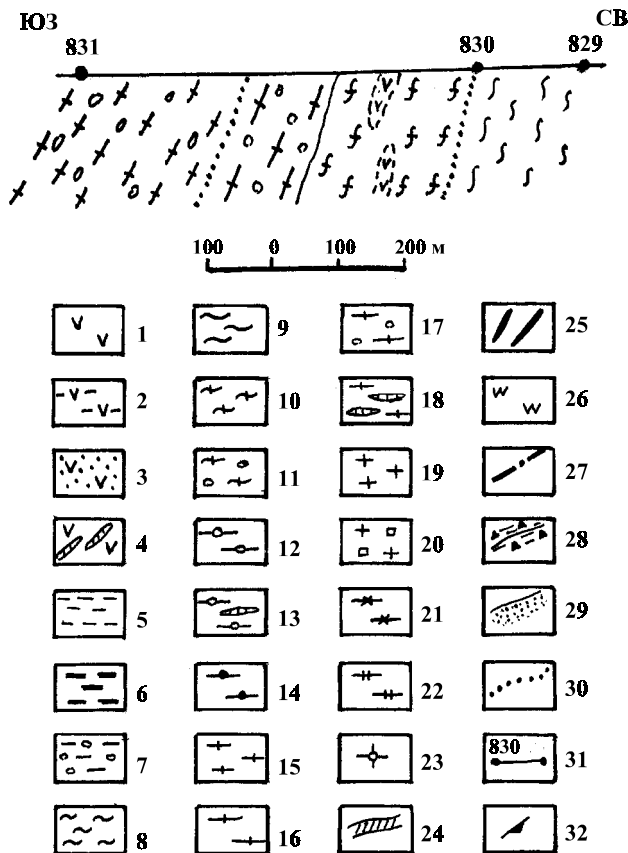


Рис. 16. Контактные изменения мигматитов и порфиробластовых гнейсогранитов (северная часть Чашковского выступа, схематический разрез).

Условные обозначения (к рис. 16–21, 26–28, 30–41, 45–57). 1–4 – амфиболиты: 1 – массивные, 2 – рассланцеванные, 3 – гранатовые, 4 – линзовидно-полосчатые; 5–7 – плагиогнейсы: 5 – мелкозернистые, 6 – крупнозернистые, 7 – очковые; 8–11 – мигматиты: 8 – мелкозернистые биотитовые, 9 – крупнозернистые биотитовые, 10 – биотит-амфиболовые, 11 – биотит-амфиболовые с редкими порфиробластами полевого шпата; 12, 13 – порфиробластовые гнейсограниты: 12 – биотитовые, 13 – биотитовые линзовидно-полосчатые; 14 – порфиробластовые амфибол-биотитовые гнейсогранодиориты; 15–18 – гнейсограниты: 15 – мелкозернистые, 16 – крупнозернистые, 17 – с редкими очками и порфиробластами полевого шпата, 18 – линзовидно-полосчатые; 19 – граниты мелкозернистые массивные; 20 – граниты мелкозернистые с редкими порфириформными выделениями полевого шпата; 21 – граниты двуслюдяные; 22 – граниты мусковитовые; 23 – пегматоидные граниты и пегматиты; 24 – аплиты; 25 – жилы и прожилки гранитов и пегматитов; 26 – кварциты; 27 – разломы; 28 – зона дробления и рассланцевания; 29 – контактовые зоны обогащения биотитом; 30 – граница фациальных разновидностей; 31 – линия маршрутного пересечения, точка наблюдения и ее номер; 32 – элементы залегания линейных текстур.

обманки (10–12 %) образуют агрегаты в виде извилистых прерывистых полос шириной 0.5–3 мм и протяженностью 4–7 мм. Чешуйки хлоритизированного биотита (5–10 %) относительно равномерно распределены в основной массе породы. Содержание кварца не превышает 15–20 %. Он слагает изометричные или вытянутой формы зерна, а также агрегаты зерен шириной 1.5 мм и длиной 1–1.5 см. Плагноклаз (60–70 %) обычно образует изометричные или несколько вытянутые обособления, часто соединенные между собой тонкими проводниками.

В интервале 280–300 м в мигматитах наблюдаются реликтовые полосы сильно измененного биотитизированного амфиболита шириною 15–20 см и протяженностью 55–70 см, по внешнему виду напоминающего среднезернистую породу диоритового состава. Аз. падения полос амфиболита  $220 \angle 40^\circ$ .

370–500 м. Средне- и средне-крупнозернистые биотитовые гнейсограниты, содержащие редкие (13–15 %) порфиробластовые выделения калиевого полевого шпата размером  $5 \times 10$  мм. Количество биотита не превышает 10, а кварца 25 %. Переход амфибол-биотитовых мигматитов к порфиробластовым гнейсогранитам относительно резкий, что отчетливо фиксируется исчезновением в породе амфибола, появлением розового полевого шпата, увеличением содержания кварца.

500–750 м. Мелко-среднезернистые биотитовые гнейсограниты с единичными порфиробластами желтовато-серого полевого шпата размером  $2 \times 2.5$  мм. Содержание биотита составляет 10–12, кварца 22–25, полевого шпата 65–70 %. В данных разновидностях гнейсогранитов по сравнению с гнейсогранитами предыдущего интервала отмечается не только уменьшение зернистости основной массы, но и уменьшение размера и количества порфиробластов полевого шпата.

В водораздельной части южной оконечности оз. Ильменское – Миасский пруд зафиксирована перемежаемость мигматитов и порфиробластовых гнейсогранитов (рис. 17, т. н. 851–855, 858, 859).

0–100 м. Крупнозернистые порфиробластовые (в поперечном срезе) и линзовидно-полосчатые (в продольном срезе) гнейсограниты. На фоне биотит-кварц-полевошпатовой основной массы породы распространены крупные (до  $10 \times 15$  мм) порфиробласты линзовидно-овальной формы, сложенные белым плагноклазом и окруженные агрегатом мелких зерен кварца и биотита. Количество порфиробластов достигает 25 % объема гнейсогранитов. В продольном срезе породы наблюдается ритмичное чередование линзовидно-прерывистых полос кварц-полевошпатового

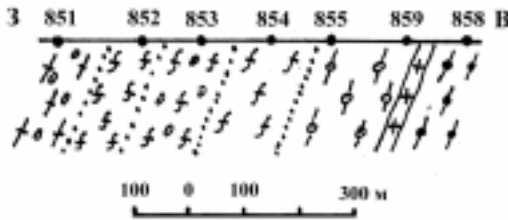


Рис. 17. Контактные изменения мигматитов и порфиробластовых гнейсогранитов (водораздел оз. Ильменское – Миасский пруд, схематический разрез).

Условные обозначения см. рис. 16.

и биотитового агрегатов. Общий минеральный состав: плагиоклаз 55, калиевый полевой шпат 5, кварц 20, биотит 20 %. Аз. падения гнейсовидности и полосчатости 290  $\angle$  65°.

100–200 м. Крупнозернистые линзовидно-полосчатые, участками порфиробластовые мигматиты гранодиоритового состава. В отличие от пород предыдущего интервала, в мигматитах заметно уменьшилось содержание кварца (до 15 %) и появилась роговая обманка в количестве, не превышающем 5–7 %. Переход от гнейсогранитов к мигматитам гранодиоритового состава постепенный. Аз. падения полосчатости 270  $\angle$  60°.

200–320 м. Среднезернистые линзовидно-полосчатые амфибол-биотитовые мигматиты диоритового состава пестрой окраски. Состоят из тонких (1–3 мм) прерывистых параллельных полос, сложенных белым полевым шпатом, чередующихся с прослойками амфибол-биотитового агрегата. Характерны мелкие (3 × 5 мм) «очки» и более крупные (10 × 20 мм) порфиробласты полевого шпата линзовидной формы, облекаемые биотитовыми полосками. Содержание порфиробластовых выделений достигает 25 % объема породы. Минеральный состав мигматитов: плагиоклаз 60, биотит + роговая обманка 35, кварц 5 %.

320–470 м. Мелко-среднезернистые линзовидно-полосчатые мигматиты по валовому минеральному составу соответствующие гранодиориту. Содержат параллельные выклинивающиеся слойки, сложенные кварц-полевошпатовым и существенно биотитовым агрегатом. В кварц-полевошпатовых прослойках, имеющих мощность 2–3 мм, иногда образуются раздувы размером 5–6 мм. Ширина биотитовых прослоек не превышает 1.5 мм.

Смена мигматитов гранодиоритового состава мигматитами диоритовидными сопровождается резким уменьшением содержания кварца, появлением роговой обманки и увеличением общего количества темноцветных минералов.

470–640 м. Крупнозернистые порфиробластовые лейкократовые и биотитсодержащие гнейсограниты, состоящие из плаги-

оклаза 60–65, калиевого полевого шпата 10, кварца 25 и, в отдельных случаях, биотита 5 %. Порфиробласты полевого шпата занимают около 20 % объема породы, имеют удлиненную форму и размеры 5–6 × 15–20 мм. Аз. падения гнейсовидности 270 ∠50°. Содержат согласные жилы мелкозернистых лейкократовых гранитов мощностью до 30 см.

640–660 м. Делювиальные развалы жилы мелкозернистых лейкогранитов розовато-серого цвета, массивной, участками нечетко гнейсовидной текстуры. Простираение жилы 355–360°.

660–740 м. Средне-крупнозернистые неравномернозернистые порфиробластовые биотитовые гнейсогранодиориты. Составляют из плагиоклаза 60, калиевого полевого шпата 10–15, кварца 15, биотита 10–13 %. Аз. падения гнейсовидности 270 ∠75°.

Постепенные переходы мигматитов к порфиробластовым гнейсогранитам наблюдались и в ряде других частей Чашковско-Еланчиковского массива. Так, северо-западнее горы Круглая в эндоконтакте с биотитовыми плагиогнейсами распространены (рис. 18, т. н. 750–752):

0–200 м. Неравномернозернистые линзовидно-полосчатые биотитовые мигматиты.

200–600 м. Крупнозернистые линзовидно-полосчатые биотитовые гнейсограниты, содержащие порфиробласты светло-серого и белого плагиоклаза изометричной и неправильной формы в количестве, не превышающем 15 %. Содержание линзовидных полевошпатовых и кварц-полевошпатовых прослоев составляет 30–35 %. Остальной объем гнейсогранитов занимает кварц-биотит-полевошпатовая основная масса. В конце интервала в гнейсогранитах исчезает линзовидно-полосчатая текстура.

600–900 м. Крупнозернистые порфиробластовые биотитовые гнейсограниты, содержащие изометричные и овальной формы порфиробласты розового полевого шпата размером 10 × 15 мм в количестве 20–25 %. В составе гнейсогранитов присутствуют плагиоклаз 45, калиевый полевой шпат 15, кварц 25, биотит 15 %.

В описанном выше маршрутном пересечении ширина переходной зоны от мигматитов к порфиробластовым гнейсогранитам составляет 300–350 м. Чаше всего мощность подобных зон оценивается в пределах нескольких десятков метров. В редких случаях переход мигматитов в порфиробластовые гнейсограниты можно наблюдать даже в одной крупной глыбе. Так в западном борту котловины оз. Ильменское (рис. 19, т. н. 834) в делювиальной глыбе размером 95 × 120 см фиксируются следующие переходные зоны:

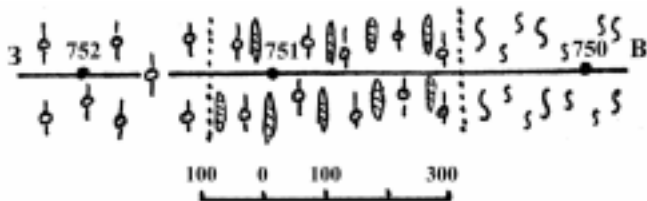


Рис. 18. Контактные изменения мигматитов и порфиробластовых гнейсогранитов (северо-западная часть Южно-Еланчиковской апофизы в районе горы Круглая, схематический план).

Условные обозначения см. рис. 16.

- полосчатые мигматиты, состоящие из чередующихся прослоев кварц-полевошпатового и существенно биотитового состава. Соотношение меланосом и лейкосом оценивается как 1.5 : 1;
- линзовидно-полосчатые мигматиты. Мощность зоны 30 см;
- порфиробластовые биотитовые гнейсограниты с элементами линзовидно-полосчатой текстуры. Мощность зоны 20 см;
- порфиробластовые биотитовые гнейсограниты с равномернозернистой основной массой гнейсовидной текстуры.

Таким образом, наблюдения в области контакта мигматитов и порфиробластовых гнейсогранитов выявили заметную изменчивость в минеральном составе и структурно-текстурных особенностях гранитоидов 1-го этапа формирования Чашковско-Еланчиковского массива. При этом отмечаются, с одной стороны, постепенные переходы от биотитовых линзовидно-полосчатых мигматитов к биотитовым порфиробластовым гнейсогранитам и, с другой стороны, – относительно резкие контакты между амфибол-биотитовыми и лейкократовыми разновидностями этих пород.

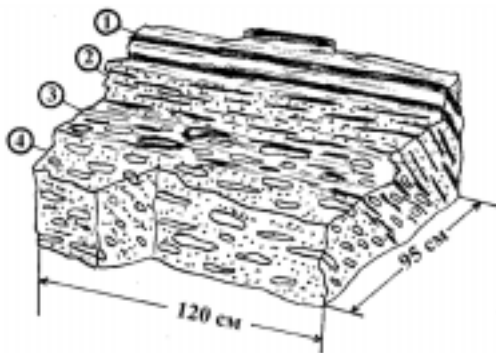


Рис. 19. Переход послойных мигматитов к порфиробластовым гнейсогранитам (западный борт котловины оз. Ильменское, т. н. 834).

Цифры в кружках: 1 – послойный мигматит, 2 – линзовидно-полосчатый мигматит, 3 – порфиробластовый гнейсогранит с элементами линзовидно-полосчатой текстуры, 4 – порфиробластовый гнейсогранит.

### *Характеристика контактов гранитоидов-1 и вмещающих метаморфических пород*

Взаимоотношения гранитоидов-1 с вмещающими метаморфическими толщами наиболее полно проявлены в северной части Чашковского выступа в местах его сочленения с южной периклиналью Ильменогорского антиклинального выступа. На этом участке распространены следующие переходные петрографические зоны (от вмещающих пород к гранитоидам): мезократовые биотитовые и амфибол-биотитовые плагиогнейсы → полосчатые биотитовые гнейсы (плагиогнейсы) → линзовидно-полосчатые неравномернозернистые биотитовые мигматиты → порфиروبластовые, нередко линзовидные биотитовые гнейсогранодиориты → порфиробластовые биотитовые гнейсовидные граниты → лейкократовые гнейсовидные граниты с редкими порфиробластами полевого шпата.

Ширина мигматитовых зон может достигать нескольких сот метров, но сам переход от мигматизированных плагиогнейсов к гранитоидам осуществляется в пределах первых десятков метров, при этом линзовидно-вытянутые агрегаты полевого шпата сменяются относительно изометричными порфиробластовыми выделениями, а полосовидные агрегаты биотита распадаются на отдельные тонкие параллельные скопления мелких биотитовых чешуек. Дальнейшая гранитизация субстрата, вызванная щелочно-кремниевым метасоматозом и дебазификацией, приводит к смене биотитовых порфиробластовых гнейсогранодиоритов биотитовыми, а затем и лейкократовыми гнейсогранитами с сохранением основных структурно-текстурных особенностей пород.

В придорожной выемке автотрассы Уфа-Челябинск, находящейся в 4.3 км восточнее пересечения с дорогой Миасс-Черновское, на протяжении 45 м (с небольшими перерывами) обнажены порфиробластовые биотитовые гнейсограниты, содержащие согласные прослои мелкозернистых биотитовых плагиогнейсов (рис. 20, т. н. 965). В составе гнейсогранитов присутствуют плагиоклаз 55, кварц 25, биотит 20 %. Порфиробласты плагиоклаза имеют линзовидно-овальную форму, размеры от  $3 \times 7$  до  $10 \times 20$  мм, вытянуты в одном направлении и слагают примерно 30 % объема породы. Кварц в виде изометричных или удлиненной формы зерен обычно образует линзовидные агрегаты размером  $3 \times 15$  мм. Биотит частично хлоритизирован и, как правило, распространен вокруг порфиробластов полевого шпата или же вдоль вытянутых агрегатов кварца.

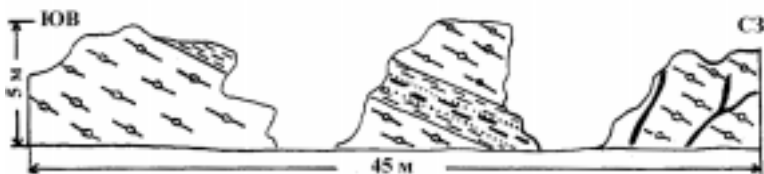


Рис. 20. Прослой биотитовых плагиогнейсов в порфиробластовых гнейсогранитах (дорожная выемка автотрассы Уфа–Челябинск, т. н. 965).  
Условные обозначения см. рис. 16.

Биотитовые плагиогнейсы образуют прослой видимой мощности 50–70 см. Контакт порфиробластовых гнейсогранитов с плагиогнейсами согласный, причем в экзоконтакте в гнейсах проявлена зона интенсивного рассланцевания мощностью 10–15 см, сопровождаемая хлоритизацией и мусковитизацией биотита. Плагиогнейсы состоят из плагиоклаза 55–60, кварца 25, биотита 15–20 %, т. е. минеральный состав метаморфических пород и порфиробластовых гнейсогранитов практически идентичен.

Прослой плагиогнейсов обнажен на полную мощность (2–2.3 м) в 15 м от первого коренного выхода порфиробластовых гнейсогранитов. Характерной особенностью является тот факт, что в подошве и кровле прослоя развиты мелкозернистые плагиогнейсы, содержащие хлоритизированный биотит в количестве 20–25 %, а в центральной части распространены средне-крупнозернистые и неравномернозернистые нечетко порфиробластовые плагиогнейсы, в которых количество биотита не превышает 10 %. По-видимому, в данном случае проявлена частичная перекристаллизация плагиогнейсов с выносом фемических компонентов в контактовые части с порфиробластовыми гнейсогранитами.

Севернее села Черновское (рис. 21, т. н. 607, 608) непосредственно на контакте порфиробластовых биотитовых и лейкократовых гнейсогранитов с мелкозернистыми рассланцованными хлоритизированными и эпидотизированными амфиболитами развиты мелкозернистые лейкократовые гнейсограниты, образующие эндоконтактную зону шириной 80–100 м. К центральной части массива эти гнейсограниты сменяются среднезернистыми очковыми нечетко порфиробластовыми лейкократовыми гнейсогранитами. «Очки» розового полевого шпата размером 1 × 2 мм составляют примерно 40–45 % объема породы. Отмечаются, также, отдельные линзовидные выделения полевого шпата, вытянутые по длинной оси до 20 мм. Ширина зоны очковых гнейсогранитов



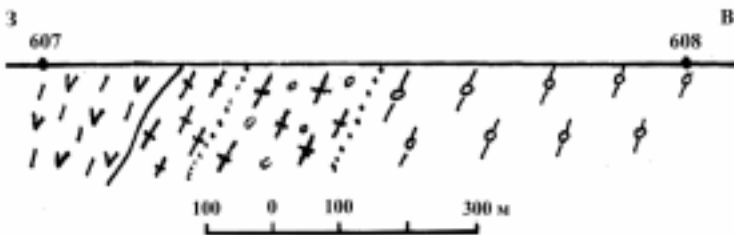


Рис. 21. Контактные изменения амфиболитов и порфиробластовых гнейсогранитов (район села Черновское, схематический разрез).  
Условные обозначения см. рис. 16.

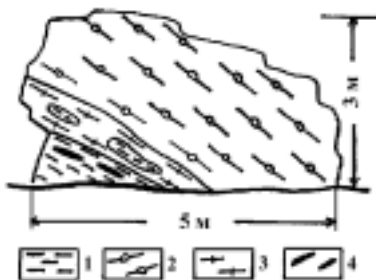
составляет 150–170 м, после чего распространены средне-крупнозернистые лейкократовые и биотитовые порфиробластовые гнейсограниты.

Южнее оз. Ильменское (рис. 22, т. н. 785) в основании одного из останцов порфиробластовых гнейсогранитов высотой 3.5 м обнажены тонко-мелкозернистые биотитовые плаггиогнейсы. Видимая мощность слоя 0.7 м, аз. падения  $100 \angle 50^\circ$ . На контакте с гнейсогранитами плаггиогнейсы наиболее интенсивно обогащены мелкочешуйчатым биотитом, подвергнуты рассланцеванию и содержат линзовидные обособления среднезернистого кварца размером от  $1 \times 10$  до  $10 \times 30$  см.

Выше гнейсов обнажены мелко-среднезернистые, среднезернистые и неравномернозернистые биотитовые гнейсовидные граниты, имеющие с плаггиогнейсами согласные контакты. В эндоконтакте в гранитах развиты биотитовая оторочка мощностью до 0.5 см, а также линзы и гнезда пегматитов. Ширина зоны неравномернозернистых биотитовых гнейсовидных гранитов составляет 30–35 см, в пределах которой развиты ксенолиты плаггиогнейсов, вытянутые согласно контакту.

Рис. 22. Контакт порфиробластовых гнейсогранитов с плаггиогнейсами (южный борт котловины оз. Ильменское, т. н. 785).

1 – плаггиогнейсы, 2 – порфиробластовые гнейсограниты, 3 – неравномернозернистый гнейсогранит, 4 – линзы кварца.



Еще выше распространены порфиробластовые биотитовые гнейсограниты с неравномернозернистой основной массой. Порфиробласты представлены плагиоклазом, имеют максимальный размер  $1 \times 4$  см и составляют не более 10 % объема породы. Переход между низезалегающими гранитами и порфиробластовыми гнейсогранитами относительно резкий.

Таким образом, в области контакта гранитоидов-1 с вмещающими метаморфическими толщами в одних случаях фиксируется развитие мигматитовых зон, в других – возникновение эндоконтактной фации гнейсовидных биотитовых (и лейкократовых) гранитов, нередко содержащих ксенолиты метаморфических пород, в третьих – частичная перекристаллизация плагиогнейсов с выносом фемических компонентов в контактовые части.

### **2.3. Петрохимические особенности**

Петрохимическая классификация магматических пород произведена по содержанию кремнекислоты [28] и величине известково-щелочного показателя (модуля известковистости «с») [53], что отражено в табл. 2. По химическому составу гранитоиды-1 Чашковско-Еланчиковского массива подразделены на четыре петрохимические группы (табл. 3, рис. 23, 24).

#### **Петрохимическая группа низкремнекислых ассоциаций ( $\text{SiO}_2 = 60\text{--}63\%$ )**

*Подгруппа VIII* ( $c = 0.17\text{--}0.25$ ) включает мигматиты, по валовому химическому составу отвечающие кварцевым монцодиоритам и кварцевым монцонитам. Это субщелочные умеренно и высокощелочные породы низкожелезистого, низко- и умеренно натриевого типа. Характеризуются средне-крупнозернистой структурой и линзовидно-полосчатой текстурой. Соотношение меланосом и лейкосом в среднем составляет 3:1, но отмечаются разновидности мигматитов примерно с равным соотношением меланократовых и лейкократовых прослоев.

В табл. 4 приведен химический состав меланосом и лейкосом мигматитов. Меланосомы по составу отвечают субщелочному габбро или же монцогаббро (ан. № 1, 2) умеренной и высокой щелочности, низкой железистости и низкой натровости. Лейкосомы (ан. № 5, 6) представлены умеренно и высоконатриевыми субщелочными и известково-щелочными трондъемитами, обла-

дающими низкой железистостью и умеренной степенью щелочности. Характерно, что натровость лейкосом заметно выше, чем меланосом, т. е. процессы гранитизации амфиболитов сопро-  
вождались существенным привнесом натрия.

Т а б л и ц а 2

Схема петрохимической классификации магматических пород  
(в координатах «SiO<sub>2</sub> – известковистость»)

Петрохимическая группа	Петрохимическая подгруппа		
	Известково-щелочной ряд	Субщелочной ряд	Щелочной ряд
А. Весьма низкокремнекислая, SiO <sub>2</sub> = 44–53 %	I. Габбро SiO <sub>2</sub> = 44–53 % с > 0.40	II. Субщелочное габбро, монцогаббро SiO <sub>2</sub> = 44–53 % с = 0.25–0.70	III. Щелочное габбро, эссексит, тешенит, тералит, шонкиннит; SiO <sub>2</sub> = 44–53 % с < 0.50
Б. Низкокремнекислая SiO <sub>2</sub> = 53–64 %	IV. Диорит SiO <sub>2</sub> = 53–57 % с > 0.36	V. Монцодиорит, монцонит SiO <sub>2</sub> = 53–57 % с = 0.20–0.40	VI. Миаскит, луаврит SiO <sub>2</sub> = 53–58 % с < 0.23
	VII. Кварцевый диорит SiO <sub>2</sub> = 57–64 % с > 0.23	VIII. Кварцевый монцодиорит, кварцевый монцонит, сиенит SiO <sub>2</sub> = 57–64 % с = 0.13–0.36	IX. Щелочной сиенит SiO <sub>2</sub> = 54–64 % с < 0.20
В. Умеренно кремнекислая SiO <sub>2</sub> = 64–69 %	X. Гранодиорит с > 0.18	XI. Кварцевый сиенит, граносиенит с = 0.10–0.23	XII. Щелочной кварцевый сиенит, щелочной граносиенит с < 0.12
Г. Высококремнекислая SiO <sub>2</sub> = 70–73 %	XIII. Гранит с > 0.13	XIV. Субщелочной гранит с = 0.05–0.18	XV. Щелочной гранит с < 0.09
Д. Весьма высококремнекислая SiO <sub>2</sub> > 73 %	XVI. Лейкогранит с > 0.09	XVII. Субщелочной лейкогранит с = 0.03–0.13	XVIII. Щелочной лейкогранит, аляскит с < 0.05

Таблица 3

Химический состав петрохимических подгрупп гранитоидов 1-го этапа формирования  
Чашковско-Еланчиковского массива

Петро-хим. подгруппа	№ п/п; сред. значение; дисперсия	Оксиды, петрохимические модули														
		SiO <sub>2</sub>	TiO <sub>2</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	FeO	MgO	CaO	Na <sub>2</sub> O	K <sub>2</sub> O	q	c	α	f	n	al'
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17
VIII *	1	60.34	0.92	17.61	1.61	3.85	2.48	4.10	4.85	2.87	0.57	0.25	0.63	0.54	0.71	2.22
	2	61.39	1.02	16.39	2.30	3.08	2.15	2.83	4.80	4.50	0.58	0.17	0.78	0.57	0.62	2.18
	x	60.86	0.97	17.00	1.95	3.46	2.31	3.46	4.82	3.68	0.58	0.21	0.70	0.55	0.66	2.20
	S <sup>2</sup>	0.583	0.005	0.74	0.23	0.30	0.06	0.82	0.002	1.34						
XI	3	66.55	1.05	15.22	1.13	2.77	2.09	1.82	4.77	3.45	0.67	0.12	0.76	0.50	0.68	2.54
	4	66.40	0.40	17.90	0.63	1.70	1.18	3.09	5.80	2.62	0.67	0.18	0.69	0.32	0.77	5.1
	x	66.48	0.72	16.56	0.88	2.23	1.63	2.45	5.28	3.03	0.67	0.15	0.73	0.51	0.72	3.49
	S <sup>2</sup>	0.010	0.2	2.54	0.065	0.58	0.4	0.80	0.54	1.68						
XII	5 (635/2)**	67.30	0.26	13.98	1.09	4.14	0.45	1.35	4.20	4.90	0.69	0.09	0.88	0.87	0.57	2.46
XIII	6	69.89	0.34	14.68	0.07	2.08	1.18	2.41	3.68	4.14	0.73	0.17	0.72	0.50	0.57	4.41
	7	71.82	0.37	15.07	0.54	1.61	0.95	1.66	3.82	3.26	0.75	0.13	0.65	0.55	0.64	4.86
	8 (447/2)	72.46	0.26	13.87	0.73	2.06	0.27	1.26	4.29	2.87	0.76	0.16	0.74	0.86	0.69	4.92
	9	71.16	0.24	15.63	0.07	1.48	0.59	2.35	4.68	1.91	0.76	0.18	0.62	0.59	0.79	12.8
	x	71.33	0.30	14.81	0.35	1.81	0.75	1.92	4.11	3.04	0.75	0.16	0.68	0.62	0.67	5.09
	S <sup>2</sup>	1.21	0.004	0.059	0.112	0.09	0.158	0.31	0.21	0.85						
XIV (n = 5)	10	73.16	0.25	13.96	0.22	1.39	0.98	1.41	3.90	4.20	0.76	0.10	0.79	0.45	0.58	5.39
	11	71.27	0.28	14.55	0.48	1.23	0.50	1.45	4.00	5.18	0.73	0.09	0.92	0.67	0.50	6.58
	12	69.68	0.46	15.74	0.52	1.55	0.99	1.70	5.00	3.73	0.72	0.11	0.78	0.54	0.67	5.14
	13 (660/1)	71.10	0.53	13.78	1.02	1.25	0.50	0.88	2.60	7.00	0.75	0.06	0.86	0.71	0.36	4.97
	14 (502)	73.26	0.25	13.53	0.86	1.58	0.27	0.93	4.43	4.55	0.76	0.07	0.90	0.85	0.59	4.99
	x	71.69	0.35	14.31	0.62	1.40	0.64	1.27	3.98	4.93	0.74	0.08	0.85	0.64	0.54	5.38
	S <sup>2</sup>	2.287	0.028	0.778	0.102	0.026	0.103	0.126	0.788	1.611						

Продолжение таблицы 3

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17
XV	15	71.71	0.12	16.10	0.52	0.45	0.05	0.25	6.12	3.87	0.74	0.01	0.87	0.93	0.71	15.78
XVI (n = 5)	16	75.20	0.17	12.49	0.96	1.31	1.15	2.80	4.60	0.18	0.79	0.25	0.62	0.52	0.97	3.65
	17	74.35	0.10	14.83	0.28	0.58	0.10	1.85	6.24	1.00	0.78	0.13	0.77	0.80	0.90	13.0
	18	73.89	0.14	14.06	0.07	0.86	0.79	2.28	5.29	1.65	0.74	0.17	0.74	0.39	0.83	8.62
	19	73.78	0.16	13.71	0.95	2.16	1.53	1.92	5.00	0.32	0.76	0.17	0.63	0.52	0.96	2.95
	20 (447/1)	73.42	0.22	14.03	1.00	1.08	0.23	0.84	3.80	4.64	0.76	0.11	0.80	0.84	0.55	6.07
	x	74.13	0.16	13.72	0.65	1.20	0.76	1.94	4.90	1.56	0.76	0.17	0.71	0.61	0.84	5.29
	S <sup>2</sup>	0.469	0.002	0.721	0.195	0.362	0.368	0.518	1.064	3.312						
XVII (n = 2)	21	74.00	0.30	11.94	1.35	5.54	0.49	0.54	4.00	1.20	0.77	0.06	0.66	0.89	0.83	1.62
	22 (196)	75.81	0.33	12.74	0.97	0.93	0.30	0.69	4.03	3.29	0.80	0.06	0.80	0.78	0.65	5.79
	x	74.90	0.31	12.34	1.16	3.23	0.40	0.61	4.02	2.25	0.79	0.06	0.73	0.83	0.74	2.58
	S <sup>2</sup>	1.62	0.0005	0.32	0.072	10.58	0.019	0.013	0.0005	2.203						
X	23 (657)	68.37	0.54	15.43	1.44	2.03	1.23	2.41	4.40	2.10	0.72	0.19	0.61	0.61	0.76	3.28
XI	24 (200)	68.98	0.45	15.26	2.00	1.17	0.43	1.32	3.98	4.80	0.73	0.09	0.77	0.78	0.56	4.24
XII	25 (602)	69.33	0.57	11.60	2.40	3.45	1.96	2.69	2.65	2.50	0.75	0.25	0.61	0.62	0.61	1.48
XIV (n = 14)	26 (547/1)	70.68	0.32	13.84	1.40	1.80	0.37	1.25	4.50	4.70	0.73	0.08	0.91	0.84	0.59	3.28
	27 (610)	73.12	0.28	13.19	1.42	1.80	0.74	1.39	4.75	1.14	0.78	0.12	0.69	0.70	0.86	3.49
	28 (612)	72.82	0.13	12.96	1.10	1.41	0.34	1.20	3.60	5.30	0.76	0.08	0.90	0.80	0.51	4.55
	29 (650)	71.34	0.23	13.25	0.79	2.31	0.40	1.03	4.10	4.00	0.77	0.08	0.83	0.80	0.61	3.78
	30 (615)	73.26	0.18	12.91	0.85	1.12	0.29	1.28	4.15	4.80	0.76	0.08	0.94	0.79	0.57	5.71
	31 (548)	70.67	0.27	13.60	1.92	1.70	0.26	1.13	3.70	5.10	0.74	0.08	0.87	0.89	0.53	3.50
	32	72.77	0.24	13.92	0.53	1.83	0.40	0.99	3.67	3.92	0.78	0.08	0.74	0.75	0.59	5.04
	33	72.70	0.20	14.79	0.13	1.69	0.48	1.26	3.00	4.20	0.78	0.10	0.64	0.67	0.52	6.43
	34 (201)	69.69	0.28	14.61	2.19	1.68	0.52	1.35	4.41	3.64	0.73	0.10	0.76	0.81	0.65	3.32
	35 (206)	71.53	0.37	14.18	1.77	1.92	0.28	1.29	4.00	3.64	0.75	0.10	0.74	0.87	0.63	3.57
	36 (447)	73.21	0.20	13.54	0.90	1.56	0.26	0.94	3.57	4.46	0.78	0.07	0.79	0.85	0.54	4.98
	37 (519)	72.24	0.36	13.86	0.39	1.13	0.25	0.99	4.10	5.80	0.75	0.06	0.94	0.78	0.51	7.83
	38 (501)	72.43	0.29	13.73	1.04	1.68	0.32	1.23	5.10	3.70	0.74	0.08	0.90	0.84	0.68	4.52

Окончание табл. 3

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17
	39 (663)	71.98	0.49	13.89	0.81	1.19	0.37	1.01	3.50	5.70	0.76	0.07	0.86	0.75	0.48	5.86
	x	72.07	0.30	14.06	0.97	1.58	0.36	1.13	3.92	4.38	0.76	0.08	0.80	0.79	0.57	4.83
	S <sup>2</sup>	1.244	0.009	0.409	0.366	0.111	0.018	0.024	0.319	1.373						
XV	40 (607/1)	69.70	0.12	12.22	1.69	3.85	0.57	0.69	3.60	4.60	0.73	0.05	0.89	0.85	0.54	2.0
XVI	41	73.90	0.16	13.50	0.85	1.08	0.48	1.69	4.26	3.87	0.77	0.12	0.82	0.68	0.63	5.60
XVII (n = 14)	42	74.73	0.14	13.42	0.07	1.73	0.44	0.97	4.58	4.12	0.77	0.07	0.90	0.69	0.63	5.99
	43	74.03	0.14	13.24	1.01	1.47	0.77	0.85	5.28	2.24	0.77	0.06	0.84	0.63	0.78	4.07
	44	72.77	0.24	13.92	0.53	1.83	0.40	0.99	3.67	3.92	0.78	0.08	0.74	0.75	0.59	5.04
	45 (199)	74.84	0.18	13.24	1.20	1.53	0.34	0.85	5.05	2.14	0.78	0.07	0.80	0.81	0.78	4.31
	46 (444)	74.76	0.16	13.09	0.93	1.23	0.15	0.67	4.06	4.18	0.78	0.05	0.86	0.93	0.59	5.66
	47 (539)	74.54	0.18	12.86	0.38	2.09	0.18	0.84	3.60	4.60	0.78	0.06	0.85	0.87	0.54	4.85
	48 (540)	76.42	0.20	12.60	0.26	1.05	0.18	0.85	3.60	4.20	0.80	0.07	0.83	0.78	0.56	8.45
	49 (546)	74.72	0.18	13.27	0.58	1.10	0.10	0.90	4.50	4.10	0.78	0.06	0.90	0.88	0.62	7.45
	50 (507)	75.54	0.19	12.93	0.36	1.16	0.22	0.91	4.30	4.30	0.78	0.06	0.90	0.81	0.60	7.43
	51 (647)	74.36	0.24	13.00	1.01	1.29	0.53	0.60	4.20	3.90	0.78	0.05	0.86	0.70	0.62	4.59
	52 (603)	75.29	0.08	11.82	0.99	0.98	0.25	0.68	3.75	4.40	0.79	0.05	0.93	0.80	0.56	5.32
	53 (607/2)	75.04	0.06	12.30	1.01	0.82	0.25	0.64	3.80	5.10	0.78	0.05	0.94	0.79	0.53	5.81
	54 (602/2)	75.80	0.07	12.08	0.75	1.32	0.24	0.60	3.60	4.50	0.79	0.05	0.89	0.82	0.55	5.23
	55 (569)	76.61	0.12	11.95	0.54	1.10	0.22	0.94	3.20	4.20	0.81	0.07	0.83	0.81	0.54	6.42
	x	74.70	0.18	13.17	0.59	1.46	0.31	0.87	4.29	3.76	0.78	0.06	0.85	0.79	0.63	5.58
	S <sup>2</sup>	0.744	0.003	0.496	0.131	0.143	0.032	0.02	0.409	0.734						

Примечание. 1–22 – мигматиты; 23–55 – порфиروبластовые гнейсограниты. Анализы 1–4, 6, 7, 9–12, 15–19, 21, 32, 33, 41–44 – из коллекций В. Н. Юрецкого и др. (1982), остальные анализы – из коллекции Б. Н. Пермякова.

Здесь и далее в табл. 6, 8, 10: \* номер петрохимической подгруппы, \*\*номер пробы, x – среднее содержание компонента, S<sup>2</sup> – дисперсия.

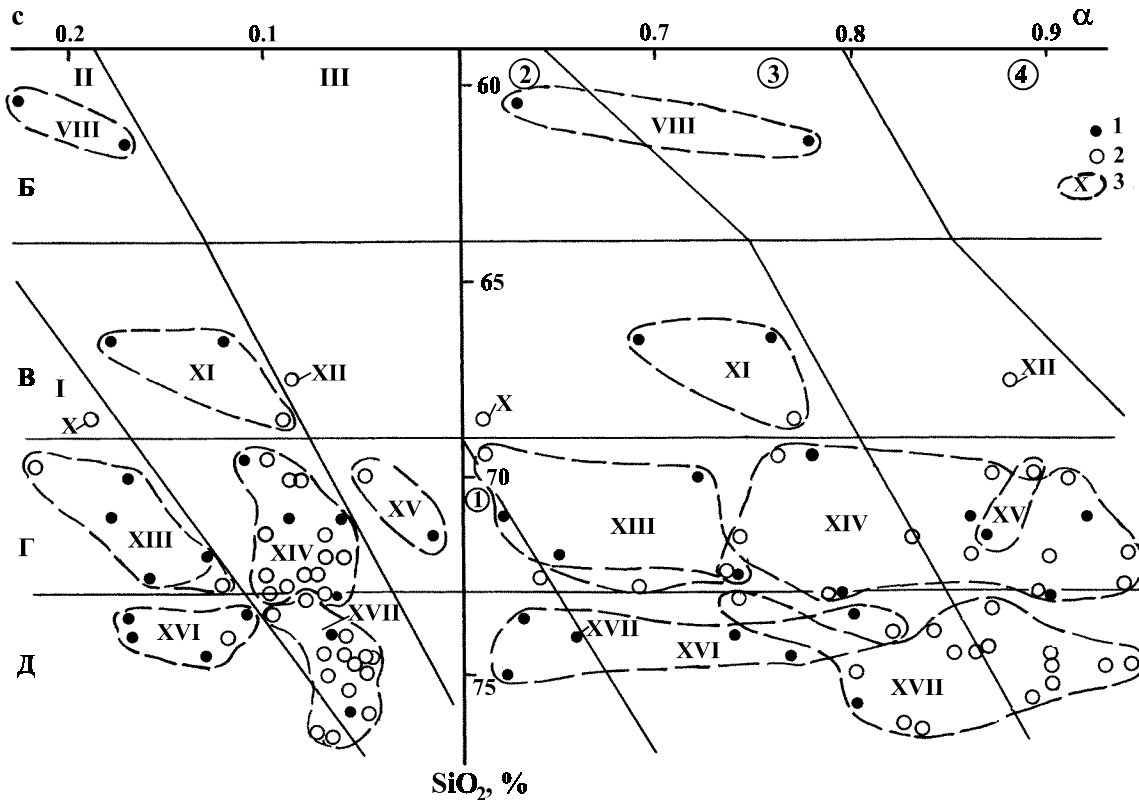


Рис. 23. Петрохимическая диаграмма с – SiO<sub>2</sub> – α гранитоидов 1-го этапа формирования Чашковско-Еланчиковского массива.

1 – мигматиты, 2 – порфиробластовые гнейсограниты, 3 – ареал петрохимической подгруппы и ее номер.

Здесь и далее на петрохимических диаграммах: А–Д – петрохимические группы: А – весьма низкокремнекислая, Б – низкокремнекислая, В – умеренно кремнекислая, Г – высококремнекислая, Д – весьма высококремнекислая; I–III – серия пород: I – известково-щелочная, II – субщелочная, III – щелочная; 1–4 – степень щелочности пород (цифры в кружках): 1 – низкая, 2 – умеренная, 3 – высокая, 4 – весьма высокая.

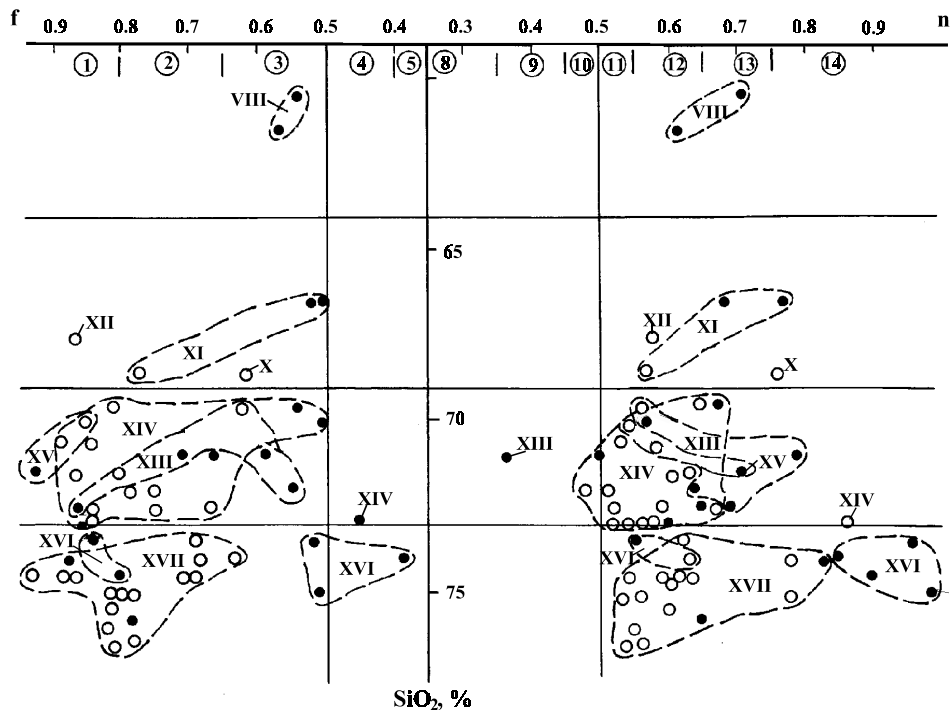


Рис. 24. Петрохимическая диаграмма  $f - \text{SiO}_2 - n$  гранитоидов 1-го этапа формирования Чашковско-Еланчиковского массива.

Условные обозначения см. рис. 23.

Здесь и далее на петрохимических диаграммах: 1-14 – тип породы (цифры в кружках): 1 – высокожелезистый, 2 – умеренно железистый, 3 – низкожелезистый, 4 – низкомагнезиальный, 5 – умеренно магнезиальный, 6 – высокомагнезиальный, 7 – высококалийевый, 8 – умеренно калиевый, 9 – низкокалийевый, 10 – натриево-калийевый, 11 – калиево-натриевый, 12 – низконатриевый, 13 – умеренно натриевый, 14 – высоконатриевый.



Таблица 4

Химический состав меланосом и лейкосом линзовидно-полосчатых и полосчатых мигматитов

Оксиды, петрохимические модули	1	2	3	4	5	6	7	8
SiO <sub>2</sub>	48.23	50.45	55.62	58.55	69.80	71.62	73.48	74.53
TiO <sub>2</sub>	2.89	2.31	2.10	1.96	0.30	0.27	0.20	0.18
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	14.12	14.62	14.71	13.88	13.23	13.06	13.42	13.25
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	5.24	4.75	3.62	3.08	1.42	1.53	0.87	0.65
FeO	6.20	5.88	4.24	4.15	2.68	2.34	1.92	1.70
MnO	0.20	0.15	0.17	0.15	0.10	0.08	0.05	0.05
MgO	4.46	3.95	3.23	3.21	1.72	1.60	0.80	0.27
CaO	6.15	6.10	5.18	5.05	2.12	2.18	1.07	1.18
Na <sub>2</sub> O	3.85	3.22	3.85	3.90	4.83	3.94	3.90	3.30
K <sub>2</sub> O	3.66	4.17	3.90	3.53	2.74	2.62	4.27	4.30
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	0.45	0.33	0.35	0.28	0.24	0.18	0.12	0.08
п.п.п	4.25	3.92	3.60	2.00	1.48	1.33	0.40	0.54
Сумма	99.78	99.85	100.57	99.74	100.66	100.75	100.50	100.03
q	0.31	0.37	0.49	0.53	0.70	0.73	0.76	0.79
c	0.35	0.36	0.31	0.31	0.15	0.17	0.08	0.09
α	0.73	0.68	0.71	0.74	0.79	0.72	0.83	0.76
f	0.58	0.59	0.57	0.54	0.57	0.56	0.65	0.84
n	0.62	0.54	0.60	0.63	0.76	0.69	0.58	0.53
al'	0.89	1.0	1.33	1.33	2.27	2.39	3.74	5.06

Примечание: 1, 2 – меланосомы из мигматитов монцодиоритового состава; 3, 4 – меланосомы из мигматитов кварц-сиенитового состава; 5, 6 – лейкосомы из мигматитов монцодиоритового состава; 7, 8 – лейкосомы из мигматитов кварц-сиенитового состава.

#### Петрохимическая группа умеренно кремнекислых ассоциаций (SiO<sub>2</sub> = 64–69 %)

*Подгруппа XI* (с = 0.09–0.15) объединяет мигматиты и порфиробластовые гнейсограносиениты. Мигматиты по валовому химическому составу отвечают субщелочным кварцевым сиенитам и граносиенитам, характеризующимся умеренной степенью щелочности, низкой железистостью, умеренной и высокой натриевостью. По структурно-пространственному положению подобные мигматиты занимают переходную зону между линзовидно-полосчатыми мигматитами и порфиробластовыми гранитоидами. В этих мигматитах наряду с линзовидными и прерывисто-полосчатыми обособлениями биотит-кварц-полевошпатового состава развиты мелкие «очки» и более крупные (до 2–2.5 см)

порфиробласты калиевого полевого шпата, замещающие агрегаты плагиоклаза, распространенные в лейкосомах мигматитов.

Меланосомы описываемых мигматитов соответствуют составу монцодиоритов и монцонитов (см. табл. 4, ан. № 3 и 4), для которых характерны высокая степень щелочности, низкая железистость и низконатриевый тип щелочности. Лейкосомы (ан. № 7 и 8) представлены калиево-натриевыми низко- и умеренно железистыми субщелочными лейкогранитами. В отличие от лейкосом мигматитов предыдущей подгруппы, лейкосомы мигматитов переходной зоны обладают более высокой калиевоностью, т. е. на раннюю плагиогранитизацию были наложены процессы поздней нормальной (калиево-натриевой) гранитизации.

Порфиробластовые биотитовые гнейсограносиениты, относящиеся к подгруппе XI, характеризуются среднезернистой, средне-крупнозернистой структурой и четкой гнейсовидной текстурой. Порфиробласты полевого шпата (преимущественно плагиоклаза) размером от  $0.5 \times 0.8$  см до  $1 \times 2.5$  см имеют вытянутую овальную форму и ориентированы параллельно друг другу. Количество их колеблется от 20 до 40 %. Зерна светло-серого кварца образуют линзовидные скопления ( $0.1 \times 2$  см), ассоциирующиеся с мелкочешуйчатым биотитом, содержание которого достигает 17–20 %.

Гнейсограносиениты относятся к породам субщелочного ряда умеренной степени щелочности. Характерны высокая железистость ( $f = 0.75-0.80$ ) и калиево-натриевый тип щелочности ( $n = 0.55-0.57$ ).

### **Петрохимическая группа высококремнекислых ассоциаций ( $\text{SiO}_2 = 69-73$ %)**

В данной петрохимической группе выделяются две подгруппы, включающие известково-щелочные и субщелочные породы.

*Подгруппа XIII* ( $c = 0.13-0.18$ ) представлена известково-щелочными мигматитами, отвечающими по валовому составу гранитам. Это породы среднезернистой структуры, сложенные субпараллельно расположенными линзовидными агрегатами медово-желтого кварца (30 %), желтовато-белого полевого шпата (60–65 %) и мелкочешуйчатого биотита (8–10 %). Наряду с этим, в описываемых мигматитах распространены относительно крупные ( $13 \times 15$  мм) порфиробласты розового полевого шпата, обычно приуроченные к лейкосомам.

Для гранитных мигматитов характерны умеренная степень щелочности, широкие вариации в величинах железистости (от

низко- до высокожелезистых типов), калиево-натриевый и низконатриевый уклон.

*Подгруппа XIV* ( $c = 0.06-0.11$ ) объединяет мигматиты и порфиробластовые гнейсограниты. Мигматиты по валовому химическому составу соответствуют субщелочным гранитам и были образованы, как и мигматиты подгруппы XIII, при гранитизации мезократовых плагиогнейсов. Представляют собой породы, состоящие из чередующихся прерывистых кварц-полевошпатовых (лейкосомы) и биотит-кварц-полевошпатовых (меланосомы) полос шириною 0.7–1 см. Обладают высокой степенью щелочности, умеренной железистостью, калиево-натриевым типом щелочности. Отмечаются отдельные разновидности мигматитов низко- и умеренно калиевого уклона.

По сравнению с высококремнекислыми мигматитами, распространенными в составе кыштымской толщи, высококремнекислые мигматиты контактовых зон характеризуются пониженной известковистостью, более высокой степенью щелочности и железистости, пониженной натриевостью.

Порфиробластовые субщелочные гнейсограниты, относящиеся к этой же подгруппе, обладают умеренной и высокой степенью щелочности, умеренной и высокой железистостью. Характерен калиево-натриевый и низконатриевый тип щелочности ( $n = 0.50-0.65$ ). Гнейсограниты пониженной кремнекислотности ( $\text{SiO}_2 = 69-69.5 \%$ ) по многим петрохимическим признакам близки к гнейсограносиенитам подгруппы XI.

Описываемые гнейсограниты имеют мелкозернистую и мелко-среднезернистую основную массу, в которой развиты овальной и несколько удлиненной формы порфиробласты полевого шпата (преимущественно, плагиоклаза) размером от  $0.5 \times 1$  до  $0.8 \times 2$  см, количество которых достигает 30–35 % объема породы. Биотит (12–15 %) образует обычно мелкочешуйчатые скопления вокруг порфиробластов полевого шпата. Содержание кварца составляет 20–22 %.

#### **Петрохимическая группа весьма высококремнекислых ассоциаций ( $\text{SiO}_2 > 73 \%$ )**

*Подгруппа XVI* ( $c = 0.11-0.17$ ) включает известково-щелочные мигматиты и порфиробластовые лейкократовые гнейсограниты. Для мигматитов характерно средне-крупнозернистое сложение и субпараллельное расположение перемежающихся линзовидных агрегатов кварц-полевошпатового и биотит-кварц-

полевошпатового состава. Содержание плагиоклаза колеблется в пределах 55–60, кварца 20–25, биотита 10–15 %. Мигматиты относятся к высокожелезистому калиево-натриевому типу пород, обладающих умеренной степенью щелочности.

Порфиробластовые лейкократовые гнейсограниты имеют умеренную щелочность, низкую железистость и низкую натриевость, т. е. по сравнению с мигматитами этой же подгруппы гнейсограниты несколько обеднены железом и калием.

*Подгруппа VII* ( $c = 0.05–0.07$ ) объединяет субщелочные лейкократовые мигматиты и порфиробластовые лейкогнейсограниты. По валовому химическому составу мигматиты отвечают лейкогранитам умеренной степени щелочности, высокой железистости, калиево-натриевого и низконатриевого типа. Характеризуются линзовидной текстурой, обусловленной субпараллельным расположением вытянутых агрегатов зерен полевого шпата (0.5–2.5 см), кварца (0.1–2 см) и биотита, содержание которого не превышает 3–5 %.

В отличие от близких по составу мигматитов, распространенных в еланчиковской и кыштымской толщах, описываемые мигматиты контактовых зон имеют более высокую щелочность и пониженную натриевость.

Субщелочные порфиробластовые лейкократовые гнейсограниты характеризуются умеренной и высокой щелочностью и железистостью, калиево-натриевым и низконатриевым уклоном в типе щелочности. Эти породы имеют желтовато-розовато-серую окраску, крупнозернистую и средне-крупнозернистую основную массу, на фоне которой распространены удлиненно-овальной формы порфиробласты калиевого полевого шпата размером от  $4 \times 7$  до  $5 \times 15$  мм, количество которых колеблется от 20 до 30 % объема породы. Общий минеральный состав лейкократовых гнейсогранитов: калиевый полевой шпат 40, плагиоклаз 30, кварц 25, биотит 3–5 %.

Таким образом, гранитоиды-1 Чашковско-Еланчиковского массива принадлежат к двум петрохимическим сериям – известково-щелочной и, преобладающей, субщелочной.

Мигматиты представлены широким спектром петрохимических разновидностей пород: от низкокремнекислых до весьма высококремнекислых типов, при этом подавляющая часть мигматитов относится к субщелочному ряду. Известково-щелочные мигматиты отмечаются только среди высоко- и весьма высококремнекислых ассоциаций, т. е. среди «гранитовидных» пород. Для известково-щелочных и субщелочных мигматитов общим признаком является их принадлежность к железистой существен-

но натриевой серии. Увеличение степени железистости и понижение натровости (возрастание калиевости) мигматитов происходило по мере возрастания степени гранитизации пород субстрата.

Мигматиты контактовых зон отличаются от мигматитов, развитых в метаморфических толщах (в удалении от гранитных тел) более высокой железистостью, пониженной известковистостью и натровостью даже при одинаковой степени их кремнекислотности и щелочности. Это позволяет предполагать, что в контакте с гранитами в мигматиты дополнительно привнесен калий и железо.

Подавляющее большинство разновидностей порфиробластовых гнейсогранитов, также как и большинство мигматитов, относится к субщелочному ряду, но в отличие от мигматитов гнейсограниты менее дифференцированы по степени кремнекислотности, т. е. являются более гомогенизированными по составу гранитными ассоциациями. Среди гнейсогранитов по сравнению с мигматитами, отсутствуют субщелочные породы габброидного состава (подгруппа VIII) и известково-щелочные граниты ( $\text{SiO}_2 = 69\text{--}73\%$ , подгруппа XIII), хотя в целом можно с полным основанием говорить об унаследованности порфиробластовыми гнейсогранитами большинства петрохимических признаков от линзовидно-полосчатых мигматитов.

## 2.4. Геохимические особенности

В описываемых гранитоидах содержание микроэлементов находится на кларковом и нижекларковом уровнях [12, 75]. Вышекларковая и специализированная концентрация элементов-примесей практически не фиксируется. Тем не менее, выявление характера поведения и распределения микроэлементов в процессе формирования гранитоидов представляет определенный интерес (табл. 5, рис. 25).

*Хром.* Наиболее низкие содержания хрома (1–2 г/т) отмечены в лейкократовых мигматитах и порфиробластовых гнейсогранитах весьма высокой степени кремнекислотности ( $\text{SiO}_2 = 75\text{--}76\%$ ). Кларковое количество этого элемента (3–5 г/т) присуще породам с несколько пониженным содержанием кремнекислоты (67–73%), при этом, наибольшая концентрация хрома (4–6 г/т) фиксируется в порфиробластовых гнейсограносиенитах ( $\text{SiO}_2 = 67\text{--}69\%$ ) и «гранитных» мигматитах ( $\text{SiO}_2 = 72\text{--}73\%$ ).

Таблица 5

Содержание элементов-примесей (г/т) в гранитоидах 1-го этапа формирования  
Чашковско-Еланчиковского массива

№ п/п	№ пробы	Элемент															
		Cr	V	Ti	Cu	Zn	Pb	As	Sr	Ba	Ga	Y	Zr	Rb	Nb	Rb/Sr	Sr/Ba
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18
1	549/2	–	–	3400	–	80	62	–	597	–	25	6	150	205	14	0.34	–
2	682	55	34	1750	60	23	–	–	125	586	–	19	174	146	16	1.07	0.21
3	682/1	–	18	1510	148	61	23	–	126	644	15	15	180	153	15	1.2	0.19
4	682/2	44	40	1680	159	67	53	–	148	638	–	16	162	174	14	1.17	0.23
5	683	–	23	1560	97	56	34	–	123	615	10	20	176	142	18	1.15	0.20
6	683/1	–	23	1820	126	146	111	–	167	727	–	13	152	146	21	0.87	0.23
7	720	41	16	510	96	16	14	7	93	–	23	–	55	260	12	2.8	–
8	747/4	53	23	1110	84	–	41	–	61	383	–	5	117	196	16	3.2	0.16
9	751	72	13	610	97	74	46	6	151	435	22	12	82	178	21	1.18	0.35
10	788	60	18	870	121	51	–	–	106	490	21	14	207	61	14	0.57	0.22
11	801	44	37	1110	150	47	38	–	59	740	–	20	28	137	17	2.32	0.08
12	803	–	44	2090	43	53	30	–	154	688	–	14	180	130	11	0.84	0.22
13	804	50	34	1930	173	70	23	7	177	712	18	15	240	141	13	0.8	0.25
14	811	42	–	754	120	49	22	–	58	536	38	24	248	156	25	2.69	0.11
15	816	59	23	1560	112	–	–	8	430	496	–	32	282	16	25	0.04	0.87
16	836	–	33	1190	123	90	–	–	52	624	35	24	346	175	10	3.36	0.08
17	838	–	31	1150	132	47	37	–	51	608	–	14	328	166	9	3.25	0.08
18	839	43	42	1870	66	–	37	–	130	608	–	7	158	125	11	0.96	0.21

Продолжение табл. 5

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18
19	847	–	24	493	125	58	58	–	89	386	–	10	59	156	18	1.75	0.23
20	853	–	36	1620	64	34	48	–	146	754	–	18	224	144	22	1	0.19
21	854	65	28	1820	112	26	–	4	52	510	16	40	305	28	16	0.54	0.1
22	860	41	38	1320	144	31	–	–	80	677	–	18	415	155	14	1.94	0.12
23	863	45	28	766	90	48	–	5	15	415	13	12	306	145	–	9.67	0.04
24	890	–	28	1430	104	34	35	5	80	676	–	8	140	142	9	1.78	0.12
25	447/2	50	–	1960	30	34	13	6	37	–	9	15	280	130	13	3.5	–
26	447/1	30	–	1750	–	31	22	6	47	–	21	15	220	162	18	3.4	–
27	196	10	–	1125	–	33	16	2	70	–	11	13	273	116	14	1.66	–
28	661/1	–	–	2955	–	50	81	9	216	–	–	5	83	283	13	1.3	–
29	657	–	–	6495	–	80	–	–	410	–	–	13	121	115	15	0.28	–
30	684	68	15	1840	46	28	–	4	90	679	27	17	161	81	19	0.9	0.3
31	703/4	48	41	1530	124	39	–	–	141	854	–	21	369	151	20	1.07	0.16
32	703/5	50	35	1440	165	148	50	–	67	567	33	33	467	154	16	2.3	0.12
33	705	85	39	1970	88	100	46	–	132	837	19	32	379	198	34	1.5	0.16
34	705/1	46	48	850	245	757	143	–	255	667	–	9	266	108	5	0.42	0.38
35	707	–	35	1560	168	88	16	–	143	737	32	31	389	159	20	1.1	0.19
36	740/1	133	90	5020	98	71	–	–	680	930	–	10	240	121	9	0.18	0.73
37	740/2	55	–	2120	65	44	–	7	368	616	27	–	75	127	17	0.35	0.6
38	841/2	67	20	2140	162	41	–	–	170	536	19	30	400	79	40	0.46	0.32
39	199	2	1	2010	1	4	3	5	60	–	6	13	167	71	12	1.2	–
40	200	4	–	1280	–	54	19	9	655	7	12	17	400	100	67	0.15	0.01
41	201	5	5	2830	22	78	22	7	88	–	7	32	417	127	18	1.44	–
42	206	6	3	2930	–	–	–	5	53	–	18	32	433	133	16	2.51	–

Продолжение табл. 5

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18
43	501	–	–	4580	–	102	–	15	104	–	30	33	418	176	19	1.69	–
44	507	–	–	1990	–	84	31	12	64	–	25	10	152	198	15	3.09	–
45	519	–	–	1840	43	58	–	9	108	–	19	7	178	192	12	1.78	–
46	578	–	–	4260	58	45	–	12	146	–	–	22	253	64	14	0.44	–
47	547	–	–	829	29	39	29	–	92	–	19	1	137	133	9	1.44	–
48	547/1	–	–	4670	–	97	39	7	72	–	2	57	486	171	33	2.38	–
49	548	–	–	4110	67	67	10	12	196	–	13	36	766	163	–	0.83	–
50	569	10	–	2580	–	54	38	5	37	–	31	9	121	272	20	7.35	–
51	573	–	–	2590	40	–	42	7	79	–	24	10	137	231	13	2.92	–
52	575	–	–	2890	–	43	9	9	73	–	27	4	107	109	10	1.49	–
53	576	–	–	2850	–	55	26	9	12	–	–	4	90	306	25	25.5	–
54	595	–	–	3186	–	134	16	5	74	–	–	16	171	186	14	2.51	–
55	579	6	–	2030	–	2	35	5	91	–	–	6	116	219	19	2.41	–
56	582	–	–	2990	–	115	49	6	81	–	–	19	254	215	18	2.65	–
57	584	–	–	4170	–	24	32	5	99	–	–	16	184	238	19	2.40	–
58	587	–	–	4200	–	41	–	7	259	–	–	16	243	58	14	0.22	–
59	588	–	–	3680	3	17	15	–	165	–	–	17	294	96	12	0.58	–
60	589	–	–	4940	–	16	–	–	78	–	–	15	168	84	18	1.08	–
61	590	–	–	4030	35	57	26	6	16	–	–	10	175	147	16	0.92	–
62	704	45	28	1036	156	147	48	–	100	595	–	17	322	178	15	1.78	0.17
63	610	–	–	5290	37	–	–	14	114	–	20	13	184	37	8	0.32	–
64	612	5	–	3514	–	27	20	8	113	–	12	4	136	169	12	1.49	–
65	647	–	8	3410	–	50	–	9	54	–	10	12	169	190	20	3.51	–
66	650	–	–	2600	17	89	–	16	118	–	10	16	126	153	14	1.3	–



Окончание табл. 5

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18
67	663	–	–	2740	–	55	58	–	168	–	17	5	150	143	9	0.85	–
68	693	83	16	676	103	50	50	–	9	–	–	19	85	325	25	36.1	–
69	706	–	24	1550	206	26	34	–	105	776	33	24	247	174	20	1.66	0.13
70	708/3	79	34	1270	88	–	–	–	116	500	–	18	172	141	17	1.21	0.23
71	711	62	27	1130	69	49	53	–	76	593	–	26	239	154	17	2.03	0.13
72	713	48	34	1130	104	41	5	–	132	500	–	9	138	136	1.1	1.0	0.26
73	716	44	47	1960	121	46	39	–	99	680	22	21	268	155	22	1.56	0.14
74	717	56	43	1490	57	46	31	–	163	646	–	13	284	139	12	0.85	0.25
75	718	–	19	794	36	24	33	–	66	410	18	8	94	142	14	2.15	0.16
76	719	16	39	1170	166	37	–	6	309	715	–	20	333	139	10	0.44	0.43
77	753	64	23	1240	113	69	16	–	54	440	–	10	94	117	19	2.17	0.12
78	782	47	28	1350	141	44	37	–	112	763	–	8	325	119	17	1.06	0.15
79	785	50	45	1720	142	76	17	5	86	693	–	26	354	144	21	1.67	0.12
80	793	–	42	1570	100	43	–	–	93	850	20	31	418	141	17	1.52	0.11
81	793/2	–	33	1560	106	68	–	–	83	728	26	32	318	122	17	1.47	0.11
82	840	–	50	2070	132	42	–	–	146	656	24	9	84	148	13	1.0	0.22
83	868/1	46	32	1220	178	81	44	–	71	643	37	14	290	161	14	2.27	0.11
84	539	–	–	1390	–	30	–	15	40	–	–	15	119	299	25	7.5	–
85	540	–	–	2187	45	48	27	–	39	–	20	18	144	318	25	8.15	–
86	603	–	–	2190	–	–	41	8	21	–	–	14	108	280	25	13.3	–
87	607/2	–	–	1620	27	21	47	11	35	–	–	9	96	312	21	8.9	–

Примечание. 1–28 – линзовидно-полосчатые мигматиты; 29–38 – порфиробластовые амфибол-биотитовые гнейсогранодиориты и гнейсограносиениты; 39–83 – порфиробластовые биотитовые гнейсограниты; 84–87 – порфиробластовые лейкократовые гнейсограниты. Прочерк – элемент не обнаружен.

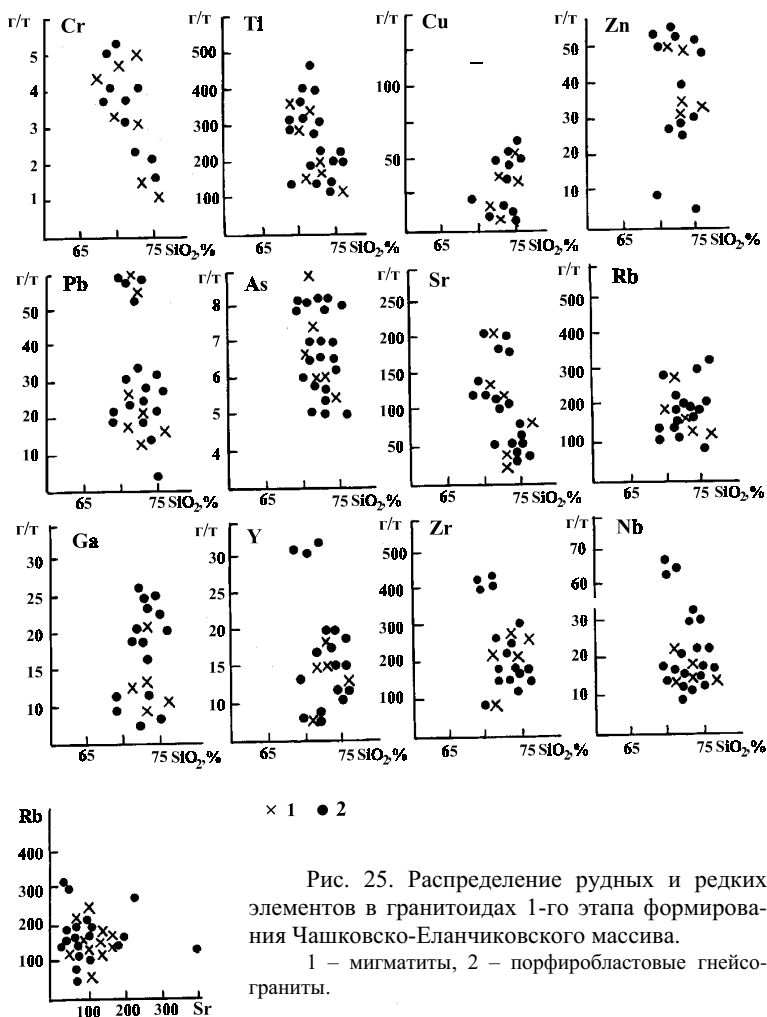


Рис. 25. Распределение рудных и редких элементов в гранитоидах 1-го этапа формирования Чашковско-Еланчиковского массива.

1 – мигматиты, 2 – порфиробластовые гнейсограниты.

**Титан.** Повышенное содержание титана (2500–4500 г/т) характерно для гранитоидов с более низкой кремнекислотностью ( $\text{SiO}_2 = 67\text{--}72\%$ ), причем мигматиты концентрируют титан в пределах 2700–3000 г/т. Подавляющее большинство порфиробластовых гнейсогранитов и более кислых мигматитов обладают нижекларковым содержанием титана (1000–2200 г/т).

**Медь.** Кларковое и вышекларковое количество меди (25–80 г/т) характерно преимущественно для порфиробластовых гнейсогранитов ( $\text{SiO}_2 = 73\text{--}76\%$ ). Часть этих пород, имеющих пони-

женную кремнекислотность, а также мигматиты содержат медь в нижекларковых количествах.

*Цинк* фиксируется в нижекларковых количествах во всех разновидностях гранитоидов 1-го этапа. Наиболее повышенные содержания цинка (50–60 г/т) характерны для порфиробластовых гнейсогранитов в интервале кремнекислотности  $\text{SiO}_2 = 70\text{--}76\%$ . В мигматитах с такой же кремнекислотностью содержание цинка составляет 30–35 г/т.

*Свинец* концентрируется в гранитоидах-1 преимущественно в кларковых количествах (13–30 г/т). Повышенные содержания свинца (25–32 г/т) характерны для лейкократовых порфиробластовых гнейсогранитов ( $\text{SiO}_2 = 74\text{--}76\%$ ). Вышекларковые концентрации свинца (55–65 г/т) отмечаются в биотитовых порфиробластовых гнейсогранитах и мезократовых мигматитах ( $\text{SiO}_2 = 70\text{--}73\%$ ).

*Мышьяк* в вышекларковых и специализированных значениях (5–15 г/т) зафиксирован как в порфиробластовых гнейсогранитах, так и мигматитах. Характерно, что в высококремнекислых разновидностях этих пород ( $\text{SiO}_2 = 75\text{--}76\%$ ) установлены наиболее низкие содержания мышьяка (1.5–4.5 г/т).

*Стронций* отмечается в гранитоидах-1 только в нижекларковых количествах (45–200 г/т). Порфиробластовые гнейсограниты и мигматиты с содержанием  $\text{SiO}_2 = 74\text{--}76\%$  характеризуются наиболее низкими концентрациями стронция (45–70 г/т). Гранитоиды несколько пониженной кремнекислотности (69–72 %) обладают более высокими содержаниями стронция (170–210 г/т).

*Галлий*. По величине содержания галлия выделяются две группы гранитоидов. К первой группе относятся порфиробластовые гнейсограниты, концентрирующие галлий в количестве 4–12 г/т (нижекларковый уровень). Вторая группа пород представлена мигматитами, в которых содержание галлия соответствует кларковому уровню (16–26 г/т).

*Иттрий* в рассматриваемых гранитоидах отмечается исключительно в нижекларковых количествах, при этом, мигматиты и подавляющее большинство проанализированных порфиробластовых гнейсогранитов содержит иттрий на уровне 5–20 г/т. Порфиробластовые гнейсограниты пониженной кремнекислотности ( $\text{SiO}_2 = 67\text{--}72\%$ ) накапливают иттрий в количестве 30–33 г/т.

*Цирконий* также, как и иттрий, обнаруживает два уровня концентраций: кларковый (100–300 г/т) и вышекларковый (400–450 г/т). Вышекларковое количество характерно для порфиробластовых гнейсогранитов пониженной кремнекислотности ( $\text{SiO}_2 = 67\text{--}71\%$ ).

*Рубидий* концентрируется в гранитоидах-1 на кларковом уровне (100–300 г/т), причем по содержанию этого элемента мигматиты и порфиробластовые гнейсограниты особых различий не имеют.

*Ниобий* фиксируется преимущественно в нижекларковых количествах (менее 20 г/т), но отмечаются отдельные разновидности порфиробластовых гнейсогранитов натриевого уклона, концентрирующие ниобий в вышекларковых значениях (65–70 г/т).

Таким образом, для подавляющего большинства проанализированных микроэлементов не обнаруживается какого-либо существенного различия в распределении их в мигматитах или порфиробластовых гнейсогранитах. Тем не менее, намечается тенденция увеличения концентраций Cu, Zn, Pb, Sr, As, Zr при переходе мигматитов в порфиробластовые гнейсограниты. Увеличение кремнекислотности гранитоидов сопровождается уменьшением содержаний в них Ti, Pb, Sr.

Величина рубидий-стронциевого отношения в рассматриваемых породах не опускается ниже значений 1.5, т. е. гранитоиды 1-го этапа формирования Чашковско-Еланчиковского массива по этому показателю сопоставимы с гранитоидами корового происхождения (см. рис. 25).

## Глава 3. ГРАНИТЫ ВТОРОГО ЭТАПА ФОРМИРОВАНИЯ ЧАШКОВСКО-ЕЛАНЧИКОВСКОГО МАССИВА

### 3.1. Фациальные разновидности гранитов-2

Описываемые граниты, как и гранитоиды-1, многофациальны, что выражено в развитии пород, отличающихся по структурно-текстурным и минеральным особенностям. Среди гранитов распространены мелкозернистые, мелко-среднезернистые, среднезернистые и средне-крупнозернистые разновидности как гнейсовидного, так и массивного сложения. По минеральному составу различаются лейкократовые, биотитовые, биотит-мусковитовые и мусковитовые граниты, между которыми существуют постепенные переходы.

#### *Биотитовые и лейкократовые гнейсограниты*

Биотитовые и лейкократовые гнейсограниты наибольшее распространение получили в северной части Чашковского выступа, где ими сложено относительно крупное ( $1.7 \times 3.5$  км) тело, вытянутое в субмеридиональном направлении и расщепляющееся к югу на ряд дайкообразных инъекций мощностью 150–250 м и протяженностью порядка 1.5–3 км (см. рис. 11). Гранитное тело и дайкообразные инъекции залегают согласно со структурами вмещающих гранитоидов 1-го этапа. Параллельно восточной границе этого тела развит ряд даек мелкозернистых лейкократовых массивных гранитов, прослеживающихся по простиранию до 4.5 км. Небольшой площади выходы мелкозернистых гнейсогранитов отмечаются вдоль западной и восточной границ Чашковского выступа, а также на его южной оконечности.

Вдоль северной границы Южно-Еланчиковской апофизы развития эндоконтактная зона шириной 150–400 м, представленная мелкозернистыми биотитовыми гнейсовидными гранитами, имеющими постепенный переход к мусковитовым гранитам через биотит-мусковитовые разновидности.

Биотитовые и лейкократовые граниты имеют мелкозернистую и мелко-среднезернистую структуру и различную степень разgneйсованности основной массы – от четко гнейсовидной, по внешнему облику напоминающей гнейсы, до слабо гнейсовидной, практиче-

ски массивной. Гнейсовидность обусловлена субпараллельным расположением вытянутых зерен всех породообразующих минералов, но чаще всего биотита и кварца. Цвет гранитов зависит от преобладания в них розоватого или желтовато-белого полевого шпата и количества биотита.

По минеральному составу выделяется лейкократовые и биотитовые, существенно плагиоклазовые и двуполевошпатовые разновидности гранитов. В лейкогранитах содержание биотита не превышает 5 %, количество кварца достигает 25–30 %. В плагиогранитах количество плагиоклаза составляет 55–60, калиевого полевого шпата 10–15 %, в двуполевошпатовых разновидностях – по 30–40 % соответственно. В биотитовых гранитах содержание биотита увеличивается до 10–15 %, несколько уменьшается количество кварца (20–22 %) и полевых шпатов (суммарное количество плагиоклаза и калиевого полевого шпата ~ 60–65 %). Иногда присутствуют единичные зерна роговой обманки.

#### *Двуслюдяные (биотит-мусковитовые) граниты*

Двуслюдяные граниты фиксируются преимущественно в северной половине центральной части Южно-Еланчиковской апофизы на площади порядка 3 км. С севера двуслюдяные граниты граничат с биотитовыми, а с запада и юга – мусковитовыми гранитами, с которыми связаны постепенными переходами. Кроме этого, биотит-мусковитовые граниты распространены также на стыке Чашковского выступа с его Южно-Еланчиковской апофизой и образуют ряд крупных инъекций в плагиогнейсах еланчиковской толщи в районе расщепления апофизы мусковитовых гранитов в восточной части Еланчиковского гнейсового купола.

По внешнему виду двуслюдяные граниты представляют собой мелко-среднезернистые породы розовато-серого и светлосерого цвета со слабо выраженной гнейсовидностью. Состоят из плагиоклаза 30–35, калиевого полевого шпата 20–25, кварца 22–25, биотита 5–15, мусковита 5–15 %. Двуслюдяные граниты являются промежуточной фацией между биотитовыми и мусковитовыми гранитами, в связи с чем для них характерны широкие колебания в содержаниях биотита и мусковита.

#### *Мусковитовые граниты*

Мусковитовые граниты распространены только в пределах Южно-Еланчиковской апофизы, что резко отличает эту структуру от других структур и массивов чашковского комплекса.

В. Н. Юрецкий и др. (1982) считают, что мусковитовые граниты были образованы в результате наложенной на биотитовые граниты мусковитизации. И. С. Бородина и Г. Б. Ферштатер приводят данные, свидетельствующие о магматической природе мусковита в еланчиковских гранитах [6, 8]. Мы придерживаемся такой же точки зрения на происхождение мусковитовых гранитов и полагаем, что эти граниты были сформированы в ядре Чашковского антиклинального выступа с последующим их внедрением в виде дугообразной в плане апофизы в южную часть Еланчиковского гнейсового купола.

Мусковитовые граниты представляют собой мелко-среднезернистые породы светло-серого цвета, обычно интенсивно рассланцованные. Состоят из плагиоклаза 18–23, калиевого полевого шпата 30–35, кварца 22–25, мусковита 15–25 %, единичных чешуй биотита. Характерна гнейсовидная текстура, с направлением которой совпадает сланцеватость.

### **3.2. Контактные изменения гранитов и вмещающих пород**

#### *Характеристика контактов между фациальными разновидностями гранитов-2*

Главными фациальными разновидностями пород 2-го этапа формирования Чашковско-Еланчиковского массива являются биотитовые, двуслюдяные, мусковитовые и лейкократовые гнейсограниты и граниты, взаимоотношения между которыми наблюдались в ряде участков массива, где развиты совместные их выходы. Так, юго-восточнее горы Круглая установлен постепенный переход от мусковитовых к биотитовым гранитам, осуществляющийся в интервале 150 м, при этом количество кварца и полевого шпата в этих разновидностях гранитов практически сохраняется постоянным, но меняется содержание или биотита, или мусковита. Намечаются следующие переходные зоны между мусковитовыми и биотитовыми гранитами (рис. 26, т. н. 666–670).

- мусковитовый гранит (мусковит 15–25 %, биотит – ед. зн.);
- биотит-мусковитовый гранит (мусковит 15–17, биотит 8–10 %);
- мусковит-биотитовый гранит (мусковит 4–6, биотит 12–15 %);
- биотитовый гранит (биотит 10–18 %, мусковит ед. зн.).

Характерно, что в двуслюдяных разновидностях гранитов биотит обычно мусковитизирован. Кроме того, между зонами

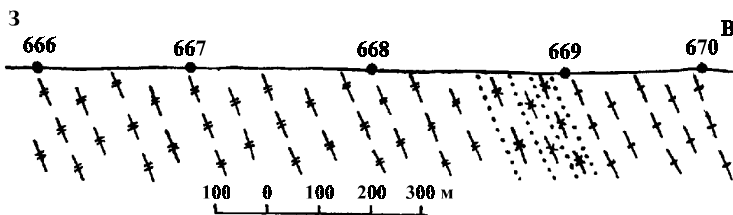


Рис. 26. Постепенный переход мусковитовых гранитов в биотитовые граниты (северо-западная часть Южно-Еланчиковской апофизы, схематический разрез).

Условные обозначения см. рис. 16.

биотит-мусковитовых и мусковит-биотитовых гранитов распространены двуслюдяные граниты примерно с равным (по 10–12 %) содержанием мусковита и биотита.

Аналогичные переходы между мусковитовыми и биотитовыми гранитами отмечены северо-западнее горы Круглая (рис. 27, т. н. 961–964). Обращает на себя внимание тот факт, что фация биотитовых гранитов развивается непосредственно в эндоконтакте с вмещающими биотитовыми плагиогнейсами еланчиковской толщи. Подобное неоднократно наблюдалось также и в других контактовых частях Южно-Еланчиковской апофизы.

На западном борту котловины оз. Бол. Еланчик (рис. 28, т. н. 741–743) в зоне перехода мусковитовых гранитов к биотитовым в разрезе отмечается чередование полос, сложенных двуслюдянными и биотитовыми гранитами. Общая мощность переходной зоны оценивается в 1150 м, причем в ее составе доминируют двуслюдяные граниты. Переход мусковитовых гранитов в двуслюдяные и далее биотитовые разновидности постепенный за счет возрастания количества часто мусковитизированного биотита при одновременном снижении содержаний (почти до полного исчезновения) мусковита.

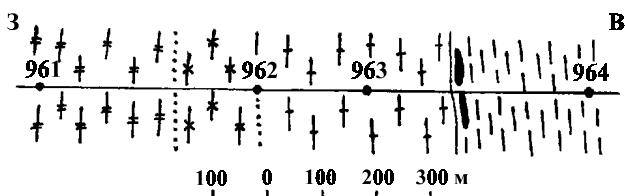


Рис. 27. Контактные изменения мусковитовых гранитов и плагиогнейсов (северо-западная часть Южно-Еланчиковской апофизы, схематический план).

Условные обозначения см. рис. 16.



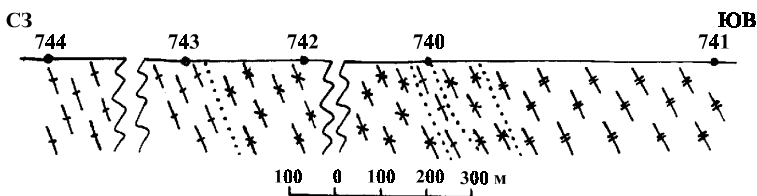


Рис. 28. Постепенный переход биотитовых гранитов в мусковитовые граниты (западный борт котловины оз. Б. Еланчик, схематический разрез).  
Условные обозначения см. рис. 16.

Таким образом, Южно-Еланчиковская апофиза не однородна по минеральному составу слагающих ее гранитов. Биотитовые граниты распространены обычно в эндоконтактных частях апофизы, хотя отмечались факты смены двуслюдяных гранитов не биотитовыми, а лейкократовыми разновидностями, развитыми непосредственно в контакте с вмещающими породами.

#### *Характеристика контактов гранитов-2 с вмещающими породами. Инъекционные мигматиты*

На геологические планы южной части Чашковского выступа и его Южно-Еланчиковской апофизы (см. рис. 14, 15) вынесены профильные пересечения контактных зон гранитов-2 с вмещающими породами, что иллюстрируется рис. 29–37.

Полевые наблюдения в юго-восточной части Чашковского выступа и вдоль южной границы Южно-Еланчиковской апофизы выявили следующие наиболее характерные контактные изменения гранитов и вмещающих пород. В эндоконтакте массива среднезернистых мусковитовых гранитов обычно развивается фация мелкозернистых гранитов, содержащих нечеткие «очковые» выделения полевого шпата, причем гнейсовидная текстура подобных гранитов часто сменяется прерывисто-полосчатой. Непосредственно на контакте с плаггиогнейсами в мусковитовых гранитах появляется биотит, нередко подвергнутый мусковитизации и хлоритизации, а также проявляется интенсивное пегматитообразование в виде гнезд, линз и маломощных жил и прожилков грубозернистого пегматита. Плаггиогнейсы в контакте с мусковитовыми гранитами обычно мусковитизированы. Содержание новообразованного мусковита, часто развивающегося по плоскостям расщепления плаггиогнейсов, порой достигает 12–15 %.

Характер контакта гранитов с амфиболитами несколько иной. Контакты обычно резкие, сопровождаемые образованием эндоконтактовой фации мелкозернистых гранитов. В одних случаях непосредственно на контакте с амфиболитами мусковитовые граниты сменяются биотит-мусковитовыми разновидностями, в других случаях возникает эндоконтактовая оторочка, состоящая из лейкократовых гранитов. В амфиболитах вблизи контакта с гранитами часто появляются линзы и параллельные прожилки (полосы) мелкозернистого кварца или же кварц-полевошпатового агрегата, т. е. амфиболиты подвергаются частично мигматизации. Иногда в области эндоконтакта гранитов с амфиболитами фиксируются следующие переходные зоны: нечетко порфиробластические гнейсовидные граниты с гнездами и жилами пегматита → среднезернистые лейкократовые грубогнейсовидные граниты → мелкозернистые лейкократовые гнейсовидные граниты с гнездами пегматита.

На западном борту котловины оз. Бол. Еланчик в коренном обнажении наблюдаются следующие изменения пород на контакте гранитов с амфиболитами (рис. 29, т. н. 740). В нижней части скального выхода развиты мелко-среднезернистые нечетко гнейсовидные амфиболиты, которые выше по обнажению сменяются мелкозернистыми биотитовыми гнейсогранитами светлой розовато-серой окраски. Количество биотита в гранитах достигает 10 %, содержание кварца не превышает 25, плагиоклаза 35, калиевого полевого шпата 30 %. По направлению от амфиболитов к гранитам наблюдаются две переходные зоны: крупнозернистые неравнозернистые биотит-амфиболовые гнейсовидные породы габбро-диоритового состава, в которых темноцветные минералы занимают около 40 % (при преобладании роговой обманки над биотитом). Количество плагиоклаза составляет 55, кварца 5 %.



Рис. 29. Образование переходных петрографических зон на контакте гранитов с амфиболитами (западный борт котловины оз. Б. Еланчик, т. н. 740).

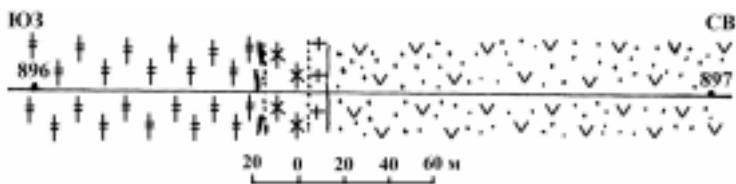


Рис. 30. Контакт мусковитовых гранитов с амфиболитами (северо-западная часть Южно-Еланчиковской апофизы, район горы Круглая, схематический план).

Условные обозначения см. рис. 16.

Ширина зоны габброидных пород оценивается в 35–40 см; непосредственно на контакте с гранитами распространены неравномернозернистые, участками нечетко порфиробластовые гнейсовидные кварцевые диориты (гранодиориты), содержащие плагиоклаз 70, биотит и амфибол 15, кварц 12–15 %. Мощность этой зоны составляет 5–10 см.

В 2-х км севернее горы Круглая в области контакта мелкозернистых гнейсовидных рассланцованных мусковитовых гранитов с мелкозернистыми массивными гранатовыми амфиболитами установлена следующая смена пород: мусковитовые граниты → мелкозернистые слабогнейсовидные биотит-мусковитовые граниты → мелкозернистые биотитовые граниты. Смена мусковитовых гранитов гранитами биотит-мусковитовыми, образующими зону шириной 20 м, происходит весьма резко в интервале 1–2 м, причем на контакте этих разновидностей гранитов развиты маломощные прожилки и жилы пегматитов. Мелкозернистые биотитовые массивные граниты, распространенные непосредственно на контакте с амфиболитами, образуют зону шириной 5–7 м (рис. 30, т. н. 896, 897).

В дорожной выемке автотрассы Уфа–Челябинск в 13 км восточнее перекрестка с дорогой Миасс–Черновское на протяжении 30 м обнажены инъекционные мигматиты, образованные по амфиболитам (рис. 31а, т. н. 970). Здесь в разрезе мигматитовой толщи, падающей на северо-восток под углом 30–40°, наблюдается следующее чередование прослоев горных пород (с запада на восток от начала обнажения):

0–0.8 м. Средне-крупнозернистые неравномернозернистые гнейсограниты линзовидно-полосчатой текстуры светло-серого цвета, состоящие из линзовидно-прерывистых параллельных полосок шириной 3–12 мм, сложенных плагиоклазом и более тонких (0.5–3 мм) полосок, насыщенных мелкочешуйчатым биотитом.

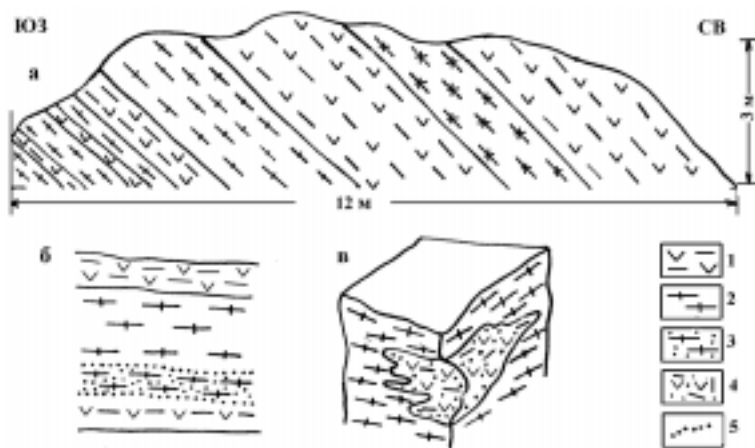


Рис. 31. Послойные гранитные инъекции в амфиболитовой толще (дорожная выемка автотрассы Уфа–Челябинск, т. н. 970).

а – общий вид обнажения (условные обозначения см. рис. 16); б и в – деталь обнажения: б – послойная инъекция гнейсогранитов в рассланцованных амфиболитах с образованием зоны мелкозернистых гнейсогранитов, насыщенных биотитом; в – ксенолит амфиболита, превращенного в диоритовидную породу.

1 – амфиболит рассланцованный, 2 – гнейсогранит крупнозернистый, 3 – гнейсогранит мелкозернистый, насыщенный биотитом, 4 – диоритовидная порода, 5 – граница фациальных разновидностей пород.

Полевошпатовые прослойки более выдержаны по простиранию, биотитовые слои имеют обычно линзовидно-прерывистый характер, причем длина линзовидных скоплений биотита колеблется в значительных пределах – от 1 до 10 см. Линзовидные обособления кварца чаще всего развиты по границе полевошпатовых прослоек, хотя отдельные зерна кварца отмечаются и внутри последних. Минеральный состав гнейсогранитов: плагиоклаз 65, кварц 20–25, биотит 10–15 %.

Гнейсограниты содержат параллельные прослои мелкозернистых нечетко гнейсовидных гранитизированных амфиболитов мощностью 2–10 см, по внешнему виду напоминающих диоритоподобную породу пестрой окраски, состоящую из плагиоклаза 60, амфибола 35, биотита 5, кварца 2–3 %. В одних случаях граница гнейсогранитов с амфиболитами резкая, в других – в эндоконтакте развиты мелкозернистые, насыщенные биотитом гнейсограниты, образующие контактовые зонки шириной 3–5 см (рис. 31б).

Кроме прослоев амфиболита, в гнейсогранитах отмечаются также их ксенолиты размером до 5 × 25 см. Продольные границы ксенолитов ориентированы согласно с гнейсовидностью гранитов,

поперечные контакты проходят под углом к линейности амфиболитов. В эндоконтакте в гнейсогранитах образованы полевошпатовые зонки мощностью до 1 см (рис. 31в).

0.8–1.3 м. Мелко-среднезернистые нечетко гнейсовидные амфиболиты пестрой окраски. Состоят из плагиоклаза 60, амфибола + биотита 40 %.

1.3–2.5 м. Мелкозернистые лейкократовые гнейсограниты светло-серого цвета, в составе которых отмечаются плагиоклаз и калиевый полевой шпат (по 35 %), кварц 25 и биотит 3–5 %.

2.5–4.0 м. Мелко-среднезернистые рассланцованные амфиболиты.

4.0–4.8 м. Мелко-среднезернистые биотитовые гнейсоплагиограниты, состоящие из плагиоклаза 55–60, биотита 10–15, кварца 25–27 % и имеющие резкие контакты с нижележащими амфиболитами.

4.8–6.0 м. Мелкозернистые амфиболиты слабо гнейсовидные, превращенные вследствие гранитизации в диоритовидную породу, в которой развиты прожилки и жилы крупнозернистого пегматита, содержащего мелкие гнезда мусковита. Мощность прожилков составляет 1–5 см, жил – 15–20 см.

В описанном обнажении наблюдаются три разновидности гранитных инъекций, внедренных в амфиболитовый субстрат: линзовидно-полосчатые гнейсограниты; мелкозернистые лейкократовые гнейсограниты; мелкозернистые биотитовые гнейсовидные плагиограниты.

В 500 м восточнее этого обнажения также в дорожной выемке наблюдаются перемежающиеся в разрезе прослои плагиогнейсов и амфиболитов, инъецированных мусковитовыми гранитами (рис. 32а, т. н. 1023, 1024). Описание разреза приводится с востока на запад и сверху вниз, мощности прослоев указаны истинные.

– Мелкозернистые плагиогнейсы светло-серого цвета, рассланцованные, состоящие из белого плагиоклаза 70, серого кварца 20 и равномерно распределенного по породе мусковита 5–10 %. Кварц образует вытянутой формы линзовидные агрегаты мелких зерен среди полевошпатовой основной массы. Аз. падения прослоя  $70 \angle 50^\circ$ , мощность 10 м;

– мелкозернистые плагиогнейсы, в которых содержание мусковита увеличено до 15–17 %. Переход от вышележащего прослоя плагиогнейсов постепенный, мощность 2 м;

– мелкозернистые мусковитовые граниты гнейсовидной текстуры светло-серого цвета. Состоят из плагиоклаза 30–40, калиевого полевого шпата 15–23, кварца 20, мусковита 20–25, мускови-

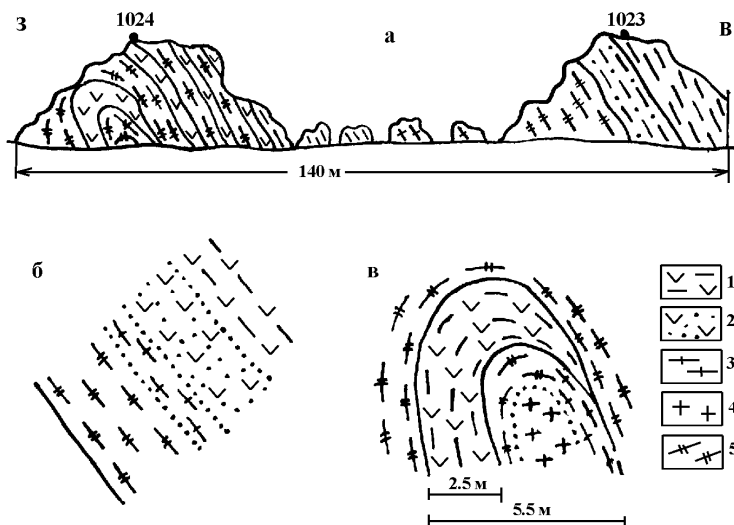


Рис. 32. Послойные инъекции мусковитовых гранитов в метаморфических породах (дорожная выемка автотрассы Уфа–Челябинск, схематический разрез).

а – общий вид обнажения (условные обозначения см. рис. 16); б и в – деталь обнажения: б – контактовые изменения амфиболитов и гранитов; в – антиклинальная опрокинутая складка с гранитным ядром.

1 – амфиболит рассланцованный, 2 – диоритовидная порода, 3 – гнейсогранит лейкократовый, 4 – мелкозернистый гранит массивной текстуры, 5 – мусковитовый гранит.

тизированного биотита 1–2 %. В гранитах отмечаются линзовидные параллельно расположенные обособления желтовато-розового полевого шпата размером  $2-3 \times 40-50$  мм. Мощность 8 м.

Далее в западном направлении на расстоянии 50 м наблюдаются развалы глыб мусковитовых гранитов и лейкократовых плагиогнейсов. С 70 м от начала разреза вновь развиты коренные выходы пород.

– Мелкозернистые лейкократовые и биотитсодержащие (биотита 3–5 %) плагиогнейсы. Мощность 5 м;

– среднезернистые рассланцованные амфиболиты, состоящие из плагиоклаза 50, амфибола + биотита 50 %. Мощность 0.5 м;

– среднезернистые рассланцованные мусковитовые граниты, в которых содержание мусковита достигает 20 %. Аз. падения гнейсовидности  $30 \angle 45^\circ$ . Мощность 4.5 м. На контакте мусковитовых гранитов с амфиболитами развиты следующие переходные зонки (по направлению от гранитов, рис. 32б): а) мелкозернистые

лейкократовые гнейсограниты, б) мелкозернистые биотитовые тоналитогнейсы. Мощность той и другой зонки не превышает 2.5 м;

– среднезернистые рассланцованные амфиболиты, вблизи контакта с гранитами превращенные в диоритовидную породу. Мощность 0.3 м;

– среднезернистые мусковитовые гнейсовидные граниты. Мощность 2.5 м;

– среднезернистые рассланцованные амфиболиты. Мощность 1.2 м;

– среднезернистые рассланцованные мусковитовые граниты. Мощность 10 м;

– запрокинутая на запад антиклинальная складка, в ядре которой шириной 3 м обнажены среднезернистые лейкократовые слабо гнейсовидные граниты, переходящие в верхней части ядра в мусковитовые граниты с содержанием мусковита 5–7 %. Ядро облекается прослоем амфиболита мощностью 2.5 м, который выклинивается на восточном крыле антиклинальной складки. В замке складки и ее крыльях развиты среднезернистые рассланцованные мусковитовые граниты. Падение осевой поверхности складки восточное под углом 50° (рис. 32в).

На северо-западном фланге Южно-Еланчиковской апофизы мусковитовые граниты в эндоконтакте с метаморфическими породами сменяются мелкозернистыми лейкократовыми гранитами массивной текстуры, представляющими собой зону закалки с резкими границами, ширина которой не превышает 50–60 м (рис. 33, 34).

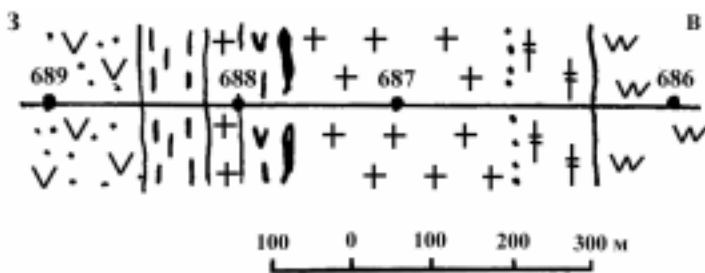


Рис. 33. Контакт северо-западного фланга Южно-Еланчиковской апофизы с вмещающими метаморфическими породами (схематический план).

На контакте с амфиболитами мусковитовые граниты переходят в мелкозернистые массивные лейкограниты. Условные обозначения см. рис. 16.

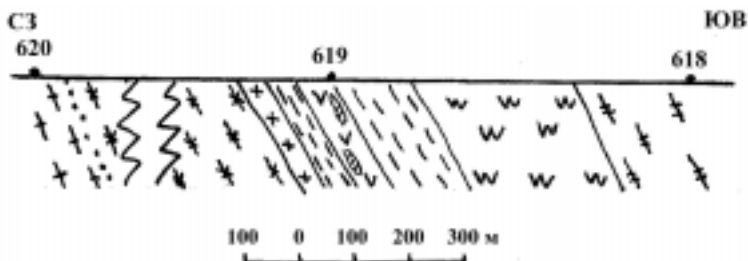


Рис. 34. Контакт северо-западного фланга Южно-Еланчиковской апофизы с вмещающими метаморфическими породами (схематический разрез).

На контакте с плагиигнейсами мусковитовые граниты переходят в мелкозернистые массивные лейкограниты. Условные обозначения см. рис. 16.

В южной части апофизы многочисленными маршрутными пересечениями контактов мусковитовых гранитов с вмещающими метаморфическими породами выявлено большое разнообразие контактовых изменений породных ассоциаций (рис. 35 а–е): в одних случаях мусковитовые граниты на контакте сменяются биотитовыми гнейсогранитами, иногда приобретающими линзовидно-полосчатое строение, в других – двуслюдяными гранитами. Практически во всех пересечениях на контакте гранитов с метаморфитами отмечено интенсивное пегматитообразование.

Обобщая вышеизложенное, отметим следующее. В области контакта гранитов-2 с мезократовыми плагиигнейсами проявлены разнообразные переходные зоны:

- мелкозернистые относительно однородные биотитовые гнейсы → полосчатые и линзовидно-полосчатые биотитовые гнейсы (мигматиты) → теньевые мигматиты (гнейсограниты с участками линзовидных обособлении тонкораспыленного биотита) → мелкозернистые биотитовые гнейсовидные граниты;

- линзовидно-полосчатые гнейсы (мигматиты) → мелкозернистые биотитовые гнейсовидные граниты → мелко-среднезернистые биотитсодержащие слабо гнейсовидные граниты;

- биотитовые гнейсы → мелкозернистые биотитовые гнейсограниты → среднезернистые биотитовые и лейкократовые слабо гнейсовидные и массивные граниты;

- биотитовые гнейсы → «очковые» биотитовые гнейсы → неравномернозернистые биотитовые гнейсограниты → мелкозернистые лейкократовые гнейсовидные граниты → среднезернистые лейкократовые гнейсовидные граниты;



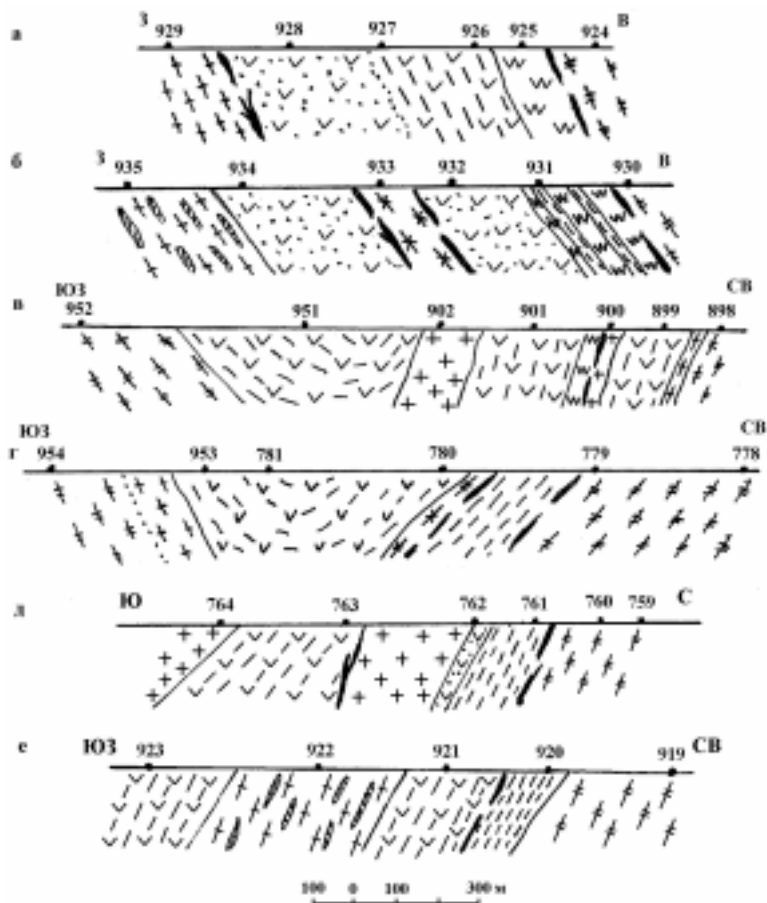


Рис. 35. Характер контактовых изменений гранитов 2-го этапа и вмещающих метаморфических пород (южная часть Южно-Еланчиковской апофизы).

Пояснение в тексте, условные обозначения см. табл. 16.

– мелко-среднезернистые лейкократовые и биотитсодержащие гнейсы → мусковитизированные мелкозернистые гнейсы → биотит-мусковитовые мелко-среднезернистые рассланцованные граниты.

В области контакта гранитов-2 с амфиболитами зафиксированы следующие переходные зоны:

– Мелко-среднезернистые массивные слабо рассланцованные амфиболиты → интенсивно рассланцованные амфиболиты, подвергнутые мелкой складчатости и содержащие согласные поле-

вошпатовые и кварц-полевошпатовые прожилки и линзочки → «пегматизированные» амфиболиты с линзочками, прожилками и жилами пегматитов и пегматоидных гранитов; мелко-среднезернистые биотитовые гнейсовидные граниты с жилами и гнездами пегматита → мелко-среднезернистые лейкократовые гнейсовидные граниты → среднезернистые лейкократовые массивные граниты.

– Среднезернистые массивные амфиболиты → гранатовые амфиболиты; среднезернистые биотитовые массивные граниты.

– Рассланцованные гранатовые амфиболиты тонкозернистой структуры → среднезернистые массивные амфиболиты, по структуре напоминающие интрузивные базиты; среднезернистые биотитовые граниты массивной текстуры с прожилками пегматита.

– Среднезернистые амфиболиты слабо рассланцованные → массивные амфиболиты, подвергнутые мелкой складчатости и содержащие параллельные линзовидно-вытянутой формы обособления полевого шпата; среднезернистые мусковит-биотитовые граниты → среднезернистые мусковитовые рассланцованные граниты.

– Среднезернистые массивные амфиболиты → амфиболиты с прожилками и линзами пегматоидного гранита и пегматита; среднезернистые биотитовые граниты.

– Среднезернистые массивные амфиболиты; мелкозернистые биотитовые граниты → среднезернистые биотитсодержащие и лейкократовые граниты.

– Среднезернистые слабо рассланцованные амфиболиты → гранатовые рассланцованные амфиболиты; нечетко порфириобластовые гнейсовидные граниты с гнездами и жилами пегматита → среднезернистые лейкократовые грубогнейсовидные граниты → мелкозернистые лейкократовые гнейсовидные граниты с гнездами пегматита.

В контактовой зоне гранитов-2 Чашковско-Еланчиковского массива с вмещающими гнейсами отмечается, с одной стороны, развитие полосчатых и «теневых» мигматитов, а с другой – наличие как постепенных переходов между разными эндоконтактовыми фациями гранитов, так и относительно резких контактов с образованием эндоконтактовой фации более мелкозернистых гранитов. В контакте с мусковитовыми и биотит-мусковитовыми гранитами вмещающие их гнейсы мусковитизированы (?).

Границы гранитов с амфиболитами почти всегда резкие, при этом нередко проявляется «пегматитизация» как гранитов, так и амфиболитов. В последних в области контакта часто развиты полевошпатовые и кварц-полевошпатовые прожилки и линзы.

Состав и строение послойных мигматитов весьма разнообразны. Формирование их связано с инъекциями кварц-полевошпатового и гранитного материала во вмещающие метаморфические породы. Мощность вновь образованных лейкосом может колебаться от долей миллиметра до десятков метров. Маломощные инъекции кварц-полевошпатового состава практически не приводят к изменению состава меланосом. Наиболее заметные изменения субстрата происходят при формировании послойных, жильного типа гранитных инъекций мощностью от нескольких десятков сантиметров до нескольких метров. В этих случаях, например, амфиболитовый субстрат вблизи контакта с гранитами нередко обогащен биотитом и под воздействием щелочно-кремниевых метасоматоза превращен в диоритовидную породу (вплоть до возникновения тоналитов), причем непосредственно на контакте с гранитными лейкосомами в подобных породах наблюдается концентрация зерен роговой обманки и даже пироксена, а в лейкосомах развиваются маломощные, обогащенные биотитом, эндоконтактные зонки.

*Характеристика контактов гранитов 1-го и 2-го этапов формирования Чашиковско-Еланчиковского массива.  
Мигматиты инъекционного типа*

Характер взаимоотношения гранитов-1 и гранитов-2 разнообразен. В одних случаях контактное воздействие поздних гранитов на более ранние выражается в ассимиляции некоторой части последних с образованием переходных зон. В других случаях, в результате послойных внедрений гранитов-2 возникают мигматиты инъекционного типа с различной степенью проявления контактовых изменений вмещающих и внедренных пород.

В окрестностях села Черновское (рис. 36, т. н. 940–942) изучен контакт среднезернистых грубогнейсовидных биотитовых гранитов с порфиробластовыми биотитовыми гнейсогранитами, содержащими таблитчатые и овальной формы выделения полевого шпата в количестве до 30 %. Содержание биотита в тех и других разновидностях гранитов достигает 15 %, кварца – 22–25 % в порфиробластовых гнейсогранитах и 25–27 % – в среднезернистых гранитах.

В результате воздействия гранитов-2 произошло некоторое раскисление гнейсогранитов-1 с образованием контактовой зоны шириной 30–35 м, представленной неравномернозернистыми биотитсодержащими (биотита 3–5 %) гнейсогранитами с редкими

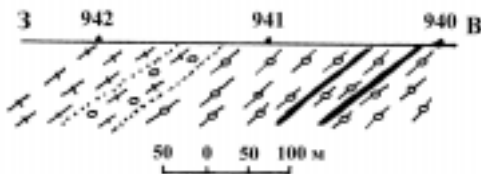


Рис. 36. Контактные изменения гранитов 1-го и 2-го этапов формирования Чашковско-Еланчиковского массива (район села Черновское, схематический разрез).

Условные обозначения см. рис. 16.

(10–15 %) порфиробластами полевого шпата и повышенным количеством кварца (30–32 %). Кварцевый метасоматоз сопровождался выносом фемических элементов и частичной перекристаллизацией основной массы гнейсогранитов-1, приведшей к образованию неравномернозернистой структуры и уменьшению количества порфиробластов полевого шпата.

Сходный характер контактовых изменений возникает при взаимодействии лейкократовых гранитов и порфиробластовых биотитовых гнейсогранитов, что наблюдалось нами восточнее кирпичного завода старой части г. Миасса (рис. 37, т. н. 979, 980). На контакте этих пород здесь также развивается переходная зона шириной 150–200 м, сложенная гнейсовидными гранитами, имеющими неравномернозернистую, участками средне- или крупнозернистую основную массу с редкими (~10 %) порфиробластами белого полевого шпата, и характеризующимися наличием параллельных прерывистых полевошпатовых, кварц-полевошпатовых и существенно биотитовых полос шириною 2–5 мм и протяженностью 1–5 см. Содержание биотита в этих породах не превышает 10 %, но вблизи контакта с порфиробластовыми гнейсогранитами количество биотита возрастает до 18–20 % и одновременно увеличивается количество порфиробластов полевого шпата до 20–25 %.

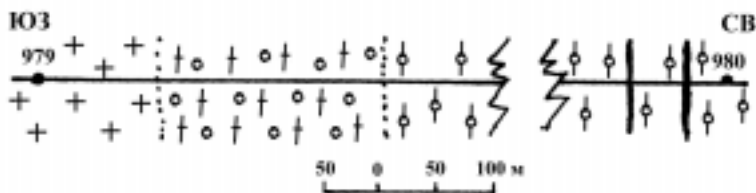


Рис. 37. Контактные изменения гранитов 1-го и 2-го этапов формирования Чашковско-Еланчиковского массива (район кирпичного завода старой части г. Миасса, схематический план).

Условные обозначения см. рис. 16.

Граниты-2 нередко образуют в более ранних гранитоидах Чашковско-Еланчиковского массива послынные внедрения, приводящие к возникновению мигматитов инъекционного типа. Так, в северной части Чашковского выступа в районе его западной границы фиксируется четкий инъекционный характер контакта мелкозернистых лейкократовых гнейсовидных гранитов с средне- и крупнозернистыми порфиробластовыми биотитовыми гнейсогранитами, состоящими из плагиоклаза 30–35, калиевого полевого шпата 25–30, кварца 20–25, биотита 15–25 % (рис. 38а, б, т. н. 793, 794). Порфиробластовые выделения линзовидно-вытянутой формы размером до 2.5 см по удлинению представлены преимущественно калиевым полевым шпатом и занимают около 25–30 % объема породы. Биотит обычно слагает тонкие (1–2 мм) прослойки, нередко облегающие порфиробласты. Кварц образует линзовидные агрегаты мелких зерен, вытянутые согласно гнейсовидности основной массы.

В инъекциях мелкозернистые лейкократовые гнейсовидные граниты часто сменяются массивными разновидностями, в составе которых отмечается плагиоклаз 35–40, калиевый полевой шпат 30–35, кварц 25–30, редко биотит 1–3 %. Мощность инъекций колеблется от 10 до 30 м. Мощность прослоев вмещающих порфиробластовых гнейсогранитов составляет 50–60 м.



Рис. 38. Контактные инъекции гранитов 2-го этапа в порфиробластовые гнейсограниты 1-го этапа формирования Чашковско-Еланчиковского массива (северная часть Чашковского выступа): а – геологический план, б – схематический разрез.

793–794 – номера точек наблюдения по линиям маршрутных пересечений контактов горных пород. Условные обозначения см. рис. 16.

Послойные инъекции, сложенные массивными лейкократовыми гранитами, имеют чаще всего резкие границы без существенных контактовых изменений пород. В инъекциях гнейсовидных гранитов в эндоконтакте иногда происходит обогащение биотитом (до 10 %), причем мощность подобной эндоконтактной зоны колеблется в пределах 3–5 м.

На водоразделе оз. Ильменское – Миасский пруд развита целая серия послых гранитных инъекций в линзовидно-полосчатых биотитовых и амфибол-биотитовых мигматитах и, частично, порфиробластовых гнейсогранитах-1 (рис. 39а, т. н. 801–805, 860–864; рис. 39б, т. н. 866, 867; рис. 39в, т. н. 968, 969). Субстрат инъекционных мигматитов по валовому составу отвечает кварцевым монцодиоритам, гранодиоритам, граносиенитам и амфибол-биотитовым гранитам. Инъекционный материал представлен разнообразными по зернистости лейкократовыми гранитами гнейсовидной и, реже, массивной текстуры. Мощность гранитных инъекций и прослоев вмещающих линзовидно-полосчатых мигматитов колеблется от первых десятков до двух-трех сотен метров. Границы между гранитными инъекциями и субстратом практически всегда резкие без заметного проявления контактового изменения пород. Однако в ряде случаев отмечалось наличие в гранитных инъекциях включений интенсивно гранитизированного субстрата, причем в эндоконтакте граниты обогащались мелкочешуйчатым биотитом.

Юго-восточнее старой части г. Миасса на южном склоне горы с отм. 505.1 наблюдаются коренные обнажения послых мигматитов (рис. 40, т. н. 558). Мигматиты образованы в результате инъекций среднезернистых гранитов в порфиробластовые гнейсограниты. Соотношение меланосом и лейкосом оценивается как 2 : 1. Мощность гранитных инъекций составляет 30–40 см, меланосом – 30–55 см. Меланосомы представлены порфиробластовыми биотитовыми гнейсогранитами, содержащими плагиоклаз 60, кварц 22–27, биотит 12–15 %.

В основной массе гнейсогранитов плагиоклаз образует зерна вытянутой формы размером в среднем  $3 \times 10$  мм. Порфиробласты плагиоклаза имеют овальную форму и вытянуты по длинной оси до 25 мм. Зерна кварца по размеру значительно уступают зернам плагиоклаза (в среднем  $2 \times 5$  мм) и в ассоциации с биотитом слагают линзовидные скопления размером  $2 \times 5$ – $3 \times 15$  мм, ориентированные параллельно друг другу.

Лейкосомы мигматитов представлены среднезернистыми, участками неравномернозернистыми, биотитовыми гнейсовид-

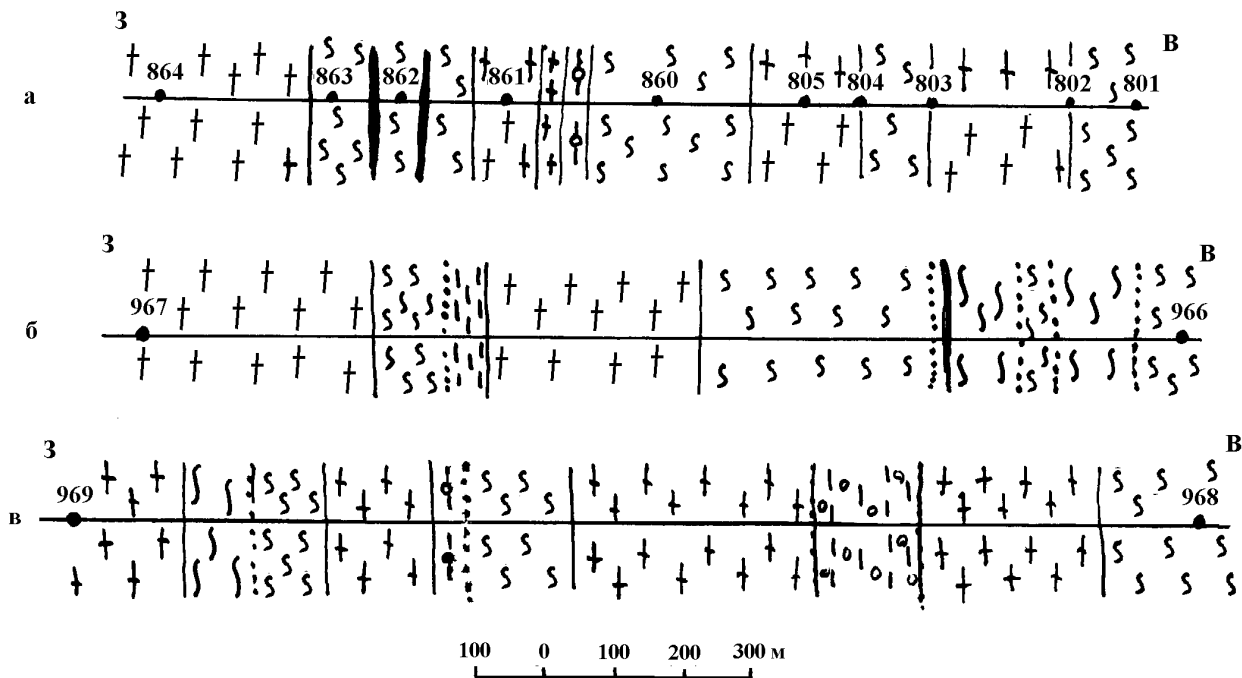


Рис. 39. Послойные инъекции гранитов 2-го этапа формирования Чашковско-Еланчиковского массива в линзовидно-полосчатые мигматиты (северная часть Чашковского выступа, схематический план).

Пояснение в тексте, условные обозначения см. рис. 16.

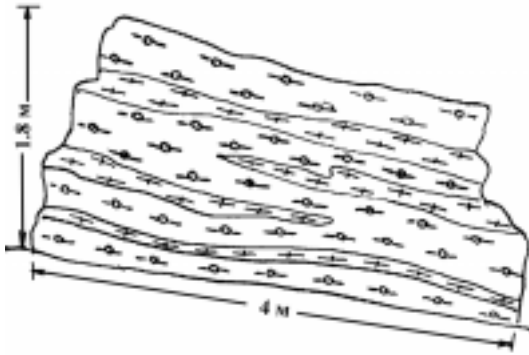


Рис. 40. Инъекционный мигматит (юго-восточная окраина старой части г. Миасса, т. н. 558).

Условные обозначения см. рис. 16.

ными гранитами, иногда содержащими нечетко выраженные порфиroidные выделения плагиоклаза размером  $5 \times 7$  мм. Границы между лейкосомами и меланосомами расплывчатые, но в целом согласные с линейной текстурой субстрата. Прослои лейкосом часто выклиниваются.

Близкие по характеру инъекционные мигматиты фиксируются и в других частях водораздела оз. Ильменское – Миасский пруд (рис. 41, т. н. 875), с той лишь разницей, что инъекции представлены мелкозернистыми лейкократовыми гранитами практически массивной текстуры и имеют мощность порядка 1–1.5 м.

### 3.3. Петрохимические особенности

По химическому составу граниты-2 Чашковско-Еланчиковского массива относятся к двум петрохимическим группам и четырем подгруппам (табл. 6, рис. 42, 43).

#### Петрохимическая группа высококремнекислых ассоциаций ( $\text{SiO}_2 = 70\text{--}73\%$ )

Подгруппа XIII ( $c = 0.16\text{--}0.17$ ) представлена известково-щелочными мелкозернистыми биотитовыми гнейсовидными грани-

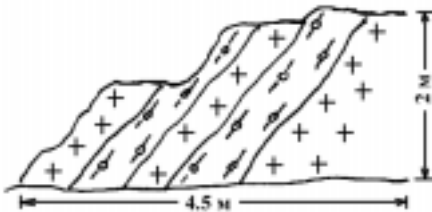


Рис. 41. Послойные инъекции мелкозернистых лейкократовых гранитов 2-го этапа в порфиroidовых биотитовых гнейсогранитах 1-го этапа формирования Чашковско-Еланчиковского массива (водораздел оз. Ильменское – Миасский пруд, т. н. 875).

Условные обозначения см. рис. 16.



Таблица 6

Химический состав петрохимических подгрупп гранитов 2-го этапа формирования  
Чашковско-Еланчиковского массива

Петро-хим. подгруппа	№ п/п; сред. значение; дисперсия	Оксиды, петрохимические модули														
		SiO <sub>2</sub>	TiO <sub>2</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	FeO	MgO	CaO	Na <sub>2</sub> O	K <sub>2</sub> O	q	c	α	f	n	al'
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17
XIII (n = 3)	1	72.71	0.12	15.76	0.09	0.75	0.46	2.10	3.80	3.75	0.77	0.16	0.65	0.50	0.61	12.12
	2	71.52	0.39	15.45	0.14	1.39	0.43	2.30	3.52	3.91	0.77	0.17	0.64	0.67	0.58	7.88
	3	71.31	0.33	15.18	0.37	1.65	0.68	2.07	3.71	3.75	0.75	0.16	0.67	0.64	0.60	5.62
	x	71.85	0.28	15.46	0.20	1.26	0.52	2.10	3.68	3.80	0.76	0.16	0.65	0.60	0.59	7.81
	S <sup>2</sup>	0.570	0.02	0.084	0.022	0.215	0.019	0.025	0.02	0.008						
XIV (n = 22)	4	70.66	0.25	15.58	0.30	1.79	0.74	1.86	3.90	3.70	0.75	0.14	0.67	0.62	0.62	5.50
	5	72.50	0.19	13.81	1.09	0.93	0.50	1.44	3.90	5.00	0.75	0.10	0.86	0.69	0.54	5.48
	6	71.59	0.31	14.27	0.21	1.58	0.80	1.58	4.00	5.00	0.76	0.11	0.84	0.54	0.55	5.51
	7	71.08	0.02	14.92	0.84	1.08	1.01	1.16	3.60	5.00	0.75	0.09	0.76	0.51	0.52	5.09
	8	70.95	0.40	14.75	0.07	1.91	0.32	1.34	3.92	5.15	0.75	0.10	0.81	0.79	0.54	6.41
	9	70.04	0.61	14.45	0.45	1.94	0.31	1.62	3.56	6.66	0.72	0.10	0.90	0.82	0.44	5.35
	10 (499)	71.59	0.21	15.13	1.25	1.40	0.26	1.48	5.60	2.70	0.75	0.10	0.80	0.78	0.76	5.2
	11 (486)	72.22	0.23	14.72	0.30	0.99	0.32	1.35	4.43	4.05	0.76	0.09	0.79	0.72	0.62	9.14
	12 (661)	71.44	0.61	13.43	1.19	0.89	0.50	0.90	3.30	5.90	0.76	0.06	0.88	0.68	0.45	5.20
	13 (661/1)	70.78	0.53	14.94	0.68	0.95	0.43	1.99	4.30	3.60	0.76	0.14	0.73	0.65	0.64	7.25
	14 (674)	73.26	0.40	13.44	0.86	0.65	0.19	0.86	3.70	5.20	0.78	0.06	0.87	0.80	0.52	7.90
	15 (675)	71.10	0.56	14.19	0.84	1.10	0.37	1.17	3.70	4.80	0.76	0.09	0.80	0.74	0.54	6.14
	16 (677)	70.18	0.77	13.91	1.72	1.22	0.52	1.21	4.00	4.70	0.74	0.08	0.84	0.76	0.56	4.02
	17 (639/1)	72.94	0.09	14.81	0.34	0.97	0.25	1.07	4.20	4.90	0.76	0.07	0.83	0.74	0.57	9.49
	18 (640)	70.19	0.36	15.40	1.19	1.45	0.57	1.98	4.10	3.60	0.74	0.14	0.69	0.73	0.63	2.06
19 (635)	72.10	0.13	13.73	0.57	1.19	0.20	1.35	3.40	6.00	0.76	0.09	0.89	0.82	0.48	7.0	

Продолжение табл. 6

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17
	20 (635/1)	70.86	0.26	14.10	0.90	1.08	0.51	1.58	4.00	5.60	0.74	0.10	0.90	0.68	0.52	5.66
	21 (660)	72.32	0.20	13.75	0.61	1.79	0.39	1.13	3.40	4.75	0.77	0.08	0.78	0.80	0.52	4.93
	22 (613)	70.46	0.18	14.38	1.22	1.22	0.40	1.34	3.85	4.80	0.75	0.09	0.80	0.75	0.55	5.06
	23 (659)	70.40	0.10	15.14	0.85	0.96	0.27	1.54	4.40	4.80	0.73	0.10	0.82	0.80	0.58	7.28
	24 (609/1)	71.40	0.21	13.31	1.50	1.56	0.43	1.32	3.70	4.70	0.75	0.09	0.85	0.79	0.54	3.81
	25 (644/1)	70.36	0.33	15.27	0.66	1.05	0.47	1.65	4.70	3.40	0.75	0.11	0.75	0.67	0.68	7.0
	x	71.39	0.39	14.42	0.75	1.26	0.48	1.38	4.00	4.73	0.76	0.09	0.82	0.70	0.56	5.79
	S <sup>2</sup>	0.94	0.044	0.455	0.191	0.133	0.042	0.095	0.114	0.864						
XV	26 (637)	71.35	0.13	14.30	0.61	1.21	0.32	1.09	4.60	5.80	0.78	0.06	0.97	0.68	0.54	6.68
XVI (n = 9)	27	76.75	0.12	12.39	0.33	0.86	0.38	1.71	2.50	4.92	0.81	0.14	0.75	0.65	0.43	7.89
	28	76.04	0.16	12.88	0.64	1.09	0.26	1.29	3.08	3.68	0.81	0.11	0.71	0.79	0.56	6.44
	29	76.00	0.16	12.88	0.32	1.16	0.36	1.20	3.44	3.84	0.88	0.10	0.76	0.69	0.58	7.0
	30	75.22	0.13	12.98	1.02	0.96	0.19	1.43	4.00	4.00	0.78	0.11	0.85	0.83	0.60	5.98
	31	74.02	0.18	14.09	0.74	0.86	0.28	1.29	3.82	2.40	0.81	0.12	0.62	0.75	0.71	7.49
	32	75.64	0.05	13.80	0.31	0.63	0.19	1.12	4.00	3.24	0.80	0.09	0.74	0.72	0.65	7.34
	33	75.05	0.08	14.56	0.09	0.86	0.56	1.40	3.81	3.16	0.80	0.12	0.66	0.48	0.64	9.64
	34	74.90	0.18	13.20	0.77	0.97	0.39	1.41	3.92	4.40	0.78	0.10	0.85	0.69	0.57	6.20
	35	74.05	0.04	14.86	0.07	0.66	0.16	1.57	3.82	3.32	0.80	0.13	0.66	0.71	0.63	16.69
	x	15.29	0.12	13.52	0.48	0.89	0.31	1.38	3.60	3.66	0.80	0.11	0.73	0.70	0.60	8.04
	S <sup>2</sup>	0.837	0.003	0.721	0.108	0.03	0.016	0.033	0.248	0.546						
XVII (n = 17)	36	76.80	0.12	12.30	0.43	1.02	0.36	0.44	2.92	3.76	0.83	0.04	0.71	0.69	0.54	6.79
	37	73.31	0.26	12.73	0.45	1.81	1.24	1.44	3.78	3.71	0.83	0.11	0.80	0.74	0.61	3.64
	38	75.09	0.10	12.48	0.30	0.74	1.20	0.70	3.68	5.00	0.77	0.05	0.91	0.32	0.53	5.57
	39	73.45	0.10	13.82	0.98	0.40	0.38	0.68	4.23	4.86	0.78	0.05	0.84	0.67	0.55	7.85

Продолжение табл. 6

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17
	40 (572)	76.08	0.14	11.96	0.94	1.56	0.33	0.82	5.10	2.00	0.79	0.06	0.88	0.80	0.79	4.23
	41 (547)	76.58	0.08	12.04	0.83	0.74	0.10	0.70	4.00	4.25	0.80	0.05	0.91	0.87	0.56	7.25
	42 (568)	76.58	0.08	12.03	0.57	0.99	0.15	0.74	4.20	4.30	0.79	0.05	0.95	0.83	0.59	7.03
	43 (195)	75.56	0.11	13.06	0.75	0.72	0.43	0.47	4.23	4.57	0.78	0.03	0.92	0.63	0.58	6.87
	44 (196/1)	76.77	0.10	12.65	0.99	0.73	0.11	0.38	3.93	3.57	0.81	0.03	0.81	0.88	0.63	6.91
	45 (202)	74.33	0.09	13.95	1.17	0.48	–	0.57	4.15	4.56	0.78	0.04	0.81	1.00	0.58	8.45
	46 (205)	76.95	0.12	11.72	1.25	1.26	0.16	0.38	2.90	4.32	0.81	0.04	0.81	0.89	0.50	4.39
	47 (206/1)	76.95	0.10	12.26	0.75	1.08	0.05	0.38	3.43	4.16	0.81	0.03	0.83	0.92	0.55	6.52
	48 (527)	75.12	0.14	12.84	0.06	1.25	0.18	0.95	2.80	5.90	0.79	0.07	0.86	0.79	0.42	8.62
	49 (527/1)	75.80	0.13	12.69	0.05	0.79	0.12	0.75	3.40	5.10	0.80	0.06	0.87	0.80	0.50	13.22
	50 (497)	75.08	0.17	12.95	0.58	1.46	0.18	0.87	4.05	4.60	0.77	0.06	0.90	0.85	0.57	5.83
	51 (508)	76.23	0.13	13.15	0.50	0.90	0.24	0.96	4.70	3.00	0.79	0.07	0.84	0.75	0.70	8.02
	52 (672)	74.44	0.20	13.60	0.68	1.79	0.17	1.03	5.20	1.50	0.79	0.09	0.75	0.89	0.84	5.15
	x	75.42	0.13	12.87	0.57	1.03	0.34	0.71	3.79	4.19	0.79	0.05	0.83	0.77	0.58	6.63
	S <sup>2</sup>	1.453	0.002	0.445	0.13	0.18	0.17	0.08	0.507	1.216						
XIV (n = 10)	53 (492)	73.18	0.16	14.15	0.28	1.10	0.29	1.07	3.97	4.80	0.77	0.08	0.83	0.73	0.55	8.47
	54 (496)	72.24	0.19	14.39	0.47	1.20	0.32	0.93	4.90	4.39	0.75	0.06	0.89	0.77	0.63	7.2
	55 (668/1)	72.56	0.45	14.35	0.83	0.71	0.36	1.05	3.70	4.70	0.77	0.08	0.78	0.70	0.54	7.55
	56 (669)	73.20	0.39	13.45	0.53	0.83	0.27	0.99	3.40	5.00	0.78	0.08	0.76	0.75	0.51	8.25
	57 (669/1)	70.60	0.35	13.93	0.71	1.91	0.41	0.95	3.40	4.90	0.76	0.07	0.78	0.77	0.51	4.6
	58 (620)	69.24	0.36	15.72	1.04	0.95	0.52	1.68	5.75	3.30	0.72	0.09	0.83	0.68	0.73	6.26
	59 (551)	72.54	0.13	14.29	0.36	1.29	0.34	1.10	3.80	5.05	0.73	0.08	0.82	0.73	0.53	7.15
	60 (601)	72.60	0.18	13.64	0.64	1.04	0.22	1.02	3.80	5.30	0.77	0.07	0.88	0.81	0.52	7.18
	61 (619/3)	69.82	0.34	15.74	0.91	1.07	0.60	1.72	5.15	3.30	0.73	0.11	0.77	0.65	0.70	6.1
	62 (643)	72.01	0.15	14.25	0.59	1.28	0.34	1.18	3.90	5.30	0.75	0.08	0.85	0.75	0.53	6.45
	x	72.35	0.31	14.05	0.56	1.15	0.33	1.00	3.87	4.76	0.77	0.07	0.81	0.74	0.55	6.89
	S <sup>2</sup>	2.313	0.016	0.722	0.151	0.288	0.015	0.115	0.747	0.572						

Продолжение табл. 6

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17
XVII (n = 2)	63 (669/2)	73.40	0.37	13.36	0.77	1.43	0.28	0.89	3.70	4.83	0.77	0.07	0.85	0.80	0.54	5.39
	64 (644)	74.03	0.13	14.15	0.69	0.60	0.25	0.96	3.00	4.50	0.80	0.08	0.69	0.67	0.52	9.19
	x	73.71	0.25	13.75	0.73	1.01	0.26	0.93	3.35	4.65	0.78	0.07	0.77	0.73	0.53	6.87
	S <sup>2</sup>	0.192	0.034	0.32	0.32	0.336	0.032	0.002	0.245	0.045						
XIII	65	72.77	0.18	14.23	0.86	1.20	0.19	1.46	2.82	4.16	0.79	0.13	0.64	0.87	0.50	6.32
XIV (n = 20)	66	73.10	0.13	14.56	0.26	1.11	0.26	1.07	3.67	4.78	0.78	0.08	0.77	0.78	0.54	8.93
	67	72.83	0.07	14.69	0.30	0.65	0.70	1.01	3.82	5.20	0.77	0.07	0.80	0.50	0.52	8.90
	68	72.04	0.28	14.32	0.68	0.97	0.54	1.19	4.00	5.00	0.76	0.08	0.84	0.68	0.55	6.54
	69	71.74	0.26	14.32	0.64	1.08	0.52	1.14	4.00	4.57	0.76	0.08	0.81	0.72	0.57	6.39
	70 (530)	71.64	0.20	14.56	0.36	1.48	0.32	1.07	3.40	4.50	0.77	0.08	0.72	0.79	0.53	6.74
	71 (491)	72.60	0.19	14.53	0.35	1.58	0.31	1.15	3.61	4.60	0.77	0.08	0.75	0.82	0.54	6.49
	72 (494)	72.97	0.16	14.10	0.58	0.92	0.36	0.91	4.24	4.70	0.76	0.06	0.86	0.69	0.58	7.58
	73 (489)	72.88	0.19	14.36	0.52	1.02	0.32	1.01	4.00	4.70	0.77	0.07	0.82	0.74	0.56	7.72
	74 (490)	72.81	0.21	14.35	0.44	1.27	0.32	1.02	4.05	4.75	0.76	0.07	0.82	0.77	0.56	7.07
	75 (667)	72.82	0.34	13.54	0.61	1.12	0.25	0.85	3.60	4.90	0.78	0.06	0.83	0.79	0.53	6.84
	76 (668)	71.74	0.35	13.56	0.52	2.27	0.31	0.89	3.40	4.50	0.77	0.07	0.78	0.84	0.53	4.37
	77 (634)	72.36	0.10	14.03	0.61	1.07	0.19	1.02	4.40	4.55	0.76	0.09	0.87	0.85	0.59	7.50
	78 (553)	72.00	0.18	14.21	0.64	0.96	0.40	1.43	4.10	4.85	0.76	0.09	0.84	0.68	0.56	7.10
	79 (554)	72.69	0.14	14.18	0.79	0.98	0.39	1.00	3.70	4.60	0.77	0.07	0.79	0.71	0.55	6.56
	80 (555)	72.16	0.15	14.22	0.55	1.57	0.35	1.08	3.20	5.15	0.77	0.08	0.77	0.76	0.48	5.76
	81 (624/1)	72.10	0.14	14.85	0.77	0.65	0.20	1.14	4.50	3.90	0.77	0.08	0.78	0.97	0.64	9.17
	82 (627)	72.44	0.12	14.19	0.70	0.86	0.21	1.03	3.30	5.10	0.78	0.08	0.77	0.79	0.49	8.01
	83 (628)	72.36	0.16	14.12	0.78	1.01	0.25	1.00	4.40	4.70	0.77	0.07	0.83	0.79	0.56	6.92
	84 (630)	73.10	0.17	14.10	0.62	0.83	0.24	1.03	3.60	5.15	0.78	0.07	0.81	0.79	0.51	8.34
	85 (632)	73.26	0.12	13.70	0.64	0.95	0.21	1.03	3.15	5.15	0.78	0.08	0.79	0.78	0.48	7.61
x	72.47	0.22	14.26	0.48	1.22	0.38	1.03	3.80	4.74	0.77	0.07	0.80	0.74	0.55	6.85	
S <sup>2</sup>	0.247	0.006	0.12	0.033	0.092	0.019	0.016	0.14	0.096							

Окончание табл. 6

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17
XV (n = 2)	86 (619/1)	70.42	0.11	15.15	0.49	0.77	0.21	1.01	4.00	7.20	0.73	0.06	0.95	0.76	0.46	10.31
	87 (550)	72.59	0.11	13.68	0.64	1.74	0.23	0.80	3.90	5.35	0.76	0.05	0.89	0.86	0.53	5.24
	x	71.50	0.11	14.42	0.56	0.75	0.22	0.90	3.95	6.28	0.74	0.06	0.92	0.81	0.49	9.42
	S <sup>2</sup>	2.376	0	1.066	0.013	0.0008	0.0002	0.02	0.005	1.73						
XVI (n = 4)	88	75.07	0.10	14.20	0.07	1.10	0.39	1.69	3.76	3.36	0.80	0.13	0.69	0.69	0.63	9.10
	89	75.00	0.12	13.73	0.54	0.49	0.20	1.15	3.62	3.21	0.81	0.10	0.68	0.67	0.63	11.16
	90	73.40	0.09	14.72	0.07	1.06	0.09	1.77	4.06	3.92	0.78	0.13	0.74	0.89	0.61	8.04
	91	73.38	0.13	13.85	0.19	1.08	0.70	1.58	3.60	4.80	0.77	0.12	0.80	0.57	0.53	7.03
	x	74.21	0.11	14.12	0.22	0.93	0.34	1.55	3.76	3.82	0.79	0.12	0.73	0.70	0.60	9.48
	S <sup>2</sup>	0.903	0.0003	0.197	0.049	0.087	0.071	0.076	0.045	0.198						
XVII (n = 8)	92 (529)	74.94	0.23	12.23	0.17	1.08	0.24	0.67	3.20	4.80	0.80	0.05	0.85	0.74	0.50	8.20
	93 (666)	73.94	0.30	13.55	0.53	1.20	0.24	0.86	3.70	4.90	0.79	0.06	0.84	0.80	0.53	6.88
	94	74.58	0.05	13.49	0.08	0.75	0.30	1.15	4.00	5.00	0.78	0.08	0.89	0.69	0.55	11.94
	95	74.50	0.10	13.80	0.21	0.97	0.58	1.13	3.84	4.88	0.78	0.08	0.84	0.58	0.54	7.0
	96	74.12	0.14	13.40	0.25	0.71	0.49	1.12	3.12	5.00	0.79	0.09	0.79	0.59	0.49	8.70
	97	73.86	0.20	13.72	0.24	1.25	0.58	1.13	3.60	5.00	0.77	0.08	0.83	0.64	0.52	6.63
	98	73.81	0.16	14.41	0.35	0.93	0.12	0.91	3.23	5.29	0.79	0.07	0.77	0.90	0.48	10.29
	99	73.42	0.19	14.08	1.23	0.95	0.66	0.96	3.00	4.16	0.76	0.08	0.67	0.70	0.52	4.96
	x	74.15	0.17	13.58	0.38	0.98	0.40	0.99	3.46	4.88	0.78	0.07	0.81	0.70	0.52	7.71
	S <sup>2</sup>	0.244	0.006	0.304	0.135	0.036	0.04	0.03	0.137	0.637						
XVIII	100	73.38	0.04	14.51	0.74	0.14	0.26	0.40	4.14	4.21	0.79	0.03	0.79	0.69	0.60	12.7

Пр и м е ч а н и е. 1–52 – биотитовые и лейкократовые гнейсограниты; 53–64 – двуслюдяные граниты; 65–100 – мусковитовые граниты.

Анализы 1–9, 27–39, 65–69, 88–100 из коллекций В. И. Юрецкого и др. (1982); остальные анализы – колл. Б. Н. Пермякова.

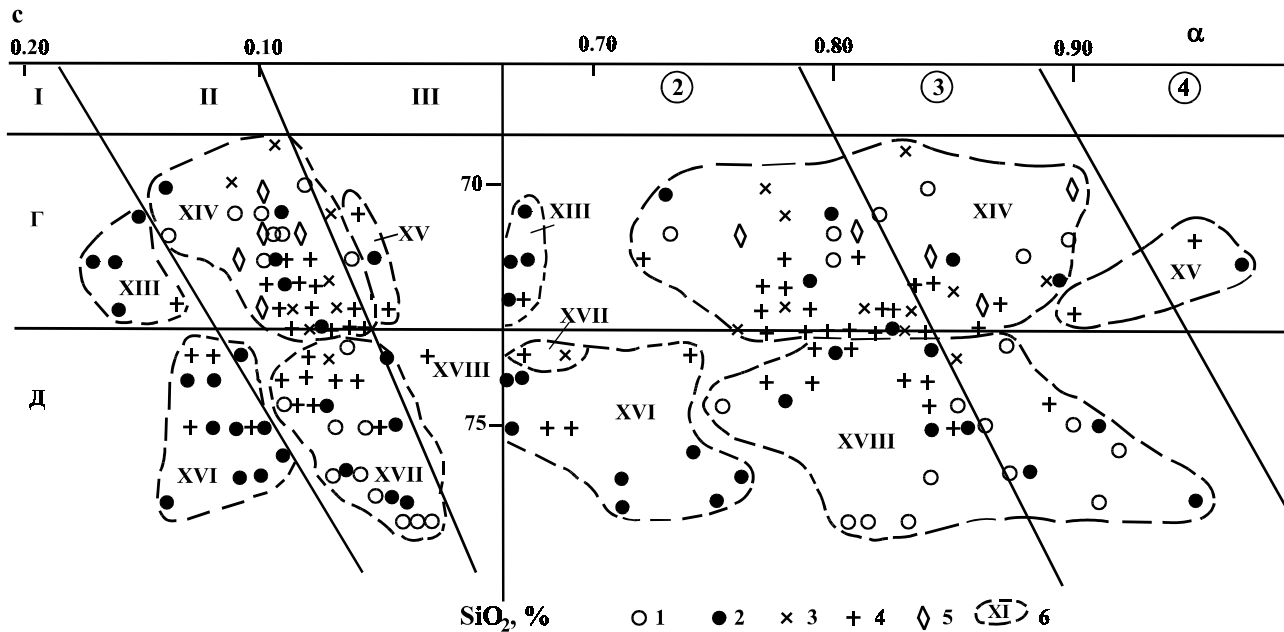


Рис. 42. Петрохимическая диаграмма  $c - SiO_2 - \alpha$  гранитов 2-го этапа формирования Чашковско-Еланчиковского массива. 1 – лейкократовые гнейсограниты и граниты, 2 – биотитовые гнейсограниты и граниты, 3 – двуслюдяные граниты, 4 – мусковитовые граниты, 5 – биотитовые гнейсограниты и граниты Кыштымского массива, 6 – ареал петрохимической подгруппы и ее номер. Цифровые и буквенные обозначения см. рис. 23.

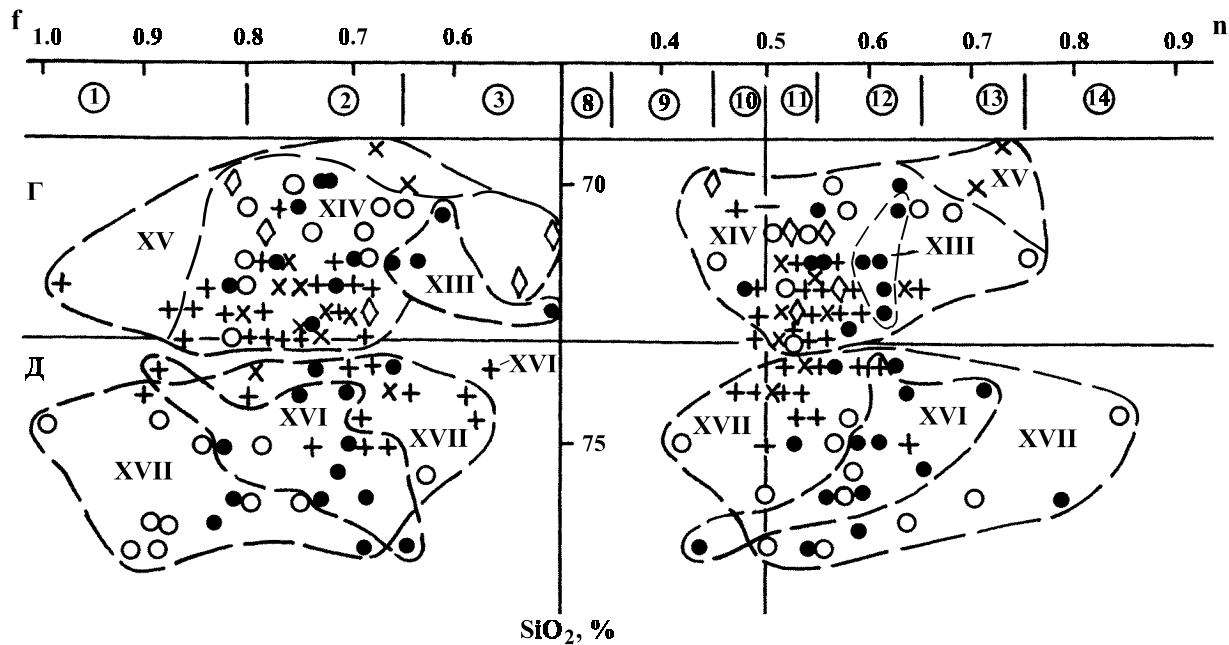


Рис. 43. Петрохимическая диаграмма  $f - \text{SiO}_2 - n$  гранитов 2-го этапа формирования Чашковско-Еланчиковского массива.

Условные обозначения см. рис. 42, цифровые и буквенные обозначения – рис. 23 и 24.

тами Южно-Еланчиковской апофизы, имеющими умеренную степень щелочности, низкую железистость и низконатриевый тип щелочности. Для этих гранитов характерны стабильные показатели величин известковистости, степени щелочности ( $\alpha = 0.64-0.67$ ) и типа щелочности ( $n = 0.61$ ). Некоторые вариации отмечаются только по степени железистости ( $f = 0.50-0.66$ ).

Описываемые граниты распространены в Южно-Еланчиковской апофизе в пределах эндоконтактовой зоны с плагиогнейсами еланчиковской толщи. По внешнему виду представляют собой породы мелко- и мелко-среднезернистой структуры, гнейсовидной текстуры, иногда содержащие тонкие параллельные прослойки, насыщенные биотитом.

*Подгруппа XIV* ( $c = 0.06-0.14$ ) объединяет субщелочные мелко- и среднезернистые лейкократовые и биотитовые граниты, развитие в северной части Чашковского выступа, а также мусковитовые и двуслюдяные граниты Южно-Еланчиковской апофизы. К этой же подгруппе относятся мелкозернистые биотитовые граниты Кыштымского массива.

Мусковитовые и двуслюдяные граниты отличаются от других вышеперечисленных разновидностей гранитов подгруппы XIV пониженной известковистостью ( $c = 0.06-0.09$ ), меньшими величинами степени щелочности ( $\alpha = 0.76-0.84$ ), повышенной железистостью ( $f = 0.70-0.82$ ) и повышенной калиевостью (калиево-натриевый тип,  $n = 0.51-0.57$ ). Мелкозернистые биотитовые граниты Кыштымского массива характеризуются более широким диапазоном величин степени щелочности (от умеренно до высокощелочных типов,  $\alpha = 0.76-0.90$ ), степени железистости (от низко- до высокожелезистых типов,  $f = 0.51-0.82$ ), но по типу щелочности сходны с мусковитовыми гранитами. Мелкозернистые биотитовые граниты Чашковского выступа обладают устойчивым низконатриевым уклоном ( $n = 0.59-0.65$ ), низкой и умеренной железистостью ( $f = 0.62-0.74$ ), пониженной степенью щелочности ( $\alpha = 0.67-0.79$ ) и заметными вариациями в величинах известковистости ( $c = 0.09-0.14$ ). Мелкозернистые лейкократовые гнейсовидные граниты, распространенные в Чашковском выступе и Южно-Еланчиковской апофизе характеризуются относительно широким диапазоном таких петрохимических показателей, как известковистость ( $c = 0.06-0.12$ ), степень щелочности ( $\alpha = 0.73-0.88$ ) и тип щелочности (от натриево-калиевого до низконатриевого типов,  $n = 0.45-0.63$ ).



### **Петрохимическая группа весьма высококремнекислых ассоциаций ( $\text{SiO}_2 > 73\%$ )**

*Подгруппа XVI* ( $c = 0.10\text{--}0.14$ ) представлена мелкозернистыми биотитовыми и, в меньшей мере, мусковитовыми гранитами, относящимися к известково-щелочному ряду и имеющими пониженную степень щелочности, умеренную железистость, калиево-натриевый и низконатриевый тип щелочности.

*Подгруппа XVII* ( $c = 0.03\text{--}0.10$ ) объединяет субщелочные мусковитовые и двуслюдяные граниты, мелкозернистые лейкократовые массивные граниты, а также мелкозернистые биотитовые граниты. Для последних характерны низкие показатели известковистости ( $c = 0.04\text{--}0.05$ ) и повышенная степень щелочности (границная область умеренно и высокощелочных типов,  $\alpha = 0.84\text{--}0.90$ ). По известковистости, степени щелочности и типу щелочности к биотитовым гранитам близки мелкозернистые лейкократовые гнейсовидные граниты, в то же время отличающиеся от биотитовых разновидностей более высокой железистостью ( $f = 0.80\text{--}0.95$ ).

Мусковитовые и двуслюдяные граниты имеют относительно стабильную известковистость ( $c = 0.06\text{--}0.09$ ), широкие вариации в степени щелочности ( $\alpha = 0.75\text{--}0.89$ ), низкую и умеренную железистость ( $f = 0.56\text{--}0.75$ ) и повышенную калиевость (преимущественно калиево-натриевый тип,  $n = 0.48\text{--}0.58$ ). Для лейкократовых массивных гранитов также характерны заметные колебания величин практически всех петрохимических параметров.

В отличие от гранитоидов-1, граниты-2 слабо дифференцированы по кремнекислотности и представлены только двумя петрохимическими группами: высококремнекислой ( $\text{SiO}_2 = 70\text{--}73\%$ ) и весьма высококремнекислой ( $\text{SiO}_2 = 73.5\text{--}76.6\%$ ). Рассматриваемые граниты сходны с аналогичными петрохимическими группами гранитоидов-1 по известковистости (известково-щелочные и субщелочные ассоциации), степени щелочности (умеренный и высокощелочной типы), степени железистости (существенно железистая серия,  $f > 0.50$ ) и типу щелочности (преимущественно натриевый уклон). Однако, для некоторой части гранитов-2 характерна пониженная натровость (калиево-натриевый тип), что отмечается в мусковитовых, двуслюдяных и лейкократовых гнейсовидных гранитах.

### **3.4. Геохимические особенности**

По содержанию и распределению ряда элементов-примесей разновидности гранитов-2 во многом близки, но фиксируются, также, и некоторые их геохимические отличия (табл. 7, рис. 44).

Таблица 7

Содержание элементов-примесей (г/т) в гранитах 2-го этапа формирования Чашковско-Еланчиковского массива

№ п.п	№ пробы	Элемент															
		Cr	V	Ti	Cu	Zn	Pb	As	Sr	Ba	Ga	Y	Zr	Rb	Nb	Rb/Sr	Sr/Ba
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18
1	486	–	6	1492	–	24	29	8	416	–	18	–	123	154	10	0.32	–
2	635	–	–	2407	–	42	54	–	337	–	23	–	65	176	9	0.52	–
3	639/1	–	–	2720	35	25	72	8	230	–	–	15	50	141	11	0.61	–
4	659	–	–	1247	–	46	85	5	458	–	18	–	97	163	15	0.35	–
5	691	78	83	3714	144	95	25	–	703	1310	–	–	435	142	16	0.20	0.54
6	695	–	–	561	100	56	48	7	21	345	–	15	68	271	23	12.9	0.06
7	708/2	–	12	358	170	35	50	–	8	–	–	5	38	173	8	21.6	–
8	740	53	24	1047	65	44	–	7	368	573	27	–	75	127	17	0.34	0.64
9	746/3	–	29	522	128	23	–	9	344	651	–	–	33	138	–	0.4	0.53
10	784	49	–	607	83	60	24	–	60	–	–	8	195	184	15	3.1	–
11	786/1	39	73	2250	107	29	–	13	677	113	–	–	159	118	–	0.17	0.6
12	792/2	61	32	937	156	41	47	–	60	550	13	13	300	170	14	2.8	0.1
13	797	46	13	507	196	86	–	5	24	310	29	13	210	117	15	4.9	0.07
14	832	–	30	2310	134	53	–	12	333	82	–	10	212	118	12	0.35	0.41
15	839/1	56	34	760	73	34	32	9	257	620	27	–	60	127	–	0.49	0.41
16	842	67	20	610	95	20	–	5	63	357	–	8	141	181	12	2.9	0.18
17	848	52	51	2586	166	85	30	–	780	883	33	–	150	100	12	0.13	0.88
18	848/1	52	56	2270	203	83	–	–	763	905	50	–	174	96	–	0.12	0.84
19	864/1	–	31	760	11	39	35	–	326	627	30	6	97	127	12	0.39	0.52

Продолжение табл. 7

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18
20	869	–	32	970	140	66	39	–	115	655	–	25	365	160	15	1.39	0.17
21	878	107	28	780	120	38	16	11	242	390	13	–	104	132	12	0.54	0.62
22	195	–	–	1050	6	5	20	7	13	–	7	23	273	144	14	11	–
23	196/1	–	–	886	–	52	10	6	3	1	9	15	145	142	21	47	3
24	197	1	2	1510	28	50	29	3	2	–	13	11	155	156	17	78	–
25	198	–	2	1090	21	37	8	5	42	–	14	18	127	113	18	2.7	–
26	202	–	–	1236	13	28	20	–	61	–	16	12	115	147	18	2.4	–
27	205	7	6	2564	52	40	20	–	22	–	13	31	147	150	16	6.8	–
28	206/1	6	3	2200	23	48	26	–	7	–	7	16	141	165	21	23.6	–
29	602	–	–	1390	31	24	34	10	23	–	37	32	119	314	34	13.6	–
30	623	–	–	3680	–	98	31	–	26	–	–	10	292	26	9	1.0	–
31	684/1	44	37	720	57	63	27	3	597	756	15	–	62	95	9	0.16	0.79
32	702	62	–	229	99	43	104	–	140	–	48	–	29	155	12	1.1	–
33	708	–	19	407	195	36	25	7	11	–	–	–	127	171	9	15.5	–
34	710	75	16	407	133	–	10	9	13	–	–	16	178	139	14	10.7	–
35	792/1	–	12	627	176	41	–	10	36	–	18	14	205	162	20	4.5	–
36	792/3	40	13	589	111	78	–	–	18	312	–	8	257	159	14	8.8	–
37	800	55	15	667	197	–	–	–	28	–	–	14	226	181	19	6.46	–
38	700/2	53	17	5860	110	78	59	–	399	75	–	–	87	133	–	0.33	0.53
39	808	60	23	1790	133	77	–	5	145	973	16	25	335	141	21	1	0.15
40	826	–	16	588	172	57	32	–	49	440	–	23	218	149	17	3.04	0.11
41	827	56	–	591	158	58	36	–	5	–	–	–	155	121	9	24	–

Продолжение табл. 7

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18
42	828	–	–	569	95	48	–	4	35	312	–	17	306	117	18	3.3	0.11
43	876	–	34	958	126	63	21	–	51	658	–	16	315	162	18	3.18	0.08
44	508	–	–	1580	60	40	30	–	283	–	23	–	103	158	12	0.56	–
45	635/1	–	–	2870	–	33	54	9	248	–	13	–	195	198	10	0.8	–
46	635/2	–	–	3810	–	10	43	10	185	–	49	–	146	170	12	0.92	–
47	660	–	–	3760	–	163	64	–	632	–	43	–	130	153	17	0.24	–
48	700/2	53	17	590	110	78	59	–	400	750	–	–	87	133	–	0.33	0.53
49	762	40	20	700	86	30	29	–	357	350	20	–	57	37	7	0.1	1
50	762/1	43	24	440	96	–	53	8	254	400	–	–	25	120	–	0.47	0.63
51	793/3	–	–	550	160	37	–	7	82	–	19	8	200	155	12	1.9	–
52	798	48	23	520	44	24	32	–	120	410	–	22	142	120	12	1	0.29
53	807	42	15	580	152	56	35	–	4	350	20	–	200	143	10	36	0.01
54	821	55	16	450	137	37	34	–	13	–	–	–	180	154	15	12	–
55	824	92	18	674	210	85	–	–	15	–	19	1.0	468	143	15	9.5	–
56	572	–	–	1516	40	23	–	10	41	–	24	16	109	93	15	2.27	–
57	613	–	–	3510	–	62	33	6	130	–	18	5	122	194	9	1.49	–
58	615	5	–	2700	–	72	41	–	110	–	22	7	114	181	16	1.6	–
59	783	71	17	466	101	26	14	–	30	–	–	9	121	92	7	3	–
60	785/3	–	51	2150	134	72	–	12	426	843	16	10	136	100	18	0.23	0.5
61	796	50	30	975	162	43	–	9	59	450	24	19	263	195	17	3.3	0.13
62	831	–	31	974	134	51	–	6	49	596	17	14	221	170	17	3.47	0.08
63	834	–	37	1105	151	64	34	–	42	514	–	11	237	193	18	4.6	0.08

Продолжение табл. 7

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18
64	497	–	–	2184	–	–	33	8	56	–	–	17	193	180	18	3.2	–
65	499	–	–	2464	–	71	39	–	360	–	430	–	97	120	17	0.33	–
66	813	–	15	526	117	49	28	–	1	–	–	10	120	195	15	195	–
67	816/1	70	22	491	194	54	–	–	7	–	–	10	190	164	12	23	–
68	701/1	56	13	277	66	42	90	–	177	–	26	31	159	131	9	0.74	–
69	706/1	64	27	1100	153	76	23	–	60	570	34	140	284	80	13	1.33	0.1
70	719/1	65	–	1266	89	48	31	–	163	577	–	12	156	148	26	0.9	0.28
71	817	54	23	607	77	59	–	–	42	–	–	–	210	133	–	3.17	–
72	825	42	15	556	157	45	31	–	7	–	33	18	142	177	2	25.3	–
73	865	79	16	548	119	54	29	–	19	420	–	–	148	147	–	7.73	0.04
74	882	53	20	555	160	37	43	–	98	385	–	–	144	125	–	1.3	0.25
75	527	–	–	–	–	34	77	–	31	–	16	21	86	321	24	10.3	–
76	792	–	20	551	127	51	25	6	83	–	21	7	185	149	10	1.9	–
77	805	46	32	620	115	56	30	9	53	344	–	13	223	189	12	3.6	0.15
78	810	62	16	500	142	34	20	–	30	454	–	18	149	153	15	3.1	0.06
79	527/1	–	–	2500	–	28	50	12	28	–	18	15	100	300	23	10.7	–
80	592	–	–	3140	–	37	14	9	82	–	–	10	210	174	16	2.1	–
81	593	–	–	2810	–	75	21	–	79	–	35	15	273	166	19	2.1	–
82	597	–	–	2950	–	39	27	6	65	–	–	15	230	197	15	3	–
83	598	–	–	3650	–	20	13	12	52	–	–	27	412	204	19	3.9	–
84	609/1	–	–	4890	–	–	19	7	113	–	–	14	167	223	23	2	–
85	703/1	66	54	1030	187	375	84	6	163	850	18	23	303	130	8	0.8	0.19

Продолжение табл. 7

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18
86	747/3	46	18	980	94	37	35	–	38	–	17	12	82	185	21	4.9	–
87	748	54	25	1190	130	25	42	–	55	450	–	8	134	197	19	3.6	0.12
88	770	–	–	520	160	25	37	–	25	–	18	6	76	236	23	9.4	–
89	787	–	34	1010	110	80	–	–	264	530	–	7	183	116	10	0.44	0.5
90	823	75	40	890	130	63	–	9	73	590	–	13	160	190	16	2.6	0.12
91	795	–	34	1140	90	48	32	–	51	660	–	21	283	172	19	3.4	0.08
92	492	–	–	1785	–	84	43	–	115	–	37	–	78	288	22	2.5	–
93	496	–	–	2800	–	60	34	8	120	–	25	–	106	284	21	2.4	–
94	551	–	–	1800	–	25	27	6	120	–	18	–	67	240	17	2	–
95	620	10	10	5060	43	37	30	–	814	–	23	–	130	132	–	0.16	–
96	631	–	–	2540	–	95	40	–	84	–	–	–	100	270	17	3.2	–
97	637	–	–	1230	33	53	60	5	157	9	14	3	67	170	10	1.1	17.4
98	640	–	–	4850	–	85	28	–	270	–	32	–	194	178	15	0.65	–
99	643	–	–	2690	56	74	73	–	195	–	46	5	124	164	13	0.84	–
100	662	–	–	2130	79	68	40	6	422	–	30	–	66	173	10	0.41	–
101	668/1	–	–	2660	–	65	44	8	140	–	–	–	76	242	21	1.73	–
102	669	–	–	2680	–	39	31	6	105	–	18	–	68	220	17	2.1	–
103	669/1	–	–	3430	37	92	41	6	100	–	34	–	65	230	17	2.3	–
104	669/2	–	–	3510	–	–	36	–	114	–	–	–	64	180	10	1.58	–
105	728	75	–	710	88	63	33	–	72	380	42	–	67	217	17	3	0.19
106	729/2	–	19	730	117	130	40	–	68	350	14	–	67	197	13	2.9	0.19

Продолжение табл. 7

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18
107	734	48	14	770	104	95	36	–	73	370	–	–	67	188	13	2.57	2
108	738	73	–	730	83	–	46	–	82	450	19	–	60	206	16	2.5	0.18
109	742	42	13	310	75	117	39	–	34	–	32	–	33	213	15	6.3	–
110	744	47	25	870	110	115	30	6	90	410	–	–	65	193	16	2.14	0.22
111	747	42	17	470	138	48	30	13	30	–	–	39	71	230	30	7.7	–
112	767/1	20	30	1020	40	50	60	–	315	–	32	–	93	116	10	0.37	–
113	768	10	44	1090	120	43	–	8	564	750	32	–	70	102	–	0.18	0.75
114	772	–	30	730	120	30	47	6	377	520	–	–	43	102	–	0.27	0.72
115	775/1	34	37	820	110	30	18	7	513	590	–	–	60	90	–	0.17	0.87
116	779/1	47	20	535	150	40	56	–	260	530	26	–	31	157	12	0.6	0.5
117	779/3	58	45	875	98	65	46	–	455	665	24	–	72	130	8	0.29	0.68
118	489	–	–	2980	–	19	16	10	123	–	25	–	100	295	20	2.4	–
119	490	–	–	2450	–	48	31	–	124	–	–	–	100	286	20	2.3	–
120	491	–	–	2300	53	29	24	7	130	–	34	–	115	285	20	2.2	–
121	494	–	–	2780	66	67	29	–	94	–	41	–	60	246	23	2.6	–
122	529	–	–	1920	42	32	45	10	51	–	24	39	83	350	33	6.9	–
123	530	–	–	2700	–	74	22	4	130	–	51	–	104	267	19	2.05	–
124	550	–	–	3710	–	45	15	–	70	–	23	–	82	300	18	4.3	–
125	553	6	–	2100	54	68	10	10	120	–	18	–	80	260	22	2.2	–
126	554	–	–	1990	–	128	38	10	120	–	–	–	100	286	17	2.4	–
127	555	6	–	4110	47	56	19	6	113	–	20	–	110	300	20	2.65	–
128	618a	–	–	160	–	30	–	–	210	–	13	55	290	9	12	0.04	–

Продолжение табл. 7

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18
129	619/3	–	–	1660	–	36	27	5	770	6	22	–	125	130	7	0.17	128
130	624/1	–	–	2740	–	–	44	–	420	–	–	–	80	173	8	0.4	–
131	627	–	–	2000	–	82	47	–	90	–	29	–	64	285	22	3.17	–
132	628	–	–	3380	–	32	57	–	110	–	13	–	78	280	–	2.54	–
133	630	–	–	1870	–	75	25	–	90	–	48	–	80	250	22	2.8	–
134	632	–	–	3010	–	95	36	6	120	–	–	–	76	270	18	2.2	–
135	634	–	–	1790	–	90	48	–	67	–	40	–	50	240	21	3.6	–
136	666	–	–	1930	40	253	50	–	107	–	30	–	80	247	19	2.3	–
137	667	–	–	3390	–	132	40	–	110	–	37	6	60	223	18	2	–
138	668	–	–	1240	–	66	50	–	90	–	20	4	53	240	20	2.7	–
139	686	–	4	290	64	30	16	–	24	–	12	6	25	110	24	4.6	–
140	686/1	44	13	420	143	73	48	–	398	390	26	–	60	68	12	0.17	1
141	687	50	36	870	45	–	40	–	480	830	16	–	64	127	8	0.26	0.58
142	690/1	46	32	930	112	114	–	9	490	890	24	–	137	115	–	0.24	0.55
143	692	82	14	730	95	63	35	4	87	450	22	–	83	216	13	2.48	0.19
144	699	93	26	960	100	58	25	–	142	580	–	–	104	222	21	1.6	0.24
145	703	60	26	880	100	40	49	–	67	460	13	15	250	140	15	2.1	0.14
146	721	70	34	950	120	29	–	–	110	500	26	–	96	197	16	1.8	0.2
147	722	40	23	1040	55	123	36	7	126	490	22	–	82	240	18	1.9	0.26
148	723	60	25	1060	137	71	–	–	75	480	–	–	75	255	19	3.4	0.16
149	723/1	42	27	940	142	75	46	–	87	420	25	–	84	264	18	3	0.21
150	723/2	47	25	810	90	52	35	–	92	390	15	–	75	253	15	2.75	0.23



Окончание табл. 7

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18
151	724	52	32	960	135	18	82	–	126	580	–	–	92	230	17	1.8	0.22
152	730	75	–	350	156	67	27	–	46	–	–	–	42	196	11	4.3	–
153	731	–	–	560	128	48	28	–	44	–	22	–	50	217	16	4.9	–
154	733	62	15	610	110	110	–	–	45	–	30	–	58	224	13	5	–
155	736	–	–	390	162	134	52	–	32	–	–	–	23	240	19	7.5	–
156	737	57	–	650	100	70	40	–	45	–	–	–	56	210	16	4.7	–
157	739	–	–	410	123	53	43	–	50	–	–	–	38	194	17	3.9	–
158	741	48	22	900	125	148	63	–	120	480	36	–	72	250	18	2.1	0.25
159	745/2	–	19	860	65	65	32	–	100	430	–	–	76	214	18	2.1	0.23
160	746	50	38	740	142	47	20	–	456	660	–	–	53	80	8	0.17	0.69
161	750	50	36	1540	100	70	24	8	580	1080	–	–	195	123	–	0.21	0.53
162	755/1	42	38	650	80	36	–	10	390	740	–	–	80	110	–	0.28	0.53
163	756	42	21	760	64	–	49	–	300	440	–	–	104	117	7	0.39	0.68
164	757	–	17	620	64	–	49	–	300	460	–	–	104	117	7	0.39	0.65
165	759	62	19	930	108	55	–	–	90	440	–	–	80	240	14	2.7	0.2
166	761	100	50	2080	86	34	–	6	265	710	–	–	233	120	18	0.45	0.37
167	765	29	27	820	93	37	35	–	90	–	13	–	76	210	19	2.3	–
168	766/1	103	27	930	89	31	–	–	97	–	–	–	85	226	17	2.3	–
169	774	–	20	810	156	55	29	–	94	–	16	–	75	240	15	2.5	–

Примечание. 1–92 – биотитовые и лейкократовые гнейсограниты; 93–118 – двуслюдяные граниты; 119–170 – мусковитовые граниты.

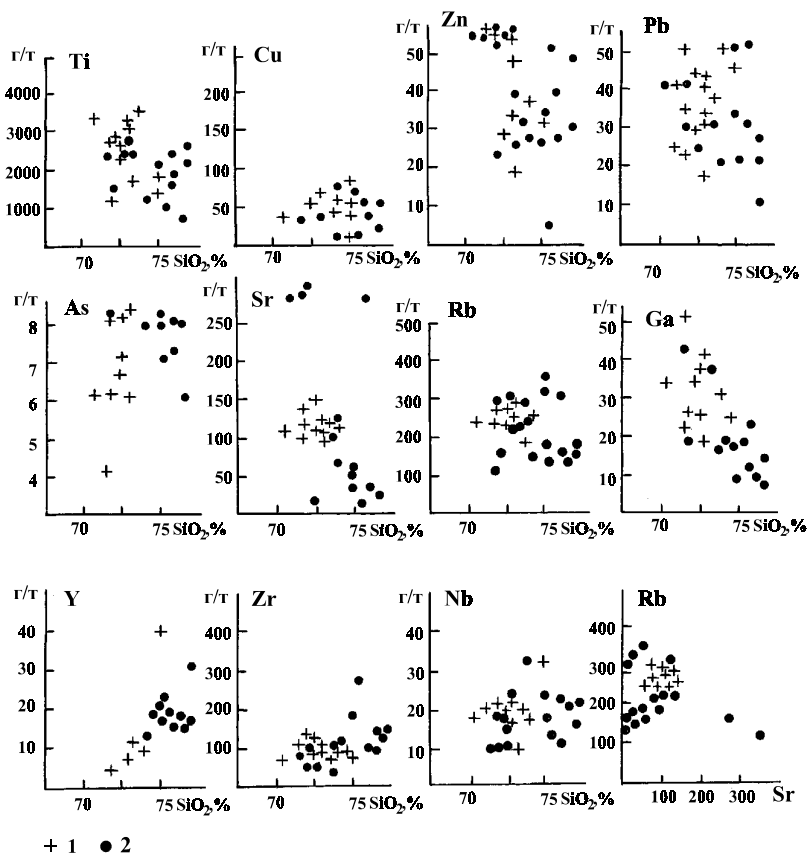


Рис. 44. Распределение рудных и редких элементов в гранитах 2-го этапа формирования Чашковско-Еланчиковского массива.

1 – двуслюдяные и мусковитовые граниты, 2 – биотитовые и лейкократовые гнейсограниты и граниты.

*Титан.* Биотитовые и лейкократовые граниты, по сравнению с мусковитовыми и двуслюдяными гранитами, несколько обеднены титаном (1000–2500 против 1500–3500 г/т). Более высокие содержания этого элемента в мусковитовых и двуслюдяных гранитах объясняются, по-видимому, их пониженной кремнекислотностью ( $\text{SiO}_2 = 70\text{--}71\%$ ), тогда как биотитовые граниты содержат кремнезем в количестве 72–76.5%. В целом для гранитов 2-го этапа характерны такие же концентрации титана, как и для гранитоидов 1-го этапа.

*Медь* присутствует в мусковитовых и двуслюдяных гранитах в кларковом и вышекларковом количествах (40–75 г/т). Минимальные содержания меди (10–15 г/т) фиксируются в высококремнекислых биотитовых гнейсогранитах, хотя некоторая часть из них концентрирует этот элемент на вышекларковом уровне (50 г/т), т. е. на таком же уровне, как и порфиробластовые высококремнекислые гнейсограниты 1-го этапа.

*Цинк*. Подавляющее большинство проанализированных разновидностей гранитов-2 характеризуются нижекларковым уровнем накопления цинка. Кларковый уровень этого элемента (60–80 г/т) отмечается в двуслюдяных, мусковитовых и биотитовых гранитах пониженной кремнекислотности ( $\text{SiO}_2 = 70\text{--}72.5\%$ ).

*Свинец* в количестве 20–50 г/т фиксируется во всех фациях гранитов. В отличие от гранитоидов-1, рассматриваемые граниты обладают более высоким уровнем накопления этого элемента, превышающим кларк, при этом среднее содержание свинца в двуслюдяных и мусковитовых гранитах почти в 1.5 раза выше, чем в биотитовых гранитах.

*Мышьяк*. По содержанию мышьяка граниты 1-го и 2-го этапов близки. В биотитовых гнейсогранитах количество мышьяка более высокое (8–10 г/т), чем в двуслюдяных и мусковитовых гранитах (4–9 г/т). Концентрации мышьяка во всех разновидностях гранитов-2 превышают кларк, достигая специализированных значений.

*Стронций* обычно содержится в нижекларковых количествах, при этом, в двуслюдяных и мусковитовых гранитах уровень накоплений этого элемента значительно выше (100–150 г/т), чем в биотитовых гнейсогранитах (10–50 г/т), хотя в отдельных пробах гнейсогранитов количество стронция достигает 280 г/т.

*Рубидий* содержится на кларковом уровне (150–350 г/т). Двуслюдяные и мусковитовые граниты имеют относительно стабильную концентрацию рубидия (220–280 г/т), тогда как в биотитовых гранитах отмечаются более широкие вариации в содержании этого элемента – от 100 до 350 г/т.

Величина Rb/Sr – отношения (см. рис. 44) свидетельствует о явном преобладании рубидия над стронцием, характерном для коровых гранитоидов. Для некоторой части биотитовых гнейсогранитов пониженной кремнекислотности ( $\text{SiO}_2 = 70\text{--}72\%$ ) отмечается обратное соотношение рубидия и стронция, обусловленное, вероятно, образованием гнейсогранитов за счет субстрата повышенной основности.

*Галлий.* Повышенные содержания галлия (20–50 г/т) характерны для мусковитовых и двуслюдяных гранитов. Биотитовые гнейсограниты обеднены этим элементом (обычно 10–20 г/т), причем наиболее низкие содержания отмечаются в гнейсогранитах повышенной кремнекислотности ( $\text{SiO}_2 = 74\text{--}77\%$ ). В целом концентрации галлия в гранитах-2 более высокие, чем в гранитоидах-1.

*Иттрий* содержится в нижекларковых количествах и практически в тех же пределах (5–35 г/т), что и в гранитоидах 1-го этапа. Двуслюдяные и мусковитовые граниты имеют более широкий диапазон величин накопления иттрия, чем биотитовые гнейсограниты, в которых концентрации этого элемента находятся в пределах 15–25 г/т.

*Цирконий* содержится в кларковом и нижекларковом количествах, причем биотитовые гнейсограниты повышенной кремнекислотности ( $\text{SiO}_2 = 73\text{--}77\%$ ) обладают более высокими концентрациями циркония (100–200 г/т), тогда как в мусковитовых и двуслюдяных гранитах содержание этого элемента не превышает 120 г/т. По сравнению с гранитоидами 1-го этапа, граниты-2 обеднены цирконием в 2–2.5 раза.

*Ниобий* почти во всех разновидностях гранитов-2 содержится на кларковом уровне, хотя в целом его концентрации, в отличие от гранитоидов-1, несколько повышены (примерно на 5 г/т).

Сопоставляя геохимические особенности гранитоидов разных этапов формирования Чашковско-Еланчиковского массива, можно отметить очень много общих черт в накоплении и характере распределения микроэлементов. Для гранитоидов 1-го и 2-го этапов присущи пониженные концентрации элементов-примесей, причем резко выраженных изменений в содержании и поведении большинства микроэлементов в процессе гранитообразования не фиксируется. С некоторой долей условности можно констатировать уменьшение количества Cu, Ti, Zn, Zr в гранитоидах-1 по мере возрастания степени их кремнекислотности; в гранитах-2 при увеличении содержаний кремнезема происходило понижение уровня накопления Ti, Cu, Sr, Ga, а также Zn, As, Y, Zr.

## Глава 4. ЖИЛЬНЫЕ ГРАНИТЫ И ГРАНИТНЫЕ ПЕГМАТИТЫ

### 4.1. Взаимоотношения с вмещающими породами

В пределах Чашковско-Еланчиковского массива выделяются две протяженные зоны жильных гранитных образований, представленных мелкозернистыми, мелко-среднезернистыми лейкократовыми и биотитовыми гранитами, пегматитами, пегматоидными гранитами и аплитами. Первая зона протягивается в субмеридиональном направлении от северо-восточного борта долины р. Миасс, далее на юго-юго-восток через водораздел оз. Ильменское – Миасский пруд в район сочленения Чашковского и Южно-Еланчиковского гранитных выступов. Вторая зона жильных гранитов и гранитных пегматитов приурочена к северному контакту Южно-Еланчиковской апофизы с плагиогнейсами еланчиковской толщи.

В северной части Чашковского выступа распространены преимущественно гранитные жилы, пространственно тяготеющие к крупному выходу мелкозернистых биотитовых гнейсовидных гранитов, особенно к контактовым частям этого тела. На северо-восточном борту долины р. Миасс проявлен активный контакт инъекций мелкозернистых гранитов-2 в порфиробластовые биотитовые гнейсограниты-1 (см. рис. 40а). В отличие от самого гранитного тела, в жильных инъекциях развиты мелкозернистые лейкократовые граниты массивной текстуры, содержащие редкие вкрапленники розового полевого шпата. Мощность жильных инъекций колеблется от 10 до 30 м, протяженность – от 500 до 1000 м. Границы их слабо извилистые, резкие и ориентированы согласно с линейными текстурами порфиробластовых гнейсогранитов. На водоразделе оз. Ильменское – Миасский пруд развита серия гранитных жил север-северо-западного направления, залегающих в порфиробластовых биотитовых гнейсогранитах-1 (рис. 45). Простираение линейности порфиробластовых гнейсогранитов плавно изменяется от северо-восточного на юге участка до северо-западного в его северной части. Здесь зафиксировано шесть параллельно расположенных между собой жил мелкозернистых гранитов со слабо выраженной гнейсовидностью, состоящих из плагиоклаза 40–45, калиевого полевого шпата 20–25, кварца 25, биотита 10–15 %. Ширина гребневидных выходов

Рис. 45. Серия гранитных жил в порфиробластовых гнейсогранитах 1-го этапа формирования Чашковско-Еланчиковского массива (северная часть Чашковского выступа, схематический план).

Условные обозначения см. рис. 16.

жильных тел колеблется от 2 до 5 м, расстояние между ними не превышает 10 м. Учитывая плавное изменение линейности порфиробластовых гнейсогранитов, жилы частично имеют косо-секущее положение (особенно на их южном окончании) к структуре вмещающих пород.

Контакты жильных гранитов с порфиробластовыми гнейсогранитами четкие, резкие, преимущественно согласные.

Эндоконтактовые изменения выражены в образовании зон аплитовидных гранитов мощностью 2–10 см вблизи границы с вмещающими породами (рис. 46).

Юго-восточнее охарактеризованного выше участка среди порфиробластовых биотитовых гнейсограносиенитов распространены жилы мелкозернистых лейкократовых гранитов, имеющие субмеридиональное направление и мощность 10–20 м. Развиты и более маломощные жилы (30–50 см), в которых отмечаются следующие контактовые изменения (рис. 47). Центральная часть жилы сложена мелкозернистыми лейкократовыми массивными гранитами, переходящими на контакте в неравномернозернистые мелко-среднезернистые биотитовые граниты с нечетко проявленной гнейсовидностью, ориентированной параллельно контакту.

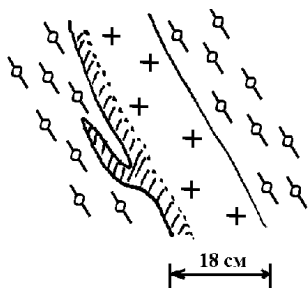
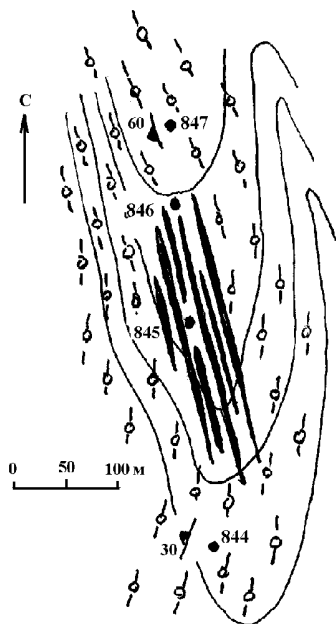


Рис. 46. Аплитовая оторочка на контакте гранитной жилы в порфиробластовых гнейсогранитах (северная часть Чашковского выступа, т. н. 846).

Условные обозначения см. рис. 16.



Рис. 47. Зональный характер жилы гранитов в гнейсограносиенитах 1-го этапа формирования Чашковско-Еланчиковского массива (водораздел оз. Ильменское – Миасский пруд, т. н. 850).  
Условные обозначения см. рис. 16.

Ширина эндоконтактных зон колеблется от 3 до 8 см. Переход лейкогранитов к биотитовым гранитам краевых частей жил относительно резкий, но граница самой жилы с вмещающими порфиробластовыми гнейсограносиенитами слегка расплывчатая,

причем с одной стороны жилы непосредственно на контакте с гнейсограносиенитами развит согласный полевошпатовый прожилок мощностью 1–2 см.

В западном борту урочища Каменный Брод (рис. 48, т. н. 841) в линзовидно-полосчатых биотитовых мигматитах распространены секущие жилы гранитов мощностью до 1 м. Жилы сложены мелкозернистым лейкократовым гранитом массивной текстуры. В эндоконтакте с мигматитами в жилах развиты маломощные (1–2 см) зонки среднезернистого пегматоидного гранита со слабо извилистыми границами. Секущий контакт самой жилы с мигматитами весьма резкий.

В районе юго-восточной окраины старой части г. Миасса в порфиробластовых биотитовых гнейсогранитах наблюдаются многочисленные согласные и секущие жилы мелкозернистых нечетко порфировидных лейкократовых гранитов мощностью от 20 до 50 см (рис. 49). Порфировидные выделения таблитчатой

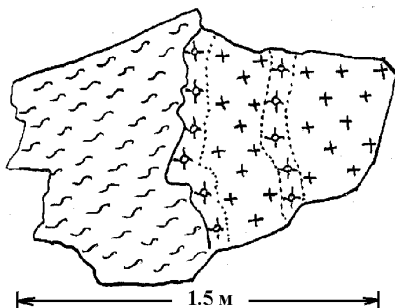


Рис. 48. Секущий контакт гранитной жилы в линзовидно-полосчатых мигматитах (западный борт урочища Каменный Брод, т. н. 841).  
Условные обозначения см. рис. 16.

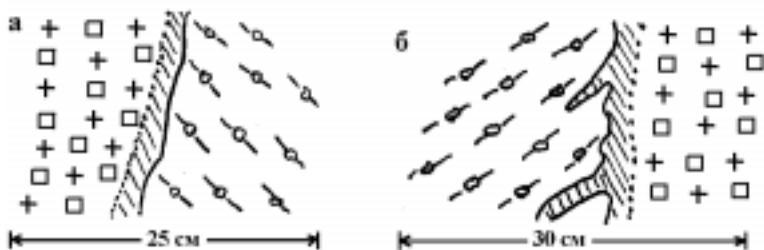


Рис. 49. Характер контактов гранитных жил в порфиробластовых гнейсогранитах 1-го этапа формирования Чашковско-Еланчиковского массива (юго-восточная окраина старой части г. Миасса, т. н. 513, 546, 547).

Пояснение в тексте, условные обозначения см. рис. 16.

формы размером  $3 \times 4$  мм представлены желтовато-розовым калишпатом и неравномерно распределены в основной массе жильных гранитов. Количество вкрапленников полевого шпата не превышает 15 %. Простираение жил север-северо-западное ( $350^\circ$ ), направление линейных текстур вмещающих порфиробластовых гнейсогранитов такое же, т. е. по простираению жилы имеют согласное залегание, но в то же время являются секущими по падению (гнейсовидность во вмещающих породах падает под углом  $70^\circ$ , падение контактов жил близкое к вертикальному). В эндоконтакте жил развиты оторочки аплитовидных гранитов мощностью 3–5 см, лишенные вкрапленников полевого шпата (рис. 49а), причем аплитовидные граниты нередко образуют мелкие согласные инъекции в порфиробластовых гнейсогранитах (рис. 49б).

Нередко в эндоконтакте жильных тел, сложенных лейкократовыми гранитами, залегающими в порфиробластовых биотитовых гнейсогранитах, развиваются мелкозернистые граниты, обогащенные биотитом (рис. 50, т. н. 208, 209).

На правом борту долины р. Миасс в районе старой части города в искусственной выработке обнажен контакт мелкозернистых лейкократовых гнейсовидных гранитов и порфиробластовых биотитовых гнейсогранодиоритов. И те, и другие разновидности гранитов собраны в пологие складки, причем по контакту развита жила пегматоидного гранита мощностью 15–20 см (рис. 51). Вблизи границы с мелкозернистыми гранитами проявлена зона дробления и рассланцевания.



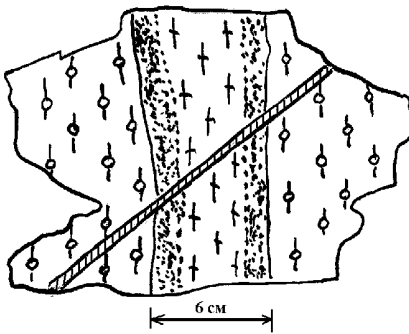


Рис. 50. Развитие эндо-контактных биотитовых зон в гранитной жиле (правый борт долины р. Миасс в районе старой части города, т. н. 208).

Условные обозначения см. рис. 16.

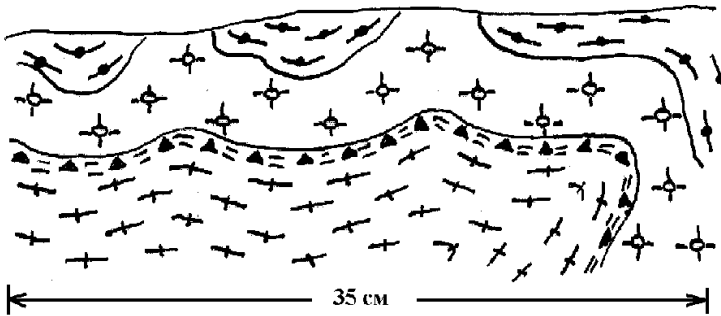


Рис. 51. Развитие пегматитовой зоны на контакте среднезернистых гнейсгранитов 2-го этапа с порфиробластовыми гнейсгранодиоритами (правый борт долины р. Миасс в районе старой части города, т. н. 209).

Условные обозначения см. рис. 16.

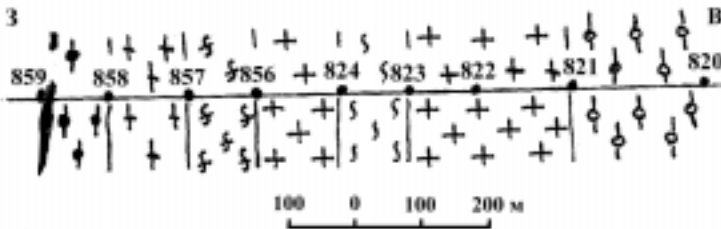


Рис. 52. Дайки мелкозернистых массивных гранитов в линзовидно-полосчатых мигматитах и порфиробластовых гнейсгранитах 1-го этапа формирования Чашковско-Еланчиковского массива (северная часть Чашковского выступа, схематический план).

Условные обозначения см. рис. 16.

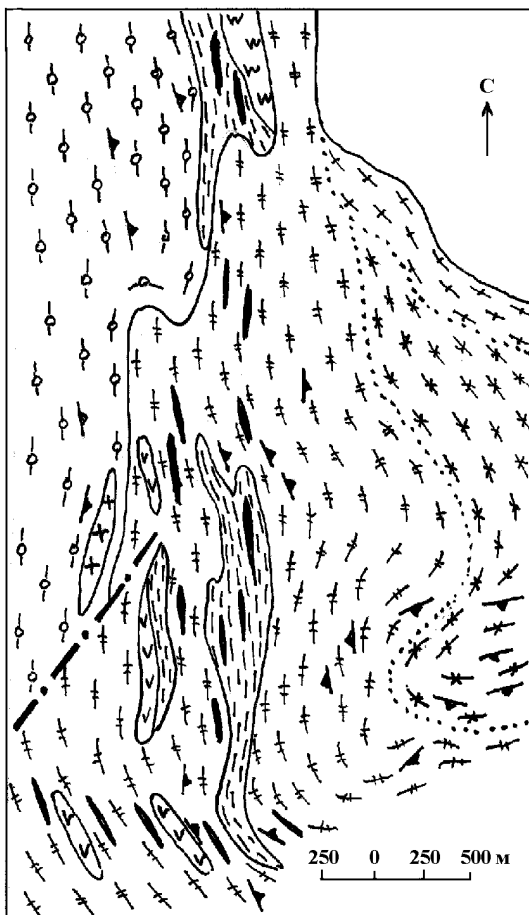
На водоразделе оз. Ильменское – Миасский пруд развиты субмеридиональные дайкообразные тела мелкозернистых лейкократовых и биотитовых гранитов, имеющих с вмещающими их порфиробластовыми гнейсогранитами и мигматитами резкие, но согласные контакты (рис. 52).

В районе сочленения Чашковского массива и его Южно-Еланчиковской апофизы распространена серия жильных тел гранитов и пегматитов, тяготеющих к контактам ксенолитов метаморфических пород. На этом участке жилы представлены мелко- и среднезернистыми биотитовыми и лейкократовыми гранитами, пегматитами, пегматоидными и аплитовидными гранитами. Жилы ориентированы

субмеридионально или в северо-западном направлении, имеют размеры от десятков сантиметров до 5–10 м по мощности и от первых метров до 200–300 м по протяженности (рис. 53).

Рис. 53. Развитие серии жильных тел гранитов и пегматитов в районе сочленения Чашковского выступа и Южно-Еланчиковской апофизы (геологический план).

Условные обозначения см рис. 16.



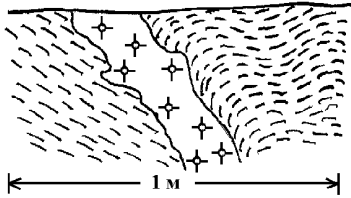


Рис. 54. Жила пегматоидного гранита в плагиогнейсах. В висячем боку жилы заметен подворот слоев вмещающих пород (западный борт котловины оз. Б. Еланчик, т. н. 908).

Условные обозначения см. рис. 16.

В области контакта гранитов Южно-Еланчиковской апофизы с метаморфическими породами наблюдается интенсивное развитие секущих и согласных прожилков, линз и неправильной формы обособлений пегматоидных гранитов и пегматитов, которые приурочены или к зонам дробления и смятия, или к зонам трещиноватости. Например, на западном борту котловины оз. Бол. Еланчик (район урочища Зимник) биотитовые гнейсы прорваны пегматитовой жилой с небольшим (15–20 см) смещением и подворотом слоев боковых пород (рис. 54).

В южной части Чашковско-Еланчиковского массива многочисленные жильные тела гранитов и пегматитов приурочены к крупному выходу метаморфических пород (преимущественно амфиболитов), образующих «залив», вдающийся в мусковитовые граниты Южно-Еланчиковской апофизы. Здесь развито дайкообразное, с многочисленными боковыми инъекциями, тело среднезернистых биотитсодержащих и лейкократовых массивных гранитов, в общем плане согласно интрузирующей амфиболитовую толщу (рис. 55–56).

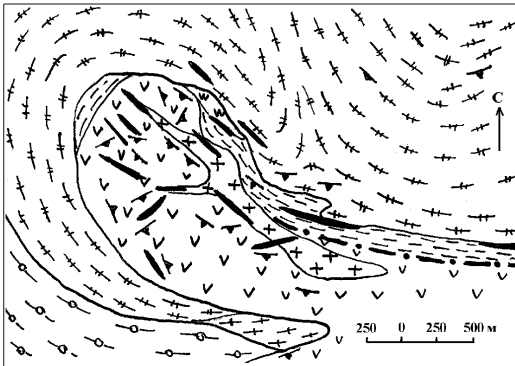


Рис. 55. Геологический план южного контакта мусковитовых гранитов

Южно-Еланчиковской апофизы с вмещающими метаморфическими породами. Интенсивное развитие жило- и дайкообразных тел гранитов и пегматитов в области контакта.

Условные обозначения см. рис. 16.

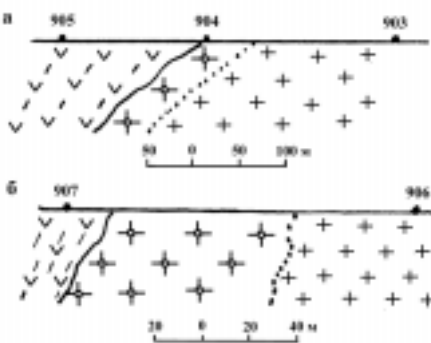


Рис. 56. Развитие пегматоидных гранитов в эндоконтакте дайки среднезернистых лейкократовых гранитов (южная часть Южно-Еланчиковской апофизы, а, б – схематические разрезы).

Пояснение в тексте, условные обозначения см. рис. 16.

Восточное серповидное окончание Южно-Еланчиковской апофизы расщепляется на ряд крупных гранитных инъекций, по своей сути образующих мощную толщу мигматитов инъекционного типа. В этом районе было сделано два профильных пересечения контактов гранитов и метаморфических пород, описание одного из которых приводится ниже (рис. 57а, б).

Профиль начат в 650 м от вершины горы с отм. 417.9 м по аз. 55° и ориентирован с запада на восток (рис. 57а, т. н. 1019–1022).

0–50 м. Мелкозернистые биотитовые плагиогнейсы светло-серой окраски, состоящие из плагиоклаза 80–85, кварца 10–15, биотита 5–7%. Породообразующие минералы гнейсов слагают прерывистые линзовидные, ориентированные параллельно друг другу агрегаты шириной 1–3 мм и протяженностью 5–15 мм.

50–100 м. Амфиболиты гнейсовидные, гранитизированные, превращенные в мелко-среднезернистую диоритовидную породу.

100–120 м. Среднезернистые лейкократовые граниты массивной текстуры.

120–135 м. Мелкозернистые биотитовые плагиогнейсы с тонкими (2–5 мм) кварц-полевошпатовыми согласными прожилками.

135–200 м. Среднезернистые лейкократовые массивные граниты. В конце интервала – развалы жилы грубозернистого пегматита субмеридионального направления.

200–300 м. Мелкозернистые биотитовые плагиогнейсы.

300–400 м. Среднезернистые двуслюдяные гнейсовидные граниты светло-серого цвета. Минеральный состав: плагиоклаз 40–50, калишпат 20–25, биотит 10–12, мусковит 5–8 %.

400–410 м. Жила крупноблочного пегматита.

410–460 м. Мелкозернистые биотитовые плагиогнейсы.

460–550 м. Среднезернистые лейкократовые массивные граниты, содержащие прожилки аплитовидного гранита мощностью до 10 см.

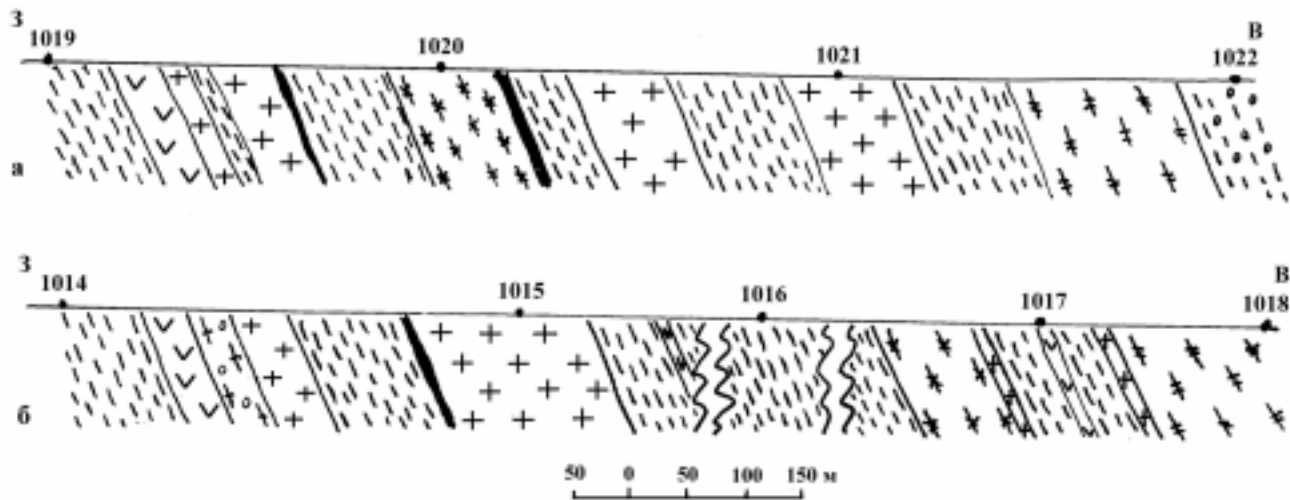


Рис. 57. Послойные жильные инъекции гранитов в метаморфических породах (северо-восточный фланг Южно-Еланчиковской апофизы, а, б – схематические разрезы).  
 Пояснение в тексте, условные обозначения см. рис. 16.

550–650 м. Мелко-среднезернистые биотитовые плагиогнейсы.

650–750 м. Среднезернистые лейкократовые массивные граниты.

750–850 м. Мелкозернистые биотитовые плагиогнейсы, среди которых распространены прослой диоритовидных пород (гранитизированных амфиболитов).

850–1000 м. Среднезернистые гнейсовидные мусковитовые граниты светло-серого цвета, состоящие из белого полевого шпата 55–60, кварца 20, мусковита 15–20 %.

1000–1050 м. Мелко-среднезернистые биотитовые плагиогнейсы, подвергнутые интенсивной гранитизации с развитием параллельных кварц-полевошпатовых и полевошпатовых прожилков мощностью 3–10 мм. Содержат порфиробластовые выделения размером от 3 × 4 до 10 × 10 мм, а также неправильной формы линзовидные обособления (5 × 3 см), сложенные бледно-розовым полевым шпатом.

Таким образом, в контакте с гранитными инъекциями амфиболиты, как правило, превращены в диоритовидную породу, а плагиогнейсы, подвергнутые гранитизации, фельдшпатизированы и пересечены кварц-полевошпатовыми прожилками.

Многочисленные более мелкие гранитные инъекции жильного типа, развитые в плагиогнейсах с прослоями амфиболитов, отмечаются, также, вблизи контакта еланчиковской толщи с Южно-Еланчиковской апофизой, что хорошо обнажено в дорожных выемках вдоль трассы Уфа–Челябинск.

## 4.2. Петрохимические особенности

По химическому составу жильные граниты и гранитные пегматиты относятся (также как и граниты-2) к высоко- и весьма высококремнекислым ассоциациям известково-щелочного и субщелочного рядов (табл. 8, рис. 58, 59).

### Петрохимическая группа высококремнекислых ассоциаций ( $\text{SiO}_2 = 70\text{--}73\%$ )

*Подгруппа XIII* ( $c = 0.17\text{--}0.18$ ) включает известково-щелочные пегматиты повышенной известковистости, низкой степени щелочности ( $\alpha = 0.55\text{--}0.58$ ), умеренной железистости и умеренной натровости. По этим петрохимическим показателям (кроме типа щелочности) пегматиты данной подгруппы близки к мелкозернистым биотитовым гранитам-2, но отличаются от них более высокой натровостью ( $n = 0.70\text{--}0.71$  против  $0.59\text{--}0.65$ ).

Таблица 8

## Химический состав петрохимических подгрупп жильных гранитов и гранитных пегматитов

Петрохим. подгруппа	№ п/п; сред. значение; дисперсия	Оксиды, петрохимические модули														
		SiO <sub>2</sub>	TiO <sub>2</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	FeO	MgO	CaO	Na <sub>2</sub> O	K <sub>2</sub> O	q	c	α	f	n	al'
XIV (n = 7)	1	72.64	0.20	13.33	1.79	1.30	0.68	1.16	3.58	5.00	0.75	0.09	0.85	0.53	0.52	3.53
	2	72.49	0.20	15.67	0.36	0.66	0.42	1.34	4.01	3.60	0.78	0.12	0.67	0.58	0.63	11.1
	3	72.14	0.15	15.02	1.08	1.34	0.50	1.16	4.22	4.25	0.75	0.08	0.77	0.73	0.60	5.14
	4	71.82	0.03	15.62	0.12	1.17	0.60	1.16	4.08	5.00	0.75	0.08	0.78	0.53	0.55	8.26
	5	71.27	0.28	14.55	0.48	1.23	0.50	1.45	4.00	5.18	0.74	0.10	0.84	0.66	0.54	6.58
	6 (521/1)	70.90	0.35	15.40	0.05	1.30	0.38	1.21	5.40	3.60	0.74	0.08	0.83	0.65	0.70	8.90
	7 (541)	72.60	0.28	14.15	0.86	1.30	0.19	1.03	4.20	3.20	0.78	0.08	0.74	0.85	0.67	6.02
	x	71.98	0.21	14.82	0.68	1.18	0.47	1.21	4.21	4.26	0.75	0.09	0.78	0.65	0.60	6.36
S <sup>2</sup>	0.467	0.011	0.62	0.176	0.057	0.025	0.019	0.315	0.655							
XVII (n = 5)	8	74.05	0.01	14.07	0.26	0.76	0.60	0.93	3.88	5.28	0.77	0.07	0.86	0.63	0.53	9.25
	9	73.51	0.10	14.06	0.81	0.75	0.29	0.85	4.79	4.25	0.78	0.06	0.89	0.61	0.63	7.60
	10 (504)	77.07	0.15	11.97	0.52	0.84	0.15	0.68	4.22	4.30	0.80	0.05	0.97	0.81	0.60	7.93
	11 (513)	74.05	0.15	14.14	0.44	0.73	0.19	1.21	5.43	3.85	0.76	0.07	0.92	0.76	0.68	10.40
	12 (546/2)	76.24	0.06	12.15	0.53	0.58	0.21	0.72	3.70	4.45	0.80	0.05	0.89	0.78	0.56	7.06
	x	74.67	0.10	13.56	0.51	0.80	0.31	0.92	4.58	4.42	0.78	0.06	0.91	0.71	0.60	8.37
S <sup>2</sup>	2.311	0.004	0.841	0.039	0.011	0.009	0.047	0.54	0.277							
XII	13 (484/1)	68.93	0.05	16.40	0.37	0.55	0.19	0.86	2.10	11.0	0.71	0.05	0.94	0.71	0.23	14.77
XIII	14	70.96	0.32	16.03	0.07	1.60	0.42	2.20	4.00	2.43	0.77	0.18	0.58	0.70	0.71	7.67
XIV	15 (525/3)	73.04	0.06	15.18	0.17	0.83	0.07	1.17	4.40	4.60	0.77	0.08	0.80	0.87	0.59	14.18
XVI (n = 2)	16	78.21	0.06	11.66	0.50	0.78	0.29	0.84	3.12	4.14	0.82	0.07	0.82	0.71	0.53	6.99
	17	76.10	0.03	13.80	0.07	0.48	0.24	1.60	3.26	3.31	0.81	0.14	0.65	0.71	0.60	17.47
	x	77.15	0.04	12.73	0.28	0.63	0.27	1.22	3.19	3.72	0.81	0.10	0.73	0.71	0.56	10.79
	S <sup>2</sup>	2.247	0.0008	2.29	0.097	0.045	0.0008	0.289	0.01	0.336						
XVII (n = 2)	18	75.21	0.01	13.82	0.47	0.55	0.40	0.86	4.10	3.84	0.79	0.06	0.79	0.56	0.62	10.46
	19	74.55	0.01	14.33	0.21	0.79	0.30	1.16	4.22	4.00	0.78	0.08	0.78	0.65	0.62	11.02
	x	74.88	0.01	14.07	0.34	0.67	0.35	1.01	4.16	3.92	0.79	0.07	0.78	0.60	0.62	10.54
	S <sup>2</sup>	0.218	0	0.135	0.034	0.029	0.005	0.045	0.007	0.013						

Примечание. 1–12 – жильные граниты, 13–19 – гранитные пегматиты.

Анализы 1–5, 8, 9, 14, 16–19 – из колл. В. Н. Юрецкого и др. (1982), остальные анализы – колл. Б. Н. Пермякова

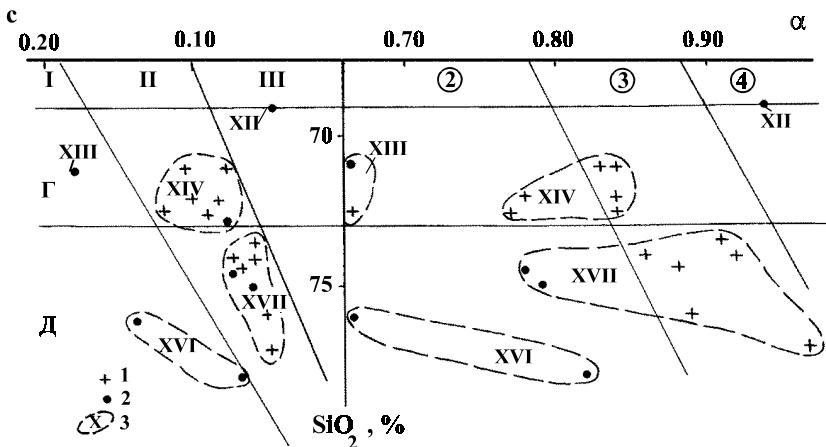


Рис. 58. Петрохимическая диаграмма  $c - SiO_2 - \alpha$  жильных пород Чашковско-Еланчиковского массива.

1 – граниты, 2 – пегматиты и пегматоидные граниты, 3 – ареал петрохимической подгруппы и ее номер.

Цифровые и буквенные обозначения см. рис. 23.

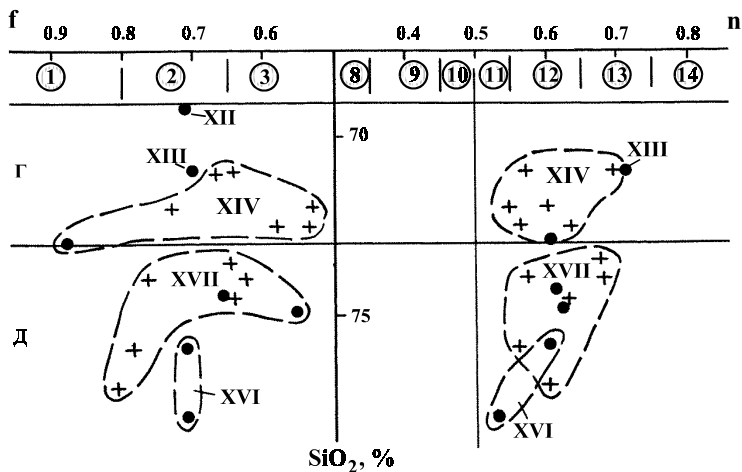


Рис. 59. Петрохимическая диаграмма  $f - SiO_2 - n$  жильных пород Чашковско-Еланчиковского массива.

Условные обозначения см. рис. 58, цифровые и буквенные обозначения – рис. 23 и 24.

*Подгруппа XIV* ( $c = 0.09-0.12$ ) объединяет субщелочные мелко-среднезернистые биотитовые и, частично, лейкократовые жильные граниты, а также (но в меньшей мере) пегматоидные гра-



ниты. Биотитовые граниты, слагающие жильные тела, обладают умеренной и высокой степенью щелочности ( $\alpha = 0.77-0.84$ ), низкой и умеренной железистостью ( $f = 0.50-0.73$ ), калиево-натриевым и низконатриевым типом щелочности. Пегматоидные граниты, входящие в эту же подгруппу, имеют пониженную известковистость, умеренную щелочность ( $\alpha = 0.80-0.82$ ) высокую железистость ( $f = 0.86-0.88$ ) и низкую натровость ( $n = 0.60-0.62$ ).

По величинам известковистости, степени и типу щелочности описываемые породы близки к двуслюдяным и мусковитовым гранитам, а по степени железистости сходны с мелкозернистыми биотитовыми гранитами-2.

### **Петрохимическая группа весьма высококремнекислых ассоциаций ( $\text{SiO}_2 > 73\%$ )**

*Подгруппа XVI* ( $c = 0.07-0.14$ ) представлена известково-щелочными пегматитами повышенной кремнекислотности ( $\text{SiO}_2 = 76-78\%$ ), низкой и умеренной щелочности, умеренной железистости ( $f = 0.71-0.72$ ), калиево-натриевого и низконатриевого типов ( $n = 0.53-0.60$ ). Повышенная калиевоность и более высокая степень щелочности наблюдается в пегматитах с содержанием  $\text{SiO}_2 = 76\%$ .

*Подгруппа XVII* ( $c = 0.05-0.07$ ) объединяет субщелочные жильные граниты, пегматиты и пегматоидные граниты, имеющие много общих черт по известковистости и железистости с мусковитовыми гранитами Южно-Еланчиковской апофизы, а по типу щелочности – с биотитовыми гранитами Чашковского выступа. В целом для этих пород характерны стабильные величины известковистости, широкий диапазон степени щелочности (умеренно щелочной тип в пегматитах,  $\alpha = 0.78-0.79$  и высокощелочной тип в жильных гранитах,  $\alpha = 0.86-0.97$ ), низкая и умеренная железистость ( $f = 0.56-0.80$ ) и низконатровый тип щелочности ( $n = 0.58-0.67$ ).

Таким образом, почти по всем петрохимическим показателям жильные граниты и пегматиты близки к гранитам-2, в связи с чем можно предположить, что жильные породы Чашковско-Еланчиковского массива генетически связаны, скорее всего, с гранитами второго этапа, являясь производными остаточных расплавов.

### **4.3. Геохимические особенности**

В распределении микроэлементов в жильных гранитах и пегматитах установлены следующие закономерности (табл. 9, рис. 60).

Таблица 9

## Содержание элементов-примесей (г/т) в жильных гранитах и гранитных пегматитах

№ п.п.	№ пробы	Элемент															
		Cr	V	Ti	Cu	Zn	Pb	As	Sr	Ba	Ga	Y	Zr	Rb	Nb	Rb/Sr	Sr/Ba
1	504	–	–	1300	21	29	17	9	124	–	38	15	130	187	13	1.51	–
2	513	–	–	2640	–	130	23	8	283	–	–	–	130	158	7	0.56	–
3	521/1	–	–	3010	22	57	42	–	404	–	47	3	120	137	10	0.34	–
4	541	–	–	970	117	82	65	7	290	–	23	–	136	145	10	0.5	–
5	568	–	–	1050	–	93	55	5	15	–	–	17	116	350	28	23.3	–
6	546/2	–	–	3230	67	97	65	–	8	–	27	23	85	230	16	28.7	–
7	644/1	5	–	3640	–	62	15	5	1090	–	23	–	177	86	–	0.08	–
8	688	50	44	1140	56	39	36	–	42	850	10	–	132	130	6	0.31	0.49
9	703/2	47	38	1225	138	330	116	9	130	700	33	26	320	160	22	1.2	0.18
10	703/6	66	–	500	80	–	39	5	–	–	–	14	175	140	12	–	–
11	719/2	37	12	500	113	90	19	6	13	278	–	20	165	145	13	11.1	21.4
12	831/1	73	46	1390	151	86	–	8	625	740	16	–	124	138	14	0.2	0.84
13	845	–	12	360	126	36	41	7	5	–	13	11	134	214	13	43	–
14	846/1	–	70	2100	124	69	–	7	566	980	15	–	203	104	8	0.18	0.58
15	850/2	48	36	640	86	23	–	10	275	650	–	–	194	170	17	0.6	0.42
16	890/1	39	21	630	104	34	35	5	80	400	–	8	140	142	9	1.8	0.2
17	484/1	–	5	1630	–	–	126	–	550	–	16	–	–	290	–	0.53	–
18	525/1	–	–	1890	34	–	185	–	246	–	21	–	25	458	9	1.86	–
19	525/3	–	–	1690	28	–	124	–	238	–	35	–	88	200	9	0.84	–
20	546/2	–	–	1650	60	100	65	–	8	–	27	23	85	230	16	29	–
21	625/1	–	–	1910	–	–	50	–	520	–	27	–	79	46	9	0.09	–
22	645/2	–	–	2730	–	–	72	6	390	–	12	7	43	33	7	0.08	–
23	687/1	99	22	330	43	–	143	–	310	450	26	–	13	260	9	0.83	0.69
24	699/1	58	16	220	124	–	49	–	104	318	–	–	–	232	7	2.2	0.32
25	724/1	40	33	970	110	40	–	–	150	610	–	–	107	217	11	1.4	0.24
26	760/1	75	12	215	184	–	89	12	183	–	18	–	–	390	–	2.1	–
27	779	81	15	420	96	35	65	–	270	372	33	–	48	170	–	0.6	0.73
28	779/2	43	–	300	107	21	94	5	190	–	44	–	23	51	11	0.27	–

Примечание. 1–16 – жильные граниты; 16–28 – гранитные пегматиты.

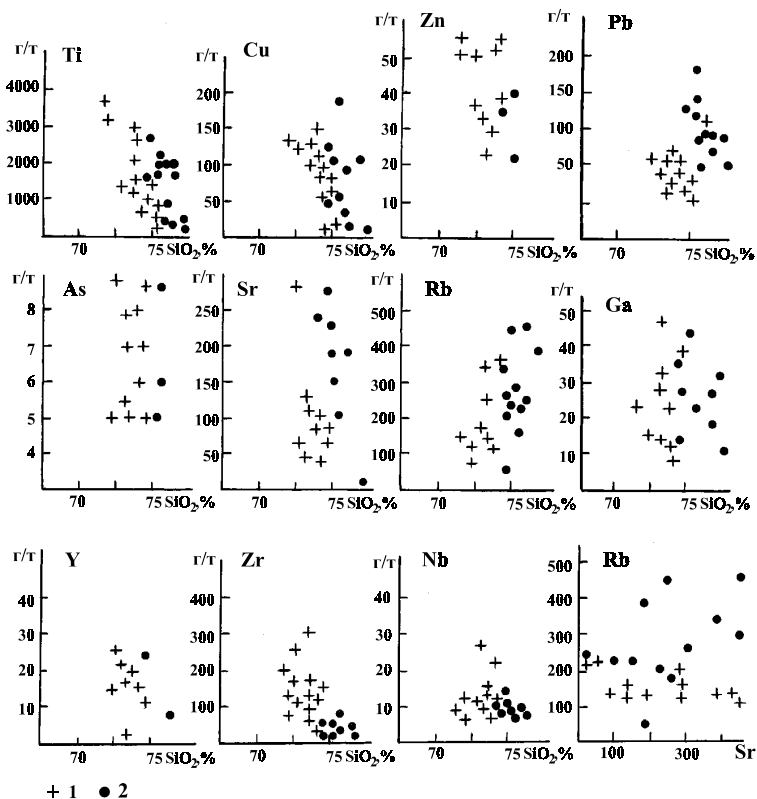


Рис. 60. Распределение рудных и редких элементов в жильных породах Чашковско-Еланчиковского массива.

1 – граниты, 2 – пегматиты и пегматоидные граниты.

*Титан* присутствует в вышеназванных породах в кларковом и нижекларковом количествах, причем концентрация его в гранитах, имеющих пониженную кремнекислотность ( $\text{SiO}_2 = 72\text{--}73\%$ ), значительно выше, чем в гранитах и пегматитах с содержанием  $\text{SiO}_2 > 74\%$  (2500–3500 г/т против 250–2000 г/т). Пегматиты в большей мере обеднены титаном, чем жильные граниты, которые по концентрации этого элемента близки к двуслюдяным и мусковитовым гранитам 2-го этапа.

*Медь* в вышекларковых количествах (25–150 г/т) характерна как для жильных гранитов, так и пегматитов, причем содержание меди в этих породах почти в 2 раза выше, чем в гранитах-2.

*Цинк* содержится в жильных гранитах и пегматитах на ниже-кларковом уровне, хотя по абсолютным величинам концентрации цинка в гранитах выше, чем в пегматитах (30–110 против 20–40 г/т).

*Свинец* присутствует в вышекларковых количествах, достигая специализированных значений (50–180 г/т) в пегматитах и пегматоидных гранитах. Жильные граниты по содержанию свинца близки к биотитовым гранитам-2. Мышьяк отмечается в вышекларковых количествах и на таком же уровне (5–10 г/т), как и в мусковитовых, двуслюдяных и биотитовых гранитах.

*Стронций* не достигает кларкового уровня концентраций в жильных гранитах и лишь в некоторой части пегматитов содержание его приближается к кларку (150–500 г/т).

*Рубидий* присутствует в кларковом количестве, при этом устанавливается три уровня его концентраций в жильных гранитах и пегматитах: 1) соответствует содержанию в биотитовых гранитах 2-го этапа (50–200 г/т); 2) соответствует содержанию в двуслюдяных и мусковитовых гранитах (200–350 г/т); 3) уровень концентрации, характерный только для пегматитов (более 350 г/т).

Анализируя диаграмму Rb/Sr-отношения (см. рис. 60), можно заметить, что в отличие от гранитов-2 для жильных гранитов и пегматитов присущ значительный разброс в величинах содержаний рубидия и стронция. Если в гранитах-2 отношение Rb/Sr в среднем составляет 3 : 1, то в жильных гранитах эта величина соответствует 1 : 3, а в пегматитах 1 : 1.5. Следовательно, при формировании жильных пород происходил вынос рубидия.

*Галлий, иттрий и цирконий* присутствуют практически в тех же количествах, что и в гранитах 2-го этапа, хотя иттрий содержится в жильных гранитах в несколько больших концентрациях, чем в мусковитовых и двуслюдяных гранитах (10–20 против 2–10 г/т), а пегматиты в значительной мере обеднены цирконием.

*Ниобий* отмечается в кларковом количестве, причем в пегматитах, по сравнению с жильными гранитами и гранитами 2-го этапа, содержание ниобия несколько понижено (8–12 против 8–25 г/т).

Таким образом, по уровню накопления большинства проанализированных микроэлементов жильные граниты и пегматиты весьма близки к гранитам 2-го этапа и отличаются от последних только повышенным содержанием Cu, Pb, Sr (в пегматитах), Zr (в жильных гранитах) и меньшими значениями Rb/Sr-отношения.

## Глава 5. ОЦЕНКА ПОТЕНЦИАЛЬНОЙ РУДОНОСНОСТИ ГРАНИТОИДОВ ЧАШКОВСКО-ЕЛАНЧИКОВСКОГО МАССИВА ПО ПЕТРОХИМИЧЕСКИМ ПРИЗНАКАМ

Основные принципы методики оценки потенциальной рудоносности гранитоидных ассоциаций изложены автором в ряде опубликованных работ [50, 51, 53, 54], в связи с чем целесообразно перейти непосредственно к описанию этих признаков в чашковских гранитоидах.

На диаграммы рудоносности магматических пород (рис. 61–68) вынесены фигуративные точки химических составов гранитоидов-1, гранитов-2, жильных гранитов и пегматитов.

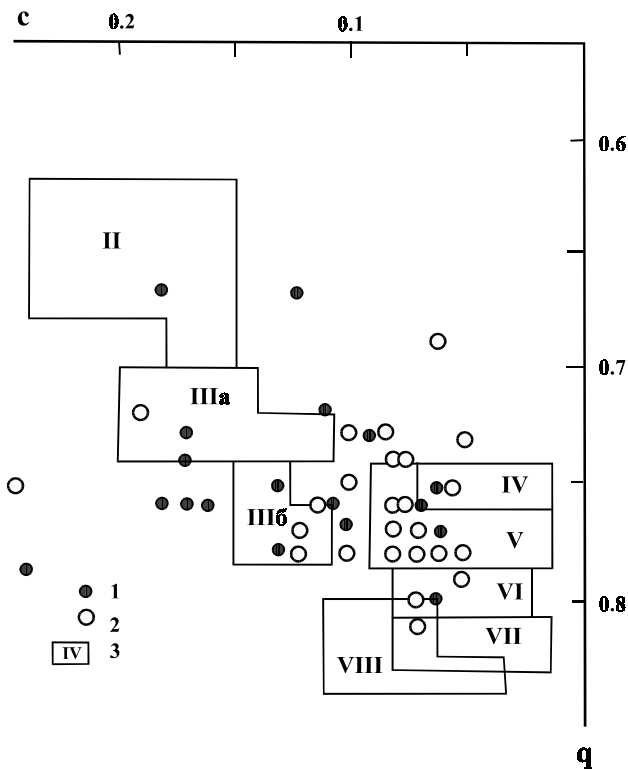


Рис. 61. Диаграмма рудоносности с – q гранитоидов 1-го этапа формирования Чашковско-Еланчиковского массива.

1 – мигматиты, 2 – порфиробластовые гнейсограниты, 3 – поля рудоносных гранитоидов с минерализацией: II – золото-молибден-полиметаллической, IIIa – золото-молибденовой, IIIб – молибденовой, IV – молибден-вольфрамовой, V – вольфрамовой, VI – комплексной редкометальной (Sn, W, Be, Li, F, Ta), VII – вольфрам-ниобиевой и редкоземельной, VIII – оловярудной.

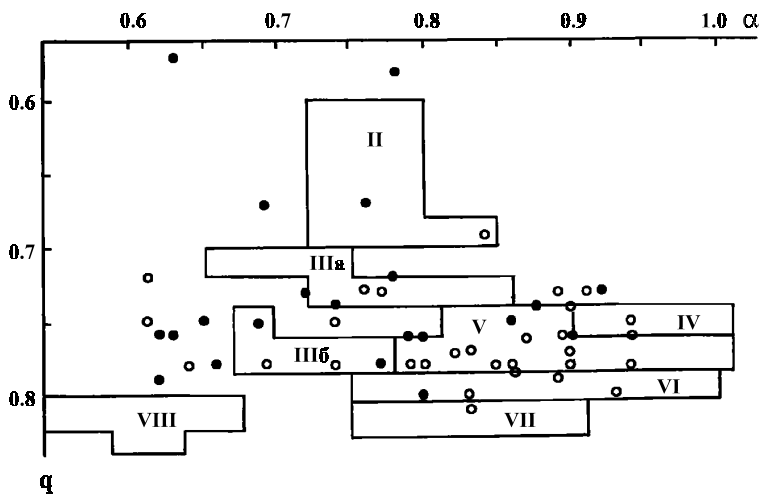


Рис. 62. Диаграмма рудоносности  $q - \alpha$  гранитоидов 1-го этапа формирования Чашковско-Еланчиковского массива.  
Условные обозначения см. рис. 61.

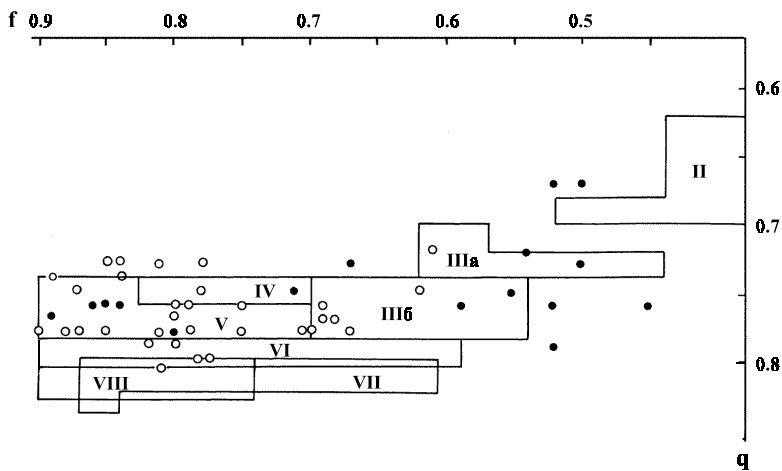


Рис. 63. Диаграмма рудоносности  $f - q$  гранитоидов 1-го этапа формирования Чашковско-Еланчиковского массива.  
Условные обозначения см. рис. 61.

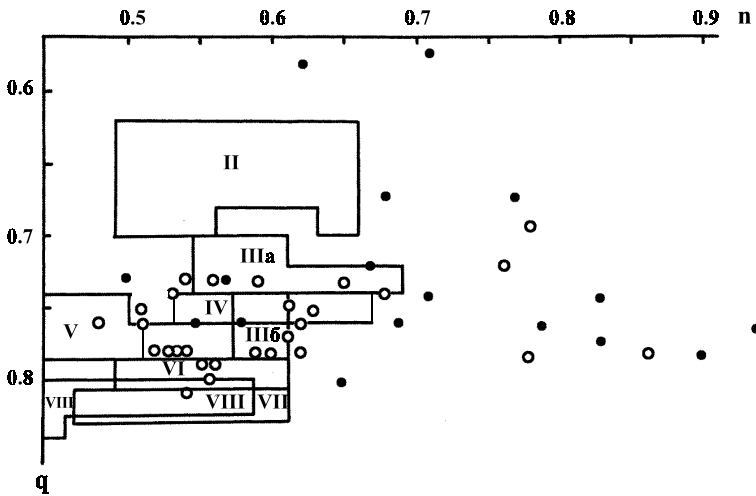
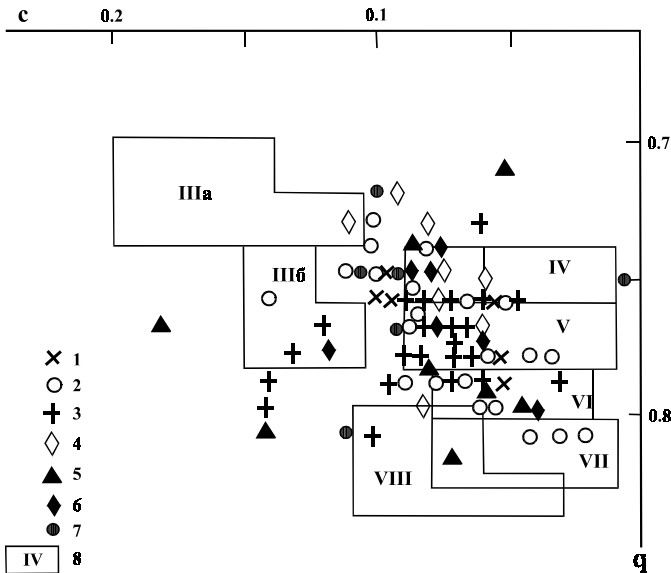


Рис. 64. Диаграмма рудоносности  $q - n$  гранитоидов 1-го этапа формирования Чашковско-Еланчиковского массива.

Условные обозначения см. рис. 61.



65. Диаграмма рудоносности  $c - q$  гранитов 2-го этапа и жильных пород Чашковско-Еланчиковского массива.

1 – биотитовые гнейсограниты и граниты, 2 – лейкократовые гнейсограниты и граниты, 3 – мусковитовые граниты, 4 – двуслюдяные граниты, 5 – пегматиты и пегматоидные граниты, 6 – жильные граниты, 7 – биотитовые гнейсограниты и граниты Кыштымского массива, 8 – поля рудоносных гранитоидов (см. рис. 61).

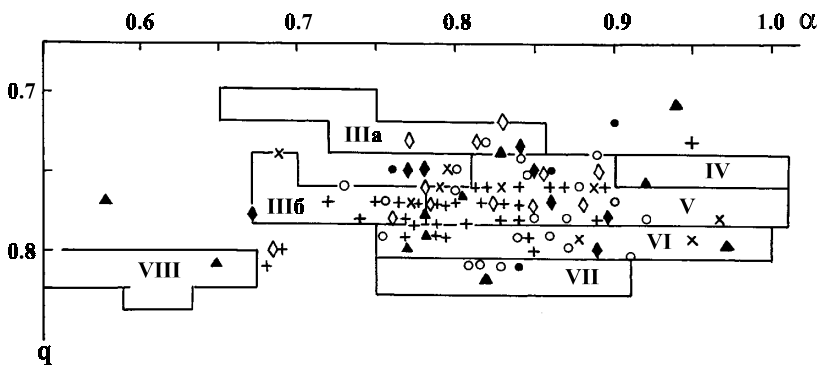


Рис. 66. Диаграмма рудоносности  $q - \alpha$  гранитов 2-го этапа и жильных пород Чашковско-Еланчиковского массива.

Условные обозначения см. рис. 61 и 65.

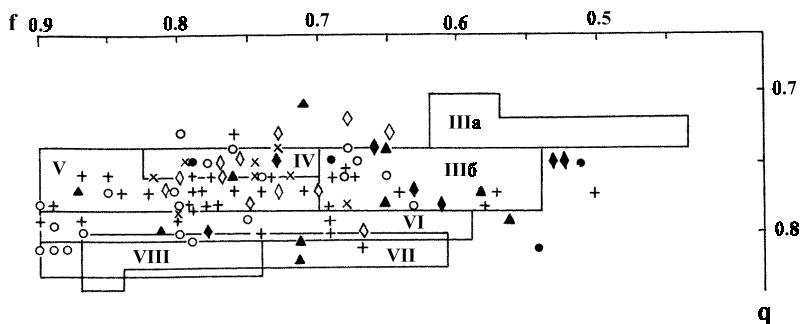


Рис. 67. Диаграмма рудоносности  $f - q$  гранитов 2-го этапа и жильных пород Чашковско-Еланчиковского массива.

Условные обозначения см. рис. 61 и 65.

**Мигматиты.** Из проанализированных проб ( $n = 21$ ) линзовидно-полосчатых мигматитов в поля рудоносных пород по трем или четырем петрохимическим параметрам (модулям) попадает всего 28.6 %, из них по 9.5 % фигуративных точек размещено в полях IIIa (золото-молибденовая специализация) и IIIб (собственно молибденовая специализация), т. е. 19 % от проанализированных проб мигматитов обнаруживают петрохимические признаки потенциальной рудоносности на молибден по граничным величинам модулей известковистости, степени щелочности, типу щелочности и в 50 % случаев по железистости.



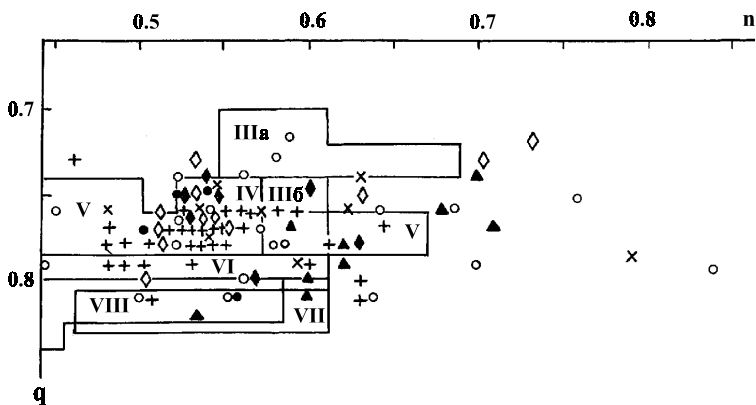


Рис. 68. Диаграмма рудоносности  $q - n$  гранитов 2-го этапа и жильных пород Чашковско-Еланчиковского массива.  
Условные обозначение см. рис. 61 и 65.

Мигматиты, фигуративные точки которых попадают в поле IIIa, представлены известково-щелочным рядом, обладают низкой и умеренной железистостью, низкой и умеренной натровостью и умеренной степенью щелочности и относятся к петрохимической подгруппе XIII.

Мигматиты, потенциально рудоносные на молибден (поле IIIб), принадлежат к лейкократовым весьма высококремнекислым ассоциациям и характеризуются известково-щелочным, частично – субщелочным уклоном, весьма широким диапазоном в степени щелочности (от низко- до умеренно щелочных типов), низкой железистостью и низкой натровостью (подгруппы XVI и, частично, XVII).

Часть фигуративных точек мигматитов размещено в полях IV и VI (по 4,8 %). В поле IV (молибден-вольфрамовая специализация) мигматиты попадают по граничным величинам трех петрохимических показателей: известковистости, степени и типу щелочности. Это субщелочные разновидности мигматитов, имеющих умеренную и высокую степень щелочности, высокую железистость и калиево-натриевый тип щелочности (петрохимическая подгруппа XIV).

В поле VI (комплексная редкометальная специализация) размещены весьма высококремнекислые субщелочные мигматиты умеренной и высокой степени щелочности, умеренной и высокой железистости, низкой и умеренной натровости (подгруппа XVII), имеющие петрохимические признаки потенциальной

рудонности по трем показателям: известковистости, степени щелочности и железистости.

**Порфиробластовые гнейсограниты.** Среди порфиробластовых гнейсогранитов частота встречаемости проб с признаками потенциальной рудонности достигает 63.2 % (из 19 анализов). В поле ШБ (собственно молибденовая специализация) размещено 10.6 % фигуративных точек известково-щелочных, частично – субщелочных гнейсогранитов умеренной и высокой степени щелочности, высокой железистости и низкой натровости (петрохимические подгруппы XVI, в меньшей мере, XVII), т. е. по петрохимическим особенностям рассматриваемые порфиробластовые гнейсограниты близки к линзовидно-полосчатым мигматитам, обладающим признаками молибденовой специализации.

Незначительная (5.3 %) группа порфиробластовых гнейсогранитов обнаруживает петрохимические признаки потенциальной рудонности на молибден и вольфрам (поле IV). Подобные гнейсограниты представлены субщелочными разновидностями высокой степени щелочности, умеренной и высокой железистости, калиево-натриевого типа (подгруппа XIV).

Почти 42 % фигуративных точек состава порфиробластовых гнейсогранитов размещено в поле V (вольфрамовая специализация). Это субщелочные весьма высоко- и высококремнекислые разновидности гнейсогранитов преимущественно умеренной степени щелочности, умеренной и высокой железистости, низко- и умеренно натриевого типа (петрохимические подгруппы XVII, частично XIV).

В поле VI (комплексная редкометальная специализация) размещено 5.3 % фигуративных точек порфиробластовых гнейсогранитов весьма высокой кремнекислотности, субщелочного ряда, высокой степени щелочности, высокой железистости, низконариевого и калиево-натриевого типа.

Таким образом, среди мигматитов и порфиробластовых гнейсогранитов распространены разновидности, имеющие петрохимические признаки на сходную геохимическую специализацию. Частота встречаемости пород с признаками одинаковой специализации среди мигматитов и порфиробластовых гнейсогранитов практически совпадает: на молибден – 9.5 % в мигматитах и 10.6 % в порфиробластовых гнейсогранитах; на молибден и вольфрам – соответственно 4.8 и 5.3 %; на комплексное редкометальное оруденение – соответственно 4.8 и 5.3 %. В то же время, в отличие от мигматитов, значительная группа (42 %) порфиробластовых гнейсогранитов обнаруживает петрохимические признаки вольфрамовой специализации.

**Граниты 2-го этапа.** Анализируя петрохимические признаки потенциальной рудоносности гранитов-2 Чашковско-Еланчиковского массива, нельзя не обратить внимания на резкое увеличение (по сравнению с гранитоидами-1) процента встречаемости потенциально рудоносных разновидностей гранитов (с 45 % среди гранитоидов-1 до 81.2 % – среди гранитов-2). В этом числе (81.2 %) на гнейсовидные биотитовые и лейкократовые граниты приходится 29.2 %, на биотит-мусковитовые – 12 %, на мусковитовые – 40 %).

#### *Биотитовые и лейкократовые граниты*

Среди биотитовых и лейкократовых гнейсогранитов петрохимические признаки потенциальной рудоносности отмечаются в 82.3 % проб этих пород, из них 4.6 % попадает в поле IIIб, 41.2 % – поле V, 17.7 % – поле VI и 17.7 % – поле VII.

Признаками молибденовой специализации (поле IIIб) обладают разновидности гнейсогранитов субщелочного ряда, имеющие несколько повышенную известковистость, умеренную степень щелочности, низкую и умеренную железистость и низкую натровость. Принадлежат к петрохимической подгруппе XIV.

Вольфрамовая специализация (поле V) характерна для субщелочных высоко- и весьма высококремнекислых биотитовых и лейкократовых гнейсогранитов умеренной, иногда высокой щелочности, калиево-натриевого (до умеренно натриевого) типа и широкого диапазона в степени железистости – от низко- до высокожелезистых типов. Подобные граниты относятся к граничной области петрохимических подгрупп XIV и XVII.

Признаки комплексной редкометальной специализации (Sn–W, Be, Li, F, Ta; поле VI) фиксируются в биотитовых и лейкократовых субщелочных весьма высококремнекислых гнейсогранитах, имеющих умеренную щелочность, умеренную и высокую железистость, калиево-натриевый уклон (петрохимическая подгруппа XVII). Часть биотитовых гранитов этой же петрохимической подгруппы обнаруживает признаки на вольфрам-ниобиевую специализацию.

#### *Двуслюдяные и мусковитовые граниты*

Подавляющее большинство проанализированных проб биотит-мусковитовых (83.3 %) и мусковитовых (52 %) гранитов обнаруживают петрохимические признаки потенциальной рудоносности на вольфрам (поле V). Кроме того, 24 % фигуративных точек составов

мусковитовых гранитов размещено в поле VI – комплексная редко-металльная специализация (Sn–W, Be, Li, F, Ta).

Мусковитовые и двуслюдяные граниты, потенциально рудоносные на вольфрам, представляют собой высококремнекислые субщелочные породы умеренно и высокожелезистого, калиево-натриевого и низконатриевого типа (петрохимическая подгруппа XIV), причем, двуслюдяные граниты, по сравнению с мусковитовыми, обладают несколько пониженной известковистостью и степенью щелочности и более высокой калиевоностью.

Мусковитовые граниты, по петрохимическим признакам потенциально рудоносные на редкие металлы, также принадлежат к субщелочному ряду, но при этом относятся к весьма высококремнекислым ассоциациям, характеризующимся преимущественно умеренной щелочностью, широким диапазоном в степени железистости (от низко- до высокожелезистых типов) и стабильным калиево-натриевым уклоном (петрохимическая подгруппа XVII).

Среди **гранитов жильного типа** петрохимические признаки потенциальной рудоносности выявлены в 71.5 % от всего числа проанализированных образцов, при этом 57.2 % приходится на разновидности гранитов с вольфрамовой специализацией и 14.3 % – с молибденовой специализацией.

Признаки молибденовой специализации (поле IIIб) обнаруживаются в субщелочных высококремнекислых гранитах умеренной щелочности, низкой железистости, низконатриевого типа (петрохимическая подгруппа XIV).

Признаки вольфрамовой специализации (поле V) характерны для субщелочных высоко- и весьма высококремнекислых пород, имеющих умеренную и высокую степень щелочности, низкую железистость, калиево-натриевый и низконатриевый тип щелочности (подгруппа XVII, частично XIV).

Среди **пегматитов** петрохимические признаки потенциальной рудоносности установлены в 77.7 % проанализированных проб, из них 33.3 % приходится на пегматиты с потенциальным вольфрамовым оруденением и по 22.2 % – с комплексным редко-металльным и вольфрам-ниобиевым оруденением.

Пегматиты потенциально рудоносные на вольфрам (поле V) по петрохимическим признакам сходны с жильными гранитами, обладающими такой же металлогенической специализацией. Пегматиты, имеющие признаки комплексной редкометалльной специализации (поле VI), относятся к весьма высококремнекислым ассоциациям высокой щелочности, высокой железистости и низкой натровости (петрохимическая подгруппа XVII). Пегматиты с вольфрам-ниобиевой специализацией принадлежат к известково-

щелочному ряду с заметными колебаниями в величинах известковистости. Имеют умеренную щелочность, умеренную железистость, калиево-натриевый и низконатриевый тип щелочности (петрохимическая подгруппа XVI).

Подводя итог петрохимической оценке потенциальной рудоносности гранитоидов Чашковско-Еланчиковского массива, целесообразно отметить следующие моменты.

1. От ранних к более поздним производным гранитообразующих процессов устанавливается закономерное увеличение числа разновидностей гранитов, обладающих петрохимическими признаками потенциальной рудоносности. Если среди мигматитов подобные признаки имеют всего 28.6 % проанализированных образцов, то уже в порфиробластовых гнейсогранитах их число достигает 63.2 %, а среди гранитов 2-го этапа – 81.2 %, несколько снижаясь в жильных гранитах (71.5 %) и пегматитах (77.7 %).

2. Для мигматитов характерны признаки потенциальной рудоносности на молибден; для порфиробластовых гнейсогранитов – на вольфрам и, в меньшей мере, молибден; для гранитов-2 и их жильных дериватов – на вольфрам и редкие металлы. Следовательно, халькокофильная специализация гранитоидов раннего этапа сменяется литофильной в более поздний этап гранитообразования.

3. Рассматриваемые гранитоиды были образованы в процессе гранитизации метаморфических толщ без всеобъемлющего их плавления и магматической дифференциации, что привело не к накоплению, а рассеянию большинства микроэлементов. Хотя и отмечаются относительно стабильные петрохимические признаки потенциальной рудоносности гранитоидов Чашковско-Еланчиковского массива, реализация этой рудоносности в крупные (промышленные) концентрации рудных и редких элементов не могла быть осуществлена в силу проявления отрицательных факторов рудообразования – крайне слабой магматической и эманационной дифференциации.

## Глава 6. СТАДИИ И ТИПЫ МЕТАСОМАТИЧЕСКОЙ ГРАНИТИЗАЦИИ МЕТАМОРФИЧЕСКИХ ПОРОД И ЭВОЛЮЦИЯ ХИМИЗМА ГРАНИТОИДОВ ЧАШКОВСКО-ЕЛАНЧИКОВСКОГО МАССИВА

### 6.1. Петрохимические особенности вмещающих пород

Как отмечалось ранее, вмещающими породами для гранитоидов Чашковско-Еланчиковского массива являются раннепротерозойские метаморфиты еланчиковской и кыштымской толщ, которые с петрохимической точки зрения образуют практически непрерывно дифференцированную серию от крайне низкокремнекислых до весьма высококремнекислых ассоциаций. В этой серии последовательно выделяются: амфиболиты, образованные за счет ультрабазитов ( $\text{SiO}_2 < 50\%$ ); амфиболиты (включая гранатовые) и меланократовые биотит-амфиболовые плагиогнейсы, по составу отвечающие габбро и монцогаббро ( $\text{SiO}_2 = 47\text{--}53\%$ ); гранатовые амфиболиты и амфибол-биотитовые плагиогнейсы диоритового и монцодиоритового состава ( $\text{SiO}_2 = 54\text{--}57\%$ ); биотитовые и амфибол-биотитовые плагиогнейсы кварц-диоритового и кварц-монцодиоритового состава ( $\text{SiO}_2 = 60\text{--}64\%$ ); биотитовые плагиогнейсы гранодиоритового и монцогранодиоритового состава ( $\text{SiO}_2 = 65\text{--}68\%$ ); биотит-мусковитовые плагиогнейсы и гранитогнейсы ( $\text{SiO}_2 = 70\text{--}73\%$ ); лейкократовые гнейсы (гранитогнейсы) с содержанием  $\text{SiO}_2 > 73\%$ .

По петрохимическим особенностям (табл. 10, рис. 69–71) вышеперечисленные разновидности метаморфических пород (кроме ультрабазитовых амфиболитов) разделяются на два ряда: последовательно дифференцированный известково-щелочной и прерывисто дифференцированный субщелочной.

*Амфиболиты, гранатовые амфиболиты и сланцы*, относящиеся к известково-щелочному ряду, состоят из плагиоклаза 40–50, амфибола 40–45, биотита 0.5–3, пироксена 1–3, кварца 0.5–2, иногда граната 0.5–2 %. Эти породы имеют низкую и умеренную степень щелочности, высокую натровость и принадлежат к петрохимической подгруппе I. Амфиболиты характеризуются широкими вариациями в степени железистости – от умеренно магнезиальной до умеренно железистой. Известковистость выше, а степень щелочности ниже в гранатовых амфиболитах.

Таблица 10

## Химический состав петрохимических подгрупп вмещающих метаморфических пород

Петрохим. подгруппа	№ п/п; сред. значение; дисперсия	Оксиды, петрохимические модули														
		SiO <sub>2</sub>	TiO <sub>2</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	FeO	MgO	CaO	Na <sub>2</sub> O	K <sub>2</sub> O	q	c	α	f	n	al'
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17
	1 (602/1)	37.78	0.05	0.60	3.27	3.32	32.92	0.57	0.05	0.03	-0.45	0.75	0.25	0.09	0.66	0.015
	2 (562)	33.70	2.56	21.89	9.14	7.65	6.76	13.37	1.16	0.36	-0.26	0.84	0.10	0.57	0.84	0.93
	3 (563)	41.53	0.05	0.92	5.82	3.99	30.95	0.21	0.04	0.02	-0.31	0.66	0.11	0.14	0.70	0.02
	4 (565)	46.68	0.05	6.00	2.86	6.55	29.19	0.21	0.04	0.02	-0.13	0.50	0.03	0.15	0.75	0.15
	5 (606)	40.04	0.03	2.24	3.97	3.35	35.53	0.39	0.07	0.05	-0.54	0.06	0.10	0.06	0.99	0.05
I (n = 12)	6 (525/5)	48.34	1.94	13.28	5.07	10.31	6.65	9.40	3.50	0.36	0.11	0.58	0.46	0.55	0.94	1.10
	7 (525)	50.54	3.60	12.68	3.31	11.85	6.75	7.80	1.04	0.26	0.26	0.66	0.28	0.55	0.93	0.58
	8 (486/1)	48.75	1.66	13.71	3.88	11.44	6.10	9.30	4.25	0.22	0.20	0.54	0.53	0.56	0.97	0.64
	9 (487)	52.04	1.67	11.95	5.56	9.30	5.12	9.56	2.52	0.94	0.32	0.63	0.43	0.61	0.79	0.60
	10	52.15	1.31	15.99	3.32	8.95	4.44	8.44	3.80	0.38	0.34	0.54	0.41	0.61	0.94	0.95
	11	51.75	0.50	14.91	4.91	6.08	5.52	9.11	4.81	0.30	0.32	0.50	0.55	0.52	0.96	0.90
	12	51.24	1.04	15.01	7.67	7.47	3.84	7.92	4.16	0.83	0.31	0.48	0.52	0.68	0.88	0.79
	13	49.10	0.82	15.88	1.31	6.53	8.39	13.42	1.90	0.36	0.25	0.77	0.22	0.34	0.90	0.98
	14	52.92	0.54	17.61	1.57	7.98	4.61	10.18	2.60	0.40	0.41	0.66	0.26	0.53	0.91	1.24
	15	52.70	0.50	18.51	1.95	8.69	4.33	10.16	1.76	0.36	0.42	0.74	0.17	0.57	0.89	1.24
	16	50.53	1.13	17.90	2.27	8.63	4.75	8.10	4.04	0.30	0.33	0.51	0.39	0.56	0.96	1.14
	17	50.45	1.45	15.75	4.40	9.41	3.05	10.19	2.36	0.60	0.36	0.67	0.28	0.71	0.86	0.93
x	50.90	1.58	15.41	3.68	8.74	5.37	9.43	3.03	0.48	0.30	0.61	0.37	0.56	0.90	0.92	
S <sup>2</sup>	2.353	0.8	4.417	3.167	3.017	2.015	2.32	1.421	0.052							
II	18 (619)	45.34	1.95	14.95	5.22	11.85	6.70	8.62	2.65	0.60	0.13	0.61	0.33	0.58	0.88	0.63
III (n = 2)	19 (624)	50.22	1.67	14.90	4.45	9.70	5.03	8.01	3.70	0.22	0.30	0.53	0.42	0.61	0.97	0.78
	20 (645/1)	48.62	1.36	13.56	5.18	8.23	6.98	9.88	2.80	0.40	0.24	0.64	0.37	0.51	0.92	0.66
	x	49.42	1.51	14.23	4.81	8.96	6.00	8.94	3.25	0.31	0.27	0.58	0.39	0.56	0.94	0.72
	S <sup>2</sup>	1.28	0.051	0.898	0.259	1.065	1.921	1.73	0.405	0.024						

Продолжение табл. 10

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17
II (n = 2)	21 (524)	47.54	2.02	14.22	4.19	11.85	7.25	8.28	3.10	0.26	0.16	0.58	0.38	0.55	0.95	0.61
	22	49.98	1.21	15.46	11.66	–	6.69	6.94	3.20	2.66	0.32	0.40	0.83	0.48	0.64	0.84
	x	48.76	1.61	14.84	7.92	5.93	6.97	7.61	3.15	1.46	0.24	0.49	0.60	0.51	0.79	0.75
	S <sup>2</sup>	2.977	0.32	0.769	27.826	–	0.157	0.898	0.005	2.88						
III	23	47.12	2.95	13.13	5.76	6.30	4.54	6.22	2.75	4.73	0.29	0.37	0.74	0.59	0.47	0.79
IV (n = 2)	24	55.82	1.14	16.25	2.62	6.23	4.41	7.30	3.24	1.41	0.48	0.49	0.66	0.52	0.78	1.22
	25	53.56	0.78	14.68	2.20	6.92	7.01	8.15	3.20	0.96	0.36	0.54	0.43	0.42	0.83	1.0
	x	54.69	0.96	15.46	2.41	6.58	5.71	7.72	3.22	1.18	0.42	0.51	0.55	0.47	0.80	1.05
	S <sup>2</sup>	2.554	0.065	1.217	0.088	0.245	3.38	0.353	0.0008	0.097						
V	26	56.41	1.07	15.70	2.16	5.82	5.33	4.14	3.54	3.15	0.48	0.29	0.92	0.45	0.63	1.18
VII (n = 3)	27	60.27	1.01	16.25	7.02	–	4.04	4.62	3.08	2.47	0.58	0.35	0.75	0.46	0.65	1.47
	28	60.30	0.85	15.73	1.39	5.19	4.47	4.10	3.32	2.46	0.56	0.31	0.81	0.45	0.66	1.42
	29	64.63	0.48	16.36	1.41	4.03	1.54	5.83	4.70	0.60	0.64	0.39	0.51	0.66	0.92	2.34
	x	61.73	0.78	16.11	3.27	3.07	3.35	4.85	3.70	1.84	0.59	0.35	0.69	0.52	0.74	1.66
	S <sup>2</sup>	6.295	0.102	0.111	10.528	2.708	2.33	0.788	0.764	1.159						
VIII (n = 2)	30	61.56	0.83	16.30	1.58	4.93	3.23	2.97	3.44	3.04	0.61	0.23	0.86	0.52	0.63	1.71
	31	63.90	0.64	15.33	2.96	3.21	2.70	2.51	3.80	2.70	0.64	0.20	0.60	0.55	0.68	1.73
	x	62.73	0.73	15.81	2.17	4.07	2.96	2.74	3.62	2.87	0.63	0.22	0.73	0.54	0.65	1.72
	S <sup>2</sup>	2.785	0.02	0.48	1.248	1.479	0.135	0.106	0.065	0.058						
X (n = 7)	32	65.79	0.78	14.55	1.28	4.80	2.14	3.85	2.76	2.07	0.70	0.34	0.72	0.61	0.67	1.77
	33	66.44	0.63	15.15	1.14	4.10	2.70	3.39	3.06	2.04	0.69	0.30	0.74	0.51	0.69	1.91
	34	66.78	0.80	14.62	1.52	4.33	1.99	3.18	3.59	2.23	0.69	0.26	0.89	0.61	0.71	1.86
	35	67.47	0.76	14.94	0.61	4.24	2.73	2.59	3.64	2.04	0.71	0.22	0.86	0.56	0.73	1.97
	36	65.88	0.72	15.26	0.91	4.95	2.15	2.55	3.92	2.42	0.67	0.20	0.59	0.60	0.72	1.90
	37	66.04	0.31	17.35	0.32	1.95	1.01	3.78	5.11	1.80	0.68	0.25	0.60	0.44	0.81	5.29
	38 (655)	66.31	0.35	15.81	1.11	4.20	0.81	3.14	4.40	1.14	0.71	0.25	0.53	0.78	0.85	2.58
	x	66.40	0.67	15.31	0.96	4.06	2.22	3.22	3.69	2.10	0.69	0.26	0.73	0.57	0.72	2.11
S <sup>2</sup>	0.178	0.044	0.938	0.167	0.986	0.364	0.265	0.665	0.173							



Окончание табл. 10

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17
XIII (n = 10)	39	70.80	0.28	15.19	2.66	–	0.75	1.99	3.33	3.70	0.78	0.16	0.97	0.63	0.58	4.45
	40	72.41	0.37	14.15	0.25	2.30	1.37	3.12	4.32	1.44	0.75	0.24	0.61	0.51	0.81	3.61
	41	70.77	0.41	15.63	0.15	2.32	0.56	2.02	4.17	2.29	0.76	0.16	0.60	0.71	0.74	5.16
	42	73.33	0.22	14.36	0.07	1.44	0.59	2.28	5.15	2.00	0.76	0.16	0.82	0.58	0.80	6.84
	43	72.22	0.32	13.00	0.26	3.14	2.11	2.64	3.60	1.50	0.75	0.16	0.58	0.47	0.78	2.36
	44	71.64	0.51	12.91	0.29	3.05	1.96	1.83	5.00	1.80	0.72	0.14	0.79	0.48	0.81	2.43
	45	70.83	0.58	14.27	0.42	2.87	1.57	2.56	4.79	1.42	0.72	0.20	0.66	0.54	0.84	2.94
	46	70.65	0.34	15.84	1.12	1.26	1.48	1.42	2.84	2.76	0.77	0.14	0.48	0.46	0.60	4.10
	47 (654)	69.57	0.37	15.51	1.49	2.12	0.94	2.33	4.70	1.54	0.74	0.18	0.61	0.67	0.83	3.45
	48 (653)	70.46	0.31	14.77	1.28	1.58	0.85	2.45	3.90	1.88	0.76	0.21	0.58	0.64	0.77	3.98
	x	71.58	0.38	14.42	0.65	2.05	1.30	2.23	3.65	2.11	0.75	0.18	0.69	0.55	0.74	3.60
S <sup>2</sup>	1.306	0.011	1.087	0.716	0.464	0.332	0.23	0.891	0.49							
XIV (n = 6)	49 (515)	69.12	0.61	15.48	0.54	1.49	0.65	1.47	5.20	4.70	0.71	0.09	0.88	0.65	0.63	5.78
	50 (652)	68.92	0.25	16.26	0.64	1.40	0.58	1.67	4.80	3.60	0.73	0.11	0.72	0.66	0.67	6.21
	51 (641)	72.00	0.19	14.45	0.52	1.32	0.40	1.19	3.30	5.60	0.76	0.08	0.76	0.71	0.49	6.45
	52 (642)	72.02	0.24	14.45	0.90	1.21	0.39	1.32	3.90	4.60	0.76	0.09	0.79	0.76	0.56	5.78
	53 (549/1)	70.19	0.36	15.39	0.99	1.04	0.64	1.86	5.00	3.85	0.73	0.11	0.80	0.64	0.66	5.76
	54 (549/2)	69.30	0.31	15.65	0.47	1.20	0.59	1.37	3.90	5.95	0.73	0.08	0.82	0.62	0.50	6.92
	x	70.26	0.33	15.28	0.68	1.28	0.54	1.48	4.35	4.72	0.74	0.09	0.79	0.67	0.58	6.26
S <sup>2</sup>	2.229	0.023	0.505	0.047	0.026	0.014	0.06	0.571	0.863							
XVI	55	73.85	0.68	11.42	0.48	3.90	1.56	1.70	2.12	2.90	0.78	0.19	0.58	0.61	0.52	1.92
XVII (n = 2)	56 (484)	73.90	0.16	14.28	0.40	0.72	0.25	0.72	3.35	5.45	0.78	0.06	0.80	0.73	0.48	10.42
	57 (567)	74.23	0.07	13.53	0.65	0.89	0.17	0.87	4.00	4.40	0.78	0.06	0.85	0.83	0.58	7.91
	x	74.06	0.12	13.90	0.52	0.80	0.21	0.79	3.67	4.92	0.78	0.06	0.82	0.78	0.53	9.08
	S <sup>2</sup>	0.058	0.003	0.274	0.288	0.013	0.003	0.001	0.218	2.27						

Примечание. 1–5 – метальтрабазиты; 6–20 – амфиболиты; 21, 22 – меланократовые биотит-амфиболовые плагиогнейсы; 23 – меланократовый гнейс; 24, 25 – гранат-амфибол-биотитовые плагиогнейсы; 26 – биотитовый гнейс; 27–31 – амфибол-биотитовые гнейсы; 32–38 – биотитовые и амфибол-биотитовые плагиогнейсы; 39 – 48 – биотит-мусковитовые плагиогнейсы; 49–57 – гранитогнейсы.

Анализы 10–17, 25, 29, 31, 36, 37, 40–46, 55 – из колл. В. Н. Юрецкого и др. (1982); 22, 24, 26–28, 30, 32–35, 39 – по [46]; 23 – по [34]. Остальные анализы – колл. Б. Н. Пермякова.

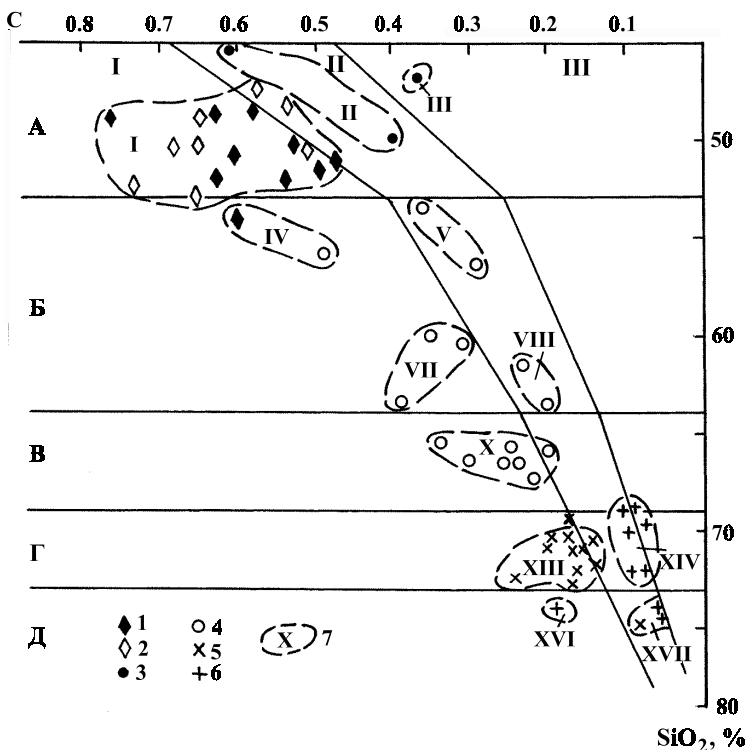


Рис. 69. Петрохимическая диаграмма с –  $\text{SiO}_2$  вмещающих метаморфических пород.

1 – амфиболиты, 2 – гранатовые амфиболиты, 3 – биотит-амфиболовые меланократовые плагиогнейсы, 4 – биотитовые (и амфибол-биотитовые) плагиогнейсы, 5 – биотитовые и биотит-мусковитовые плагиогнейсы, 6 – гранитогнейсы, 7 – ареал петрохимической подгруппы и ее номер.

Цифровые и буквенные обозначения см. рис. 23.

*Плагиогнейсы* по химическому и минеральному составу варьируют от меланократовых биотит-амфиболовых (иногда с пироксеном) до мезократовых биотитовых разновидностей, нередко подвергнутых интенсивной гранитизации с образованием очковых плагиогранитогнейсов (гранитогнейсов), в которых наряду с плагиоклазом существенную роль играет калиевый полевой шпат. Не затронутые процессами гранитизации или же слабо гранитизированные плагиогнейсы обычно представляют собой мелкозернистые и тонкозернистые породы темно-серой окраски, обладающие четкой ориентированной текстурой. Состоят из плаги-

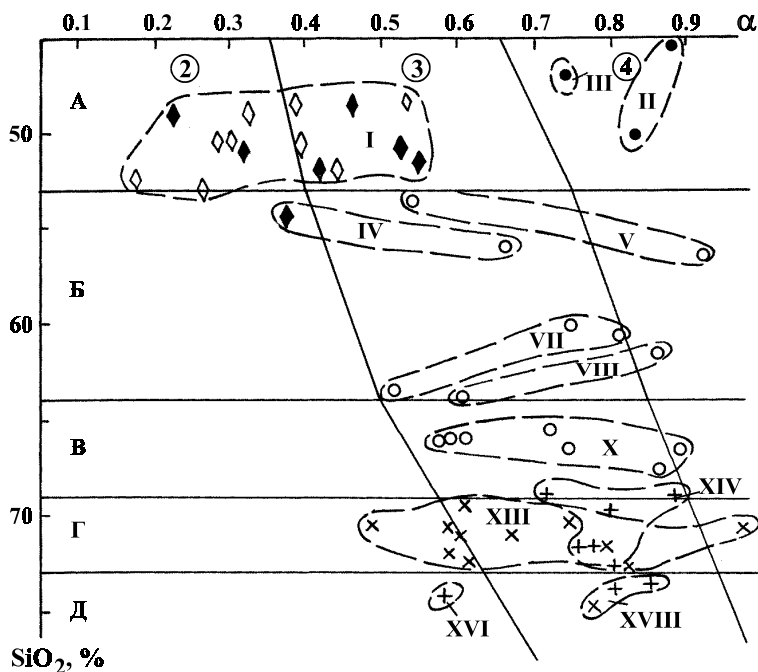


Рис. 70. Петрохимическая диаграмма  $\text{SiO}_2$  –  $\alpha$  вмещающих метаморфических пород.

Условные обозначения см. рис. 69, цифровые и буквенные обозначения – рис. 23.

оклаза 30–50, кварца 30–35, биотита 10–15, роговой обманки 20–25 % (в биотит-амфиболовых разновидностях). В гранитизированных плаггиогнейсах появляется калиевый полевой шпат (5–10 %), при этом их структура изменяется до средне-крупнозернистой, неравномернозернистой, очковой, порфиробластовой.

*Плаггиогнейсы меланократовые биотит-амфиболовые* по химическому составу соответствуют низкокремнекислороду ( $\text{SiO}_2 = 47\text{--}50\%$ ) субщелочному и щелочному габбро весьма высокощелочного типа (петрохимические подгруппы II и III). Субщелочные меланократовые плаггиогнейсы относятся к низкомагнезиальным низконатриевым, а щелочные плаггиогнейсы – к низкожелезистым натриево-калиевым разновидностям. В отличие от амфиболитов, меланократовые плаггиогнейсы характеризуются более высокой щелочностью и пониженной натровостью.

*Плаггиогнейсы биотитовые и амфибол-биотитовые* образуют дифференцированную серию с вариациями состава от диоритов

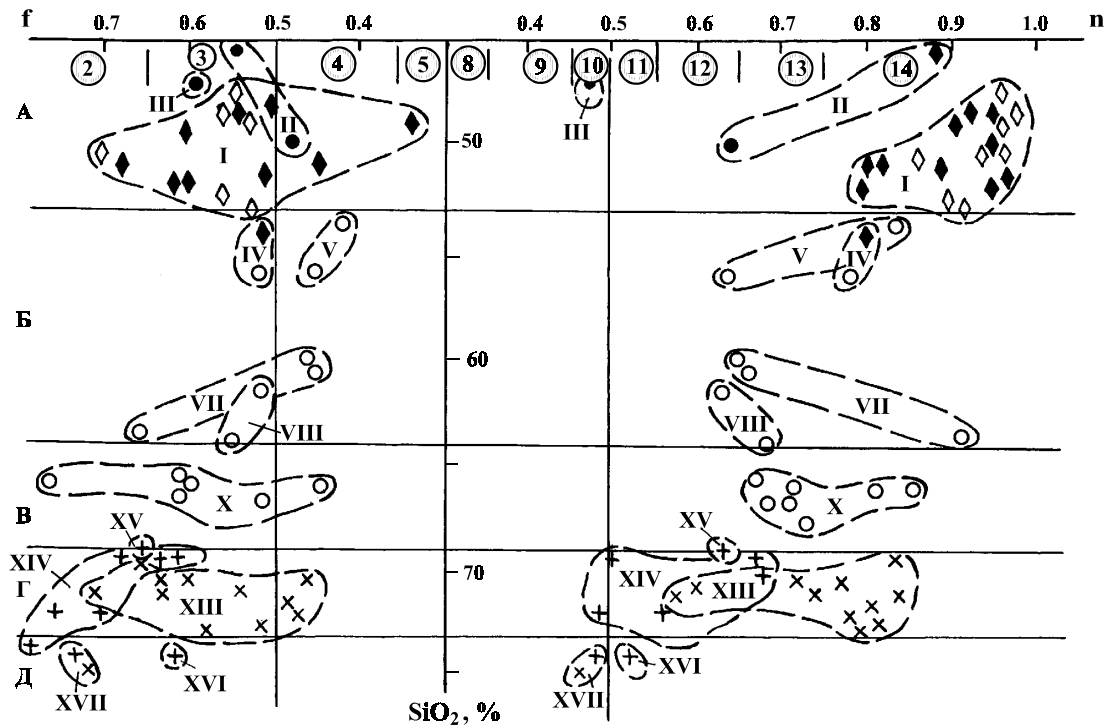


Рис. 71. Петрохимическая диаграмма  $f - \text{SiO}_2 - n$  вмещающих метаморфических пород. Условные обозначения см. рис. 69, цифровые и буквенные обозначения – рис. 23 и 24.

и кварцевых диоритов до гранодиоритов ( $\text{SiO}_2 = 56\text{--}68\%$ ). Эта минеральная разновидность плагиогнейсов относится к двум рядам щелочности: известково-щелочному (петрохимические подгруппы IV, VII, X) и субщелочному (подгруппы V, VIII).

Подгруппа IV представлена плагиогнейсами диоритового состава, обладающими повышенной степенью щелочности, низкой железистостью и высокой натровостью.

Подгруппа V включает плагиогнейсы, отвечающие составу монцодиоритов весьма высокой степени щелочности. В отличие от известково-щелочных, субщелочные плагиогнейсы относятся к низкомагнезиальному низконатриевому типу.

Подгруппа VII объединяет известково-щелочные плагиогнейсы состава кварцевого диорита, характеризующиеся высокой степенью щелочности, низкой магнезиальностью и умеренной натровостью.

Подгруппа VIII представлена субщелочными плагиогнейсами, близкими по составу к кварцевому монцодиориту. Для этих пород отмечается относительно широкий диапазон в степени щелочности ( $\alpha = 0.59\text{--}0.86$ ), устойчивая низкая железистость, низкая и умеренная натровость.

Подгруппа X объединяет известково-щелочные плагиогнейсы гранодиоритового состава, характеризующиеся заметными вариациями в степени щелочности. Обладают низкой железистостью и стабильной умеренной натровостью.

*Плагиогнейсы биотит-мусковитовые* относятся к известково-щелочному ряду (подгруппа XIII) и по составу отвечают гранитам низкой и умеренной щелочности, существенно натриевым, имеющим низкую и умеренную железистость.

Среди *гранитизированных гнейсов* отмечаются разновидности, относящиеся к щелочному (подгруппа XV), известково-щелочному (подгруппа XVI) и субщелочному (подгруппа XVII) рядам.

Щелочные гранитогнейсы принадлежат к высокощелочным породам, обладающим умеренной железистостью и низкой натровостью.

Известково-щелочные и субщелочные гранитогнейсы по составу отвечают лейкогранитам. Для известково-щелочных гранитогнейсов характерна низкая железистость и калиево-натриевый тип щелочности, а для субщелочных разновидностей – умеренная железистость и натриево-калиевый тип щелочности, т. е. по сравнению с выше охарактеризованными плагиогнейсами, лейкократовые гранитогнейсы обладают повышенной калиевостью.

*Несмотря на имеющиеся факты образования плагиогнейсов за счет более основных пород (см. главы 2 и 3) и наличие непрерывно дифференцированной петрохимической серии метаморфических пород от основных до кислых разновидностей, весьма трудно предположить, что мощные пачки плагиогнейсов, залегающих в ильменогорской, еланчиковской и кыштымской толщах и переслаивающихся с амфиболитами, могли быть образованы только при гранитизации последних.*

Автор, с известной долей условности, полагает, что основной объем плагиогнейсов был образован при метаморфизме эффузивов повышенной кремнекислотности и их туфов: потоки лав средне-кислого состава ритмично перемежались с потоками основных лав, что в разрезе метаморфических толщ отражается переслаиванием плагиогнейсов и амфиболитов. По-видимому, часть плагиогнейсов была образована за счет исходных осадочных пород (туффитов и граувакков) [3, 22, 24, 72]. Независимо от природы исходного субстрата, конечным продуктом метаморфизма и гранитизации как осадочных (?) толщ, так и магматитов может быть одна и та же порода – гнейс или гранитогнейс, причем и пара- и ортопорода по вещественному составу будут идентичны.

Как показывают полевые наблюдения, переход от амфиболитов к плагиогнейсам и гранитогнейсам не всегда может быть постепенным. Нередко изменения в составе пород происходят скачкообразно, что свидетельствует, прежде всего, о многостадийности формирования плагиогнейсов в процессе гранитизации амфиболитов.

С целью установления отдельных стадий изменения вещественного состава метаморфических пород при их метасоматическом преобразовании, был использован кислородный метод пересчета Т. Барта [74]. В табл. 11 приведены формулы Барта для разновидностей метаморфических пород и гранитоидов разных петрохимических подгрупп известково-щелочной серии. Сравнение этих формул дает следующее представление о балансе переносимого вещества в процессе метасоматоза и гранитизации метаморфических пород.

Таблица 11

Средний химический состав известково щелочных петрохимических подгрупп вмещающих метаморфических пород и гранитоидов Чашковско-Еланчиковского массива

Оксиды, петрохимические модули	Петрохимические подгруппы и породные ассоциации													
	I-a*	IV-a	VII-a	X-a	XIII-a	XIII-б	XIII-в	XIII-д	XIII-ж	XVI-a	XVI-б	XVI-в	XVI-д	XVI-ж
SiO <sub>2</sub>	50.90	54.69	61.73	66.40	71.58	71.33	71.85	72.77	70.96	73.85	74.13	75.29	74.21	77.15
TiO <sub>2</sub>	1.58	0.96	0.78	0.67	0.38	0.30	0.28	0.18	0.32	0.68	0.16	0.12	0.11	0.04
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	15.41	15.46	16.11	15.31	14.42	14.81	15.46	14.23	16.03	11.42	13.82	13.52	14.12	12.73
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	3.68	2.41	3.27	0.96	0.65	0.35	0.20	0.86	0.07	0.48	0.65	0.48	0.22	0.28
FeO	8.74	6.58	3.07	4.06	2.05	1.81	1.26	1.20	1.60	3.90	1.20	0.89	0.93	0.63
MnO	0.18	0.15	0.11	0.10	8.04	0.05	0.02	0.03	0.02	0.08	0.04	0.03	0.03	0.02
MgO	5.37	5.71	3.35	2.22	1.30	0.75	0.52	0.19	0.42	1.56	0.76	0.31	0.34	0.27
CaO	9.43	7.72	4.85	3.22	2.23	1.92	2.10	1.46	2.20	1.70	1.94	1.38	1.55	1.22
Na <sub>2</sub> O	3.03	3.22	3.70	3.69	3.65	4.11	3.68	2.82	4.00	2.12	4.90	3.60	3.76	3.19
K <sub>2</sub> O	0.48	1.18	1.84	2.10	2.11	3.04	3.80	4.16	2.43	2.90	1.56	3.66	3.82	3.72
q	0.30	0.42	0.59	0.69	0.75	0.75	0.76	0.79	0.77	0.78	0.76	0.80	0.79	0.81
c	0.61	0.51	0.35	0.26	0.18	0.16	0.16	0.13	0.18	0.19	0.17	0.11	0.12	0.10
α	0.37	0.55	0.69	0.73	0.69	0.68	0.65	0.64	0.58	0.58	0.71	0.73	0.73	0.73
f	0.56	0.47	0.52	0.57	0.55	0.62	0.60	0.87	0.70	0.61	0.61	0.70	0.70	0.71
n	0.90	0.80	0.74	0.72	0.74	0.67	0.59	0.50	0.71	0.52	0.84	0.60	0.60	0.56
кол-во проб	12	2	3	7	11	3	3	1	1	1	9	9	4	2

## Формула Т. Барга

I-a	$K_3Na_{57}Ca_{98}Mg_{78}Fe_{101}Al_{176}Ti_{11}Si_{496}$	XVI-a	$K_{33}Na_{36}Ca_{16}Mg_7Fe_{32}Al_{20}Ti_5Si_{658}$
IV-a	$K_{15}Na_{60}Ca_{79}Mg_{81}Fe_{69}Al_{174}Ti_7Si_{525}$	XVI-б	$K_{17}Na_{83}Ca_{18}Mg_{10}Fe_{13}Al_{141}Ti_1Si_{647}$
VII-a	$K_{21}Na_{60}Ca_{47}Mg_{46}Fe_{47}Al_{174}Ti_6Si_{566}$	XVI-в	$K_{40}Na_{61}Ca_{13}Mg_4Fe_9Al_{138}Ti_1Si_{656}$
X-a	$K_{24}Na_{65}Ca_{31}Mg_{30}Fe_{37}Al_{163}Ti_5Si_{599}$	XVI-д	$K_{42}Na_{64}Ca_{15}Mg_4Fe_8Al_{145}Ti_1Si_{651}$
XIII-a	$K_{23}Na_{69}Ca_{21}Mg_{17}Fe_{19}Al_{150}Ti_3Si_{633}$	XVI-ж	$K_{40}Na_{54}Ca_{11}Mg_3Fe_7Al_{130}Ti_0Si_{668}$
XIII-б	$K_{34}Na_{70}Ca_{18}Mg_9Fe_{19}Al_{154}Ti_2Si_{632}$	* Здесь и в табл. 12: а – метаморфические породы; б – гранитоиды 1-го этапа; в – биотитовые граниты 2-го этапа; г – двуслюдяные граниты 2-го этапа; д – мусковитовые граниты 2-го этапа; е – жильные граниты; ж – пегматиты.	
XIII-в	$K_{42}Na_{62}Ca_{20}Mg_6Fe_9Al_{160}Ti_2Si_{630}$		
XIII-д	$K_{48}Na_{48}Ca_{14}Mg_3Fe_{15}Al_{149}Ti_2Si_{646}$		
XIII-ж	$K_{28}Na_{69}Ca_{21}Mg_3Fe_{15}Al_{167}Ti_2Si_{629}$		

### Известково-щелочная серия метаморфитов

1) Амфиболиты состава габбро (I-a) → мезократовый гранат-биотит-амфиболовый плагиогнейс диоритового состава (IV-a)	Привнос: K = 12, Na = 3 Mg = 3, Si = 29	Вынос: Ca = 18, Fe = 32, Al = 2, Ti = 4
2) Мезократовый гранат-биотит-амфиболовый плагиогнейс диоритового состава (IV-a) → амфибол-биотитовый плагиогнейс состава кварцевого диорита (VII-a)	Привнос: K = 6, Si = 41	Вынос: Ca = 32, Mg = 35, Fe = 22, Ti = 1
3) Амфибол-биотитовый плагиогнейс состава кварцевого диорита (VII-a) → биотитовый и амфибол-биотитовый плагиогнейс гранодиоритового состава (X-a)	Привнос: K = 3, Na = 5, Si = 33	Вынос: Ca = 16, Mg = 16, Fe = 10, Al = 11, Ti = 1
4) Биотитовый и амфибол-биотитовый плагиогнейс гранодиоритового состава (X-a) → биотит-мусковитовый плагиогнейс гранитного состава (XIII-a)	Привнос: Na = 4, Si = 34	Вынос: K = 1, Ca = 10, Mg = 13, Fe = 18, Al = 13, Ti = 2
5) Биотит-мусковитовый плагиогнейс гранитного состава (XIII-a) → лейкократовый гранитогнейс (XVI-a)	Привнос: K = 10, Fe = 13, Ti = 2, Si = 25	Вынос: Na = 33, Ca = 5, Mg = 10, Al = 30

Процесс гранитизации и лейкократизации амфиболитов осуществлялся при постоянном привносе щелочей и кремния и выносе кальций-железо-магнезиальных компонентов. Характерна переменная роль калия и натрия в метасоматическом изменении метаморфических пород, в связи с чем намечается несколько стадий метасоматоза при гранитизации амфиболитов и последовательном их преобразовании в плагиогнейсы (вплоть до гранитогнейсов):

- 1-я стадия – натрий-калиево-кремниевая с привносом магния;
- 2-я стадия – калиево-кремниевая;
- 3-я стадия – калий-натриево-кремниевая;
- 4-я стадия – натриево-кремниевая;
- 5-я стадия – калиево-кремниевая с привносом железа.



Если сравнить состав исходного субстрата (амфиболита, петрохимическая подгруппа I-a) с составом конечного продукта его гранитизации (лейкократового гранитогнейса, подгруппа XVI-a), то будем иметь следующий баланс перенесенного вещества (см. табл. 11): привнос K = 30, Si = 162; вынос Na = 21, Ca = 82, Mg = 71, Fe = 69, Al = 56, Ti = 6. Следовательно, общая направленность процесса гранитизации известково-щелочного амфиболита выражается в доминирующей роли калиево-кремниевое метасоматоза.

### Субщелочная серия метаморфитов

Субщелочная серия метаморфических пород, в отличие от известково-щелочной, является прерывисто дифференцированной, так как из нее выпадают метаморфиты, по составу отвечавшие кварцевому сиениту (граносиениту) и субщелочному граниту. Это могло быть предопределено также неполной представительностью выборки химических анализов метаморфических пород.

Общая направленность метасоматического преобразования субщелочных метаморфитов (от основных к кислым) отражена в формулах Т. Барта (табл. 12), сопоставление которых позволяет выявить следующий баланс перенесенного вещества в процессе гранитизации меланократовых метаморфических пород.

1) Меланократовый биотит-амфиболовый плагиогнейс состава монцогаббро (II-a) → мезократовый амфибол-биотитовый гнейс монцодиоритового состава (V-a)

Привнос:	Вынос:
K = 20, Na = 5,	Ca = 38,
Al = 5, Si = 59	Mg = 26,
	Fe = 45, Ti = 4

2) Мезократовый амфибол-биотитовый гнейс монцодиоритового состава (V-a) → мезократовый амфибол-биотитовый и биотитовый гнейс состава кварцевого монцодиорита (VIII-a)

Привнос:	Вынос:
Si = 41	K = 4, Na = 1,
	Ca = 15,
	Mg = 36, Al = 5,
	Fe = 14, Ti = 3

3) Мезократовый амфибол-биотитовый и биотитовый гнейс состава кварцевого монцодиорита (VIII-a) → лейкократовый гранитогнейс (XVII-a)

Привнос:	Вынос:
K = 27, Si = 68	Na = 7, Ca = 19,
	Mg = 37,
	Fe = 39,
	Al = 25, Ti = 4

Средний химический состав субщелочных петрохимических подгрупп вмещающих

Оксиды, петрохимические модули	Петрохимические подгруппы и								
	II-a	V-a	VIII-a	VIII-б	XI-б	XIV-a	XIV-б	XIV-в	XIV-г
SiO <sub>2</sub>	48.76	56.41	62.73	60.16	66.48	69.12	71.69	71.39	72.35
TiO <sub>2</sub>	1.61	1.07	0.73	0.97	0.72	0.61	0.35	0.39	0.31
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	14.84	15.7	15.81	17.00	16.56	15.48	14.31	14.42	14.05
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	7.92	2.16	2.17	1.95	0.88	0.54	0.62	0.75	0.56
FeO	5.39	5.82	4.07	3.46	2.23	1.43	1.40	1.26	1.15
MnO	0.22	0.19	0.12	0.10	0.05	0.05	0.03	0.04	0.05
MgO	6.97	5.33	2.96	2.31	1.63	0.65	0.64	0.48	0.33
CaO	7.61	4.14	2.74	3.46	2.45	1.47	1.27	1.38	1.00
Na <sub>2</sub> O	3.15	3.54	3.62	4.82	5.28	5.20	3.98	4.00	3.87
K <sub>2</sub> O	1.46	3.15	2.87	3.68	3.03	4.30	4.93	4.73	4.76
q	0.24	0.48	0.63	0.58	0.67	0.71	0.74	0.76	0.77
c	0.49	0.29	0.22	0.21	0.15	0.09	0.08	0.09	0.07
α	0.60	0.92	0.68	0.70	0.73	0.88	0.85	0.82	0.81
f	0.51	0.45	0.54	0.55	0.51	0.65	0.64	0.70	0.74
n	0.79	0.63	0.65	0.66	0.72	0.63	0.54	0.56	0.55
кол-во проб	2	1	2	2	2	6	5	22	10

Примечание см. табл. 11.

Таким образом, намечается три стадии метасоматического преобразования субщелочных метаморфических пород:

- 1-я стадия – алюмо-щелочно-кремниевая;
- 2-я стадия – кремниевая;
- 3-я стадия – калиево-кремниевая.

Характерной особенностью выделенных стадий метасоматоза метаморфитов является значительный привнос калия и кремния в исходные породы и существенный вынос из них кальция, магния и железа, при этом метасоматические стадии заметно различаются между собой по совокупности подвижных компонентов. Так, переход меланократового плагиогнейса монцогаббрового состава в мезократовый гнейс монцодиоритового состава сопровождался привносом четырех элементов (Al, Na, K, Si); для преобразования монцодиоритогнейса в кварцевый монцодиоритогнейс потребовался привнос только кремния и вынос всех остальных петрогенных элементов; лейкократовый субщелочной гранитогнейс был образован в результате калий-кремниевый метасоматоза кварцевого монцодиоритогнейса со значительным выносом кальция, магния, железа, алюминия, а также натрия и титана.

Таблица 12

метаморфических пород и гранитоидов Чашковско-Еланчиковского массива

породные ассоциации									
XIV-д	XIV-е	XIV-ж	XVII-а	XVII-б	XVII-в	XVII-г	XVII-д	XVII-е	XVII-ж
72.47	71.98	73.04	73.90	74.70	75.42	73.40	74.15	74.67	74.88
0.22	0.21	0.06	0.16	0.18	0.13	0.37	0.17	0.10	0.01
14.26	14.82	15.18	14.28	13.17	12.87	13.36	13.58	13.56	14.07
0.48	0.68	0.17	0.40	0.59	0.57	0.77	0.38	0.51	0.34
1.22	1.18	0.83	0.72	1.46	1.03	1.43	0.98	0.77	0.67
0.04	0.03	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.03	0.07	0.04
0.38	0.47	0.07	0.25	0.31	0.34	0.28	0.40	0.31	0.35
1.03	1.21	1.17	0.92	0.87	0.71	0.89	0.99	0.92	1.01
3.80	4.21	4.40	3.35	4.29	3.79	3.70	3.46	4.58	4.16
4.74	4.26	4.60	5.45	3.76	4.19	4.80	4.88	4.42	3.92
0.77	0.75	0.77	0.78	0.78	0.79	0.77	0.78	0.78	0.79
0.07	0.09	0.08	0.06	0.06	0.05	0.07	0.07	0.06	0.07
0.80	0.78	0.80	0.80	0.85	0.83	0.85	0.81	0.91	0.88
0.74	0.65	0.87	0.73	0.79	0.77	0.80	0.70	0.70	0.60
0.55	0.60	0.59	0.48	0.63	0.58	0.54	0.52	0.61	0.62
20	7	1	2	5	17	2	8	5	2

## Формула Т. Барга

II-a	$K_{18}Na_{60}Ca_{80}Mg_{102}Fe_{106}Al_{172}Ti_{12}Si_{480}$	XIV-д	$K_{54}Na_{65}Ca_{10}Mg_5Fe_{12}Al_{148}Ti_2Si_{642}$
V-a	$K_{38}Na_{65}Ca_{42}Mg_{76}Fe_{61}Al_{177}Ti_8Si_{539}$	XIV-е	$K_{48}Na_{72}Ca_{11}Mg_6Fe_{12}Al_{150}Ti_2Si_{639}$
VIII-a	$K_{34}Na_{64}Ca_{27}Mg_{40}Fe_{47}Al_{172}Ti_5Si_{580}$	XIV-ж	$K_{50}Na_{72}Ca_{11}Mg_1Fe_7Al_{152}Ti_{0.5}Si_{620}$
VIII-б	$K_{43}Na_{86}Ca_{34}Mg_{32}Fe_{40}Al_{186}Ti_7Si_{565}$	XIV-а	$K_{61}Na_{57}Ca_8Mg_3Fe_8Al_{147}Ti_1Si_{648}$
XI-б	$K_{35}Na_{91}Ca_{24}Mg_{22}Fe_{23}Al_{175}Ti_5Si_{595}$	XVII-б	$K_{41}Na_{72}Ca_8Mg_4Fe_{13}Al_{135}Ti_2Si_{651}$
XIV-a	$K_{53}Na_{90}Ca_{14}Mg_8Fe_{15}Al_{163}Ti_4Si_{615}$	XVII-в	$K_{47}Na_{64}Ca_7Mg_4Fe_{10}Al_{132}Ti_1Si_{660}$
XIV-б	$K_{56}Na_{69}Ca_{12}Mg_8Fe_{14}Al_{149}Ti_2Si_{636}$	XVII-г	$K_{54}Na_{64}Ca_8Mg_3Fe_{16}Al_{139}Ti_3Si_{651}$
XIV-в	$K_{54}Na_{69}Ca_{13}Mg_6Fe_{15}Al_{150}Ti_3Si_{635}$	XVII-д	$K_{55}Na_{58}Ca_9Mg_5Fe_{10}Al_{140}Ti_2Si_{650}$
XIV-г	$K_{54}Na_{67}Ca_{10}Mg_4Fe_{12}Al_{147}Ti_2Si_{643}$	XVII-е	$K_{49}Na_{77}Ca_9Mg_4Fe_9Al_{139}Ti_1Si_{651}$
		XVII-ж	$K_{43}Na_{70}Ca_9Mg_4Fe_8Al_{144}Ti_0Si_{652}$

В метаморфических породах подавляющее большинство проанализированных микроэлементов содержится на кларковом и нижекларковом уровнях. Вышекларковые и специализированные содержания некоторых элементов-примесей отмечены, в среднем, лишь в 15 % проб метаморфитов. В амфиболитах повышенные концентрации отмечаются для As, Zr, Pb, Cu, Nb; в плагиогнейсах – для As, Pb, Cr, Cu, Nb, V; в гранитогнейсах – для As, Pb, Cu, Cr, Zn (табл. 13).

Таблица 13

## Содержание элементов-примесей (г/т) во вмещающих метаморфических породах

№ п. п.	№ пробы	Элемент															
		Cr	V	Ti	Cu	Zn	Pb	As	Sr	Ba	Ga	Y	Zr	Rb	Nb	Rb/Sr	Sr/Ba
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18
1	486/1	–	–	130	–	20	6	–	366	–	6	60	272	–	14	–	–
2	487	–	–	120	10	16	8	7	500	–	7	60	267	15	14	0.03	–
3	524	–	–	2270	–	95	–	7	190	–	–	27	120	14	10	0.07	–
4	525	–	–	280	40	24	–	7	310	–	10	92	660	5	50	0.016	–
5	525/5	–	–	130	8	40	5	–	250	–	17	60	260	–	14	–	–
6	538	–	–	2050	66	25	–	6	28	–	–	10	33	43	10	1.53	–
7	543	–	–	340	–	39	12	–	106	–	–	200	1290	–	72	–	–
8	544	–	–	1480	–	–	13	7	–	–	–	–	–	10	9	–	–
9	563	155	–	2510	–	95	–	–	–	–	–	–	–	10	10	–	–
10	602	–	–	5960	19	110	–	6	360	8	–	14	144	142	–	0.39	45
11	606	92	–	1610	60	–	12	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
12	619	–	–	1960	–	47	53	7	242	–	12	–	54	174	6	0.72	–
13	624	–	–	140	13	27	31	17	580	–	15	37	260	12	12	0.02	–
14	645/1	–	–	110	–	33	–	–	340	–	14	36	168	–	2	–	–
15	687/2	53	150	8610	117	130	29	–	1716	2100	25	16	313	172	37	0.1	0.82
16	688/2	224	360	12520	228	120	–	5	143	660	–	30	116	14	13	0.1	0.22
17	700	110	444	19890	126	120	22	–	420	455	24	33	198	18	22	0.04	0.92
18	701	105	295	10560	220	145	–	10	190	660	–	26	90	12	12	0.06	0.29
19	746/2	118	76	4730	123	37	18	–	162	1290	–	16	197	122	15	0.75	0.12
20	763	136	400	13610	184	128	–	–	203	–	–	25	128	15	16	0.07	–

Продолжение табл. 13

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18
21	767	140	410	15060	276	104	–	–	243	–	–	23	128	17	17	0.07	–
22	771	170	390	12790	352	120	–	–	180	–	–	25	106	8	13	0.04	–
23	780	210	410	11380	232	122	–	–	150	–	–	23	90	14	10	0.09	–
24	661	–	–	2970	–	183	17	10	142	–	–	3	83	190	13	1.3	–
25	661/1	14	–	2260	55	84	46	–	720	–	36	–	140	100	8	0.14	–
26	693/1	–	–	650	120	50	34	–	25	–	–	18	100	300	24	12	–
27	697	62	14	670	138	105	58	5	15	334	–	21	100	250	20	16.7	0.04
28	732	63	19	710	155	124	20	9	190	560	–	8	130	140	10	0.7	0.34
29	812	67	20	710	94	64	20	–	37	440	15	20	173	162	18	4.4	0.08
30	820	73	–	540	100	30	–	–	20	–	–	17	120	176	20	8.8	–
31	835	47	34	1200	92	59	24	–	80	670	16	13	270	160	17	2	0.12
32	484	–	5	2740	20	10	22	5	90	–	32	–	77	276	19	3.1	–
33	515	–	–	5140	–	100	19	–	280	–	23	–	300	185	21	0.21	–
34	549/1	–	–	4000	–	82	17	8	610	–	26	–	185	157	13	0.25	–
35	567	–	–	2640	42	48	63	10	24	–	29	–	95	298	54	12.4	–
36	599	–	–	1640	18	23	–	17	–	–	–	–	–	–	–	–	–
37	641	–	–	2630	–	72	67	6	232	–	37	8	200	136	8	0.59	–
38	642	–	–	3320	22	21	51	6	200	–	33	–	144	137	10	0.68	–
39	644	–	–	1400	16	27	–	10	93	–	16	–	82	268	20	2.9	–
40	652	–	–	4200	–	26	37	–	695	–	29	–	114	126	–	0.18	–
41	653	–	–	3610	–	66	–	–	150	–	15	10	150	65	12	0.43	–
42	654	–	–	4590	–	100	–	–	246	–	–	7	100	97	17	0.39	–
43	655	–	–	4700	–	80	–	7	296	–	32	9	135	47	7	0.16	–

Окончание табл. 13

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18
44	688/1	65	20	640	113	155	66	–	156	580	–	3	63	197	15	1.3	0.27
45	690	49	19	590	73	88	110	–	23	–	–	12	110	263	24	11.4	–
46	694/1	43	50	1380	106	177	98	7	500	1090	–	–	170	100	–	0.2	0.46
47	698	43	10	440	100	38	69	–	8	–	16	13	78	320	34	40	–
48	724/2	56	22	1194	104	28	–	–	–	435	–	8	232	19	7	–	–
49	729	57	16	645	130	106	25	6	75	330	14	–	48	172	12	2.3	0.23
50	745	–	28	530	105	35	42	–	140	430	37	–	66	164	13	1.17	0.32
51	750/1	60	25	770	120	30	–	–	80	430	–	–	94	220	15	2.7	0.19
52	753/1	53	25	670	100	38	17	6	235	430	–	–	79	184	10	0.78	0.53
53	754	53	18	1470	128	–	13	–	–	380	–	8	270	16	8	–	–
54	765/2	70	20	650	120	30	–	13	80	–	42	–	57	230	14	2.9	–
55	769	76	122	5100	123	60	–	13	75	1360	–	12	146	210	15	2.8	0.05
56	772/1	–	22	950	140	46	20	–	115	–	–	–	97	240	17	2.1	–
57	785/1	43	–	600	150	30	14	–	110	370	–	–	93	50	14	0.45	0.3
58	789	61	17	500	123	–	–	5	114	473	–	–	90	39	10	0.34	0.24
59	799	–	16	580	118	–	68	6	140	400	–	–	190	160	18	1.14	0.35
60	806	49	26	1210	112	50	35	6	114	630	–	–	303	152	18	1.3	0.18
61	859/1	51	34	1910	130	27	–	–	53	453	18	31	280	35	19	0.66	0.12
62	815	81	13	550	110	–	34	–	22	–	–	16	170	190	15	8.6	–
63	841/1	–	17	440	67	40	–	–	110	370	–	14	77	57	12	0.52	0.3

Примечание. 1–23 – амфиболиты; 24–31 – гранитогнейсы; 32–63 – плагиогнейсы.

## **6.2. Сравнительный анализ химического состава метаморфических пород и гранитоидов Чашковско-Еланчиковского массива и стадийность формирования гранитоидов**

Сопоставление среднего химического состава метаморфических пород и гранитоидов Чашковско-Еланчиковского массива выявило весьма близкие петрохимические особенности этих пород в конкретных подгруппах разных щелочных серий (см. табл. 11, 12; рис. 72, 73).

### **Известково-щелочная серия метаморфитов и гранитоидов**

К этой серии относятся только высоко- и весьма высококремнекислые ( $\text{SiO}_2 > 70\%$ ) типы гранитов Чашковско-Еланчиковского массива, с учетом чего и приводится сравнительный анализ химизма известково-щелочных гранитов и метаморфических пород, которые объединены в две петрохимические подгруппы – XIII и XVI.

Подгруппа XIII ( $c = 0.12-0.18$ ) включает высококремнекислые ( $\text{SiO}_2 = 71-73\%$ ) биотитовые плагиогнейсы и гранитогнейсы, мигматиты и порфиробластовые гнейсограниты-1, биотитовые и мусковитовые граниты-2, а также пегматиты и пегматоидные граниты жильного комплекса.

Метаморфические породы данной подгруппы характеризуются повышенной известковистостью ( $c = 0.18$ ), умеренной щелочностью ( $\alpha = 0.69$ ), низкой железистостью ( $f = 0.55$ ) и умеренной и высокой натровостью ( $n = 0.74$ ). Среднее содержание  $\text{SiO}_2 = 71.5\%$ .

Линзовидно-полосчатые мигматиты, а также порфиробластовые биотитовые гнейсограниты-1 Чашковско-Еланчиковского массива, имеющие одинаковую степень кремнекислотности с метаморфическими породами, очень близки к последним по степени щелочности ( $\alpha = 0.68$ ), железистости ( $f = 0.61$ ), типу щелочности ( $n = 0.68$ ), т. е. практически по всем петрохимическим показателям гранитоиды 1-го этапа подгруппы XIII сходны с метаморфическими породами, входящими в эту же подгруппу.

Биотитовые граниты-2 имеют такую же величину известковистости, степени щелочности и железистости, что и порфиробластовые гнейсограниты-1, но отличаются от них несколько пониженными значениями натровости ( $n = 0.59$ ).

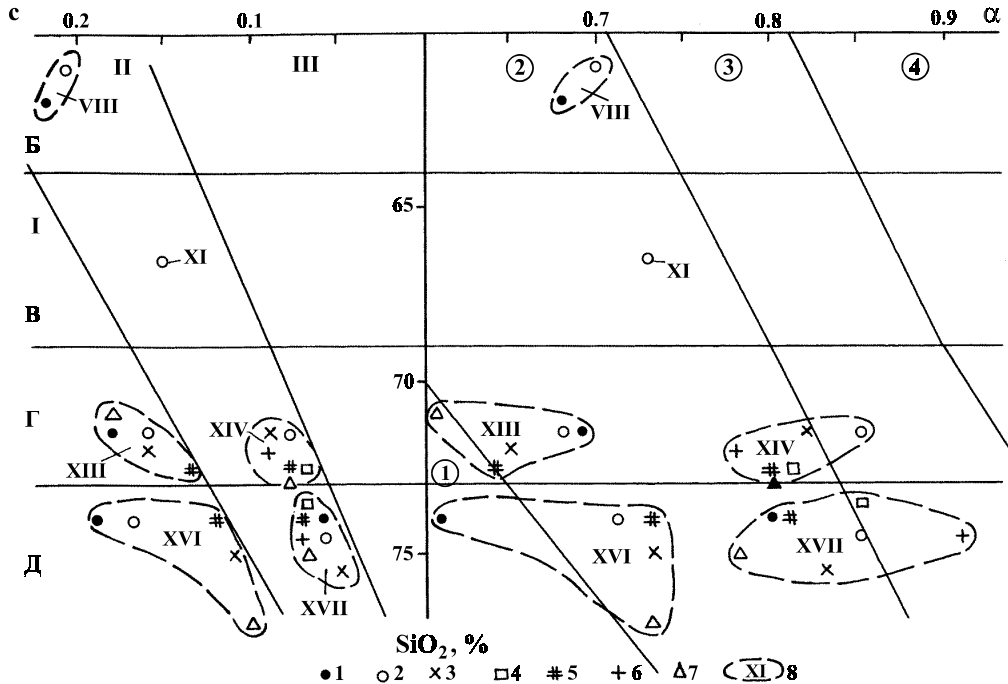


Рис. 72. Петрохимическая диаграмма  $c - SiO_2 - \alpha$  средних составов метаморфических пород и гранитоидов Чашковско-Еланчиковского массива.

1 – метаморфические породы, 2 – гранитоиды 1-го этапа, 3–5 – гранитоиды 2-го этапа (3 – биотитовые гнейсограниты, 4 – двуслюдяные граниты, 5 – мусковитовые граниты), 6–7 – жильные породы (6 – граниты, 7 – пегматиты и пегматоидные граниты), 8 – ареал петрохимической подгруппы и ее номер.

Цифровые и буквенные обозначения см. рис. 23.



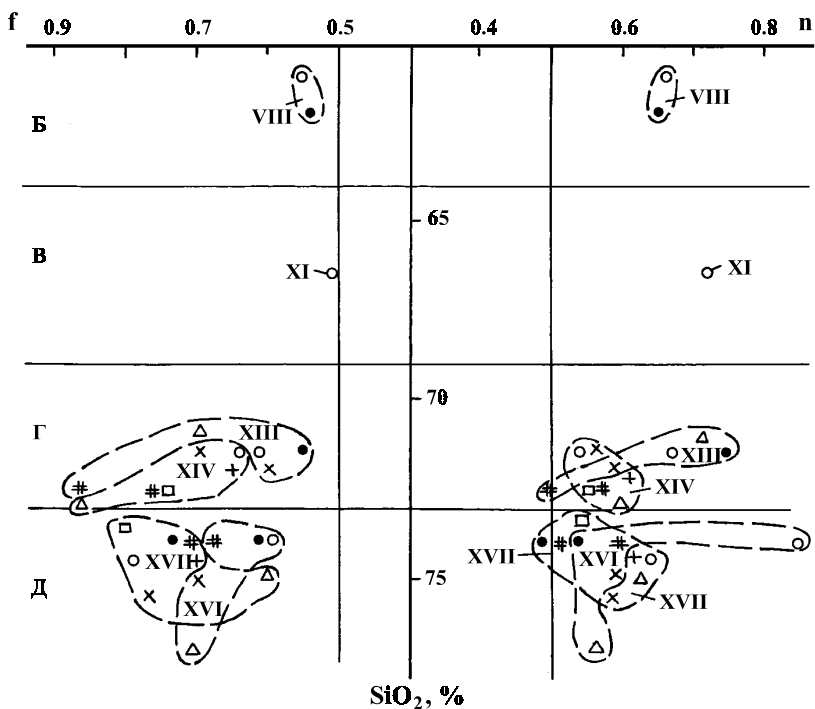


Рис. 73. Петрохимическая диаграмма  $f - SiO_2 - n$  средних составов метаморфических пород и гранитоидов Чашковско-Еланчиковского массива.

Условные обозначения см. рис. 72, цифровые и буквенные обозначения – рис. 23 и 24.

Мусковитовые граниты, входящие в подгруппу XIII, по отношению к вышеперечисленным породам характеризуются слегка повышенным содержанием  $SiO_2 = 72.5\%$ , высокой железистостью ( $f = 0.87$ ) и калиево-натриевым типом щелочности ( $n = 0.50$ ), т. е. в их составе присутствуют одинаковое атомное количество калия и натрия.

Пегматиты и пегматоидные граниты по величине известковистости сходны с метаморфическими породами подгруппы XIII и имеют среди гранитоидов этой подгруппы самую низкую степень щелочности ( $\alpha = 0.58$ ), обладают умеренной железистостью ( $f = 0.70$ ) и умеренной натровостью ( $n = 0.71$ ). По последнему показателю

телю пегматиты занимают промежуточное положение между гранитогнейсами и порфиробластовыми гнейсогранитами-1.

Подгруппа XVI ( $c = 0.10-0.19$ ) объединяет метаморфические породы и граниты Чашковско-Еланчиковского массива, имеющие весьма высокую степень кремнекислотности ( $\text{SiO}_2 > 73\%$ ). Как и в подгруппе XIII, лейкократовые гранитогнейсы характеризуются наиболее высокими значениями известковистости ( $c = 0.19$ ), пониженной железистостью ( $f = 0.16$ ), но отличаются повышенной калиевостью ( $n = 0.48$ ) и более низкой степенью щелочности ( $\alpha = 0.60$ ).

Порфиробластовые лейкократовые гнейсограниты-1 имеют близкие величины известковистости и железистости с метаморфическими лейкогранитогнейсами, но обладают резко повышенной натровостью ( $n = 0.84$ ) и более высокой степенью щелочности ( $\alpha = 0.72$ ).

Лейкократовые и мусковитовые граниты-2, а также пегматиты отличаются от лейкократовых плагиогнейсов, гранитогнейсов и порфиробластовых гнейсогранитов пониженной известковистостью ( $c = 0.10-0.12$ ), более высокой степенью щелочности ( $\alpha = 0.72-0.73$ ) и степенью железистости ( $f = 0.69-0.71$ ), а по типу щелочности занимают промежуточное положение между гранитогнейсами и порфиробластовыми гнейсогранитами ( $n = 0.56-0.60$ ).

Ниже рассмотрим основные особенности гранитообразующих процессов известково-щелочной серии пород.

### *1-й этап гранитообразования*

В предыдущем разделе главы (6.1) были охарактеризованы последовательно проявленные стадии гранитизации метафорических пород основного состава (амфиболитов), приведшие, в конечном счете, к образованию гранитовидных гнейсов. В связи с этим можно полагать, что субстратом для гранитоидов Чашковско-Еланчиковского массива были в разной степени гранитизированные метаморфиты, а это, в свою очередь, отразилось непосредственно на химизме гранитоидов.

По-видимому, стадию метасоматического преобразования гранат-биотит-амфиболовых плагиогнейсов диоритового состава в амфибол-биотитовые плагиогнейсы кварц-диоритового и, далее, гранодиоритового состава можно рассматривать как раннюю стадию формирования биотитовых (амфибол-биотитовых) линзовидно-полосчатых мигматитов и порфиробластовых гнейсогранитов. В таком случае субстратом для гранитоидов-1 могли быть или гранодиоритогнейсы петрохимической подгруппы X, или же плагиог-

нейсы гранитного состава подгруппы XIII, по отношению к которым проанализируем баланс перенесенного вещества в процессе их дальнейшей гранитизации и преобразования в граниты (см. табл. 11).

1) Амфибол-биотитовые и биотитовые плагиогнейсы (X-a) → биотитовые мигматиты и порфириобластовые гнейсограниты (XIII-б)	Привнос K = 10, Na = 5, Si = 33	Вынос Ca = 13, Mg = 21, Fe = 18, Al = 9, Ti = 4
2) Биотитовые и биотит-мусковитовые плагиогнейсы (XIII-a) → биотитовые мигматиты и порфириобластовые гнейсограниты (XIII-б)	Привнос K = 11, Na = 1, Al = 4	Вынос Ca = 3, Mg = 8, Ti = 1, Si = 1

В первом случае формирование гранитоидов-1 осуществлялось в результате щелочно-кремниевое метасоматоза метаморфического субстрата гранодиоритового состава (амфибол-биотитовых и биотитовых плагиогнейсов, подгруппа X) со значительным выносом фемафильных компонентов. Во втором случае образование гранитоидов-1 происходило под влиянием алюмокалиевого метасоматоза (с небольшим привнесением натрия) метаморфического субстрата гранитного состава (биотитовых плагиогнейсов, подгруппа XIII) с незначительным выносом кальция и магния при постоянном балансе кремния. По-видимому, в данном процессе алюминий выступал в роли «кислотного» элемента, частично замещая кремний, и его сочетание с привнесённым калием вполне закономерно.

Последующая лейкократизация гранитоидов-1 осуществлялась в результате натрий-кремниевое метасоматоза, о чем свидетельствует установленный баланс перенесенного вещества при переходе мигматизированных биотитовых гнейсогранитов (подгруппа XIII-б) в их лейкократовые разновидности (подгруппа XVI-б). В этом процессе зафиксирован привнос Na = 13, Si = 15, Mg = 1 и вынос K = 17, Fe = 6, Al = 13, Ti = 1. Следовательно, в конечную стадию формирования гранитоидов-1 была четко проявлена доминирующая роль натрий-кремниевое метасоматоза.

### 2-й этап гранитообразования

Ко времени проявления процессов 2-го этапа гранитообразования метаморфический субстрат был в достаточной мере гранитизирован, а гранитоиды-1 частично раскислены до лейкогранитов.

тов. В связи с этим, логично было предположить, что формирование известково-щелочных гранитов-2 происходило без существенного переноса вещества. Однако подсчет баланса перемещенных элементов в нижеперечисленных системах показал следующий результат (см. табл. 11).

1) <i>Биотитовый и биотит-мусковитовый плагиогнейс (XIII-а) → биотитовый гранит (XIII-в)</i>	Привнос: К = 19, Al = 10	Вынос: Na = 7, Ca = 1, Mg = 11, Fe = 10, Ti = 1, Si = 3
2) <i>Биотитовый мигматизированный порфиробластовый гнейсогранит (XIII-б) → биотитовый гранит (XIII-в)</i>	Привнос: К = 8, Ca = 2, Al = 6	Вынос: Na = 8, Mg = 3, Fe = 10, Si = 2
3) <i>Лейкократовый гранитогнейс (XVI-а) → лейкократовый гранит (XVI-в)</i>	Привнос: К = 7, Na = 25, Al = 18	Вынос: Ca = 3, Mg = 3, Fe = 23, Ti = 4, Si = 2
4) <i>Лейкократовый порфиробластовый гнейсогранит (XVI-б) → лейкократовый гранит (XVI-в)</i>	Привнос: К = 23, Si = 9	Вынос: Na = 22, Ca = 5, Fe = 4, Mg = 6, Al = 3

Таким образом, при формировании известково-щелочных гранитов-2 существенное значение имеет привнос калия и алюминия в исходный субстрат, причем часть высококремнекислых лейкократовых гранитов была образована в результате кремний-калиевого метасоматоза. Переход биотитовых гранитов подгруппы XIII-в к лейкогранитам подгруппы XVI-в сопровождался следующим балансом переносимого вещества (см. табл. 11): привнос Si = 26; вынос K = 2, Na = 1, Ca = 7, Mg = 2, Al = 22, Ti = 1, т. е. решающее значение в образовании лейкогранитов за счет биотитовых гранитов имел кремниевый (кварцевый) метасоматоз с выносом алюминия, щелочей и феррических компонентов.

### Субщелочная серия метаморфитов и гранитоидов

В отличие от известково-щелочной серии, формирование субщелочных гранитоидов Чашковско-Еланчиковского массива началось при более низких значениях кремнекислотности ( $\text{SiO}_2 = 60\text{--}63\%$ ), в связи с чем сравнительный анализ петрохимических особенностей гранитоидов и вмещающих метаморфических

пород целесообразно произвести именно с этого интервала кремнекислотности (см. рис. 72, 73).

Подгруппа VIII ( $c = 0.21-0.22$ ) представлена низкокремнекислыми метаморфическими породами и гранитоидами-1, по среднему составу отвечающими кварцевому монцоидиориту и обладающими умеренной щелочностью, низкой железистостью и низкой натровостью. Для этих пород характерны весьма близкие абсолютные величины всех петрохимических модулей.

Подгруппа XI ( $c = 0.14-0.15$ ) включает умеренно кремнекислые линзовидно-полосчатые мигматиты и порфиробластовые граносиенитогнейсы, по степени щелочности, железистости и типу щелочности сходные с породами петрохимической подгруппы VIII.

Подгруппа XIV ( $c = 0.06-0.09$ ) объединяет высококремнекислые ( $\text{SiO}_2 = 71.5-73\%$ ) биотитовые гнейсограниты и мигматиты 1-го этапа, биотитовые, двуслюдяные и мусковитовые граниты-2, а также жильные граниты, пегматиты и пегматоидные граниты, петрохимическая характеристика которых приведена в главах 2-4.

Подгруппа XVII ( $c = 0.05-0.07$ ) включает весьма высококремнекислые ( $\text{SiO}_2 > 73\%$ ) лейкократовые гранитогнейсы, порфиробластовые гнейсограниты-1, лейкократовые, двуслюдяные и мусковитовые граниты-2, а также жильные граниты и пегматиты.

Гранитогнейсы, распространенные в составе метаморфических толщ, обладают умеренной щелочностью ( $\alpha = 0.80$ ), умеренной железистостью ( $f = 0.73$ ) и натриево-калиевым типом щелочности ( $n = 0.48$ ).

Порфиробластовые лейкократовые гнейсограниты имеют такую же величину известковистости ( $c = 0.06$ ), что и гранитогнейсы, но отличаются от последних повышенной щелочностью ( $\alpha = 0.85$ ), железистостью ( $f = 0.78$ ) и низкой натровостью ( $n = 0.64$ ).

Среди пород данной подгруппы лейкограниты-2 имеют наименьшую величину известковистости ( $c = 0.05$ ), умеренную степень щелочности ( $\alpha = 0.83$ ), умеренную железистость ( $f = 0.77$ ) и низкую натровость ( $n = 0.58$ ).

Двуслюдяные, мусковитовые и жильные граниты, а также пегматиты характеризуются сходной величиной известковистости ( $c = 0.07$ ), при этом по степени щелочности двуслюдяные граниты близки к порфиробластовым лейкократовым гнейсогранитам-1, а мусковитовые граниты – к метаморфическим лейкократовым гранитогнейсам. Жильные граниты имеют высокую степень щелочно-

сти ( $\alpha = 0.92$ ), а пегматиты – наиболее пониженную ( $\alpha = 0.78$ ). Для жильных гранитов характерна умеренная железистость ( $f = 0.70$ ) и низкая натровость ( $n = 0.61$ ). Пегматиты обладают низкой железистостью ( $f = 0.60$ ) и сходной с жильными гранитами натровостью.

Мусковитовые граниты близки по железистости к жильным гранитам, но отличаются от них калиево-натриевым типом щелочности. Двуслюдяные граниты имеют наиболее высокую железистость ( $f = 0.80$ ) и также, как и мусковитовые граниты, характеризуются калиево-натриевым уклоном.

Ниже рассмотрим основные особенности эволюции химизма процессов формирования субщелочных гранитоидных ассоциаций Чашковско-Еланчиковского массива.

### *1-й этап гранитообразования*

Субстратом для гранитоидов-1 подгруппы VIII-б являлись, вероятно, мезократовые амфибол-биотитовые плагиогнейсы монцодиоритового состава (петрохимическая подгруппа V-a), в процессе гранитизации которых произошла следующая миграция петрогенных элементов (см. табл. 12).

1) <i>Плагиогнейсы монцодиоритового состава (V-a) → линзовидно-полосчатые мигматиты и амфибол-биотитовые порфиробластовые гнейсовидные кварцевые монцодиориты (VIII-б)</i>	Привнос:	Вынос:
	K = 5,	Ca = 8,
	Na = 21,	Mg = 44,
	Al = 9,	Fe = 21,
	Si = 26	Ti = 1

Как видим, образование гранитоидов кварц-монцодиоритового состава связано с проявлением алюмо-щелочно-кремниевой стадии гранитизации меланократовых плагиогнейсов, сопровождаемой интенсивным выносом кальций-железо-магнезиальных компонентов. Дальнейшая эволюция химизма субщелочных гранитоидов-1 осуществлялась при постоянном возрастании кремнекислотности пород и следующем изменении баланса подвижных элементов.

2) <i>Мигматиты состава кварцевых монцодиоритов (VIII-б) → гнейсограносиениты (XI-б)</i>	Привнос:	Вынос:
	Na = 5,	K = 8, Ca = 10,
	Si = 30	Mg = 10, Fe = 17,
		Al = 11, Ti = 5

Подобное преобразование пород произошло, в отличие от предыдущей метасоматической стадии, под влиянием натриево-кремниевого метасоматоза, при этом среди вынесенных элементов фиксируются калий и алюминий и значительно меньшее количество ионов магния и железа.

3) <i>Гнейсограносиениты (XI-б) → порфиробластовые биотитовые гнейсограниты (XIV-б)</i>	Привнос: K = 21, Si = 41	Вынос: Na = 22, Ca = 12, Mg = 14, Fe = 9, Al = 26, Ti = 3
---	--------------------------------	--

Приведенный баланс перенесенного вещества показывает, что преобразование гнейсограносиенитов в порфиробластовые гнейсограниты осуществлялось под влиянием калий-кремниевого метасоматоза со значительным выносом остальных подвижных компонентов. По-видимому, часть калия ушла на формирование порфиробластов полевого шпата.

4) <i>Порфиробластовые биотитовые гнейсограниты (XIV-б) → порфиробластовые лейкократовые гнейсограниты (XVII-б)</i>	Привнос: Na = 3, Si = 15	Вынос: K = 15, Ca = 4, Mg = 4, Fe = 1, Al = 14
---	--------------------------------	---

Лейкократизация биотитовых порфиробластовых гнейсогранитов была обусловлена преимущественно привносом кремния (с небольшим количеством натрия), наряду с чем отмечается существенный вынос калия и алюминия и незначительный – фемфильных элементов.

В случае формирования лейкократовых порфиробластовых гнейсогранитов подгруппы XVII-б за счет лейкократовых гранитогнейсов подгруппы XVII-а (см. табл. 12), фиксируется заметный привнос Na = 15, а также небольшого количества ионов Si = 3, Fe = 5, Mg = 1 и Ti = 2. Характерен значительный вынос ионов K = 20 и Al = 12.

Таким образом, в конечную стадию формирования субщелочных гранитов-1, как и в случае завершающей стадии образования известково-щелочных гранитов, существенная роль принадлежит натриевому метасоматозу.

### *2-й этап гранитообразования*

Для субщелочных биотитовых гнейсовидных гранитов-2 подгруппы XIV-в Чашковско-Еланчиковского массива субстратом могли служить: 1) известково-щелочные биотитовые и биотит-

мусковитовые плагиогнейсы подгруппы XIII-а (см. табл. 11); 2) субщелочные порфиробластовые биотитовые гнейсограниты-1 подгруппы XIV-б (см. табл. 12). В этих случаях баланс перенесенного вещества будет представлен:

1) Привнос:	Вынос:	2) Привнос:	Вынос:
K = 31, Si = 2	Ca = 8, Mg = 11, Fe = 4	Ca = 1, Fe = 1, Al = 1, Ti = 1	K = 2, Mg = 2, Si = 1

Отсюда следует, что при формировании субщелочных биотитовых гранитов за счет известково-щелочных плагиогнейсов требуется значительный привнос калия, но при этом сохраняется баланс натрия, алюминия и титана. Вынос фемафильных элементов относительно заметный. В процессе преобразования субщелочных порфиробластовых гнейсогранитов перераспределение в балансе подвижных элементов минимальное (1–2 иона), т. е. переход гнейсогранитов в граниты мог быть осуществлен в результате анатексиса практически без переноса вещества.

Лейкократизация субщелочных биотитовых гранитов подгруппы XIV-в и преобразование их в лейкограниты (подгруппа XVII-в) происходила при следующем изменении баланса перенесенного вещества (см. табл. 12): привнос – Si = 25, вынос – K = 7, Na = 5, Ca = 6, Mg = 2, Fe = 10, Al = 28, Ti = 2. Следовательно, процесс лейкократизации субщелочных гранитов-2 осуществлялся, как и в случае лейкократизации известково-щелочных гранитов, только под влиянием привноса кремния (кварцевого метасомато-за).

Тем не менее, не исключены варианты образования субщелочных лейкогранитов за счет лейкократовых гранитогнейсов подгруппы XVII-а и лейкократовых порфиробластовых гнейсогранитов подгруппы XVII-б (см. табл. 12).

<i>Лейкократовый гранитогнейс (XVII-а) → лейкократовый гранит (XVII-в)</i>	Привнос:	Вынос:
	Na = 7, Mg = 1, Fe = 2, Si = 12	K = 14, Ca = 1, Al = 15

<i>Лейкократовый порфиробластовый гнейсогранит (XVII-б) → лейкократовый гранит (XVII-в)</i>	Привнос:	Вынос:
	K = 6, Si = 9	Na = 8, Ca = 1, Fe = 3, Al = 3, Ti = 1



В первом случае образование лейкогранитов за счет гранитогнейсов происходило под влиянием натриево-кремнивого метасоматоза с небольшим привнесом магния и железа, что совпадает с процессом лейкократизации субщелочных порфиробластовых гнейсогранитов-1. Во втором случае лейкограниты могли быть образованы при калиево-кремниевом метасоматозе порфиробластовых гнейсогранитов, т. е. в результате тех же процессов, что и при формировании известково-щелочных лейкогранитов-2.

Факт формирования чашковских гранитоидов за счет метасоматического преобразования и гранитизации метаморфических пород (главным образом, плагиогнейсов) с последующим проявлением анатектических выплавов, приведшим к гранитным инъекциям жильного типа, не вызывает сомнения. Остается не до конца решенным вопрос о генезисе мусковитовых гранитов, слагающих Южно-Еланчиковскую апофизу Чашковско-Еланчиковского массива. В. Н. Юрецкий и др. (1982) считают, что еланчиковские мусковитовые граниты возникли в результате метасоматической мусковитизации биотитовых гранитов. Н. С. Бородина и Г. Б. Ферштатер [6, 8, 46] получили данные, свидетельствующие о магматической природе мусковита в еланчиковских гранитах, субстратом для которых служили метапелитовые породы.

Автор придерживается точки зрения, что и лейкократовые, и биотитовые, и мусковитовые граниты Чашковско-Еланчиковского массива были образованы за счет гранитизации и анатексиса одного и того же исходного субстрата.

В качестве примера сравним баланс перенесенного вещества в процессе преобразования плагиогнейсов и гранитогнейсов в вышеотмеченные разновидности гранитов (см. табл. 11, 12).

1) Известково-щелочные мусковит-биотитовые плагиогнейсы (XIII-а) → известково-щелочные биотитовые граниты (XIII-в)	Привнос: К = 19, Al = 10	Вынос: Na = 7, Ca = 1, Mg = 11, Fe = 10, Ti = 1, Si = 3
2) Известково-щелочные мусковит-биотитовые плагиогнейсы (XIII-а) → известково-щелочные лейкограниты (XVI-в)	Привнос: К = 17, Si = 18	Вынос: Na = 8, Ca = 8, Mg = 13, Fe = 10, Ti = 4, Al = 12
3) Известково-щелочные лейкократовые гранитогнейсы (XVI-а) → известково-щелочные лейкограниты (XVI-в)	Привнос: К = 7, Na = 25, Al = 18	Вынос: Ca = 3, Mg = 3, Fe = 23, Ti = 4, Si = 2

4) Известково-щелочные мусковит-биотитовые плагиогнейсы (XIII-а) → известково-щелочные мусковитовые граниты (XII-д)	Привнос: K = 25, Si = 13	Вынос: Na = 21, Ca = 7, Mg = 14, Fe = 4, Al = 1, Ti = 1
5) Известково-щелочные мусковит-биотитовые плагиогнейсы (XIII-а) → известково-щелочные мусковитовые граниты (XVI-д)	Привнос: K = 19, Si = 18	Вынос: Na = 5, Ca = 6, Mg = 13, Fe = 11, Ti = 2, Al = 5
6) Известково-щелочные лейкократовые гранитогнейсы (XVI-а) → известково-щелочные мусковитовые граниты (XVI-д)	Привнос: K = 9, Na = 28, Al = 25	Вынос: Ca = 1, Mg = 3, Fe = 24, Ti = 4, Si = 7
7) Субщелочные гранитогнейсы (XIV-а) → субщелочные биотитовые граниты (XIV-в)	Привнос: K = 1, Si = 20	Вынос: Na = 21, Ca = 1, Mg = 2, Al = 13, Ti = 1
8) Субщелочные гранитогнейсы (XIV-а) → субщелочные лейкократовые граниты (XVII-в)	Привнос: Si = 45	Вынос: K = 6, Na = 26, Ca = 7, Mg = 4, Fe = 5, Al = 31, Ti = 3
9) Субщелочные гранитогнейсы (XIV-а) → субщелочные мусковитовые граниты (XIV-д)	Привнос: K = 1; Si = 27	Вынос: Na = 25, Ca = 4, Mg = 3, Fe = 3, Al = 15, Ti = 2
10) Субщелочные гранитогнейсы (XIV-а) → субщелочные мусковитовые граниты (XVII-д)	Привнос: K = 2, Si = 35	Вынос: Na = 25, Ca = 5, Mg = 3, Fe = 5, Al = 23, Ti = 2

Анализ приведенных выше данных по балансу подвижных элементов в процессе метасоматического преобразования плагиогнейсов и гранитогнейсов позволяет сделать следующие выводы.

1. Формирование известково-щелочных биотитовых гранитов происходило в результате алюмо-калиевого метасоматоза мусковит-биотитовых плагиогнейсов. С другой стороны, преобразование этого субстрата в лейкократовые и мусковитовые граниты известково-щелочного ряда осуществлялось под воздействием привноса калия и кремния с выносом ионов всех остальных петрогенных элементов. Образование лейкогранитов и весьма высококремнекислых мусковитовых гранитов за счет лейкократовых гранитогнейсов происходило под влиянием алюмо-щелочного метасоматоза, причем в привносимых растворах натрий доминировал над калием.

2. Субщелочные лейкократовые, биотитовые и мусковитовые граниты, субстратом для которых служили субщелочные гранитогайсы, были образованы при кремниевом (кварцевом) метасоматозе с крайне низким (1–2 иона) привносом калия и выносом остальных подвижных элементов.

3. Субстратом для биотитовых и мусковитовых гранитов служили метаморфические породы гранитного состава, содержащие  $\text{SiO}_2 \geq 70\%$ . При этом, отмечается значительная разница в количестве привнесенных в субстрат ионов калия и кремния при формировании субщелочных и известково-щелочных гранитов. И биотитовые, и мусковитовые субщелочные граниты были образованы при привносе калия и кремния в соотношении (в среднем) 1 : 31. Известково-щелочные граниты формировались при миграции в субстрат калия и кремния в соотношении 22 : 15, т. е. в процессе образования субщелочных биотитовых и мусковитовых гранитов было привнесено в 22 раза меньше калия и в 2 раза больше кремния, чем при формировании подобных гранитов известково-щелочного ряда.

4. Одновременно с этим, в процессе формирования известково-щелочных биотитовых и мусковитовых гранитов из субстрата было вынесено в среднем в 4 раза больше железа и магния, чем при образовании субщелочных гранитов, при этом количество вынесенного кальция было примерно равным.

5. Возникновение биотитовых и мусковитовых гранитов обусловлено проявлением одних и тех же процессов метасоматоза и гранитизации метаморфического субстрата. Эти граниты генетически связаны между собой, близки по химическому составу и имеют взаимопереходы через двуслюдяные граниты, что подтверждается также формулами Т. Барта:

биотитовые граниты

(подгруппа XIV-в)  $\text{K}_{54}\text{Na}_{69}\text{Ca}_{13}\text{Mg}_6\text{Fe}_{15}\text{Al}_{150}\text{Ti}_{13}\text{Si}_{635}$

двуслюдяные граниты

(подгруппа XIV-г)  $\text{K}_{54}\text{Na}_{67}\text{Ca}_{10}\text{Mg}_4\text{Fe}_{12}\text{Al}_{147}\text{Ti}_2\text{Si}_{643}$

мусковитовые граниты

(подгруппа XIV-д)  $\text{K}_{54}\text{Na}_{65}\text{Ca}_{10}\text{Mg}_5\text{Fe}_{12}\text{Al}_{148}\text{Ti}_2\text{Si}_{642}$

Выделены следующие стадии и типы метасоматоза и гранитизации пород субстрата, проявленные в разные этапы формирования гранитоидов Чашковско-Еланчиковского массива (табл. 14).

Таблица 14

Этапы и стадии формирования гранитоидов  
Чашковско-Еланчиковского массива

Этап гранитообразования	Исходная порода (петрохим. подгруппа)	Стадия метасоматического процесса	Тип метасоматического процесса	Баланс вещества		Новообразованная порода (петрохимическая подгруппа)
				привнос	вынос	
1	2	3	4	5	6	7
I. Ранний метасоматический	А. Известково-щелочная серия					
	Амфибол-биотитовый и биотитовый плагиогнейс гранодиоритового состава (X)	Калиево-натровая	Кремнещелочной	K, Na, Si	Ca, Mg, Fe, Al, Ti	Биотитовый линзовидно-полосчатый мигматит, порфиробластовый биотитовый гнейсогранит (XIII)
	Биотитовый и биотитомусковитовый плагиогнейс гранитного состава (XIII)		Алюмощелочной	K, (Na), Al	Ca, Mg, Ti, Si	То же
	Линзовидно-полосчатый мигматит и порфиробластовый гнейсогранит (XIII)		Кремне-натриевый	Na, Si, (Mg)	K, Fe, Al, Ti	Лейкократовый порфиробластовый гнейсогранит (XVI)
	Б. Субщелочная серия					
	Амфибол-биотитовый плагиогнейс монцодиоритового состава (V)	Калиево-натровая	Алюмокремнещелочной	K, Na, Al, Si	Ca, Mg, Fe, Ti	Линзовидно-полосчатый мигматит, амфибол-биотитовый порфиробластовый монцодиорит (VIII)
	Линзовидно-полосчатый мигматит состава кварцевого монцодиорита (VIII)		Кремне-натриевый	Na, Si	K, Ca, Mg, Fe, Al, Ti	Гнейсограносиенит (XI)
	Гнейсограносиенит (XI)		Кремнекалиевый	K, Si	Na, Ca, Mg, Fe, Al, Ti	Порфиробластовый биотитовый гнейсогранит (XIV)
	Порфиробластовый биотитовый гнейсогранит (XIV)		Кремне-натриевый	Na, Si	K, Ca, Mg, Fe, Al	Порфиробластовый лейкократовый гнейсогранит (XVII)

1	2	3	4	5	6	7
2. Поздний палингено-метасоматический	А. Известково-щелочная серия					
	Биотитовый и биотит-мусковитовый плагиогнейс гранитного состава (XIII)	Калиевая	Алюмокалиевый	K, Al	Na, Ca, Mg, Fe, Ti, Si	Биотитовый гнейсогранит (XIII)
	Биотитовый линзовидно-полосчатый мигматит, порфиробластовый гнейсогранит (XIII)		То же	K, (Ca), Al	Na, Mg, Fe, Si	То же
	Лейкократовый гранитогайеис (XVI)		Алюмощелочной	K, Na, Al	Na, Mg, Fe, Ti, Si	Лейкократовый гранит (XVI)
	Порфиробластовый лейкократовый гнейсогранит (XVI)		Кремнекалиевый	K, Si	Na, Ca, Mg, Fe, Al	То же
	Биотитовый и биотит-мусковитовый плагиогнейс гранитного состава (XIII)		То же	K, Si	Na, Ca, Mg, Fe, Al, Ti	Мусковитовый гранит (XIII)
	То же		То же	K, Si	Na, Ca, Mg, Fe, Al, Ti	Мусковитовый гранит (XVI)
	Лейкократовый гранитогайеис (XVI)		Алюмощелочной	K, Na, Al	Ca, Mg, Fe, Ti, Si	То же
	Б. Су б щелочная серия					
	Биотитовый и биотит-мусковитовый плагиогнейс гранитного состава (XIII)	Калиевая	Кремнекалиевый	K, Si	Ca, Mg, Fe	Биотитовый гранит (XIV)
	Гранитогайеис (XIV)		То же	K, Si	Na, Ca, Mg, Al, Ti	То же
	То же		Кремниевый	Si	K, Na, Ca, Mg, Fe, Al	Лейкократовый гранит (XVII)
	Биотитовый гранит (XIV)		То же	Si	K, Na, Ca, Mg, Fe, Al, Ti	То же
	Порфиробластовый лейкократовый гнейсогранит (XVII)		Кремнекалиевый	K, Si, (Fe)	Na, Ca, Al, Ti	То же
	Биотитовый гранитогайеис (XIV)		То же	K, Si	Na, Ca, Mg, Fe, Al, Ti	Мусковитовый гранит (XIV)
То же	То же		K, Si	Na, Ca, Mg, Fe, Al, Ti	Мусковитовый гранит (XVII)	

Таблица 15

Среднее значение глиноземистости гранитоидов Чашковско-Еланчиковского массива  
и вмещающих метаморфических пород

Горная порода	Петрохимическая подгруппа															
	I	II	III	IV	V	VII	VIII	X	XI	XII	XIII	XIV	XV	XVI	XVII	XVIII
Амфиболит	0.92	0.63	0.72													
Плаггиогнейс		0.75	0.79	1.05	1.18	1.66	1.72	2.11	-	-	3.60					
Гранитогнейс												6.26	-	1.92	9.08	
Мигматит							2.20	-	3.5	2.46	5.1	5.38	15.8	5.29	2.58	
Порфиробластовый гнейсогранит								3.28	4.2	-	1.48	4.83	2.0	5.60	5.58	
Бiotитовый гнейсогранит											7.81	5.79	6.68	8.04	6.63	
Двуслюдяной гранит												6.89	-	-	6.87	
Мусковитовый гранит											6.32	6.85	9.42	9.48	7.71	12.7
Жильный гранит												6.36	-	-	8.37	
Гранитный пегматит										14.8	7.67	14.18	-	10.8	10.5	

Сравнительный анализ средних величин коэффициента глиноземистости ( $a1'$ ) гранитоидов Чашковско-Еланчиковского массива и вмещающих метаморфических пород (табл. 15) показывает, что амфиболиты принадлежат преимущественно к низкоглиноземистым ассоциациям ( $a1' < 0.75$ ). Мелано- и мезократовые плагиогнейсы являются умеренно и высокоглиноземистыми породами ( $a1' = 0.75-2.0$ ). Биотитовые плагиогнейсы и мигматиты гранитного состава, а также гранитогнейсы и граниты Чашковско-Еланчиковского массива (включая жильные граниты) относятся к весьма высокоглиноземистым образованиям ( $a1' = 2-10$ ), а гранитные пегматиты – к крайне высокоглиноземистым породам ( $a1' > 10$ ).

Таким образом, величина глиноземистости гранитоидов Чашковско-Еланчиковского массива вполне сопоставима с глиноземистостью метаморфических пород гранитного состава, при этом мусковитовые граниты по глиноземистости почти не отличаются от остальных разновидностей гранитов чашковского комплекса (сравни с [6, 46]).

## **Глава 7. СРАВНИТЕЛЬНАЯ ПЕТРОЛОГИЧЕСКАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА И ФОРМАЦИОННАЯ ПРИНАДЛЕЖНОСТЬ ЧАШКОВСКО-ЕЛАНЧИКОВСКОГО И КИСЕГАЧСКОГО МАССИВОВ**

В. Н. Юрецким и др. (1982) Кисегачский массив, совместно с Увильдинским и Аргазинским массивами, был отнесен к увильдинскому монцодиорит-гранитному комплексу. *Нашими исследованиями [52] установлено, что Кисегачский массив по целому ряду признаков (форме, строению, петрографическому составу, жильным и дайковым образованиям, особенностям химизма и редко-элементного состава, контактовым изменениям и др.) существенно отличается от других массивов увильдинского комплекса и принадлежит к иному формационному типу.* Как показало дальнейшее изучение гранитоидного магматизма южной части Ильменских гор, граниты Кисегачского массива формационно наиболее близки к гранитам Чашковского антиклинального выступа, в связи с чем ниже приводится их сравнительная характеристика.

### **Форма, строение и петрографический состав массивов**

Кисегачский массив, также как и Чашковский, в структурном отношении представляет собой вытянутый в меридиональном направлении и запрокинутый на запад антиклинальный выступ, осложненный двумя крупными куполовидными образованиями с центрами в районе озер Бол. Кисегач и Теренкуль. Не исключено, что южнее оз. Еловое, где по данным В. Н. Юрецкого и др. (1982) фиксируется аномалия в 600 нТл (на фоне 200–400 нТл) с эпицентром над оз. Чебаркуль, может быть развита еще одна куполовидная структура, от которого в южном направлении отходит сужающаяся гранитная апофиза.

В составе Кисегачского и собственно Чашковского массивов распространены породы, являющиеся производными двух основных этапов гранитообразования: 1) линзовидно-полосчатые мигматиты, амфибол-биотитовые и биотитовые порфиробластовые гнейсограносиениты, гнейсогранодиориты, биотитовые и лейкократовые порфиробластовые гнейсограниты; 2) мелко-среднезернистые и среднезернистые биотитовые и лейкократовые гнейсограниты и граниты.

### **Состав жильного и дайкового комплекса**

В сравниваемых массивах процесс гранитообразования завершился формированием жильного комплекса одинакового



состава, представленного мелкозернистыми, мелко-среднезернистыми и среднезернистыми биотитовыми и лейкократовыми преимущественно массивными гранитами, аплитами, пегматитами и пегматоидными гранитами. Наличие жил и даек среднего или основного состава не зафиксировано.

### **Характер взаимоотношений с вмещающими породами**

Одной из основных особенностей Кисегачского и Чашковско-Еланчиковского массивов является развитие контактовых зон линзовидно-полосчатых мигматитов, к центру массивов сменяющихся порфиробластовыми гнейсогранитами. Граниты 2-го этапа нередко образуют во вмещающих толщах послонные инъекции, причем в эндоконтакте структура гранитов изменяется до мелкозернистой, увеличивается количество биотита, появляется гнейсовидность. В экзоконтакте вмещающие плагиогнейсы часто фельдшпатизированы с образованием «очков» и более крупных порфиробласт плагиоклаза и калиевого полевого шпата. Амфиболиты и мезократовые биотит-амфиболовые гнейсы вблизи контакта с гранитами нередко мигматизированы и раскислены.

### **Особенности химизма и микроэлементного состава**

Данные, приведенные в табл. 16–18, свидетельствуют об идентичности химического состава гранитоидов Чашковско-Еланчиковского и Кисегачского массивов, причем близки по составу не только гранитоиды основных этапов формирования массивов, но и жильные образования, что отражено на петрохимических диаграммах (рис. 74, 75).

В рассматриваемых массивах распространены гранитоиды, относящиеся к трем рядам (сериям) щелочности: известково-щелочному, субщелочному и щелочному. На петрохимических диаграммах фигуративные точки составов гранитоидов Чашковско-Еланчиковского и Кисегачского массивов образуют компактные ареалы в пределах конкретных петрохимических подгрупп (от кварцевых монцодиоритов до лейкократовых гранитов и их субщелочных аналогов), но среди пород повышенной щелочности доминируют разновидности кисегачских гранитов.

Незначительные различия в степени железистости и типе щелочности отмечаются только для весьма высококремнекислых ( $\text{SiO}_2 > 73\%$ ) гранитов: кисегачские лейкограниты обладают более высокой железистостью и калиево-натриевым типом щелоч-

Таблица 16

Средний химический состав петрохимических подгрупп  
гранитоидов 1-го этапа Кисегачского (числитель)  
и Чашковско-Еланчиковского (знаменатель) массивов

Оксиды, петро- хим. модули	Петрохимическая подгруппа								
	VIII*	IX	XI	XII	XIII	XIV	XV	XVI	XVII
SiO <sub>2</sub>	–	63.20	67.02	68.31	–	71.80	71.20	–	74.43
	60.86	–	66.48	–	71.33	71.69	71.71	74.13	74.70
TiO <sub>2</sub>	–	0.34	0.57	0.39	–	0.27	0.28	–	0.22
	0.97	–	0.72	–	0.30	0.35	0.12	0.10	0.18
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	–	19.18	14.56	15.06	–	14.21	14.20	–	13.24
	17.00	–	16.56	–	14.81	14.31	16.10	13.82	3.17
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	–	1.01	2.26	1.80	–	1.14	1.57	–	0.94
	1.95	–	0.88	–	0.35	0.62	0.52	0.65	0.59
FeO	–	1.24	1.80	1.68	–	1.31	1.33	–	1.18
	3.46	–	2.23	–	1.81	1.40	0.45	1.20	1.46
MgO	–	0.85	1.40	1.03	–	0.40	0.38	–	0.19
	2.31	–	1.63	–	0.75	0.64	0.05	0.76	0.31
CaO	–	1.41	1.81	1.21	–	1.14	0.83	–	0.88
	3.46	–	2.45	–	1.92	1.27	0.25	1.94	0.87
Na <sub>2</sub> O	–	6.54	3.94	3.92	–	3.72	3.53	–	3.77
	4.82	–	5.28	–	4.11	3.98	6.12	4.90	4.29
K <sub>2</sub> O	–	5.10	4.75	5.34	–	4.82	5.20	–	4.24
	3.68	–	3.03	–	3.04	4.93	3.87	1.56	3.76
q	–	0.62	0.69	0.70	–	0.75	0.76	–	0.78
	0.58	–	0.67	–	0.75	0.74	0.74	0.76	0.78
c	–	0.05	0.13	0.08	–	0.08	0.06	–	0.08
	0.21	–	0.15	–	0.16	0.08	0.01	0.17	0.06
α	–	0.86	0.80	0.80	–	0.80	0.82	–	0.80
	0.70	–	0.73	–	0.68	0.85	0.87	0.71	0.85
f	–	0.60	0.58	0.67	–	0.77	0.80	–	0.85
	0.55	–	0.51	–	0.62	0.64	0.93	0.61	0.79
n	–	0.67	0.53	0.56	–	0.53	0.50	–	0.57
	0.66	–	0.72	–	0.67	0.54	0.71	0.84	0.63

Примечание. \*VIII – порфиробластовые кварцевые гнейсомонцодориты, IX – порфиробластовые гнейсограниты, XII – порфиробластовые щелочные гнейсограносиениты, XIII – неравномернозернистые, средне-крупнозернистые гнейсограниты, XIV – субщелочные гнейсограниты, XV – щелочные гнейсограниты, XVI – лейкократовые порфиробластовые гнейсограниты, XVII – лейкократовые порфиробластовые субщелочные гнейсограниты.

Таблица 17

Средний химический состав петрохимических подгрупп  
гранитов 2-го этапа Кисегачского (числитель)  
и Чашковско-Еланчиковского (знаменатель) массивов

Оксиды, петрохим. модули	Петрохимическая подгруппа					
	XIII*	XIV	XV	XVI	XVII	XVIII
SiO <sub>2</sub>	–	71.43	71.83	–	73.78	73.69
	71.85	71.39	–	75.29	75.42	–
TiO <sub>2</sub>	–	0.30	0.24	–	0.15	0.12
	0.28	0.39	–	0.12	0.13	–
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	–	14.15	13.96	–	13.63	13.75
	15.46	14.42	–	13.52	12.87	–
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	–	1.37	1.25	–	1.22	0.96
	0.20	0.75	–	0.48	0.57	–
FeO	–	1.55	1.24	–	0.85	0.96
	1.26	1.26	–	0.89	1.03	–
MgO	–	0.54	0.44	–	0.26	0.20
	0.52	0.48	–	0.31	0.34	–
CaO	–	1.18	0.84	–	0.90	0.60
	1.10	1.38	–	1.38	0.71	–
Na <sub>2</sub> O	–	3.44	3.72	–	3.48	3.71
	3.68	4.00	–	3.60	3.79	–
K <sub>2</sub> O	–	4.87	5.36	–	4.84	5.05
	3.80	4.73	–	3.66	4.19	–
q	–	0.75	0.76	–	0.78	0.78
	0.76	0.76	–	0.80	0.79	–
c	–	0.09	0.05	–	0.07	0.04
	0.16	0.09	–	0.11	0.05	–
α	–	0.78	0.86	–	0.81	0.85
	0.65	0.82	–	0.73	0.83	–
f	–	0.78	0.75	–	0.82	0.84
	0.60	0.70	–	0.70	0.77	–
n	–	0.52	0.51	–	0.52	0.52
	0.59	0.56	–	0.60	0.58	–

Примечание. \* XIII – известково-щелочные гнейсограниты, XIV – субщелочные гнейсограниты, XV – щелочные гнейсограниты, XVI – известково-щелочные лейкограниты, XVII – субщелочные лейкограниты, XVIII – щелочные лейкограниты.

Таблица 18

Средний химический состав петрохимических подгрупп жильных пород Кисегачского (числитель) и Чашковско-Еланчиковского (знаменатель) массивов

Оксиды, петрохим. модули	Петрохимическая подгруппа (пегматиты)					Петрохимическая подгруппа (граниты)				
	XIII*	XIV	XV	XVI	XVI I	XIV	XV	XVI	XVI I	XVIII
SiO <sub>2</sub>	–	–	<u>71.53</u>	<u>76.35</u>	<u>74.95</u>	<u>71.42</u>	<u>71.99</u>	<u>75.54</u>	<u>74.01</u>	<u>74.04</u>
	70.96	73.04	–	77.15	74.88	71.98	–	–	74.67	–
TiO <sub>2</sub>	–	–	<u>0.09</u>	<u>0.11</u>	<u>0.11</u>	<u>0.26</u>	<u>0.17</u>	<u>0.15</u>	<u>0.10</u>	<u>0.11</u>
	0.32	0.06	–	0.04	0.01	0.21	–	–	0.10	–
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	–	–	<u>14.72</u>	<u>13.52</u>	<u>13.41</u>	<u>14.50</u>	<u>14.33</u>	<u>13.02</u>	<u>13.75</u>	<u>13.68</u>
	16.03	15.18	–	12.73	14.07	14.82	–	–	13.56	–
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	–	–	<u>0.42</u>	<u>0.44</u>	<u>1.08</u>	<u>1.70</u>	<u>1.23</u>	<u>0.89</u>	<u>1.15</u>	<u>0.79</u>
	0.07	0.17	–	0.28	0.34	0.68	–	–	0.51	–
FeO	–	–	<u>1.24</u>	<u>0.97</u>	<u>0.84</u>	<u>1.15</u>	<u>0.88</u>	<u>0.96</u>	<u>0.81</u>	<u>0.75</u>
	1.60	0.83	–	0.63	0.67	1.18	–	–	0.77	–
MgO	–	–	<u>0.25</u>	<u>0.29</u>	<u>0.12</u>	<u>0.36</u>	<u>0.31</u>	<u>0.10</u>	<u>0.25</u>	<u>0.23</u>
	0.42	0.07	–	0.27	0.35	0.47	–	–	0.31	–
CaO	–	–	<u>0.10</u>	<u>1.62</u>	<u>0.86</u>	<u>1.05</u>	<u>0.70</u>	<u>1.13</u>	<u>0.86</u>	<u>0.51</u>
	2.20	1.17	–	1.22	1.01	1.21	–	–	0.92	–
Na <sub>2</sub> O	–	–	<u>2.22</u>	<u>5.29</u>	<u>5.24</u>	<u>3.66</u>	<u>3.27</u>	<u>3.34</u>	<u>3.64</u>	<u>3.87</u>
	4.00	4.40	–	3.19	4.16	4.21	–	–	4.58	–
K <sub>2</sub> O	–	–	<u>8.5</u>	<u>0.85</u>	<u>2.48</u>	<u>4.56</u>	<u>5.55</u>	<u>4.10</u>	<u>4.51</u>	<u>5.06</u>
	2.43	4.60	–	3.72	3.92	4.26	–	–	4.42	–
q	–	–	<u>0.71</u>	<u>0.80</u>	<u>0.78</u>	<u>0.76</u>	<u>0.76</u>	<u>0.80</u>	<u>0.78</u>	<u>0.78</u>
	0.77	0.77	–	0.81	0.79	0.75	–	–	0.78	–
с	–	–	<u>0.01</u>	<u>0.13</u>	<u>0.07</u>	<u>0.08</u>	<u>0.05</u>	<u>0.10</u>	<u>0.07</u>	<u>0.04</u>
	0.18	0.08	–	0.10	0.07	0.09	–	–	0.06	–
α	–	–	<u>0.91</u>	<u>0.72</u>	<u>0.85</u>	<u>0.76</u>	<u>0.79</u>	<u>0.76</u>	<u>0.79</u>	<u>0.87</u>
	0.58	0.80	–	0.73	0.78	0.78	–	–	0.91	–
f	–	–	<u>0.72</u>	<u>0.70</u>	<u>0.87</u>	<u>0.80</u>	<u>0.78</u>	<u>0.87</u>	<u>0.82</u>	<u>0.84</u>
	0.70	0.87	–	0.71	0.60	0.65	–	–	0.70	–
n	–	–	<u>0.25</u>	<u>0.90</u>	<u>0.67</u>	<u>0.55</u>	<u>0.47</u>	<u>0.55</u>	<u>0.55</u>	<u>0.54</u>
	0.71	0.59	–	0.56	0.62	0.60	–	–	0.61	–

Примечание. \* XIII, XVI – известково-щелочной ряд; XIV, XVII – субщелочной ряд; XV, XVIII – щелочной ряд

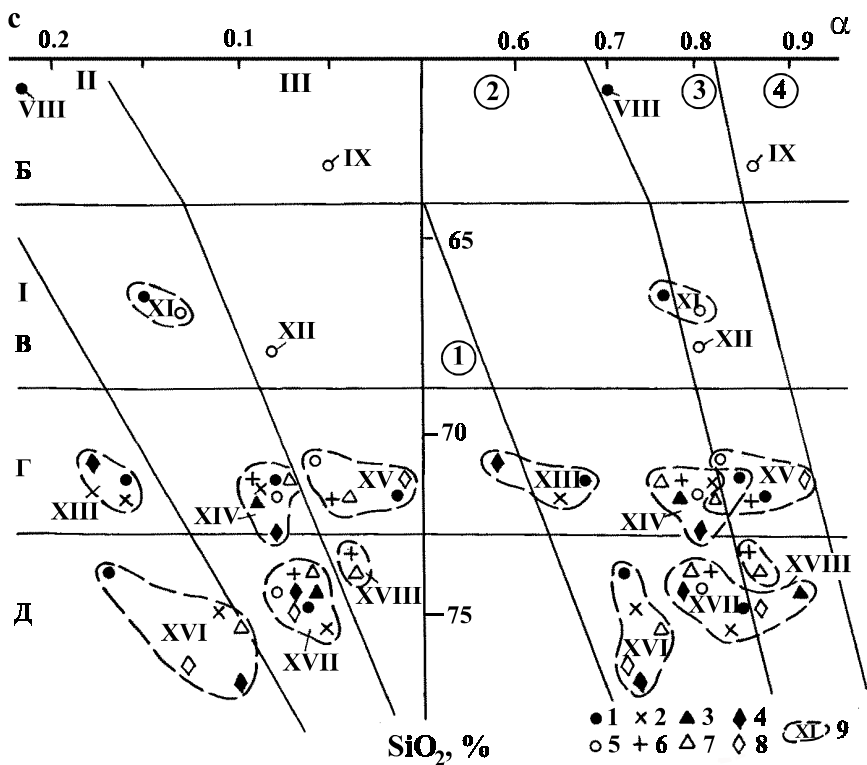


Рис. 74. Петрохимическая диаграмма  $c - SiO_2 - \alpha$  средних составов гранитоидов Чашковско-Еланчиковского и Кисегачского массивов.

1-4 - Чашковско-Еланчиковский массив: 1 - гранитоиды 1-го этапа, 2 - граниты 2-го этапа, 3 - жильные граниты, 4 - пегматиты и пегматоидные граниты; 5-8 - Кисегачский массив: 5 - гранитоиды 1-го этапа, 6 - граниты 2-го этапа, 7 - жильные граниты, 8 - пегматиты и пегматоидные граниты; 9 - ареал петрохимической подгруппы и ее номер.

Цифровые и буквенные обозначения см. рис. 23.

ности, а чашковским лейкогранитам свойственна умеренная железистость и низкая натровость. Такое отклонение в составе лейкогранитов сравниваемых массивов может быть объяснено более высокой степенью «зрелости» кисегачской гранитной системы по сравнению с чашковской, когда гранитизированные вещественные комплексы были подвергнуты во второй этап гранитообразования более интенсивному плавлению с соответствующим повышением общей щелочности, железистости и калиевости формировавшегося гранитного расплава.

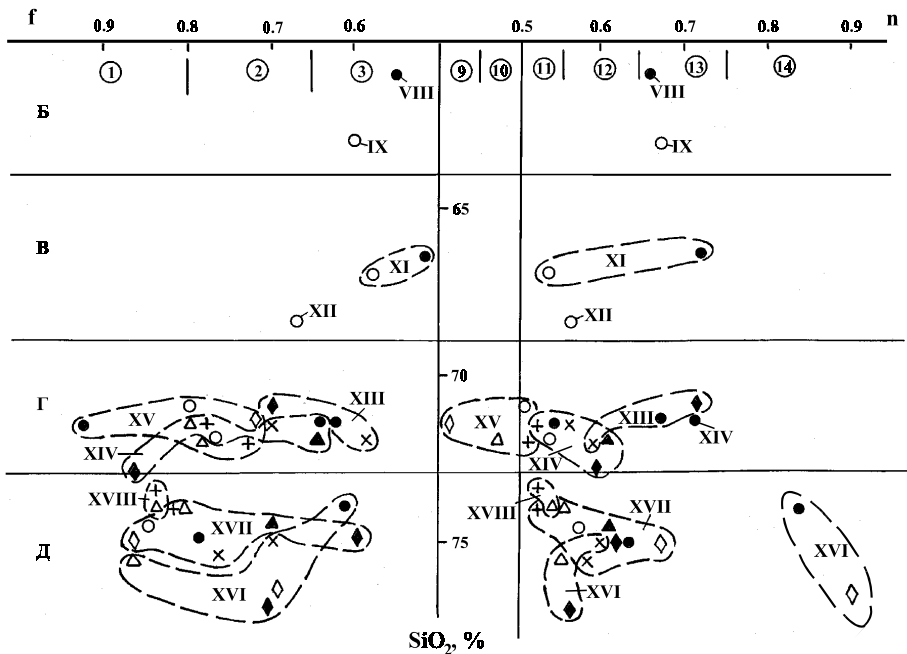


Рис. 75. Петрохимическая диаграмма  $f - SiO_2 - n$  средних составов гранитоидов Чашковско-Еланчиковского и Кисегачского массивов.

Условные обозначения см. рис. 74, цифровые и буквенные обозначения – рис. 23 и 24.

Для гранитоидов Чашковско-Еланчиковского и Кисегачского массивов характерны также близкие геохимические особенности, выраженные в обогащении этих пород литофильными элементами и сходной тенденции в распределении свинца, молибдена, меди и ниобия.

Таким образом, общими и наиболее типичными чертами Чашковско-Еланчиковского и Кисегачского массивов являются: конформное залегание в структурах вмещающих пород; отсутствие интрузивных контактов и, в частности, ороговикования боковых пород; развитие мигматитовых зон в контактовой части массивов; наличие полосчатости и гнейсовидности в гранитоидах и многочисленных реликтов метаморфических пород с сохранившимися структурами их первоначального залегания; развитие в пределах массивов гнейсогранитных куполов; полифациальность гранитоидов по петрографическому и химическому составу и структурно-текстурным особенностям; сходство этапности и стадийности метасоматического гранитообразования.

Отмеченные выше основные петрологические признаки Чашковско-Еланчиковского и Кисегачского массивов позволяют с уверенностью отнести слагающие их породы к мигматит-гнейсогранитной формации (формации мигматитов амфиболитовой фации и связанных с ними анатектитов, по Ю. А. Кузнецову [32]; геохимическому типу ультраметаморфогенных гранитоидов, по Л. В. Таусону [65]; S-типу гранитов, по Чеппелу и Уайту [81, 83]). По этим же признакам рассматриваемые массивы существенно отличаются от Увильдинского и Аргазинского массивов увильдинского комплекса, что отражено в табл. 19.

Исходя из вышеизложенного в данной главе и работе в целом, целесообразно пересмотреть схему домиаскитового гранитоидного магматизма Южных Ильмен, внося в нее следующие изменения.

1. Чашковский и, выделявшийся ранее, Еланчиковский массивы по существу образуют единое гранитное тело – Чашковско-Еланчиковский массив, который по петрологическим признакам сходен с Кисегачским массивом. В связи с этим, необходимо последний исключить из состава увильдинского монцодиорит-гранитного комплекса и отнести его к чашковскому мигматит-гнейсогранитному комплексу.

2. Увильдинский комплекс рассматривать в составе Аргазинского и Увильдинского массивов.

Таким образом, предлагается следующая схема домиаскитового гранитоидного магматизма южной части Ильменских гор:

1) чашковский мигматит-гнейсогранитный комплекс (Чашковско-Еланчиковский, Кисегачский, Кыштымский массивы, гнейсограниты района Миассовских озер).

1-й этап: амфибол-биотитовые и биотитовые линзовидно-полосчатые мигматиты, порфиробластовые гнейсограносиениты, гнейсогранодиориты, гнейсограниты;

2-й этап: биотитовые и лейкократовые, двуслюдяные и мусковитовые граниты.

Жильный комплекс: граниты, аплиты, пегматиты, пегматоидные граниты.

2) Увильдинский монцодиорит-гранитный комплекс (Аргазинский и Увильдинский массивы).

1-я фаза: монцогаббро, монцодиориты, кварцевые монцодиориты;

2-я фаза: граносиениты, гранодиориты, адамеллиты;

3-я фаза: биотитовые граниты и лейкограниты.

Жильный комплекс: граниты, пегматиты, порфириты, лампрофиры, монцодиориты.

Таблица 19

## Сравнительная характеристика массивов увильдинского и чашковского комплексов

Признак	Массив			
	Кисегачский	Чашковско-Еланчиковский	Аргазинский	Увильдинский
Форма массива	Вытянутая антиклинальная с куполовидными выступами	Вытянутая антиклинальная с куполовидными структурами	Кольцеобразная	Изометричная
Петрографический состав	I этап: линзовидно-полосчатые мигматиты, порфиробластовые граносиениты, граниты II этап: граниты и лейкограниты	I этап: линзовидно-полосчатые мигматиты, порфиробластовые граносиениты, гранодиориты II этап: граниты и лейкограниты	I фаза: монцогаббро, монцодиориты II фаза: граносиениты, сиеногранодиориты	I фаза: монцогаббро, монцодиориты II фаза: граносиениты, сиеногранодиориты
Жильные породы	III этап: граниты, аплиты, пегматиты, пегматоидные граниты	III этап: граниты, аплиты, пегматиты, пегматоидные граниты	III фаза: граниты, аплиты, пегматиты, пегматоидные граниты, порфириты, монцодиориты	III фаза: граниты, аплиты, пегматиты, пегматоидные граниты, порфириты, монцодиориты
Контактные изменения	Гранитизация, фельдшпатизация, мигматизация. Отсутствие интрузивных контактов	Гранитизация, фельдшпатизация, мигматизация. Отсутствие интрузивных контактов	Калишпатизация, альбитизация, ороговикование. Наличие интрузивных контактов	Калишпатизация, ороговикование. Наличие интрузивных контактов
Геохимические особенности	Обогащение Pb, Mo, Cu, Nb, Sn.	Повышенные содержания Cu, As, Pb, Zn	Обогащение лантаноидами, Nb, Zr, Sr, Rb	Обогащение лантаноидами, Nb, Zr, Sr, Rb.
Формационный тип	Мигматит-гнейсогранитный	Мигматит-гнейсогранитный	Монцодиорит-гранитный	Монцодиорит-гранитный
Возраст	PZ <sub>1</sub> ?	PZ <sub>2</sub> ?	PZ <sub>2</sub> ?	PZ <sub>1</sub>



## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Петрологические исследования, проведенные в южной части Ильменогорского антиклинория, позволяют сделать следующие основные выводы.

1. В структурно-тектоническом отношении гранитные массивы приурочены к периферическим частям Ильменогорского антиклинория и представляют собой антиклинальные или куполовидные выступы, в формировании которых (помимо антиклинальных или куполовидных вздутий при гранитизации субстрата) заметную роль играли разломы типа сбросов или надвигов, ограничивающие эти выступы. Гранитные массивы, локализованные на периклиналином замыкании структур антиклинория, имеют, как правило, дугообразную форму, в общих чертах согласную с периклиналями.

2. Одной из характерных структурных особенностей региона является запорокивание гранитных тел в сторону Ильменогорского антиклинального выступа.

3. Чашковский и, выделявшийся ранее, Еланчиковский массивы не разделены между собой вмещающими метаморфическими породами и представляют единое гранитное тело, (названное нами Чашковско-Еланчиковским) состоящее из Чашковского антиклинального выступа и отходящей от него в восточном направлении дугообразной Южно-Еланчиковской апофизы, осложненной более мелкими куполовидными образованиями и согласно вписывающейся в структуру Еланчиковского гнейсового купола.

4. Формирование Чашковско-Еланчиковского массива произошло в два основных этапа: 1) гранитизация мелано- и мезократовых метаморфических пород с образованием линзовидно-полосчатых мигматитов и порфиробластовых гранитоидов; 2) метасоматическое преобразование и локальный анатексис гранитоидов 1-го этапа и ранее плагигранитизированных вмещающих пород с возникновением биотитовых и лейкократовых, двуслюдяных и мусковитовых гнейсогранитов и гранитов, а также контактовых инъекционных мигматитов. В каждом из этих этапов гранитообразования выделяется ряд последовательно проявленных стадий метасоматоза, изменяющих состав породных ассоциаций в сторону их раскисления, повышения лейкократовости и калиевости.

5. Для гранитов, слагающих Чашковско-Еланчиковский массив, характерна полифациальность, выраженная в многообразии

минерального и петрохимического состава, структурных и текстурных особенностей, что связано как с неоднородностью замещенного субстрата, так и структурно-тектоническими условиями формирования гранитного тела.

6. Чашковские биотитовые и еланчиковские мусковитовые граниты и гнейсограниты, слагающие, по нашим представлениям, ядро антиклинального выступа, имеют между собой взаимопереходы через фацию двуслюдяных гранитов. По-видимому, в приядерной части Чашковского антиклинального выступа наиболее полно были проявлены процессы палингенеза с последующим внедрением магматического расплава в виде Южно-Еланчиковской апофизы в соседний Еланчиковский гнейсовый купол.

7. Характерно многообразие и в проявлении контактовых изменений вмещающих пород и гранитоидов. Помимо мигматизации метаморфических толщ, в области контакта последних с гранитным массивом возникают переходные петрографические зоны, связанные с влиянием гранитизирующих растворов. Практически повсеместно в контактовых частях отмечается интенсивное пегматитообразование.

8. Гранитоиды Чашковско-Еланчиковского массива принадлежат преимущественно к двум рядам щелочности – известково-щелочному и субщелочному. В составе массива преобладают породы субщелочного ряда, незначительная часть из которых тяготеет к щелочным разновидностям. Гранитоиды 1-го этапа образуют последовательно дифференцированную серию от низко- до высококремнекислых пород, в отличие от которых граниты 2-го этапа относятся исключительно к высоко- и весьма высококремнекислым группам магматитов.

9. Сопоставление петрохимических особенностей метаморфических пород и чашковских гранитоидов выявляет прямую унаследованность химического состава гранитоидов от субстрата.

10. В геохимическом отношении гранитоиды Чашковско-Еланчиковского массива характеризуются преобладающим кларковым и нижекларковым уровнем накопления большинства микроэлементов.

11. Чашковские и еланчиковские граниты, также как и граниты ранее изученного нами Кисегачского массива, по петро- и геохимическим критериям не перспективны в отношении связи с ними промышленных концентраций рудных и редких элементов, что подтверждается отсутствием рудопроявлений. Это предопределено, прежде всего, отрицательным фактором крайне слабо проявленной магматической и эманационной дифференциации.

12. По целому ряду признаков (структурному положению, форме массивов, взаимоотношению с вмещающими породами, контактовым изменением, составу и последовательности формирования, петро- и геохимическим особенностям, жильному комплексу и формационной принадлежности) гранитоиды Чашковско-Еланчиковского массива сходны с гранитоидами Кисегачского массива. С другой стороны, эти гранитоиды имеют по вышеперечисленным признакам существенные отличия от пород Аргазинского и Увильдинского массивов. На основании этого, Кисегачский массив исключен из состава монцодиорит-гранитного увильдинского комплекса и вместе с Чашковско-Еланчиковским и Кыштымским массивами отнесен к чашковскому мигматит-гнейсогранитному комплексу. Учитывая вышеизложенное, внесены соответствующие изменения в существующую схему домиаскитового гранитного магматизма Южных Ильмен.

## ЛИТЕРАТУРА

1. *Ананьева Е. М., Дорофеев Б. В., Кейльман Г. А., Горонович Е. Б.* Геофизическая характеристика гранитоидных комплексов Урала // Магматич. формации, метаморфизм, металлогения Урала. Тр. Урал. петрограф. совещания. Т. 4. Свердловск: УФ АН СССР, 1971. С. 30–44.
2. *Баженов А. Г., Иванов Б. Н., Баженова Л. Ф., Кутепова Л. А.* Особенности химизма амфиболитов Ильменогооского комплекса // Метаморфич. породы в офиолитов. комплексах Урала. Свердловск: УНЦ АН СССР, 1979. С. 90–100. (Тр. Ильменского заповедника. Вып. XXVI).
3. *Баженов А. Г., Иванов Б. Н., Кутепова Л. А.* О природе субстрата ильменогорского метаморфического комплекса // Вопросы петрол. и металлогении Урала. Тез. докл. IV Урал. петрограф. конференции. Свердловск, 1981. С. 22–23.
4. *Белгородский Е. А.* Новые данные о магматизме и металлогении восточных зон Южного Урала // Сов. геол. 1983. № 7. С. 39–41.
5. *Болтыров В. Б., Пыстин А. М., Огородников В. Н.* Региональный метаморфизм пород в северном обрамлении Самарского гранитного массива на Южном Урале // Геол. метаморфич. комплексов Урала. Свердловск, 1973. С. 53–67.
6. *Бородина Н. С.* К петрологии Еланчикского массива высокоглиноземистых гранитов (Южный Урал) // Ежегодник–1984. ИГиГ УНЦ АН СССР. Свердловск, 1985. С. 64–65.
7. *Бородина Н. С., Феритатер Г. Б., Самаркин Г. И.* Варисская тоналит-гранодиоритовая формация Южного Урала // ДАН СССР. 1971. Т. 200. № 2. С. 411–414.
8. *Бородина Н. С., Феритатер Г. Б.* Состав и природа мусковита из гранитов // Зап. Всесоюзн. минерал. о-ва. 1988. Вып. 2. С. 137–143.
9. *Бушляков И. Н., Соболев И. Д.* Петрология, минералогия и геохимия гранитоидов Верхисетского массива на Урале. М.: Наука, 1976. 340 с.
10. *Варлаков А. С.* Рифтогенные офиолиты, метаморфизм и строение Вишневогорско-Ильменогорского комплекса. Миасс: ИМин УрО РАН, 1995. 68 с.
11. *Варлаков А. С., Кузнецов Г. П., Кораблев Г. Г., Мурзин В. Н.* Гипербазиты Вишневогорско-Ильменогорского метаморфического комплекса (Южный Урал). Миасс: ИМин УрО РАН, 1998. 195 с.
12. *Виноградов А. П.* Среднее содержание химических элементов в главных типах изверженных горных пород земной коры // Геохимия, № 7. 1962. С. 555–571.
13. *Виноградов А. Н.* О петрохимических типах гранитов вулканических ассоциаций // Проблемы петрол. Урала. Свердловск: УНЦ АН СССР, 1973. С. 82–91.
14. *Гаррис М. А.* Главнейшие возрастные комплексы магматических и метаморфических пород Южного Урала и Мугуджар по данным калий-аргонового метода // Магматизм, метаморфизм, металлогения Урала. Свердловск: УФ АН СССР, 1963. С. 83–97.

15. *Гаррис М. А.* Этапы магматизма и метаморфизма в доюрской истории Урала и Приуралья. М.: Наука, 1977. 150 с.
16. *Грабежьев А. И.* Метасоматизм, рудообразование и гранитный магматизм. М.: Наука, 1981. 292 с.
17. *Грабежьев А. И., Чащухина В. А., Вигорова В. Г.* Геохимические критерии редкометальной рудоносности гранитоидов. Свердловск: УрО АН СССР, 1987. 128 с.
18. *Доброхотова Е. С., Калинин П. В., Левин В. Я., Роненсон Б. М.* Закономерности изменения состава породообразующих минералов в Вишневогорско-Ильменогорском комплексе Урала // Изв. ВУЗов. Серия геол. и разв. 1968. № 11. С. 12–18.
19. *Дунаев В. А., Краснобаев А. А.* Об абсолютном возрасте пород Ильменских гор // Ильменогорский комплекс магматич. и метаморфич. пород. Свердловск: УНЦ АН СССР. 1971. Т. 1. С. 148–157. (Тр. Ильменского заповедника. Вып. IX).
20. *Заварицкий А. Н.* Геологический и петрографический очерк Ильменского минералогического заповедника и его копей. М.: Главн. управление по заповедникам, 1939. 316 с.
21. *Иванов Б. Н., Баженов А. Г., Кошевой Ю. Н.* Петрография и петрохимия гранитных мигматитов Ильменогорского щелочного комплекса // Щелочные породы и гранитоиды Южного Урала. Свердловск: УНЦ АН СССР, 1979. С. 61–78.
22. *Иванов Б. Н., Баженов А. Г. и др.* Новые данные о геологическом строении метаморфического субстрата Ильменских гор // Доордовикская история Урала. Вулканизм. Свердловск: УНЦ АН СССР, 1980. С. 47–68.
23. *Иванов Б. Н., Баженов А. Г., Кошевой Ю. Н.* О параавтохтонном граните северной части Ильменогорского комплекса // Петрограф. исследов. ультраосновных и щелоч. пород Урала. Свердловск: УНЦ АН СССР, 1980. С. 81–90.
24. *Иванов Б. Н., Нишанбаева Т. Л., Баженов А. Г. и др.* О возможной первичной природе гнейсов Ильменогорского комплекса // Геохимия вулканич. и осадочн. пород Южного Урала. Свердловск: УНЦ АН СССР, 1987. С. 75–84.
25. *Иванов С. Н., Иванов К. С., Пучков В. Н.* Формирование структур Южного Урала в палеозое // ДАН СССР. 1985. Т. 285. № 1. С. 177–180.
26. История развития Уральского палеоокеана. М.: ИО АН СССР, 1984. 164 с.
27. *Кейльман Г. А.* Мигматитовые комплексы подвижных поясов. М.: Недра, 1974. 200 с.
28. Классификация и номенклатура магматических горных пород. М.: Наука, 1981. 159 с.
29. *Краснобаев А. А., Ронкин Ю. Л., Степанов А. И., Лепихина О. П.* О возрасте гранитизации и природе субстрата гнейсов Сысертско-Ильменогорского комплекса // Ежегодник-1977. Свердловск: ИГиГ УНЦ АН СССР, 1978. С. 3–6.

30. *Краснобаев А. А., Ленных В. И. и др.* Реликты гранулитового метаморфизма в породах Ильменогорского комплекса (Южный Урал) // ДАН СССР. 1980. Т. 235. С. 1193–1196.

31. *Краснобаев А. А.* Основные итоги и проблемы геохронологического изучения Урала // Доордовикская история Урала. Вулканизм. Свердловск: УНЦ АН СССР, 1980. С. 28–39.

32. *Кузнецов Ю. А.* Главные типы магматических формаций. М.: Недра. 1964. 385 с.

33. *Кумеев С. С.* Формирование некоторых гранитных массивов Южного Урала по данным полевошпатовой термобарометрии // Щелочные породы и гранитоиды Южного Урала. Свердловск: УНЦ АН СССР, 1979. С. 53–60.

34. *Левин В. Я.* Щелочная провинция Ильменских-Вишневых гор. М.: Наука. 1974. 222 с.

35. *Левин В. Я., Басов В. М., Баженов А. Г. и др.* Новые данные о геологии Ильменских гор // Магматизм, метаморфизм, металлогения Урала. Тр. 1-го Урал. петрограф. совещания. Т. III. Свердловск: УФ АН СССР, 1963. С. 121–131.

36. *Левин В. Я., Панков Ю. Д.* Вопросы мигматизации и гранитизации пород района восточной и южной части Ильменских гор // Магматизм, метаморфизм, металлогения Урала. Тр. 1-го Урал. петрограф. совещания. Т. III. Свердловск: УФ АН СССР. 1963. С. 203–218.

37. *Левин В. Я., Левина И. А.* Состав лейкократовых мобилизатов в гранитных мигматитах Ильменогорского комплекса // Ежегодник-1971. Свердловск: ИГиГ УНЦ АН СССР, 1972. С. 25–28.

38. *Левин В. Я., Левина И. А.* К вопросу о выделении на Урале позднепалеозойской сиалической субформации плагиогранитов // Ежегодник-1972. Свердловск: ИГиГ УНЦ АН СССР, 1973. С. 86–88.

39. *Ленных В. И.* Кислые и средние интрузивные комплексы Урала и их металлогения // Мат-лы по геол. и полезн. ископ. Урала. Свердловск: УФ АН СССР. 1961. С. 63–67.

40. *Львов Б. К.* Петрология, минералогия и геохимия гранитоидов Кочкарского района (Ю. Урал). Л.: ЛГУ, 1965. 164 с.

41. *Львов Б. К., Ветрин В. Р., Кетрис М. П.* Геологическое положение и петрографические особенности гранитоидов Джабыкско-Суундукского района (Южный Урал) // Вопросы магматизма и метаморфизма. Л.: ЛГУ, 1964. Т. 2. С. 54–95.

42. *Львов Б. К., Кетрис М. П., Петрова Н. И.* Позднепалеозойские гранитоидные комплексы Урала // Магматич. формации, метаморфизм, металлогения Урала. Тр. Урал. петрограф. совещания. Т. 4. Свердловск: УФ АН СССР, 1971. С. 9–20.

43. *Мамаев Н. Ф.* Геологическое строение и история развития восточного склона Южного Урала (Брединско-Челябинский нижнепалеозойский синклиорий). Свердловск: УФ АН СССР, 1965. 170 с.

44. Новые данные о гранитоидах Восточно-Уральского поднятия (Южный Урал) / *В. И. Сначев, В. П. Муркин, Д. И. Кошут, М. А. Романовская* // ДАН СССР, 1990. Т. 310, № 1. С. 171–173.

45. *Овчинников Л. Н., Степанов А. И. и др.* Обзор данных по абсолютному возрасту геологических образований Урала // Магматич. формации, метаморфизм, металлогения Урала. Общие вопросы магматизма и метаморфизма Т. 1. Свердловск: УФ АН СССР, 1969. С. 173–204.
46. *Орогенный гранитоидный магматизм Урала / Б. Г. Ферштатер, Н. С. Бородина, М. С. Рапопорт и др.* Миасс: ИГЗ УрО РАН, 1994. 245 с.
47. *Павлова Т. Г.* О возрасте гнейсово-мигматитовых комплексов Южного Урала // Бюлл. МОИП. Отд. Геол. 1988. Т. 63. № 1. С. 103–109.
48. *Панков Ю. Д.* Ильменогорский метаморфический комплекс // Ильменогорский комплекс магматич. и метаморфич. горных пород. Свердловск: УФ АН СССР, 1971. Т. 1. С. 61–129. (Тр. Ильменского заповедника. Вып. IX).
49. *Панков Ю. Д., Турбанов В. Ф., Парашина Т. Н.* Основные черты строения и развития южной части Вишневогорско-Ильменогорского антиклинория на Южном Урале // Метаморфизм горных пород Урала. Тр. Свердл. горн. ин-та. 1970. С. 27–33.
50. *Пермяков Б. Н.* Петрохимическая диагностика потенциальной рудоносности магматических горных пород. Свердловск: УрО АН СССР, 1989. 60 с.
51. *Пермяков Б. Н.* Диагностика рудоносных магматических пород по петрохимическим признакам // Изв. АН СССР. Сер. геол., 1990. № 5. С. 35–46.
52. *Пермяков Б. Н.* Кисегачский гранитный массив (Южный Урал). Миасс: ИГЗ УрО РАН, 1999. 224 с.
53. *Пермяков Б. Н., Пермякова И. А.* Петрохимические типы рудоносных гранитоидов. Книга 1: группа гранитоидов – производных щелочнобазальтоидной магмы. Миасс: ИГЗ УрО РАН, 1995. 175 с.
54. *Пермяков Б. Н., Пермякова И. А.* Петрохимические типы рудоносных гранитоидов. Книга 2: группа палингенных гранитоидов. Миасс: ИГЗ УрО РАН, 1997. 282 с.
55. *Попов В. А., Попова В. И., Поляков В. О., Магаконов Е. П.* Материалы по геологии пегматитов Ильменских гор // Петрограф. ультраосновных и щелочных пород Урала. Свердловск: УНЦ АН СССР, 1978. С. 101–113. (Тр. Ильменского заповедника. Вып. XXII).
56. *Пронин А. А.* Основные черты истории тектонического развития Урала. М.-Л.: Наука, 1965. 160 с.
57. *Путеводитель экскурсии Вишневые-Ильменские горы // Второе Урал. петрограф. совещание.* Свердловск: УФ АН СССР, 1966. 67 с.
58. *Пучков В. Н., Рапопорт М. С., Ферштатер Г. Б. и др.* Тектонический контроль палеозойского гранитоидного магматизма на Восточном склоне Урала // Исследования по петрологии и металлогении Урала. Свердловск: УрО АН СССР, 1986. С. 85–94.
59. *Рапопорт М. С., Ферштатер Г. Б., Ананьева Е. М. и др.* Гранитоиды Урала как индикаторы его глубинного строения и тектонической эволюции // Общие вопросы магматизма Урала. Свердловск: УрО АН СССР, 1980. С. 61–76.

60. *Роненсон Б. М.* Гранитообразование в глубинных метаморфических комплексах // Гранитообразование и летучие. Свердловск: УНЦ АН СССР, 1975. С. 118–129.

61. *Роненсон Б. М., Левин В. Я., Баженов А. Г.* Палингенно-метасоматические образования северной части Ильменогорского щелочного комплекса // Щелочн. породы и гранитоиды Ю. Урала. Свердловск: УНЦ АН СССР, 1979. С. 3–30. (Тр. Ильменского заповедника. Вып. XXIV).

62. *Самаркин Г. И., Самаркина Е. Я.* Гранитоиды Южного Урала и проблема формирования гранитных поясов в складчатых областях. М.: Наука, 1988. 209 с.

63. *Соболев И. Д.* О гранитных формациях Урала // Магматизм, метаморфизм, металлогения Урала. Тр. 1-го Урал. петрограф. совещания. Т. III. Свердловск: УФ АН СССР, 1963. С. 5–10.

64. *Сорвачев К. К.* Пластические деформации в гранито-гнейсовых структурах. М.: Наука, 1978. 122 с.

65. *Таусон Л. В.* Геохимические типы и потенциальная рудоносность гранитоидов. М.: Наука, 1977. 280 с.

66. *Турбанов В. Ф., Панков Ю. Д., Милицина В. С., Парашина Т. Н.* Стратиграфия района южного периклинального замыкания Вишневогорско-Ильменогорского антиклинория в связи с проблемой возраста его высокометаморфизованных пород // Ильменогорский комплекс магматич. и метаморфич. пород. Свердловск: УФ АН СССР, 1971. Т. I. С. 23–32. (Тр. Ильменского заповедника. Вып. IX).

67. Унифицированная стратиграфическая схема Урала (докембрий, палеозой). Принята IV Урал. межведомств. стратиграф. совещанием 20 апреля 1990 г. и утверждена Межведомств. стратиграф. комитетом России 12 ноября 1991 г. Екатеринбург: УрО РАН, 1993. 25 с.

68. *Феритатер Г. Б.* Петрология главных интрузивных ассоциаций. М.: Наука, 1989. 232 с.

69. *Феритатер Г. Б., Бородина Н. С.* Петрология магматических гранитоидов (на примере Урала). М.: Наука, 1975. 287 с.

70. Формирование земной коры Урала // *С. Н. Иванов, В. Н. Пучков, К. С. Иванов и др.* М.: Наука. 1986. 277 с.

71. *Червяковский С. Г., Червяковский Г. Ф.* О субщелочных и щелочных породах Магнитогорского погружения на Южном Урале // Ежегодник-1970. Свердловск: ИГиГ УНЦ АН СССР, 1971. С. 14–15

72. *Чесноков С. В.* Проблема ильменогорских гнейсов // Ильменогорский комплекс магматич. и метаморфич. пород. Свердловск: УФ АН СССР, 1971. Т. I. С. 23–32 (Тр. Ильменского заповедника. Вып. IX).

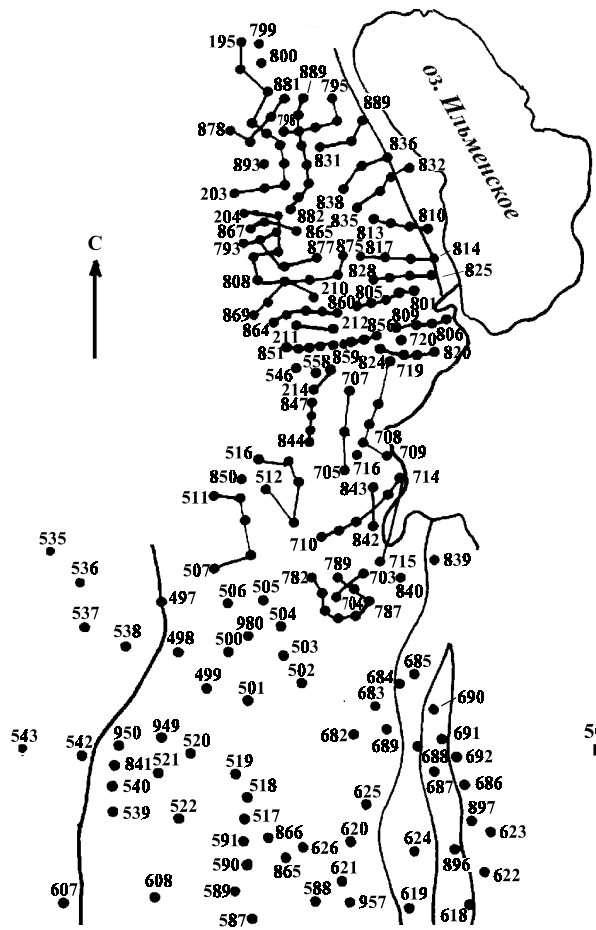
73. *Чесноков С. В.* Ильменогорские гнейсы в тектоническом аспекте // Проблемы петрологии, геохимии, минералогии щелочных пород. Свердловск: УФ АН СССР, 1974. С. 27–39.

74. *Четвериков С. Д.* Руководство к петрохимическим пересчетам. М.: Госгеолтехиздат, 1956. 246 с.

75. *Шоу М. Д.* Геохимия микроэлементов кристаллических пород. Л.: Недра, 1969. 206 с.



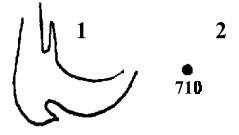
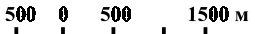
76. Штейнберг Д. С. Интрузивные формации Урала // Мат-лы по геол. и полезн. ископ. Урала. М.: Госгеолтехиздат, 1961. Вып. 8. С. 22–44.
77. Штейнберг Д. С. Геологическая история Урала и петрология // Магматизм, метаморфизм, рудообразование в геол. истории Урала. Свердловск: УНЦ АН СССР, 1974. С. 39–58.
78. Штейнберг Д. С. О классификации магматитов. М.: Наука, 1985. 159 с.
79. Штейнберг Д. С., Левин В. Я. Основные проблемы геологического строения, истории формирования и состава Ильменогорского комплекса метаморфических и магматических горных пород // Ильменогорский комплекс магматич. и метаморфич. пород. Свердловск: УФ АН СССР, 1971. Т. I. С. 6–22. (Тр. Ильменского заповедника. Вып. IX).
80. Эвгеосинклинальные габбро-гранитные серии / Г. Б. Ферштаттер, Л. В. Малахова, Н. С. Бородина и др. М.: Наука, 1984. 264 с.
81. Chappel B. W., White A. J. R. Two contrasting granite types // *Pacif. Geol.* 1974. V. 8. P. 173–174.
82. Pitcher W. S. The nature ascent and emplacement of granitic magmas // *J. Geol. Soc. London.*, 1979. V. 136. P. 627–662.
83. White A. J. R. Souries of granitic magmas // *Geol. Soc. Amer. Ann. Gen. Meeting*, 1979. P. 539.



### Приложение

План опробования гранитоидов Чашковско-Еланчиковского массива.

1 – контур массива, 2 – места отбора образцов, силикатных и спектральных проб и их номер. (С целью разрядки загруженности плана, в северной и южной частях массива помещены маршрутные ходы с указанием начальных и конечных номеров проб).





Научное издание

Пермяков Борис Николаевич

**ЧАШКОВСКО-ЕЛАНЧИКОВСКИЙ  
МИГМАТИТ-ГНЕЙСОГРАНИТНЫЙ МАССИВ  
Южный Урал**

Рекомендовано к изданию  
Ученым советом Ильменского заповедника  
и НИСО РАН

ЛР № 020764  
от 24.04.98

Технический редактор В. В. Слета  
Компьютерная верстка Л. Б. Новокрещенова  
Корректор И. В. Синяковская

---

Оригинал-макет подготовлен в Ильменском заповеднике УрО РАН

НИСО УрО РАН № 55 (2000). Подписано к печати 13.04.2000.

Формат 60x84<sup>1</sup>/<sub>16</sub>. Гарнитура Таймс. Печать офсетная.

Усл. печ. л. 10.2. Уч.-изд. л. 12. Тираж 120 экз.

---

Отпечатано в информационно-издательской группе  
Ильменского государственного заповедника УрО РАН  
456300 г. Миасс Челябинской области  
Ильменский государственный заповедник