

ПЕТРОГРАФИЧЕСКИЙ КОДЕКС

МАГМАТИЧЕСКИЕ,
МЕТАМОРФИЧЕСКИЕ, МЕТАСОМАТИЧЕСКИЕ,
ИМПАКТНЫЕ ОБРАЗОВАНИЯ

Издание второе

Санкт-Петербург ■ 2008



МЕЖВЕДОМСТВЕННЫЙ
ПЕТРОГРАФИЧЕСКИЙ
КОМИТЕТ

MINISTRY ON NATURAL RESOURCES
OF THE RUSSIAN FEDERATION

FEDERAL AGENCY ON MINERAL
MANAGEMENT

KARPINSKY RUSSIAN GEOLOGICAL
RESEARCH INSTITUTE

RUSSIAN ACADEMY SCIENCES
DEPARTMENT OF EARTH SCIENCES

INTERDEPARTMENTAL PETROGRAPHIC COMMITTEE

PETROGRAPHIC CODE OF RUSSIA

**MAGMATIC, METAMORPHIC,
METASOMATIC, IMPACT ROCK-ASSEMBLAGES**

Second edition
reworked and supplemented

St. Petersburg
VSEGEI Press
2008

МЕЖВЕДОМСТВЕННЫЙ ПЕТРОГРАФИЧЕСКИЙ КОМИТЕТ

ПЕТРОГРАФИЧЕСКИЙ КОДЕКС РОССИИ

**МАГМАТИЧЕСКИЕ, МЕТАМОРФИЧЕСКИЕ,
МЕТАСОМАТИЧЕСКИЕ, ИМПАКТНЫЕ ОБРАЗОВАНИЯ**

Издание второе,
переработанное и дополненное

Утвержден МПК 10 января 2008 г.

■ ВСЕГЕИ
Санкт-Петербург
Издательство ВСЕГЕИ
2008

Главные редакторы
О. А. Богатиков, О. В. Петров

Ответственный редактор
Л. Н. Шарпенюк

Редколлегия
*В. В. Жданов, А. М. Курчавов,
Е. А. Кухаренко, Э. А. Ланда,
Б. А. Марковский, В. В. Шатов*

Составители
*В. В. Жданов, А. Е. Костин,
Е. А. Кухаренко, Э. А. Ланда,
Л. И. Лукьянова, В. Л. Масайтис
З. Д. Москаленко, Ю. Д. Пушкарев,
Л. Н. Шарпенюк*

Эксперты
Ю. Б. Марин, А. Б. Кольцов

Editors-in-chief
O. A. Bogatikov, O. V. Petrov

Executive Editor
L. N. Sharpenok

Editorial Board
*V. V. Zhdanov, A. M. Kurchavov,
E. A. Kukhareno, E. A. Landa,
B. A. Markovsky, V. V. Shatov*

Compilers
*V. V. Zhdanov, A. E. Kostin,
E. A. Kukhareno, E. A. Landa,
L. I. Lukyanova, V. L. Masaitis,
Z. D. Moskalenko, Yu. D. Pushkarev,
L. N. Sharpenok*

Experts
Yu. B. Marin, A. B. Koltsov

Утвержден Министерством природных ресурсов
Российской Федерации 15 ноября 2006 г.

Кодекс одобрен и рекомендован к изданию
Научно-редакционным советом Роснедра
30 ноября 2007 г. (протокол № 34)

**Выполнение требований Кодекса обязательно при проведении геологических работ
всеми ведомствами на территории Российской Федерации.**

- © Министерство природных ресурсов Российской Федерации, 2008
- © Всероссийский научно-исследовательский геологический институт им. Л. П. Карпинского, 2008
- © Межведомственный петрографический комитет, 2008
- © Составители

ISBN 978-5-93761-106-2

О Г Л А В Л Е Н И Е

Предисловие.....	10
Введение	13

ПЕТРОГРАФИЧЕСКИЙ КОДЕКС РОССИИ

Г л а в а I. Назначение и применение Петрографического кодекса России	16
Г л а в а II. Общие принципы систематики и классификации кристаллических горных пород и принципы расчленения эндогенных образований	17
II.1. Принципы систематики и классификации кристаллических горных пород.....	—
II.2. Принципы расчленения эндогенных образований.....	18
Г л а в а III. Магматические образования.....	20
III.1. Систематика и классификация магматических горных пород	—
III.2. Номенклатура магматических горных пород.....	29
III.3. Классификация и номенклатура вулканогенных обломочных пород.....	31
III.4. Расчленение магматических образований. Петрографические подразделения.....	37
Г л а в а IV. Осадочно-вулканогенные образования.....	48
Г л а в а V. Метаморфические образования.....	54
V.1. Систематика и классификация метаморфических горных пород	—
V.2. Номенклатура метаморфических горных пород.....	58
V.3. Расчленение метаморфических образований. Петрографические подразделения.....	59
Г л а в а VI. Метасоматические образования.....	63
VI.1. Систематика и классификация метасоматических горных пород	—
VI.2. Номенклатура метасоматических горных пород.....	66
VI.3. Расчленение метасоматических образований. Петрографические подразделения.....	67
Г л а в а VII. Мигматиты.....	71
VII.1. Систематика, классификация и номенклатура мигматитов.....	—
VII.2. Расчленение мигматитовых образований. Петрографические подразделения.....	74
Г л а в а VIII. Импактные (коптогенные) образования.....	77
VIII.1. Систематика и классификация коптогенных (импактных) горных пород.....	—
VIII.2. Расчленение коптогенных (импактных) образований.....	81
Г л а в а IX. Основные правила установления и наименования петрографических подразделений различных иерархических уровней.....	83

IX.1. Законность (валидность) петрографических подразделений.....	84
IX.2. Правила наименования подразделений различных иерархических уровней.....	85
IX.3. Правила описания петротипов.....	87
IX.4. Правила изменения статуса подразделений.....	88
IX.5. Авторство и право приоритета при установлении подразделений.....	89
Г л а в а X. Общие правила корреляции петрографических подразделений	90
Г л а в а XI. Общие правила формализации петрографических терминов.....	92
Список литературы.....	96

ПРИЛОЖЕНИЯ К ПЕТРОГРАФИЧЕСКОМУ КОДЕКСУ РОССИИ

П р и л о ж е н и е 1. Классификационные таблицы магматических (вулканических и плутонических) пород.....	100
П р и л о ж е н и е 2. Классификация и номенклатура пород лампроитовой и кимберлитовой петрографических серий и лампрофиров	152
П р и л о ж е н и е 3. О классификации и номенклатуре несиликатных и мало-силикатных изверженных пород.....	162
П р и л о ж е н и е 4. Примеры классификационных таблиц метаморфических и метасоматических пород.....	167
П р и л о ж е н и е 5. Общие принципы изотопного датирования петрографических подразделений.....	190
П р и л о ж е н и е 6. Табличные формы, рекомендуемые для региональных и межрегиональных схем корреляции петрографических подразделений различных иерархических уровней вклейка между с. 194-196	
П р и л о ж е н и е 7. Флюидогенные породы (флюидолиты) как новый тип эндогенных горных пород.....	198

Poreword.....	10
Introduction.....	13
PETROGRAPHIC CODE OF RUSSIA	
Chapter I. Purpose and use of Petrographic Code of Russia.....	16
Chapter II. General principles of systematization and classification of crystalline rocks and principles of division endogenic rock-assemblages	17
II.1 Principles of systematization and classification.....	—
II.2 Principles of division endogenic rock-assemblages.....	18
Chapter III. Magmatic rock-assemblages.....	20
III. 1 Systematization and classification of magmatic rocks.....	—
III.2 Nomenclature of magmatic rock.....	29
III.3 Classification and nomenclature of volcanogenic clastic rocks.....	31
III.4 Division of magmatic rock-assemblages. Petrographic units.....	37
Chapter IV. Sedimentary-volcanogenic rock-assemblages.....	48
Chapter V. Metamorphic rock-assemblages.....	54
V. 1 Systematization and classification of metamorphic rocks.....	—
V.2 Nomenclature of metamorphic rocks.....	58
V.3 Division of metamorphic rock-assemblages. Petrographic units.....	59
Chapter VI. Metasomatic rock-assemblages.....	63
V.1 Systematization and classification of metasomatic rocks.....	—
V.2 Nomenclature of metasomatic rocks.....	66
V.3 Division of metamorphic rock-assemblages. Petrographic units.....	67
Chapter VII. Migmatites.....	71
V.1 Systematization, classification and nomenclature of migmatites.....	—
V.3 Division of migmatites rock-assemblages. Petrographic units.....	74
Chapter VIII. Impact (coptogenic) rock-assemblages.....	77
V III.1 Systematization and classification of coptogenic (impact) rocks	—
V III.2 Division of coptogenic (impact) rocks- assemblages.....	81
Chapter IX. Basic rules of establishment and denomination of the petrographic units (different hierarchic levels).....	83
IX. 1. Validity of the petrographic units.....	84
IX.2 Rules of denomination of the units of different hierarchic levels ..	85
IX.3 Rules of description of petrotypes.....	87
IX.4 Rules of alteration of the status of units.....	88
IX.5 Authorship and right of priority at establishment of units.....	89
Chapter X. General rules of the correlation of petrographic units.....	90
Chapter XI. General rules of formalization in the petrographic terminology.....	92
References	96

APPENDICES TO THE PETROGRAPHIC CODE OF RUSSIA

A p p e n d i x	1. Classification tables of magmatic (volcanic, plutonic) rocks.....	100
A p p e n d i x	2. Classification and nomenclature of the rocks of lamproite and kimberlite petrographic series and lamprophyres.....	152
A p p e n d i x	3. On the systematization and nomenclature of silicate-free and low-silicate magmatic rocks.....	162
A p p e n d i x	4. Examples of classification tables of metamorphic and metasomatic rocks.....	167
A p p e n d i x	5. General principles of isotopic age determination of petrographic units.....	190
A p p e n d i x	6. Tables forms recommended for regional and interregional charts of correlation of petrographic units of different hierarchic levels . . .	
		insertion between p194-196.
A p p e n d i x	7. Fluidogenic rocks (fluidolites) new type of endogenic rocks.....	198

ПРЕДИСЛОВИЕ

Разработка и реализация среднесрочных и перспективных программ социально-экономического развития страны возможны лишь при повышении качества и эффективности геологических работ различных направлений. Достижение этих целей во многом обеспечивается единообразием подходов при диагностике кристаллических горных пород и их ассоциаций, стандартизацией принципов выделения петрографических подразделений и унификацией петрографической номенклатуры. Для такой огромной страны, как Россия, очевидна необходимость единой петрографической понятийной базы для успешного выполнения самых разнообразных геологических работ, в том числе картосоставительских, прогностических и поисковых. В соответствии с этим во ВСЕГЕИ разработан и в 1995 г. издан первый Петрографический кодекс (ПК—95) — свод правил и рекомендаций при работе с магматическими, метаморфическими, импактными и другими образованиями. Он создан под руководством ответственного редактора, доктора геол.-минер. наук Николая Петровича Михайлова (редколлегия — Л. С. Егоров, Ю. Б. Марин, Б. А. Марковский, И. Л. Масайтис, В. Н. Москалева, Н. А. Румянцева, Л. Н. Шарпенюк, К. Л. Шмелева; составители — В. В. Жданов, Б. А. Марковский, В. Л. Масайтис, Н. П. Михайлов, З. Д. Москаленко, Ю. Д. Пушкарев, Н. А. Румянцева, Л. Н. Шарпенюк, К. Л. Шмелева — ВСЕГЕИ; Л. С. Егоров — ВНИИ Океангеология; В. А. Глебовицкий, К. А. Шуркин — ИГГД РАН). В нем впервые разработаны правила и рекомендации по следующим основным направлениям: классификация и номенклатура магматических пород; принципы систематики метаморфических пород; расчленение и корреляция магматических и метаморфических образований при региональных петрографических исследованиях; обоснование принципов выделения комплексов; некоторые методические разработки по выделению вспомогательных петрографических подразделений — составных частей магматических (метаморфических) комплексов; общие принципы изотопного датирования региональных петрографических подразделений и т. д.

Введение в действие столь важного регламентирующего документа в области петрографии не имело прецедента ни в отечественной, ни в мировой практике. Кодекс вызвал большой интерес, как в России, так и в странах зарубежья. Он был востребован, широко обсуждался и с успехом использовался российскими геологами в течение ряда лет при проведении различных исследований. При этом выявились, например, недостаточная точность и соответственно неоднозначность толкования ряда терминов, понятий и положений, в том числе принципов выделения петрографических объектов картографирования; недостаточная разработанность систематики и классификации метаморфических и метасоматических пород, а также понятий об их картируемых подразделениях; отсутствие необходимых для разработки легенд мелкомасштабных карт укрупненных петрографических подразделений и др.

Необходимость совершенствования Кодекса была обусловлена, кроме того, выходом отечественной геологии на новый качественный уровень. После издания ПК-95 осуществлены методические разработки, касающиеся как различных типов эндогенных, так и коптогенных кристаллических пород. Получены новые данные, в том числе изотопно-геохимические, барометрические и др., по характеристикам пород различного генезиса, а также сведения о новых видах пород, накоплен обширный материал по петротипам (формационным видам) магматических и метаморфических комплексов, в том числе рудоносных. Необходимость разработки и опубликования ПК второго издания вызвана также тем, что создание единого информационного пространства в области геологии и единых баз данных невозможно без унификации номенклатуры и терминологии, в том числе петрологической.

На основе замечаний и предложений был подготовлен проект, а в период с 2004 до 2006 г. и основное содержание разделов и приложений ПК второго издания. В подготовке и апробации этого варианта Кодекса, помимо основных его составителей, принимали участие члены рабочих групп, создаваемых из петрографов различной специализации (Ю.Б.Богданов, Л.И.Лукьянова, Б. А. Марковский, В.Ф.Николаев, М. П. Орлова, Б. В. Петров, Е. В. Плющев, В. Е. Руденко, С. П. Шокальский, В. И. Шпикерман и др.), и представители большинства региональных петрографических советов Межведомственного петрографического комитета (МПК). Обсуждения разделов нового Кодекса проводились на расширенных заседаниях Бюро Секции МПК по региональной петрографии, классификации и терминологии кристаллических пород и на расширенных заседаниях Секции. Наиболее полные и обстоятельные предложения, в том числе по улучшению формулировок статей Кодекса или уточнению содержания приложений, поступили от Г.Я.Абрамовича, М.Л.Гельмана, В. А. Глебовицкого, Н. Л. Добрецова, В. В. Доливо-Добровольского, А. И. Жамойды, И. Л. Жулановой, В.Ю.Забродина, А.Б.Кольцова, В.С.Куликова, Б. К. Львова, А. А. Маракужева, Ю. Б. Марина, Б. А. Марковского, Л. В. Ма-хлаева, В. Н. Москалевой, В. В. Ревердатто, Н. А. Румянцевой, Д. И. Царева, Н. М. Чернышова и др.

Структура второй редакции ПК по сравнению с первым изменена. В интересах пользователя материал перекомпонован в соответствии с принадлежностью горных пород к определенному типу. Кроме того, в Кодекс введены новые разделы и изменено содержание большинства прежних, уточнены и сокращены многие статьи и сформулированы новые, исключены необязательные рекомендации, примечания и примеры, подготовлены дополнительные приложения.

Основные изменения и дополнения, внесенные в ПК-95:

— конкретизированы принципы и признаки систематики и классификации кристаллических горных пород различного генезиса, а также принципы расчленения эндогенных образований;

— усовершенствована классификация магматических пород, главным образом в области кремнекислых магматитов, для которых на основе создания базы данных и статистической обработки химических анализов впервые обоснованы границы семейств этих пород на TAS-диаграмме;

— уточнены классификация и номенклатура вулканических обломочных (вулканокластических) пород;

— сформулированы или уточнены понятия о подразделениях различных иерархических уровней, в частности, регламентировано выделение таких таксонов, как временные и латеральные ряды и группы комплексов кристаллических пород различных генетических типов, необходимых при составлении серийных легенд и Гостгеолкарт-1000/3;

— разработана таксономия подразделений для вулканогенно-осадочных и осадочно-вулканогенных образований как самостоятельных объектов картирования и картографирования;

— впервые разработаны близкая по детальности к магматическим классификация метаморфических, метасоматических пород и мигматитов и их номенклатура, обоснована иерархическая таксономическая система карто-графируемых подразделений этих образований;

— усовершенствованы систематика и классификация импактных (копто-генных) горных пород, их номенклатура и принципы их расчленения;

— уточнены требования валидности различных петрографических подразделений и положения об использовании условно валидных, вспомогательных и невалидных подразделений;

— уточнены правила наименования петрографических подразделений различных иерархических уровней и разработаны правила наименования временных и латеральных рядов комплексов;

— усовершенствованы требования к петротипам комплексов и их рядов, конкретизированы правила их описания, а также правила и формы корреляции магматических и метаморфических образований;

— актуализированы существующие и разработаны новые классификационные таблицы и диаграммы для кристаллических пород различных типов (в частности, для метаморфических);

— приведены (прил. 7) краткие сведения о флюидоэксплозивных брекчиях (в том числе туффизитах) как о новом типе эндогенных горных пород.

Подготовка к изданию нового Петрографического кодекса осуществлялась во ВСЕГЕИ, в отделе петрологии, при постоянном обсуждении подготовленных материалов на заседаниях Секции МПК по региональной петрографии, классификации и терминологии кристаллических горных пород или отдельных рабочих групп, создаваемых из членов Секции и ведущих специалистов по соответствующим направлениям. При завершающем редактировании Кодекса по возможности учтены полученные конструктивные замечания и предложения, в том числе Ученого совета ВСЕГЕИ, Научно-редакционного совета Роснедра, бюро Межведомственного петрографического комитета.

Работа по подготовке глав и приложений второго, переработанного и дополненного, издания Кодекса была распределена следующим образом: введение и главы I—IV написаны Л. Н. Шарпенюк и Е. А. Кухаренко, главы V— VII — В. В. Ждановым, VIII — В. Л. Масайтисом, IX — А. Е. Костиным, Д. Е. Костиным и Л. Н. Шарпенюк, XI — З. Д. Москаленко; составители новых и обновленных приложений — В. В. Жданов, А. Е. Костин, Э. А. Ланда, Л. И. Лукьянова, Ю. Д. Пушкарев, Л. Н. Шарпенюк.

О. А. Богатиков, О. В. Петров

ВВЕДЕНИЕ

Геологическое картирование и другие методы изучения геологических объектов имеют дело со следующими категориями:

—во-первых, с конкретной горной породой, под которой понимается природный полиминеральный или мономинеральный агрегат (либо скопление аморфного вещества, например вулканического стекла), характеризующийся составом, структурой и объемом, минимальный размер которого определяется сохранением в каждом конкретном случае качественной сущности объекта;

—во-вторых, с естественными телами горных пород, имеющих фиксированные пространственно-временные границы, таксономическую определенность, специфический состав и структуру.

В основе всех методов изучения обеих категорий геологических объектов лежат науки «Петрография» и «Петрология».

Петрография — наука, занимающаяся изучением, описанием и классификацией эндогенных (магматических, метаморфических, метасоматических, мигматитовых) и импактных (коптогенных) пород и образованных ими геологических тел как объектов с определенным минеральным и химическим составами, текстурами, структурами и условиями залегания. Совокупность перечисленных горных пород в дальнейшем в Петрографическом кодексе будет условно обозначаться термином «кристаллические породы», хотя среди них, помимо преобладающих кристаллических, присутствуют также стекловатые и кластические.

Петрология — наука, в большей мере концентрирующая свое внимание на условиях происхождения горных пород и на экспериментальном воспроизведении этих условий, на соотношениях пород в естественных ассоциациях и на закономерностях их распространения во времени и пространстве.

Таким образом, науки «Петрография» и «Петрология» не следует рассматривать как полные синонимы; эти науки существуют как две тесно связанные и взаимодополняющие дисциплины, и между их задачами нет четкой границы. Как подчеркивал А. Н. Заварицкий, «в петрологии существенную часть составляют гипотезы, которые могут меняться, тогда, как фактический материал в наших знаниях горных пород остается неизменным, подвергаясь лишь детализации и уточнению» (Заварицкий, 1961). Точное изложение результатов изучения объектов составляет главную задачу петрографии и должно предшествовать формированию общих представлений — гипотез, концепций, исходящих из этих фактов.

Из приведенных выше определений следует, что классическое понимание петрографии как науки о горных породах расширено и уточнено введением важнейшего объекта современных петрографических и петрологических исследований - природных ассоциаций горных пород.

Геолог в поле изучает и картирует не отдельные штуфы горных пород, а геологические тела, практически редко монопородные, обычно образованные ассоциацией пород того или иного типа (магматических, метаморфических, метасоматических или других горных пород). Петрографы, наряду с описанием вещественного состава и структуры отдельных горных пород, давно уже перешли к изучению их природных ассоциаций и закономерностей их образования. При этом наметились разные пути такого изучения, отражающие специфику методических принципов различных петрографических школ. Так, западноевропейские и американские петрографы развивают метод выделения магматических (главным образом петрохимических) серий, где ассоциации изверженных пород рассмат-

риваются как объекты специфического химического состава, нередко в отрыве от геологических условий их нахождения. Петрографическая школа нашей страны создала учение о геологических формациях, систематизирующее представления о геологических объектах и их ассоциациях, выявляющее закономерности их сочетания во времени и пространстве с целью создания необходимой петрографической основы для региональных геологических исследований и построения различных петрогенетических моделей.

Таким образом, объектами современных петрографических исследований служат кристаллические горные породы, слагающие геологические тела и ассоциации таких тел, которые по общности вещественных признаков и пространственно-временных связей объединяются в различные петрографические подразделения. Среди них различаются следующие категории:

- магматические подразделения, объединяющие породы, возникшие за счет глубинного вещества, находившегося в расплавленном состоянии, затем перемещенного или застывшего на месте плавления и представленного совокупностью геологических тел различной формы;

- метаморфические подразделения, объединяющие породы, возникшие за счет преобразования в градиентном поле температуры и давления ранее существовавших осадочных, магматических или других пород (исходного субстрата), сохраняющих в этом процессе твердое состояние, утративших и различной степени признаки своего первичного минерального состава и строения, но сохранивших в главных чертах свой химический состав;

- метасоматические подразделения, объединяющие породы, возникшие за счет преобразования субстрата любого происхождения, обычно утратившего свои структурно-минералогические признаки, а также частично или полностью изменившего химический состав в градиентном поле химических потенциалов подвижных химических компонентов;

- мигматитовые подразделения, объединяющие породы, являющиеся продуктами прогрессивно направленных процессов метаморфизма и метасоматоза;

- импактные (коптогенные) подразделения, объединяющие породы, возникшие вследствие импактных событий;

- осадочно-вулканогенные подразделения, объединяющие парагенетические ассоциации вулканогенных (покровных, экструзивно-жерловых и субвулканических) образований с осадочно-вулканогенными и осадочными.

Объединение образований кристаллических пород в подразделения различных иерархических уровней позволяет воспроизвести историю геологического развития регионов, поэтому петрографические исследования являются основой историко-геологического метода, особенно в регионах с широко распространенными магматическими, метаморфическими и метасоматическими горными породами.

Создание петрографической основы для геологического картирования и картографирования возможно только на базе унифицированной петрографической системы выделения подразделений, использующей принципы формационного анализа как метода изучения кристаллических пород. Однако картирование геологических тел горных пород и последующий анализ их совокупностей — это самостоятельные и неравнозначные элементы региональных геологических исследований. Картирование и геолого-петрографическое изучение того или иного подразделения не всегда сопровождаются формационным анализом, но обязательно должны ему предшествовать. Определенным заблуждением, поэтому является попытка подмены петрографического изучения геологических тел кристаллических пород и их совокупностей формационным анализом, не говоря уже о том, что совсем неправомерно методически и по существу ставить вопрос о непосредственном геологическом картировании магматических или метаморфических формаций,

особенно в крупных и средних масштабах. В формационных исследованиях важнейшими задачами являются генерализация и синтез петрографических данных, направленные на изучение последовательно или синхронно возникающих ассоциаций горных пород. Однако эти задачи, хотя и базируются, прежде всего, на материалах геологического картирования, не входят в круг задач настоящего Петрографического кодекса.

ПЕТРОГРАФИЧЕСКИЙ КОДЕКС РОССИИ

Глава I НАЗНАЧЕНИЕ И ПРИМЕНЕНИЕ ПЕТРОГРАФИЧЕСКОГО КОДЕКСА РОССИИ

Статья 1.1. Петрографический кодекс — свод основных правил и рекомендаций, направленных на унификацию и упорядочение петрографической терминологии и номенклатуры, а также таксономии петрографических подразделений при проведении геологических работ на территории России.

Примечание. Значительная часть понятий, определяемых в Кодексе, особенно в разделах, касающихся петрографических подразделений, выходит за рамки Петрографии и относится уже к петрологии, однако Петрографический кодекс традиционно сохраняет свое название.

Статья 1.2. Назначение Кодекса — обеспечение практики геологических работ следующей петрографической базой:

- а) рациональными систематиками и классификациями кристаллических пород различных типов, одобренными Межведомственным петрографическим комитетом;
- б) единообразной номенклатурой кристаллических горных пород различных типов на основе принятых в Кодексе классификаций;
- в) едиными принципами расчленения эндогенных образований на петрографические подразделения различных иерархических уровней и комплексом признаков этих подразделений;
- г) единообразной номенклатурой петрографических подразделений различных иерархических уровней для кристаллических пород различных типов;
- д) едиными правилами составления схем расчленения и корреляции эндогенных и коптогенных образований с целью определения места и значимости соответствующих процессов в истории развития регионов и в общей геохронологической схеме.

Статья 1.3. Правила Петрографического кодекса, изложенные в виде статей и дополненные в отдельных случаях рекомендациями, примечаниями и пояснениями, применимы при изучении всего разнообразия кристаллических пород и образуемых ими тел и всех петрографических подразделений, выделяемых, описываемых, картируемых и картографируемых на территории страны.

Статья 1.4. Соблюдение правил Петрографического кодекса и учет его рекомендаций обязательны при выполнении всех видов государственных геологических работ, и в первую очередь при геологической съемке, составлении карт геологического содержания различных масштабов и легенд к ним (в том числе серийных), при проведении прогнозно-поисковых работ.

Примечание. При проведении научных геологических работ соблюдение требований Петрографического кодекса рекомендуется с целью достижения однотипности и сопоставимости характеристик одних и тех же петрографических объектов и, следовательно, взаимопонимания между исследователями.

Статья 1.5. Кодекс в дальнейшем может быть уточнен и изменен и соответствии с новыми предложениями, внесенными как отдельными специалистами, так и научными и производственными коллективами. Такие предложения следует направлять в работающую при ВСЕГЕИ Секцию по региональной петрографии, классификации и терминологии кристаллических пород (СРПКТ). После их рассмотрения Секция выносит их на бюро МПК, где они на основании обсуждения утверждаются или отклоняются. Утвержденные предложения по мере подготовки будут издаваться в виде Дополнений к Петрографическому кодексу, и учитываться при его переиздании.

Г л а в а II

ОБЩИЕ ПРИНЦИПЫ СИСТЕМАТИКИ И КЛАССИФИКАЦИИ КРИСТАЛЛИЧЕСКИХ ГОРНЫХ ПОРОД И ПРИНЦИПЫ РАСЧЛЕНЕНИЯ ЭНДОГЕННЫХ ОБРАЗОВАНИЙ

II. 1. Принципы систематики и классификации кристаллических горных пород

Статья II.1.1. Систематика кристаллических горных пород — это определение принципов группирования их природного многообразия в систему таксонов — иерархически соподчиненных единиц, отвечающих той или иной таксономической категории (тип, класс и т.д.). Главная задача систематики — создание таксономии кристаллических пород как теоретической основы их классификации с целью сведения бесконечного разнообразия индивидов к конечному множеству видов.

Классификация кристаллических горных пород — это результат распределения их множества по системе таксонов на основании установленных систематикой признаков; она закрепляет результаты изучения классифицируемых объектов, раскрывает внутренние связи между систематическими группами пород и предоставляет возможности для их единообразной диагностики.

Статья II 1.2. Принятые в Кодексе классификации кристаллических горных пород различных типов базируются на общих принципах многоступенчатой иерархической систематики, учитывающих сочетание генетических, фациальных, химических, количественно-минералогических и структурно-текстурных признаков пород.

П р и м е ч а н и е А. В ряде случаев предлагаемые классификации могут быть избыточными, и исследователь вправе использовать только необходимые для конкретных работ таксоны, сохраняя главные критерии их выделения.

П р и м е ч а н и е Б. Следует иметь в виду, что принятая в Петрографическом кодексе систематика кристаллических горных пород (а соответственно и построенная на ее основе классификация) в известной мере условна, поскольку условны сами таксоны и их иерархия. С одной стороны, это определяется особенностями ее элементарных подразделений — видов, которые обычно связаны между собой постепенными переходами и по существу представляют собой совокупности разновидностей горных пород, выделяемые с условными регламентированными границами в непрерывном ряду составов по заданным параметрам. С другой стороны, условность этой систематики связана с ее построением на комбинированном использовании разнородных и неравнозначных критериев — генетических, фациальных, вещественных, структурных.

Статья II.1.3. Вся совокупность кристаллических горных пород по характеру геологических процессов, приводящих к их образованию (по способу образования), подразделяются на типы, среди которых наиболее распространены и изучены типы маг-

матических, метаморфических, метасоматических и котогенных горных пород. Кроме того, в качестве типа выделяются такие полигенные породы, как мигматиты, по сути, представляющие собой ассоциацию пород различного генезиса. Породы каждого типа подразделяются по различным критериям на таксоны более низких рангов — классы, отряды, семейства, виды, а также разновидности (в некоторых типах — на подклассы, подотряды и т. д.). В общем случае критерии выделения таксонов следующие: тип горных пород выделяется по генетическим критериям, класс — по фациальным, а дальнейшее подразделение магматических, метаморфических, метасоматических пород и мигматитов основывается на критериях их вещественного состава и структурно-текстурных особенностей.

Деление множества горных пород по конкретным таксонам различных рангов приводится в разд. III.1, V. 1, VI. 1, VII.1, VIII.1.

II.2. Принципы расчленения эндогенных образований*

Статья II.2.1. Эндогенные образования (магматические, метаморфические или метасоматические и др.) представляют собой кристаллические горные породы того или иного типа и сложенные ими геологические тела. Сущность геологического изучения этих образований при геологическом картировании и картографировании различных масштабов и при проведении прогнозно-поисковых работ состоит в их расчленении на петрографические подразделения разных рангов. Выделение подразделений призвано обеспечить единообразный подход к пониманию этих образований, к отображению их на картах и в легендах к ним, к их корреляции при составлении унифицированных схем проявлений эндогенных процессов в пределах изучаемых территорий и соответственно к прогнозу и поискам полезных ископаемых.

Статья II.2.2. Петрографические подразделения разных рангов — это геологические тела или совокупности тел, образованные ассоциациями кристаллических горных пород и объединяемые по соответствующей рангу подразделения общности признаков (вещественного состава, пространственной, временной и структурно-морфологической близости), позволяющих допускать формирование этих тел в единой геологической обстановке. Такими признаками, помимо вещественного состава слагающих эти тела пород, являются конституционное (отражающее динамику формирования пород во времени) и геологическое строение тел подразделения и их соотношение с вмещающей средой. Кроме того, подразделения должны быть ограничены определенными событийно-временными рамками.

Статья II.2.3. В связи с различными задачами и масштабами геологических исследований Кодексом предусматривается расчленение природных ассоциаций кристаллических пород различных типов (магматических, метаморфических и др.) на петрографические подразделения различных рангов: 1) базовые (основные) — комплексы; 2) дополнительные — составные части комплексов; 3) укрупненные — ряды комплексов.

Примечание. В следующих статьях этого раздела приводятся лишь общие представления об этих подразделениях. Принципы их выделения для образований разных генетических типов специфичны, поэтому их определения приведены в разделах Кодекса, рассматривающих принципы расчленения образований каждого из типов (разд. III.4, V.3, VI.3, VII.2, VIII.2).

* Не все положения этого раздела распространяются на подразделения котогенных образований, выделение которых имеет несколько иные принципы и рассмотрено в гл. VIII.

Статья II.2.4. Комплекс является базовым петрографическим подразделением для эндогенных образований всех типов. Он объединяет конкретные геологические тела и их совокупности, сложенные парагенезом эндогенных кристаллических горных пород, принадлежащих к одному типу и к одному классу глубинности, развитых обычно в пределах одной структурно-вещественной зоны и сформированных в течение отрезка времени в рамках единого этапа развития этой зоны. Все члены комплекса должны быть связаны отношениями, отражающими динамику единого геологического (магматического, метаморфического, метасоматического) процесса. Кроме того, они должны обладать такой спецификой состава пород и такими особенностями морфологии, строения и соотношения с вмещающей средой геологических тел, которые позволяют сделать вывод об общности их образования в определенной геодинамической обстановке в процессе единого этапа развития эндогенного режима.

Комплекс картографируется как совокупность тел конкретной ассоциации кристаллических пород и является той ключевой петрографической единицей, которую следует выделять на геологических картах и в их легендах, помещать в корреляционные схемы и сводные литостратиграфические колонки и использовать как основу при описании геологических образований региона.

Статья II.2.5. Комплексы, не однородные по составу и строению, могут быть расчленены на закономерно обособляющиеся части — дополнительные петрографические подразделения — фазы, фации и подкомплексы. Используются дополнительные подразделения при средне- и крупномасштабном геологическом картировании, при описании комплексов, при детальном петрографическом исследовании и при проведении поисковых работ.

Статья II.2.6. Генетически однотипные комплексы (магматические, метаморфические или метасоматические) могут быть при необходимости объединены в укрупненные подразделения (таксоны более высокого уровня) — в ряды комплексов (временные и латеральные, а для магматических образований и в фациальные — вулканоплутонические ассоциации).

Статья II.2.7. Укрупненные подразделения используются при проведении разного рода обобщающих работ, при мелкомасштабном геологическом картировании, а также в виде исключения при картировании в более крупном масштабе — в тех случаях, когда картографирование отдельных комплексов невозможно. Кроме того, ряды комплексов служат основой для установления закономерностей проявлений эндогенных процессов.

Временной ряд как совокупность комплексов, сформировавшихся последовательно в определенном геологическом пространстве (обычно структурно-вещественной зоне), может использоваться для установления направленности изменения вещественного состава образований от комплекса к комплексу во времени.

Латеральный ряд как совокупность разновозрастных комплексов, развивавшихся в смежных структурных элементах (структурно-вещественных зонах) в процессе развития одного и того же этапа геодинамического режима, может использоваться для выявления изменения вещественного состава образований от комплекса к комплексу в пространстве на определенных этапах развития территории

Вулкано - плутоническая ассоциации (фациальный ряд) как совокупность комплексов, породы которых комагматичны, но образованы в условиях различной глубинности. Это подразделение применимо только для магматических образований; его использование позволяет выявлять общие особенности вещественного состава пространственно сопряженных и близких по времени формирования вулканических, гипабиссальных и плутонических образований.

П р и м е ч а н и е. Понятие «ассоциация пород» (магматических, метаморфических или других кристаллических) применяется в качестве термина свободного пользования для обозначения любой совокупности соответствующих кристаллических пород, сопряженных пространственно и объединенных по некоторым признакам. Термин необходим для случаев, когда таксономические подразделения не выделяются.

Статья II.2.8. Выделение разнотипных комплексов и всех производных от них укрупненных петрографических подразделений базируется на принципах структурно-вещественного анализа как метода изучения кристаллических горных пород и их совокупностей. При этом комплекс представляет собой конкретное проявление геологической (магматической, метаморфической и др.) формации — обобщенной модели устойчиво повторяющихся в геологическом пространстве и времени комплексов, сложенных кристаллическими породами одного типа и обладающих при этом общими индикаторными признаками состава, строения и соотношения с вмещающей средой. Таким образом, комплекс может рассматриваться как индивид определенного формационного вида, несмотря на то, что он не всегда по своим признакам полностью отвечает этому формационному виду.

Временные и латеральные ряды комплексов являются конкретными проявлениями парагенетических формационных рядов — объединений более высокого ранга соответственно последовательных или синхронных формаций. Они, как и формации, не отражаются на геологических картах, однако в легендах к геологическим картам и в корреляционных схемах следует указывать формационную принадлежность комплекса, если она установлена.

Г л а в а III МАГМАТИЧЕСКИЕ ОБРАЗОВАНИЯ

III.1. Систематика и классификация магматических горных пород

Статья III.1.1. Систематика и классификация магматических пород базируется на общих принципах систематики кристаллических горных пород (гл. II). Согласно этим принципам тип магматических пород делится по различным критериям на ряд таксонов — классы, отряды, подотряды, семейства, виды (рис. III.1), а также разновидности. Таксоны высоких рангов (тип, классы) выделяются по генетическим критериям, дальнейшее подразделение магматических пород основывается на признаках их вещественного состава и структуры. Для последовательного выделения таксонов средних рангов (отрядов, подотрядов, семейств) приняты петрохимические признаки как наиболее универсальные, применимые как для полнокристаллических, так и для стекловатых горных пород. При выделении низших таксонов (видов, разновидностей) используются преимущественно количественно-минералогические признаки пород, а также структурно-текстурные.

Статья III.1.2. К типу магматических относятся горные породы, образовавшиеся в результате застывания и кристаллизации магматических расплавов.

Статья III.1.3. Магматические горные породы по критерию фации глубинности их становления (в некоторой степени условной) подразделены на **три класса** (рис. III.1): **плутонические** (абиссальные и мезоабиссальные), **вулканические** (поверхностные и приповерхностные) и **гипабиссальные** породы. Этот критерий отражает термодинамические условия кристаллизации расплавов, зависящие в первую очередь от глубины становления и в меньшей степени — объема кристаллизующегося расплава, вариаций градиента температур и давлений, количества находящихся в расплаве летучих компонентов

и некоторых других факторов. Этот критерий отражен в структурах пород, а иногда и в минералогических особенностях.

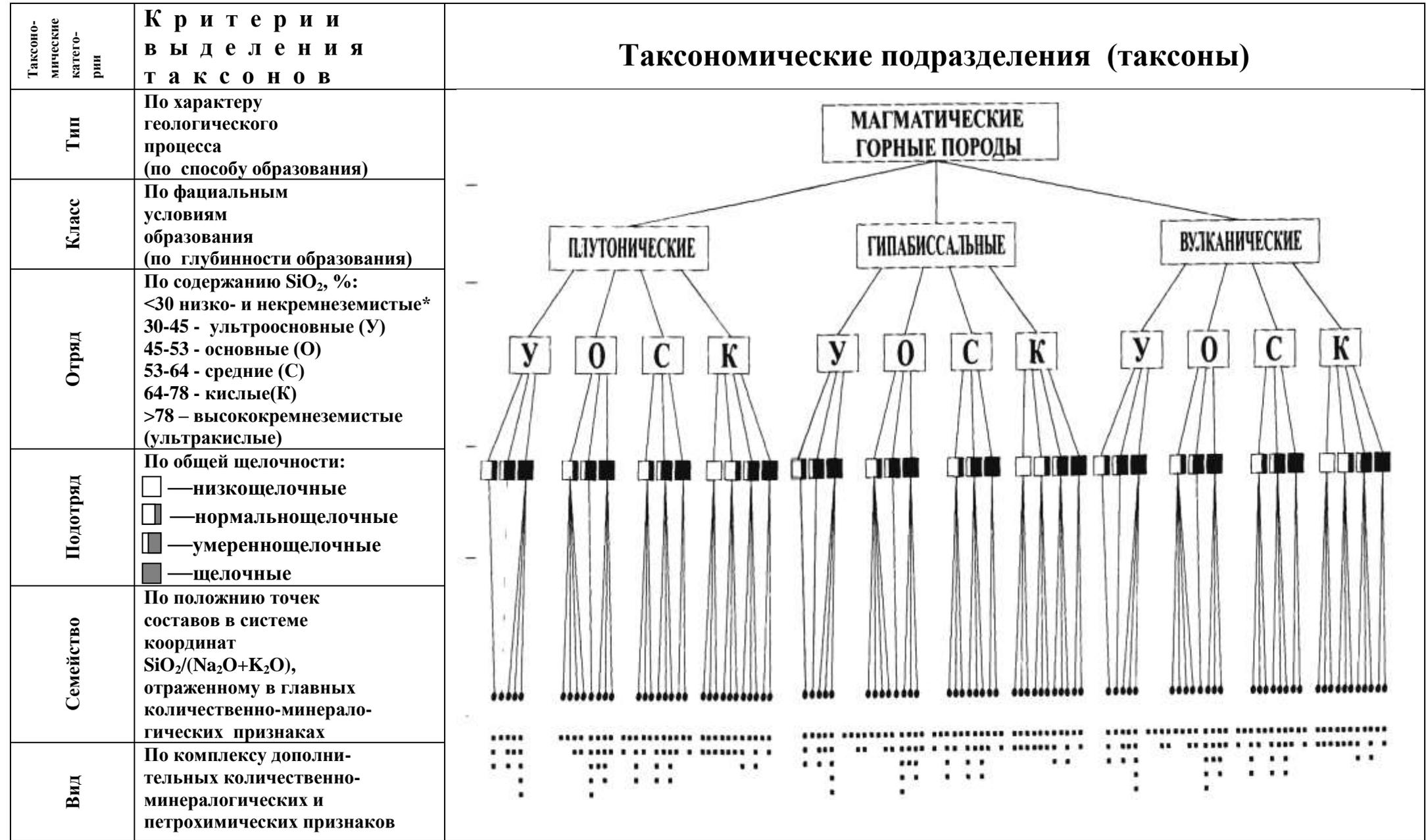
1. Плутонические породы. Класс объединяет полнокристаллические (фанеритовые) породы, формирование которых происходило, как предполагается, в условиях значительной или умеренной глубинности, обеспечивающих относительную длительность кристаллизации магмы в земной коре. Плутонические породы образуют интрузивные тела преимущественно крупного и среднего размеров (батолиты, лакколиты, лополиты, штоки и др.), а также связанные с ними дайки — внутриплутонические, в том числе интеркумулусные, и надплутонические логических особенностях.

2. Вулканические породы. Класс объединяет афировые и порфиоровые неполнокристаллические (сочетание кристаллов и вулканического стекла) и стекловатые породы (в том числе девитрифицированные), реже микро и криптокристаллические. Эти породы формируются в результате закалки или быстрой кристаллизации магматического расплава на земной поверхности (в субаэральных и подводных условиях) или вблизи поверхности — в подводных вулканических каналах и субвулканических камерах. К этому же классу относятся вулканические обломочные породы, являющиеся продуктами дезинтеграции в процессе вулканической деятельности как в различной степени застывшего или закристаллизовавшегося, так и не застывшего расплава. Вулканические породы образуют покровы, потоки, а также интрузивные субвулканические и экструзивно-жерловые тела.

Примечание. По вещественному составу синхронной вулканическому процессу магматической (автомагматической, без учета ксеногенного материала) составляющей вулканокластические породы подразделяются аналогично другим изверженным породам. Однако, принимая во внимание специфику их образования (условия дробления, агрегатное состояние обломков, типы цементации, характер примесей и др.), к ним следует применять дополнительную классификацию, учитывающую особенности этих пород. Особенно важна дополнительная классификация в том случае, когда вычленение автомагматической составляющей невозможно (разд. III. 3).

3. Гипабиссальные породы. Класс объединяет преимущественно порфиоровые и порфиоровидные (редко афировые) породы со скрытокристаллической (реже неполнокристаллической) или полнокристаллической тонкомелкозернистой основной массой. Гипабиссальные породы — производные кристаллизации магматических расплавов на относительно небольших глубинах и по условиям формирования, и соответственно по структурным признакам — являются промежуточными между плутоническими и вулканическими. К этому же классу относятся породы, образовавшиеся на том же уровне глубинности в результате дезинтеграции расплава (или продуктов его кристаллизации и застывания) при магматических или флюидомагматических эксплозиях. Гипабиссальные породы проявляются в большинстве случаев в виде малых интрузивов — даек, силлов, небольших штоков, не связанных с вулканизмом трубок взрыва.

Примечание. Существуют условия не гипабиссальной глубинности, при которых могут кристаллизоваться породы, сходные по облику с гипабиссальными. Такие условия могут возникать во внутренних частях мощных вулканических покровов, в экструзивно-жерловых и субвулканических телах, в приконтактных зонах плутонических массивов. Образующиеся при этом породы гипабиссального облика являются структурными разновидностями соответственно вулканических или плутонических пород.



*Несиликатные и низкосиликатные (высоко-, низко- и некремнеземистые) горные породы имеют специфические принципы систематики, поэтому таксоны более низких категорий для них в данной схеме не приводятся.

Рис. III.1. Схема многоступенчатой систематики магматических горных пород

Статья III.1.4. Магматические породы каждого из трех классов по содержанию кремнезема подразделены на шесть **отрядов**: некремнеземистых и низкокремнеземистых $<30\% \text{SiO}_2$; ультраосновных $30\text{—}45\% \text{SiO}_2$; основных $45\text{--}52\% \text{SiO}_2$; средних $52\text{—}63\% \text{SiO}_2$; кислых $63\text{--}78\% \text{SiO}_2$; высококремнеземистых (ультракислых) $>78\% \text{SiO}_2$.

Примечание А. Согласно рекомендациям Подкомиссии по систематике изверженных пород Международного союза геологических наук (МСГН) при классифицировании магматических горных пород их химические анализы пересчитываются на 100%.

Примечание Б. Приведенные граничные значения содержаний SiO_2 традиционны и подтверждены статистически (Le Maitre, 1984; Классификация..., 1997; Шарпенко и др., 2006), но при этом условны, так как породы смежных отрядов, как и таксонов более низких уровней, связаны между собой постепенными переходами, и «естественные» границы между ними, как правило, отсутствуют. Кроме того, приведенные граничные значения применимы к магматическим (вулканическим) породам только нормальной и низкой щелочности. С повышением щелочности пород границы между отрядами отклоняются от этих значений и проводятся, в соответствии с рекомендациями Подкомиссии по систематике изверженных пород МСГН, с учетом границ полей на диаграмме TAS (рис. III.2) для химической классификации вулканических горных пород.

Рекомендация. Магматические горные породы наряду с делением их на отряды по содержанию кремнезема могут быть разделены на внетаксонные группы по другим параметрам, например по степени фемичности, т.е. по величине нормативного индекса фемичности FEM (выраженное в мас. % содержание в породе нормативных минералов фемической, в классификации CIPW, группы). По этому индексу породы делятся на ультрафемические ($\text{FEM} > 70$), фемические ($70 > \text{FEM} > 30$), фемисалические ($30 > \text{FEM} > 20$) и салические ($\text{FEM} < 20$)*, что широко используется в практике геологических работ (значения нормативного индекса фемичности приведены по Н. А. Румянцевой, 1977). Полнокристаллические магматические горные породы могут быть, кроме того, разделены, исходя из их модального состава, по величине цветового индекса M' , представляющего собой относительное количество цветных (темноцветных) минералов в горной породе. Вычисляется M' как выраженное в об. % количество мафических и родственных им минералов (все минералы, кроме кварца, тридимита, кристобалита, щелочных полевых шпатов, плагиоклазов, скаполита и фельдшпатоидов), за вычетом мусковита, апатита, первичных карбонатов и др. (Streckeisen, 1973, 1976): $35 > M' > 0$ — лейкократовые, $65 > M' > 35$ — мезократовые, $90 > M' > 65$ — меланократовые, $100 > M' > 90$ — ультрамеланократовые (ультрамафические) породы.

Примечание. Термины «ультрамафический» и «ультраосновной» не являются синонимами. Например, пирокесениты, будучи ультрамафическими по содержанию темноцветных минералов, по содержанию кремнезема принадлежат к отряду основных пород.

Статья III.1.5. Породы каждого отряда (от ультраосновных до кислых и ультракислых) подразделяются по общей щелочности на **подотряды** *низкощелочных, нормальнощелочных, умереннощелочных и щелочных* магматических пород. Критерием для деления на подотряды служит суммарное содержание в горных породах оксидов щелочных металлов $\text{Na}_2\text{O} + \text{K}_2\text{O}$ (суммы щелочей), соотнесенное с содержанием SiO_2 . В соответствии с этим граничные значения суммы щелочей для пород каждого подотряда различ-

*Согласно международной геологической практике термины «салические» и «фемические» употребляются для обозначения групп нормативных минералов, а «фельзические» и «мафические» — модальных; те же термины применяются для обозначения составов пород и целом.

ны для пород разных отрядов. Например, граница между нормальнощелочными и умереннощелочными породами основного состава имеет значения 3-5%, а для кислого — 8% $\text{Na}_2\text{O} + \text{K}_2\text{O}$ (рис. Ш.2).

Примечание А. Термин «умереннощелочной» (в международной лексике — «mid-alkaline») используется вместо ранее широко распространенного термина «субщелочной» вследствие неоднозначности употребления последнего.

Примечание Б. Принятые граничные содержания суммы щелочей коррелируются с особенностями минерального состава горных пород, т. е. с наличием и ролью некоторых порообразующих минералов-индикаторов (фельдшпатоидов, щелочных полевых шпатов, щелочных пироксенов и амфиболов), присутствие которых учитывается для уточнения границ между подотрядами. Так, из совокупности нормально-щелочных пород щелочные полевые шпаты присутствуют только в кислых; средние и основные породы, в которых появляются аномально кислые плагиоклазы (например, в гавайитах, муджиеритах) и (или) щелочные полевые шпаты и недосыщенные кремнеземом темноцветные минералы (титансодержащие пироксены), считаются умереннощелочными; к щелочному ряду относят магматические породы, содержащие фельдшпатоиды (фоиды*) и (или) щелочные темноцветные минералы — пироксены, амфиболы и некоторые высокожелезистые слюды (это не касается стекловатых вулканических пород, где все щелочи могут быть заключены в стекле); в ультраосновных породах роль фоидов могут играть минералы группы мелилита — «ненасыщенные пироксены». Однако на образование в породах фоидов или щелочных темноцветных минералов, помимо соотношения щелочей и кремнезема, значительно влияют также другие факторы, не учитываемые в предлагаемой классификационной системе, — прежде всего это соотношение в породах глинозема и щелочей, а также термодинамические условия образования пород и др. Поэтому минералогические критерии щелочности рекомендуется использовать как вспомогательные, особенно с учетом того, что для некоторых неполнокристаллических и стекловатых пород эти критерии иногда вообще непригодны.

Статья Ш. 1.6. Разделение отрядов некремнеземистых и низкокремнеземистых (карбонатных, сульфидных, магнетитовых и др.) пород на подотряды производится не по степени насыщенности щелочами, а по другим критериям, в зависимости от особенностей их химизма. Классификация этих специфических по генезису магматических несиликатных и малосиликатных пород приводится в прил.3.

Примечание. Высококремнеземистые (ультракислые) малосиликатные (10— 50% силикатов) породы (богатые кварцем гранитоиды) обычно образуют по составу непрерывный ряд с кислыми породами и классифицируются так же, как все силикатные породы. Однако в каждом конкретном случае магматическая природа ультракислых гранитоидов требует доказательств, так как часто они являются результатом наложенного окварцевания. Несиликатные (<10% силикатов) высококремнеземистые породы — кварцолиты — могут быть отнесены к магматическим породам лишь условно, поскольку большая их часть кристаллизовалась, по-видимому, из отделившегося от силикатной магмы расплава-раствора, в том числе остаточного на стадии, переходной к гидротермальной. Во всяком случае, существование самостоятельных тел магматических кварцолитов сомнительно — как правило, они образуют включения или сегрегационные массы, находящиеся внутри материнской породы, реже перемещенные за ее пределы.

*Фоид — аббревиатура от «фельдшпатоид», рекомендуется к использованию как синоним этого термина.

Статья Ш.1.7. Магматические породы при необходимости подразделяются по типу их щелочности с использованием отношения $\text{Na}_2\text{O}/\text{K}_2\text{O}$. Выделяются породы различных типов щелочности: натриевого ($\text{Na}_2\text{O}/\text{K}_2\text{O} > 4$ для ультраосновных и основных пород, > 3 — для средних и > 1 — для кислых), калиево-натриевого (1—4 для ультраосновных и основных пород, 0,6—3 для средних и 0,3—1 для кислых) и калиевого (< 1 для ультраосновных и основных пород, $< 0,6$ для средних и $< 0,3$ для кислых).

Примечание. Необходимо отметить, что понятия «порода калиевого типа щелочности» и «высококалиевая порода» не тождественны, поскольку в первом случае речь идет о соотношении с натрием, т. е. об относительной доле калия в общей массе щелочей, а во втором — об абсолютном содержании калия в зависимости от кремнеземистости породы. Таким образом, высококалиевая порода может содержать K_2O меньше, чем Na_2O . Разделение некоторых магматических горных пород низко-, умеренно- и высококалиевые показано на диаграмме, рекомендованной Подкомиссией по систематике изверженных пород МСГН (рис. Ш.3).

Статья Ш. 1.8. Более дробное, чем на отряды и подотряды, разделение магматических пород по содержанию кремнезема и общей щелочности позволяет выделить таксоны следующего, более низкого ранга — **семейства** горных пород, т. е. сообщества магматических горных пород, характеризующиеся установленными пределами колебаний содержаний кремнезема и щелочей и соответственно определенными соотношениями главных породообразующих минералов. Для графического отображения подразделения

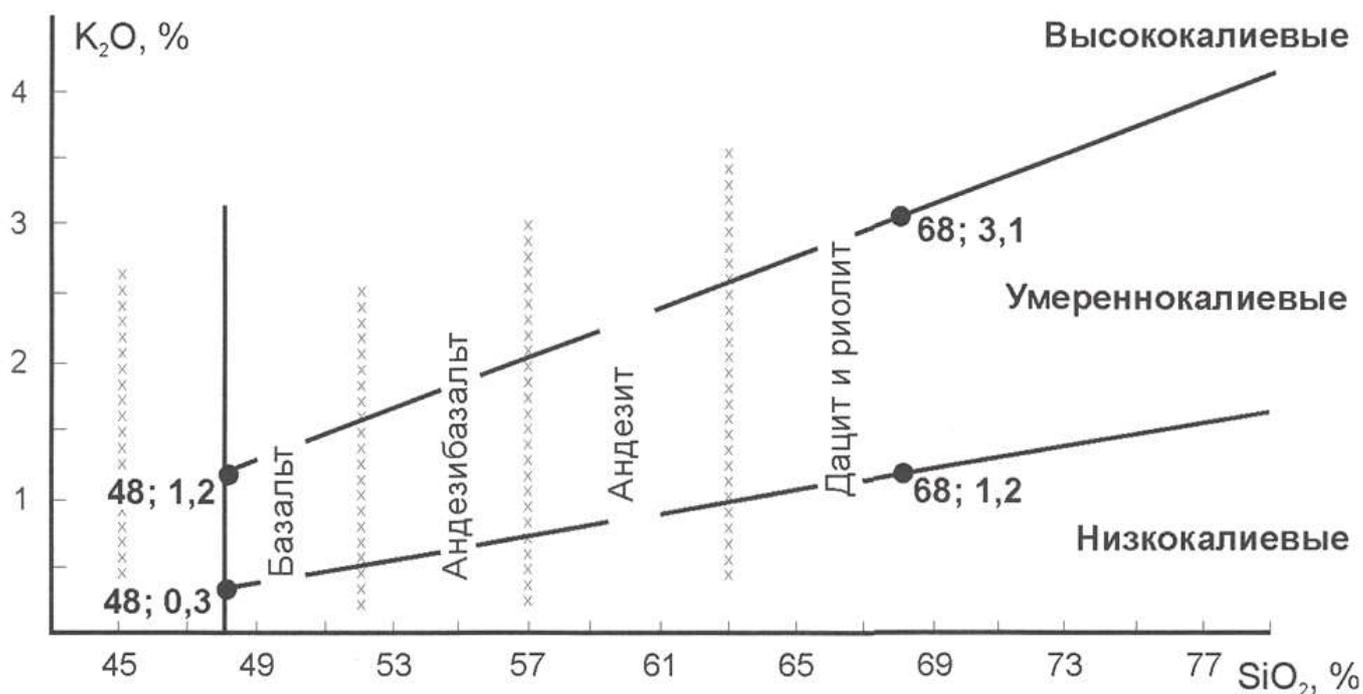


Рис. Ш.3. Подразделение базальтов (с $\text{SiO}_2 > 48\%$), андезибазальтов, андезитов, дацитов и риолитов на низко-, умеренно- и высококалиевые

пород на семейства используется бинарная TAS-диаграмма (total alkali—silica), где на континууме значений SO_2 (по горизонтали) и $Na_2O + K_2O$ (по вертикали) условно показаны поля составов семейств магматических пород (рис. III. 2).

Рекомендация. Составы семейств пород отражают не только химические, но и минералогические особенности объектов классификации вследствие корреляционных связей большинства петрогенных элементов с SiO_2 и $Na_2O + K_2O$. В связи с этим поля семейств на бинарной TAS-диаграмме в целом коррелируются с полями классификационных диаграмм, построенных с использованием параметров количественного минерального состава пород и широко применяемых в петрографии, особенно для диагностики plutонических пород. В соответствии с этим для полнокристаллических пород, в которых отчетливо распознаются составляющие их минералы, в дополнение к TAS-диаграмме (или в случае, когда химические анализы не производились) для классификации пород на уровне семейств могут применяться минералогические классификационные диаграммы. При этом предпочтительно использовать диаграммы, рекомендованные Подкомиссией по систематике изверженных пород МСГН. Для всех силикатных пород, кроме ультрамафических, применяется диаграмма QAPF (кварц — щелочной полевой шпат — плагиоклаз — фельдшпатоид), по А. Streckeisen (1976, 1978). Для дополнительного подразделения габброидных пород в зависимости от соотношения в них плагиоклаза, ортопироксена, клинопироксена и оливина существуют соответствующие тройные диаграммы, по А. Streckeisen (1976). Для полнокристаллических ультрамафических пород, которые классифицируются согласно содержанию в них мафических минералов, в зависимости от минерального состава рекомендуются три диаграммы:

- 1) оливин — ортопироксен — клинопироксен (Streckeisen, 1973, 1976);
- 2) роговая обманка — пироксены — оливин (Streckeisen, 1973, 1976);
- 3) мелилит — оливин — клинопироксен для пород, содержащих более 10% мелилита (Streckeisen, 1978).

Статья III.1.9. Дальнейшее подразделение семейств горных пород на виды осуществляется введением новых классификационных критериев. Вид горной породы — элементарный таксон в систематике — выделяется по наибольшему числу признаков: по составу первично-магматических главных, существенных, а иногда и значимых второстепенных минералов, и по их количественным соотношениям в сочетании с некоторыми дополнительными петрохимическими параметрами (прил. 1). Характеристики видов магматических, главным образом plutонических, пород должны базироваться на их количественном минеральном (модальном) составе, выраженном в об. %.

Рекомендация. TAS-диаграмма, отражающая систематику магматических пород на уровне отрядов, подотрядов и семейств, не может быть использована для определения видов горных пород, так как последние невозможно диагностировать только по двум химическим параметрам. Однако на практике для тех вулканических пород, модальный минеральный состав которых установить невозможно (при стекловатой основной массе), в качестве главного классификационного признака может выступать их химический состав. В классификационных таблицах (прил. 1) комплексные характеристики с количественно-минеральными и химическими параметрами приведены для большей части всех выделенных видов как plutонических, так и вулканических пород.

Статья III. 1.10. Обоснование выделения нового вида горной породы с присвоением ему нового видового названия должно строго регламентироваться теми или иными признаками, отличающими его от ранее известных видов. При этом характеристика предлагаемого нового вида должна включать следующий обязательный объем информации о горной породе: I) внешний вид, текстура, структура, минеральный и химиче-

ский состав, иллюстрируемый представительными анализами. Для полнокристаллических пород они должны сопровождаться данными о количественно минеральном составе породы, определенном как среднее по подсчетам не менее чем в трех — восьми (в зависимости от зернистости пород) шлифах, изготовленных из образца, послужившего пробой для химического анализа; 2) условия и форма залегания геологических тел, сложенных описываемыми породами; 3) географический пункт, где был выделен и описан петротип предлагаемого нового вида, с точной привязкой к географической системе координат; 4) указание места хранения петротипических образцов (*голомана*) и шлифов из породы нового вида.

Введение в рекомендуемую Петрографическим кодексом классификацию новых петрографических видов может быть осуществлено только после рассмотрения и одобрения соответствующих предложений Секцией МПК по региональной петрографии, классификации и терминологии кристаллических горных пород.

Статья III.1.11. Рекомендуемая Петрографическим кодексом классификация магматических пород ограничивается таксоном «вид». В характеристике каждого вида (прил. 1) указываются колебания в определенных пределах количественно-минеральных и химических параметров. Это обуславливает возможность выделения в конкретных случаях (в основном при детальном петрографическом исследовании) разновидностей магматических пород, определяемых разнообразными второстепенными признаками. Право выделения таких разновидностей предоставляется самим исследователям при соблюдении ими единой номенклатуры видов магматических пород. Предложения о выделении разновидностей магматических пород Секция по региональной петрографии, классификации и терминологии кристаллических горных пород МПК не рассматривает.

Рекомендация. В соответствии с существующей практикой, для выделения разновидностей магматических пород могут использоваться следующие признаки:

а) минералогические — особенности состава порообразующего минерала, например, повышенная основность плагиоклаза; присутствие второстепенных или даже аксессуарных минералов в количествах, превышающих нормальные для данного вида; отличные от среднего для данного вида значения цветового индекса (лейкократовые и меланократовые разновидности);

б) химические — повышенные или пониженные содержания отдельных порообразующих оксидов;

в) структурно-текстурные — не типичные для данного вида.

Относительное значение признаков при выделении разновидностей определяется конкретными целями исследований, для которых объем понятия «вид» является слишком общим и не удовлетворяет требованиям поставленных задач.

Примечание. Следует учесть, что выделение лейкократовых и меланократовых разновидностей в соответствии с пониженным или повышенным содержанием цветных минералов по сравнению со средним (мезократовым) вариантом данной породы никак не соотносится с разделением по цветовому индексу всей совокупности магматических горных пород (меланократовый гранит, например, является лейкократовой породой).

Статья III.1.12. Наряду с вышеуказанными таксономическими подразделениями, в петрологии употребляются внетаксонные единицы — серии магматических горных пород, объединенных по каким-либо общим признакам их вещественного состава, что в ряде случаев обусловлено общностью их происхождения. В соответствии с характером общности магматических пород выделяются петрохимические и петрографические серии.

Под **петрохимической серией** понимается совокупность магматических пород, обладающих общей петрохимической спецификой и образованных в результате эволюции единой родоначальной магмы под влиянием различных магматических процессов (магматической, кристаллизационной или флюидной дифференциации, взаимодействия с вмещающим субстратом, смешения расплавов) или в результате последовательных этапов парциального плавления из общего субстрата. Отнесение ассоциаций пород к какому-либо типу петрохимических серий производится главным образом по их химизму. По соотношению щелочей и кремнезема выделяются три типа серий — нормальной щелочности, умеренной щелочности и щелочные. В свою очередь в типе нормальной щелочности на основании темпа роста железистости по отношению к кремнезему выделяются толеитовые, известково-щелочные и коматиит-бонинитовые серии. Более детальное деление серий может производиться, например, по характеру щелочности или другим характерным для них признакам. Конкретные серии могут пересекать формальные границы, установленные для типов серий, что обусловлено сменой ведущего механизма петрогенезиса в процессе эволюции (Фролова, Бурикова, 1997).

Петрографическую серию следует понимать как совокупность магматических пород (обычно группу видов, часто принадлежащих к разным семействам или даже отрядам), которые характеризуются общей, но только им присущей спецификой минерального состава (следовательно, и химического) и геологической позиции, свидетельствующих о генетическом родстве этих пород. Магматические породы серий (например, шошонитовой, лампроитовой и др.) связаны между собой закономерными изменениями в членах серии неспецифического количественно-минералогического состава или состава отдельных минеральных фаз при сохранении присущих им особенностей. Петрографических серий может быть много, и зависимость их от регионов распространения и геотектонических обстановок очевидна.

При определении состава и номенклатуры горных пород, а также их принадлежности к той или иной серии целесообразно использовать результаты обработки петрохимических и геохимических данных с помощью факторного анализа и нанесения их на сводные диагностические диаграммы горных пород (Орлова и др., 1999; Петрохимия..., 1991).

Примечание. В последнее время также очень распространенной является геохимическая типизация горных пород — выделяются геохимические типы пород, характерные для определенных геодинамических обстановок, например, базальты N-MORB, T-MORB, E-MORB типов и др.

III.2. Номенклатура магматических горных пород*

Статья III.2.1. Согласно общепринятым правилам в систематике, магматические породы каждой таксономической категории имеют свои строго определенные названия; номенклатура разновидностей не регламентируется.

Статья III.2.2. Виды магматических горных пород обычно имеют собственные, традиционно употребляемые наименования (*верлит, меймечит, эссексит, оногит, риолит* и др.) или составные. При образовании составных названий первая их часть, в соответствии с международными правилами, должна быть максимально усечена (купирована), т.е. породы следует называть *монцодиорит, пикробазальт, апдезибазальт, онгориолит* (по типу таких широко распространенных терминов, как *гранодиорит, трахибазальт, риодацит* и др.). Исключение допускается только для «несокращаемого» видового

* Рассматривается для таксонов ранга семейств и ниже.

названия *габбро*, но и его нужно вводить в составное название также без дефиса— *габбронорит*, *габбродиорит*.

Видовые наименования пород иногда строятся путем присоединения к основному названию прилагательных, обозначающих минеральные особенности пород данного вида. Породообразующие минералы в прилагательном перечисляются в порядке увеличения их содержания, причем обычно используется не более двух названий характерных минералов паагенезиса, например, *перидотит роговообманковый*, *пикрит биотит-пироксеновый* и т.д. Минимальное содержание минерала, наименование которого пользуется в названии породы, должно составлять не менее 5%. Кроме того, в наименования некоторых видов магматических горных пород допускается введение корневых частей «мела» и «лейко» (меланефелинит, лейкобазальт).

Рекомендация 1. В целях ликвидации двойственности в обозначении кайнотипных и палеотипных вулканических пород одного вида Петрографический кодекс рекомендует использовать единую номенклатуру для всех вулканических пород, принятую и в международной практике. Термины «порфир» и «порфирит» сохраняются только в наименованиях гипабиссальных пород и пород гипабиссального облика. Рекомендуется также отказаться от использования таких ранее широко распространенных, но теперь, устаревших терминов, как мелафир, альбитофир, ортофир, кератофир, спилит и др.

Рекомендация 2. Термины, содержащие суффикс «оид», обозначающий «близкий», «подобный», используются в названиях групп, близких между собой по составу горных пород (*гранитоиды*, *базальтоиды*), или для обозначения некоторых структурных разновидностей (*пегматоидный гранит*).

Рекомендация 3. Не следует использовать для наименования видов вулканических пород названия, учитывающие только их структурные особенности, например, фельзит, витрофир, невадит, мандельштейн, амигдалофир и т. п. Степень раскристаллизации вулканических пород не должна учитываться в названиях их видов.

Статья III.2.3. Номенклатура разновидностей горных пород Петрографическим кодексом не регламентируется. Право наименования разновидностей, как и их выделения, предоставляется самим исследователям при соблюдении ими единой номенклатуры видов магматических пород. Некоторые разновидности пород имеют традиционные названия (*эвкрип*, *лабрадорит* и др.). Для обозначения не имеющих таких названий разновидностей используются прилагательные к принятым названиям видов.

Разновидности магматических горных пород, выделяемые по признаку особенностей структуры (а иногда и текстуры), получают наименования, в которые в качестве прилагательного включается наименование этого признака — *риолит фельзитовый*, *трахит витрофировый*, *гранит порфировидный*, *габбро трахитоидное* и др. Для разновидностей с преобладанием стекла в основной массе даются названия с корневой частью «гиало» — *гиалобазальт*, *гиаломеланефелинит**. Для разновидностей, выделяемых по специфическому минералу, содержащемуся в количестве менее 5%, в название породы включается наименование этого минерала с добавлением «содержащий» (*гранатсодержащий гранит* и т. п.).

*В соответствии с рекомендацией Подкомиссии по систематике изверженных пород МСГН для вулканических пород, содержащих стекло, количество стекла указывается с использованием следующих определений (Streckeisen, 1978, 1979) в зависимости от доли стекла: стеклосодержащий (0—20%), богатый стеклом (20—50%), стекловатый (50-80%).

Рекомендация. Следует избегать использования устаревших, вышедших из употребления терминов, а также введения новых без достаточных оснований.

Статья Ш.2.4. Номенклатура видов гипабиссальных горных пород и пород гипабиссального облика — плутонических и вулканических (ст. Ш. 1.2) в целом однотипна и в значительной мере предопределена своеобразием текстур и структур этих пород или основана на рациональном использовании сложившихся в мировой практике традиций. В соответствии с этим одни наименования непосредственно отражают особенности облика этих пород (риолит-порфир, диорит-порфирит), другие являются общеизвестными специфическими терминами (долерит, спессартит и др.).

1. Гипабиссальные породы, отвечающие по составу определенным видам плутонических, получают, как правило, наименование, отражающее, с одной стороны, номенклатуру их вещественных аналогов, с другой — структурные их признаки. В соответствии с этим они должны называться *гранит-порфир, сиенит-порфир, диорит-порфирит* и т. д., при этом составные части наименования пишутся через дефис.

2. Для афировых гипабиссальных пород, зернистость которых различима под микроскопом, рекомендуется использовать названия плутонических пород с корневой частью «микро» (*микромонзонит, щелочной микросиенит* и т. п.).

3. Для гипабиссальных пород, содержащих стекло или девитрифицированный мезостазис, рекомендуется использовать номенклатуру соответствующих вулканических пород в сочетании со словами «порфир» или «порфирит» (*дацит-порфир, трахит-порфир, базальт-порфирит, андезит-порфирит* и т. д.).

4. В номенклатуре гипабиссальных пород, за которыми закреплены собственные названия (*долерит, камптонит* и др.), дополнительные слова «порфир» или «порфирит» не употребляются.

5. Наиболее сложна и специфична номенклатура гипабиссальных пород, не имеющих, как правило, плутонических или существенно распространенных вулканических аналогов — лампроитов, кимберлитов и лампрофиров (прил. 2).

Статья Ш.2.5. Принципы наименования семейств магматических горных пород довольно разнообразны, но обычно названия семейств соответствуют наименованиям одного-двух преобладающих в этом семействе видов — *пикриты, трахибазальты, оливиниты — дуниты* и др. Достаточно часто семейства именуются также путем соединения основного названия с прилагательным — *щелочные пикриты, фельдшпатоидные сиениты, умеренно-щелочные граниты*.

Ш.3. Классификация и номенклатура вулканогенных обломочных пород

Статья Ш.3.1. Вес многообразие горных пород, содержащих вулканогенный материал, подразделяется на вулканогенные обломочные породы, взрывные ксепобрекчии и осадочные породы, содержащие вулканогенный материал (рис. Ш. 4). Магматическими считаются лишь **вулканогенные обломочные породы**, под которыми понимаются породы, синхронные по времени образования процессу вулканизма, имеющие обломочную структуру и состоящие полностью или более чем на 50% из эффузивного или взрывного синхронного вулканизму материала, сцементированного лавой или гидрхимически.

Статья III.3.2. Вулканогенные обломочные горные породы по своей синхронной извержению магматической (автомагматической) составляющей классифицируются, как и все вулканические породы, в соответствии с общими принципами систематики магматических горных пород и могут рассматриваться как структурные разновидности соответствующих видов эффузивных горных пород (разд. III.1). Однако вулканические обломочные породы имеют сложный состав и, помимо синхронной вулканизму магматической обломочной составляющей, часто содержат чужеродный материал. Все это создает необходимость применения дополнительных классификаций этих пород, учитывающих их двойственную природу и использующих такие характеристики, как размер пирокластических частиц, их состав и агрегатное состояние, состав цемента, ксеногенных обломков, осадочной примеси и др.

Статья III.3.3. Вулканогенные обломочные горные породы по наличию или отсутствию в них примеси синхронного извержению экзогенного осадочного материала подразделяются на **вулканокластические** и **осадочно-вулканокластические** (табл. III. 1).

Статья III.3.4. Вулканокластические горные породы не содержат существенной примеси экзогенного (осадочного) обломочного материала. По генезису эти породы делятся на две крупные группы (рис. III.4): **эффузивнообломочные** и **эксплозивнообломочные**.

Статья III.3.5. В группу **эффузивнообломочных** объединены горные породы, образовавшиеся в результате дробления вулканической лавы при ее излиянии. Эти породы подразделяются на четыре подгруппы:

1) *лавобрекчиевые* породы (брекчиевые лавы), образующиеся при взламывании остывшей корки в процессе движения потока лавы, при этом обломки лавы и цемент одинаковы по составу, текстуре и структуре;

2) *кластолавовые* породы (кластолавы), образующиеся при цементировании первичной или образованной в результате вторичного разогрева лавой обломков ранее застывшей лавы, при этом цемент и обломки отличаются по составу, структуре, текстуре;

3) *лавокластические* породы (лавокластиты), образующиеся в результате дробления лавовых потоков и экструзий при излиянии расплава на поверхность в наземных, подводных или подледных условиях, сцементированы гидрохимически или рыхлые;

4) *гиалокластические* породы (гиалокластиты), образующиеся при взаимодействии изливающегося расплава с водой, в частности за счет быстрого охлаждения лавы с растрескиванием вулканического стекла (десквамации) и изменением его химического состава (главным образом гидратацией), сцементированы гидрохимически или рыхлые.

П р и м е ч а н и е. Для палеовулканических образований отнесение эффузивно-обломочных пород к той или иной генетической подгруппе часто бывает затруднительным, особенно это касается подгруппы гиалокластитов, которые выделяются преимущественно среди продуктов молодого вулканизма.

Статья III.3.6. В группу **эксплозивнообломочных** объединены горные породы, образованные в результате извержений взрывного характера, без перебива и переотложения вулканогенного обломочного материала. В зависимости от типа извержений группа **эксплозивнообломочных** горных пород подразделяется на две генетические подгруппы пород — **пирокластические** и **гидроэксплозивные**:

1) *пирокластические* горные породы (пирокластиты) образованы в результате дезинтеграции расплава и его затвердевших фаз при взрыве магматического типа в про-



Рис. III.4. Генетическое разнообразие горных пород, содержащих вулканогенный материал

ДОПОЛНИТЕЛЬНАЯ КЛАССИФИКАЦИЯ ВУЛКАНОГЕННЫХ ОБЛОМОЧНЫХ ГОРНЫХ ПОРОД* (ПО ГЕНЕЗИСУ И РАЗМЕРУ ОБЛОМКОВ)

ВУЛКАНОГЕННЫЕ ОБЛОМОЧНЫЕ ГОРНЫЕ ПОРОДЫ												
Вулканокластические породы – без примеси осадочного материала												
ЭФФУЗИВНООБЛОМОЧНЫЕ					ЭКСПЛОЗИВНООБЛОМОЧНЫЕ							
Размер обломков, мм**	Лавобрекчиевые (брекчиевые лавы) - обломки лавы и цемент одинаковы по составу, структуре и текстуре	Кластолавовые – обломки лавы и цемент различны по составу, структуре или текстуре	Лавокластические – продукты дробления лавовых потоков в процессе излияния	Гиалокластические – продукты подводного или подледного дробления лавовых потоков	Характер обломков	Пирокластические – продукты дезинтеграции расплава и его затвердевших фаз при магматических взрывах				Гидроэксплозивные – продукты дезинтеграции расплава и его затвердевших фаз при фреатических взрывах		Осадочно - вулканокластические породы (туффиты) – пирокластический или гидроэксплозивный материал с примесью осадочного до 50%
	с лавовым цементом		с гидрокхимическим цементом			без существенной примеси ксеногенного взрывного материала		с примесью ксеногенного взрывного материала до 50%		без существенной примеси ксеногенного взрывного материала	с примесью ксеногенного взрывного материала до 50%	
						спекшиеся	уплотненные с гидрокхимическими цементом	спекшиеся	уплотненные с гидрокхимическими цементом			
> 200	Глыбовая лавобрекчия (глыбовая брекчиевая лава)	Глыбовая кластолава	Глыбовый лавокластит	Глыбовый гиалокластит	Бомбовые И глыбовые	Глыбовый агломератовый спекшийся туф	Глыбовый агломератовый туф		Глыбовый агломератовый ксенотуф	Глыбовый агломератовый гидроэксплозивный туф	Глыбовый агломератовый гидроэксплозивный ксенотуф	Глыбовый агломератовый туффит
50-200	Грубобрекчиевая лава	Грубобрекчиевая кластолава	Грубобрекчиевый лавокластит	Грубобрекчиевый гиалокластит		Грубобломочный агломератовый спекшийся туф	Грубобломочный агломератовый туф	Грубобломочный агломератовый спекшийся ксенотуф	Грубобломочный агломератовый ксенотуф	Грубобломочный гидроэксплозивный туф	Грубобломочный гидроэксплозивный ксенотуф	Грубобломочный агломератовый туффит
10-50	Крупнобрекчиевая лава	Крупнобрекчиевая кластолава	Крупнобрекчиевый лавокластит	Крупнобрекчиевый гиалокластит	Лапиллиевые	Крупнолапиллиевый (крупнопсефитовый) игнимбрит, спекшийся туф	Крупнолапиллиевый (крупнопсефитовый) туф	Крупнолапиллиевый, (крупнопсефитовый) ксеноингбрит, спекшийся ксенотуф	Крупнолапиллиевый (крупнопсефитовый) ксенотуф	Крупнолапиллиевый (крупнопсефитовый) гидроэксплозивный туф	Крупнолапиллиевый, (крупнопсефитовый) гидроэксплозивный ксенотуф	Крупнолапиллиевый (крупнопсефитовый) туффит
2-10						Мелколапиллиевый, крупнообломочный (мелкопсефитовый) игнимбрит, спекшийся туф	Мелколапиллиевый, крупнообломочный (мелкопсефитовый) туф	Мелколапиллиевый, крупнообломочный (мелкопсефитовый) ксеноингбрит, спекшийся ксенотуф	Мелколапиллиевый, крупнообломочный (мелкопсефитовый) ксенотуф	Мелколапиллиевый, крупнообломочный (мелкопсефитовый) гидроэксплозивный туф	Мелколапиллиевый, крупнообломочный (мелкопсефитовый) гидроэксплозивный ксенотуф	Мелколапиллиевый, крупнообломочный (мелкопсефитовый) туффит
0,1-2	Среднебрекчиевая лава	Среднебрекчиевая кластолава	Среднебрекчиевый лавокластит	Среднебрекчиевый гиалокластит	Пепловые	Среднеобломочный (псаммитовый) игнимбрит, спекшийся туф	Среднеобломочный (псаммитовый) туф	Среднеобломочный (псаммитовый) игнимбрит, спекшийся туф	Среднеобломочный (псаммитовый) ксенотуф	Среднеобломочный (псаммитовый) гидроэксплозивный туф	Среднеобломочный (псаммитовый) гидроэксплозивный ксенотуф	Среднеобломочный (псаммитовый) туффит

0,01-0,1	Мелкобрекчиевая лава	Мелкобрекчиевая кластолава	Мелкобрекчиевый лавокластит	Мелкобрекчиевый гиалокластит		Мелкообломочный (алевритовый) игнимбрит, спекшийся туф	Мелкообломочный (алевритовый) туф	Мелкообломочный (алевритовый) игнимбрит, спекшийся ксенотуф	Мелкообломочный (алевритовый) ксенотуф	Мелкообломочный (алевритовый) гидроэксплозивный туф	Мелкообломочный (алевритовый) гидроэксплозивный ксенотуф	Мелкообломочный (алевритовый) туффит
< 0,01				Тонкодисперсный гиалокластит			Тонкообломочный (пелитовый) ксенотуф		Тонкообломочный (пелитовый) ксенотуф	Тонкообломочный (пелитовый) гидроэксплозивный туф	Тонкообломочный (пелитовый) гидроэксплозивный ксенотуф	Тонкообломочный (пелитовый) туффит

*Классификация приводится для сцементированных пород.

**Подкомиссией по систематике изверженных пород Международного союза геологических наук рекомендуется гранулометрическая шкала с градацией размерности обломков, основанной на арифметической прогрессии 1/256, 1/16, 2, 64 мм. Использование подобной шкалы в практике российских геологов представляется нерациональным.

цессе вулканического извержения. Пирокластиты могут быть как рыхлыми (тефра), так и литифицированными. В последнем случае по характеру цементации породы могут быть уплотненными, сцементированными гидroxимически (туфы, ксенотуфы) или же спекшимися (спекшиеся, сваренные туфы и ксенотуфы, агглютинаты и ксеноагглютинаты, игнимбриты и ксеноигнимбриты);

2) *гидроэксплозивные* горные породы образуются при взрывах фреатического типа, происходящих при взаимодействии расплава с водой, обычно в условиях мелководья, или с насыщенными водой осадками (Sheridan, Wohletz, 1983). Эти породы, как правило, литифицированы.

Примечание. Гидроэксплозивные вулканокластические породы выделяются преимущественно среди продуктов молодого вулканизма, поскольку их идентификация для палеовулканических образований обычно затруднительна.

В зависимости от присутствия вынесенного чужеродного обломочного материала (ксенокластов) взрывообломочные горные породы подразделяются на породы без примеси и с примесью ксенокластов до 50%. Ксенокласты являются главным образом обломками пород, окружающих магматический очаг или вулканический аппарат, но они также могут представлять собой интрателлурический материал или ксенокристаллы, захваченные из сосуществующих магматических очагов с магмой иного состава.

Наличие ксеногенного взрывного материала обозначается в названии пород с помощью добавления корневой части «ксено» (*ксенотуф*), а при описании этих пород приводится характеристика ксеногенных обломков. При преобладании ксеногенного материала породы относятся к взрывным ксенобрекчиям и в качестве магматических не рассматриваются.

Статья Ш.3.7. Осадочно-вулканокластические породы (туффиты) представляют собой рыхлые или сцементированные вулканические обломочные породы, состоящие из пирокластического или гидроэксплозивного материала и содержащие в подчиненном количестве примесь экзогенного (осадочного) материала — терригенного, хемогенного, органогенного. Цемент пород может быть преимущественно гидroxимическим или содержать заметное количество осадочного (глинистого, кремнистого, карбонатного) материала. При описании туффитов приводится характеристика эпикластов — состав, размер обломков, степень их окатанности, также отмечаются присутствие и состав осадочного материала в цементе.

Статья Ш.3.8. Вулканогенные обломочные породы по агрегатному состоянию обломков разделены на витрокластические, состоящие из обломков вулканического стекла, кристаллокластические, сложенные обломками кристаллов, и литокластические, состоящие из обломков пород. В природе часто наблюдаются породы, содержащие обломки в различном агрегатном состоянии, например, витро-кристаллокластические, лито-кристалло-витрокластические туфы. При описании пород указывается состав обломков.

Статья Ш.3.9. Одним из принципов, также положенных в основу классификации вулканогенных обломочных пород, является гранулометрический (разделение пород по размеру обломков), аналогичный гранулометрическому для терригенных горных пород (табл. Ш.1). При этом структуры вулканогенных обломочных пород определяются как пелитовая, алевроитовая, псаммитовая и т. д. или как тонкообломочная, мелкообломочная, среднеобломочная и т.д., а по укрупненной градации размерности обломков — как бом-

боявая и глыбовая, лапиллиевая, пепловая. Поскольку этим породам свойственна плохая сортировка обломочного материала, структура их определяется по преобладающей фракции обломков; при невозможности выделить таковую структуре дается сложное двойное или тройное название, в котором определения располагаются по нарастанию количества фракции (например, *псефито-алеврито-псаммитовая, мелко-среднеобломочная*).

Статья III.3.10. Номенклатура для вулканогенных обломочных пород связана с их классификацией по различным признакам и отражает как вещественный состав синхронной вулканизму магматической составляющей (на петрохимической основе для семейств и с учетом минералогического состава для видов), так и дополнительные (гранулометрическая характеристика всех обломков, состав ксенокластов и экзокластов и др.). Исходя из этого, полное название конкретной вулканогенной обломочной породы должно быть сложным, состоящим из нескольких определений: *туф базальтовый лапиллиево-пепловый лито-витрокластический; туффит андезибазальтовый псаммитовый кристалло-литокластический; лавокластит дацитовый глыбовый; туф дацитовый агломератовый литокластический с обломками известняков* и т. д.

Статья III.3.11. Осадочные породы, содержащие вулканогенный материал, — вулканогенно-осадочные и вулканомиктовые (рис. III.4), классифицируются в соответствии с принципами систематики осадочных пород и должны быть объектами Стратиграфического кодекса. К **вулканогенно-осадочным** отнесены *вулканокласто-осадочные* породы, содержащие сингенетический вулканогенный материал в подчиненном количестве. При наличии этого материала в породах фиксируется в их названии путем добавления к названию соответствующей осадочной породы корневой части «туфо» — туфоконгломерат, туфопесчаник и т. д.

К вулканогенно-осадочным также отнесены *тефроидные* породы, представляющие собой синхронные извержению породы, состоящие преимущественно из окатанной и отсортированной в процессе переноса рыхлой или сцементированной пирокластики.

Под **осадочными вулканомиктовыми** понимаются не синхронные извержению породы, обломочный материал которых представлен переотложенными окатанными и отсортированными обломками более древних в геологическом смысле вулканических пород, например, *вулканомиктовые песчаники*.

III.4 Расчленение магматических образований. Петрографические подразделения

Статья III.4.1. Основным методом познания магматических образований является расчленение этих образований в соответствии с поставленными задачами на петрографические подразделения различных иерархических уровней (гл. II) и корреляция этих подразделений. В основе этого метода лежит единый принцип — прослеживание постоянства свойственных выделяемым подразделениям признаков, в том числе вещественного состава, отражающих закономерности процессов магматизма. Одновременно выполняется основное требование классификационных принципов расчленения: все составляющие одного подразделения по своим признакам должны быть близки между собой и в то же время значительно отличаться от элементов других подразделений, в том числе и того же иерархического уровня.

П р и м е ч а н и е. «Постоянство» вещественного состава подразделений следует понимать не только как однотипность, однородность пород, что является частным случаем, но и как однотипную упорядоченность парагенеза пород различного состава (например, гомодромную или антидромную), как однотипную перемежаемость пород различного (в том числе контрастного) состава, как совокупность ритмов пород с однонаправленно изменяющимся составом и т. д. В соответствии с этим границами подразделений должны служить значимые нарушения постоянства вещественных признаков, а также конституционного строения подразделений и их соотношений с вмещающей средой. Такое понимание петрографических подразделений различных иерархических уровней приближает их к природным дискретным совокупностям кристаллических горных пород, возникших в результате периодических, в целом эволюционных процессов магматизма.

Статья Ш.4.2. Для решения задач геологических исследований различных масштабов предусматривается таксономия **подразделений магматических образований: магматический комплекс** — базовая (основная) таксономическая единица; **фазы и фации** магматических комплексов — вспомогательные единицы низшего ранга; ассоциации магматических комплексов как укрупненные подразделения: **временной ряд (серия), латеральный ряд, вулкано-плутоническая ассоциация, группа** — латерально-временные ряды комплексов (табл. Ш.2).

Базовые (основные) петрографические подразделения

Статья Ш.4.3. Базовыми петрографическими подразделениями для магматических образований являются плутонический, вулканический и гипабиссальный комплексы, обладающие как общими признаками для их выделения, так и некоторыми специфическими чертами, объясняющимися фациальными условиями формирования. Общие признаки этих подразделений приведены под рубрикой «Магматический комплекс», а специфические — отдельно для каждого типа комплексов.

Магматический комплекс и его дополнительные подразделения

Статья Ш.4.4. Магматический комплекс (собирательный термин, объединяющий понятия «вулканический комплекс», «плутонический комплекс» и «гипабиссальный комплекс») — базовое петрографическое подразделение при расчленении природных ассоциаций магматических пород (табл. Ш.2). Понимается и выделяется магматический комплекс как тело (тела) или совокупности геологических тел в определенном геологическом пространстве (структурно-вещественной зоне), образованных ассоциацией магматитов одного класса глубинности и обладающих сходным, в общем случае полифациально-полифазным строением и однотипными соотношениями с вмещающей средой. Все члены этой ассоциации должны быть близки по времени образования, а их временная последовательность должна отражать динамику магматического процесса в течение единого этапа эндогенного режима формирования структурно-вещественной зоны.

В единый магматический комплекс могут объединяться горные породы не только близкого петрографического состава, но и ассоциации магматических пород разных семейств и отрядов (например, ассоциация от ультрабазитов и габброидов до диоритов и плагиогранитов в дифференцированных сложных интрузивных телах), тесно связанных пространственно-временными отношениями.

ПЕТРОГРАФИЧЕСКИЕ ПОДРАЗДЕЛЕНИЯ МАГМАТИЧЕСКИХ ОБРАЗОВАНИЙ

Признаки подразделений	П О Д Р А З Д Е Л Е Н И Я И И Х Х А Р А К Т Е Р И С Т И К И						
	Дополнительные		Базовые — комплексы (конкретные проявления формаций)	Укрупненные — совокупности комплексов			
	фации	фазы		фациальные ряды (вулканоплутонические ассоциации)	временные ряды — серии	латеральные ряды	латерально-временные ряды — группы
Вещественный состав	Монопородный	Полипородный, с близким составом пород одного класса глубинности	Полипородный, с однотипными признаками пород одного класса глубинности	Полипородный, с однотипными признаками комагматических пород разных классов глубинности	Полипородный, с однотипными тенденциями упорядоченности пород во времени в последовательных комплексах одного класса глубинности	Полипородный, с однотипными тенденциями упорядоченности пород во времени в синхронных комплексах одного класса глубинности	Полипородный, с однотипными тенденциями упорядоченности пород как в синхронных, так и в последовательных комплексах одного класса глубинности
Конституционное строение, отражающее динамику формирования подразделений	Однородное, отсутствие динамики	Неоднородное, с постепенным (без четких границ) изменением признаков пород в пространстве	Неоднородное, с определенной упорядоченностью пород во времени	Неоднородное, с однотипной упорядоченностью пород во времени в комагматических комплексах разных классов глубинности	Неоднородное, со сложной возвратно-поступательной упорядоченностью пород серии во времени	Неоднородное, с однотипной упорядоченностью пород во времени в смежных синхронных комплексах	Неоднородное, при сочетании однотипной упорядоченности синхронных комплексов и возвратно-поступательной упорядоченности пород серий
Геологическое строение	Монофациальное	Полифациальное	Полифазное, полифациальное	Поликомплексное — Закономерная ассоциация разноглубинных комагматических комплексов	Поликомплексное — закономерная ассоциация последовательных комплексов	Поликомплексное — закономерная ассоциация синхронных комплексов	Поликомплексное — закономерная ассоциация серий синхронных комплексов
Событийные и пространственные рамки проявления	Специфические условия становления частей фазовых тел	Подэтап магматизма	Этап эволюции эндогенного режима структурно-вещественной зоны	Этап эволюции эндогенного режима структурно-вещественной зоны	Стадия развития структурно-вещественной зоны в рамках определенного эндогенного режима	Этап эволюции эндогенного режима смежных структурно-вещественных зон	Стадия развития смежных структурно-вещественных зон в рамках эволюции единого эндогенного режима
Соотношение с вмещающей средой	Сочетания фациальных (морские, наземные и др.) и тектонических (характер контактов, положение в региональных структурах, глубина становления и др.) условий формирования для каждого подразделения						

П р и м е ч а н и е. Полного международного эквивалента понятию «магматический комплекс» в таком понимании не существует. Наиболее близким к нему понятием является «igneous complex» — ассоциация тесно связанных и примерно одновозрастных изверженных горных пород, отличающихся по условиям залегания или петрографическому составу (Толковый словарь..., 1978). Однако этот термин применяется главным образом к расслоенным интрузивным массивам, состоящим из разных по составу магматических пород (комплексы Бушвельд, Стиллуотер, Скергард и др.), и обычно не используется применительно к ассоциациям разобщенных магматических тел, обладающих общими особенностями состава, строения и условий залегания.

Статья Ш.4.5. Геологическим телам, относящимся к единому комплексу, свойственна однотипность петрографических и петрохимических признаков пород, которая представляет собой, как правило, не однородность вещественного состава (что может быть частным случаем), а определенную, в том числе направленную, упорядоченность магматитов различного состава во времени (гомодромную, антидромную, незакономерную перемежаемость различных по составу пород, в том числе контрастных, и т. д.). Нарушение той или иной упорядоченности пород, которое обычно совпадает с отчетливыми перерывами в магматическом процессе или значительными изменениями в его характере, должно служить основанием для индивидуализации комплекса в составе природной ассоциации магматических пород.

Признаками геологического строения комплекса являются свойственные только этому комплексу определенные относительно устойчивые количественные, временные и пространственные соотношения его различных фазовых и фациальных магматических тел (например, покровных, экструзивных и субвулканических в вулканических комплексах). Положение комплекса во вмещающей среде определяется рядом черт: становлением в условиях одного класса глубинности; специфическими фациальными условиями его формирования (континентальные, морские и т. д.); определенной морфологией магматических тел при закономерном их положении в региональных структурах, включая отношение к складчатым и разрывным дислокациям; определенным положением во временном и латеральном рядах геологических комплексов. Проявления комплекса ограничиваются определенными событийными рамками — началом и завершением единого этапа эндогенного режима в определенном геологическом пространстве (обычно структурно-вещественной зоне).

Рекомендация. Магматический комплекс картируется как тела или их совокупности, образованные конкретной ассоциацией магматических пород, и является той ключевой петрографической единицей, которую следует выделять на геологической карте и в ее легенде, помещать в сводную литостратиграфическую колонку легенды и использовать как основу при описании магматических образований региона*.

Каждому магматическому комплексу присваивается индивидуальное название, которое должно отражать его петрографический состав (по преобладающим или наиболее характерным видам его горных пород) и географическое название того пространства, на котором распространен магматический комплекс или выделен его петротип.

Статья Ш.4.6. Магматическая фаза как дополнительное петрографическое подразделение представляет собой часть магматического комплекса — тело или совокупность тел, образованных ассоциацией пород близкого состава, отвечающей отдельному элементарному импульсу или подэтапу магматического процесса. Фазовые тела отделе

* В тех случаях, когда вулканические породы тесно перемежаются с осадочными, на геологических картах они могут объединяться с последними в единые стратиграфические подразделения или осадочно-вулканогенные комплексы.

ны от других фаз комплекса четкими границами, фиксирующими прерывистость единого магматического процесса и позволяющими установить последовательность формирования частей комплекса.

Главным признаком этого подразделения является в общем случае близость вещественного состава и структурно-текстурных особенностей входящих в него пород. При этом внутреннее строение фаз может быть неоднородным, полифаціальным.

Рекомендация. Фазы — составные элементы комплексов, на которые они могут быть подразделены при крупно-, реже среднемасштабных геологосъемочных работах. Выделять на карте следует только картируемые и картографируемые в масштабе работ фазы магматических комплексов.

Статья Ш.4.7. Магматическая фация как дополнительное петрографическое подразделение представляет собой часть магматической фазы монопородное тело или совокупность тел, образованных одной из разновидностей пород, отвечающей специфическим фаціальным условиям их становления. Фаціальные тела отделены друг от друга нечеткими, часто постепенными границами, отражающими неоднородность условий становления фазовых тел.

Рекомендация. Фации — составные элементы фаз, на которые они могут быть подразделены при крупно-, реже среднемасштабном картировании. Выделять их, как и фазы, следует только в том случае, если они картируются и картографируются в масштабе работ.

Примечание. Следует подчеркнуть суть различий между понятиями «фация», «фаза», «комплекс» для магматических образований: фации, или фаціальные тела, — объекты с постепенно, реже резко изменяющимися в пространстве признаками пород, отражающими специфику обстановки возникновения одновременно формирующихся магматитов; фазы — разновременные геологические тела с четкими границами, отражающими последовательность формирования магматитов; комплексы — совокупности тел, характеризующиеся внутренней неоднородностью (полипородностью, полифаціальностью, полифазностью), но объединенные общей эволюционной упорядоченностью и закономерной последовательностью образования магматитов, нарушаемых на границах комплексов.

Вулканический комплекс и его дополнительные подразделения

Статья Ш.4.8. Вулканический комплекс представляет собой совокупность покровных, экструзивно-жерловых и субвулканических полифаціальных и полифазных тел, образованных ассоциацией вулканических пород с однотипными признаками состава в течение единого этапа вулканического процесса. Как конкретная разновидность магматического комплекса вулканический комплекс должен обладать всеми общими для этих подразделений признаками (ст. Ш.4.4, Ш.4.5).

Объединение ассоциации вулканических пород и слагаемых ими разнофаціальных тел в единый вулканический комплекс должно производиться с учетом пространственной сопряженности и соотношений этих тел, указывающих на близкие палеогеографические и геодинамические условия их образования. Вулканический комплекс должен занимать определенное положение во временном ряду магматических комплексов региона, а покровная составляющая комплекса — определенное положение в стратиграфическом разрезе.

Статья Ш.4.9. Вулканическая фаза как дополнительное петрографическое подразделение представляет собой часть вулканического комплекса — тело или совокупность тел, образованных полифаціальным ассоциацией вулканитов (покровных, экструз-

зивно-жерловых, субвулканических), отвечающей подэтапу (фазе) вулканического процесса, и как разновидность магматической фазы должна обладать общими для этих подразделений признаками (ст. III.4.6).

Примечание. Фазовые взаимоотношения в вулканическом комплексе возможны как внутри покровных, экструзивно-жерловых и субвулканических образований, так и между ними. Наиболее отчетливо вулканические фазы выражены в субаэральных вулканических комплексах, которым свойственно большое разнообразие этих тел.

Статья III.4.10. Вулканическая фация как дополнительное петрографическое подразделение — часть вулканической фазы, характеризующаяся однородностью как вещественных, так и структурных признаков пород и отличающаяся по этим признакам от других одновременно образующихся ее частей. Вулканическая фация как разновидность магматической должна обладать общими для этих подразделений признаками (ст. III.4.7) с учетом того, что фациальные тела отражают внутреннюю латеральную неоднородность вулканических образований. Границы между ними, обычно нечеткие, постепенные, реже резкие, обусловлены различными факторами: способами извержения, транспортировки или отложения вулканического материала в различном агрегатном состоянии, палеогеографической обстановкой, положением геологических тел относительно центра извержения, температурной неоднородностью застывающего расплава, его гравитационной и ликвационной дифференциацией и др.

Статья III.4.11. Понятие «фация» используется в вулканологии для обозначения не только части вулканической фазы, но и относительной глубинности становления в целом приповерхностных вулканических образований. По этому признаку в составе вулканических комплексов следует выделять **фации относительного уровня становления**: а) **покровные** (стратифицированные) — эффузивные и вулканогенно-обломочные (потоки, покровы, пласты, слои, пачки); б) **экструзивно-жерловые** (экструзивные купола, некки, вулканические жерловины); в) **субвулканические** корни вулканов (штоки, силлы, дайко-, жиллообразные тела и др.). Вулканические комплексы могут быть представлены породами как всех этих фаций, так и одной из них (покровной, экструзивно-жерловой, субвулканической) или различными их сочетаниями.

Рекомендация 1. Следует соблюдать давно установившиеся в российской петрографической терминологии различия между понятиями «эффузивный», т.е. образовавшийся в результате излияния жидкой лавы на поверхность, и «экструзивный», т.е. возникший в результате выжимания на земную поверхность вязкой не растекающейся лавы (вулканические купола, пробки, бисмалиты). Такое понимание названных терминов отличается от англо-американской терминологии, в которой не делается различий между терминами «effusive» и «extrusive» и под ними понимаются все изверженные породы, выведенные к поверхности Земли. С экструзивными образованиями, как известно, могут быть связаны продолжающие их вглубь жерловые; в таких случаях следует употреблять термин «экструзивно-жерловые образования». Также рекомендуется термин «субвулканические образования» применять для вулканических тел (силлов, штоков, куполовидных и дайкообразных тел) нежерлового ряда, т.е. для тел, представляющих собой «корни вулканов», сформировавшихся на некоторой небольшой глубине (обычно 0,5—3 км) в связи с вулканическим процессом. Это отличает субвулканические образования от автономных гипабиссальных малых интрузивных тел, непосредственно не связанных с вулканизмом.

Рекомендация 2. При детальном исследовании и крупномасштабной геологической съемке, главным образом в областях проявления молодого вулканизма, вулканический комплекс может быть подразделен на отдельные вспомогательные элементы — **вулка-**

нические массивы как изначально пространственно обособленные части вулканического комплекса в пределах структурно-вещественной зоны. Кроме того, массивы могут быть подразделены на отдельные, картируемые в масштабе работ, иногда дискретные геологические тела — лавовые потоки, пачки и пласты вулканокластических пород, экструзивно-жерловые и субвулканические тела, которые являются фазами или фациями вулканического массива и могут рассматриваться как вспомогательные петрографические подразделения более низкого уровня, чем фазы и фации комплекса в целом. Вулканический массив следует понимать как совокупность разнофациальных и разнофазовых геологических тел (покровных, экструзивно-жерловых, субвулканических), связанных с деятельностью одного или нескольких сближенных вулканов и обладающих характерными признаками вулканического комплекса в локальном его проявлении. Вулканическим массивам, если они достаточно четко выделяются, рекомендуется давать географические названия (или нумерацию в пределах комплекса) и включать их в детальные схемы корреляции магматических образований.

Плутонический комплекс и его дополнительные подразделения

Статья III.4.12. Плутонический комплекс представляет собой совокупность интрузивных, как правило, полифазных и полифациальных тел, образованных ассоциацией плутонических пород, сформированных в течение единого этапа эндогенного режима. Как конкретная разновидность магматического комплекса он должен обладать всеми общими для этого подразделения признаками (ст. III.4.4, III.4.5).

Помимо общих существуют специфические критерии отнесения ассоциации магматических пород и образуемых ими тел к единому плутоническому комплексу:

1) однотипность временных соотношений (последовательность) между различными горными породами, объединяемыми в комплекс (однофазный простой или дифференцированный, расслоенный, многофазный и др.), а также определенный характер соотношений различных геологических тел комплекса с вмещающими образованиями;

2) одновозрастность (в геологическом смысле) всех магматических тел (массивов), т. е. приуроченность их к одному геохронологическому уровню, обычно отмечаемому в структурно-вещественной зоне перерывом в осадконакоплении;

3) устойчивость главных признаков всех составляющих элементов комплекса, в том числе магматических пород в разных интрузивных массивах, относимых к этому комплексу.

Рекомендация 1. В плутонические комплексы могут объединяться как собственно интрузивные, внедрившиеся (аллохтонные) магматические тела, так и автохтонные тела магматического замещения, а также тектонически перемещенные тела первично-магматических пород (протрузии). Морфология и условия залегания всех перечисленных геологических тел близки, и вопрос об их аллохтонной или автохтонной природе не всегда решается однозначно. Для практических целей рекомендуется термин «плутонический комплекс», который по сравнению с существовавшим ранее термином «интрузивный комплекс» более независим в отношении генезиса.

Рекомендация 2. Распространение плутонического комплекса определяется совокупностью образующих комплекс плутонических тел, т. е. изначально пространственно обособленных частей комплекса, которые могут рассматриваться как местные его проявления. Крупным плутоническим массивам присваиваются географические названия, а по названию наиболее типичного массива нередко именуется и плутонический комплекс.

Статья Ш.4.13. Фаза плутонического комплекса как дополнительное петрографическое подразделение представляет собой временную часть комплекса — тело или совокупность тел, образованных полифациальной ассоциацией плутонических пород близкого состава в течение подэтапа (фазы) плутонического процесса. Как разновидность магматической плутоническая фаза должна обладать общими для этих подразделений признаками (ст. Ш.4.6.).

Примечание А. В строении плутонического комплекса предусматривается определенная временная последовательность интрузивных фаз. Эти фазы рекомендуется либо обозначать порядковыми номерами (1-я, 2-я, 3-я), либо определять словами: начальная, ранняя, средняя, поздняя, дополнительная и т. п. В различных массивах одного плутонического комплекса возможны колебания в числе интрузивных фаз (неполное или полное их проявление) и незначительные вариации состава горных пород, слагающих фазовые тела. В этом случае необходимо соблюдение главного условия принадлежности всей ассоциации горных пород к единому плутоническому комплексу: общая эволюционная упорядоченность, направленность изменения состава и (или) структур горных пород в ряду последовательно формирующихся интрузивных фаз.

Примечание Б. Среди фаз плутонических комплексов различаются «фазы внедрения» — результат неоднократного поступления в магматическую камеру расплавов, и «фазы становления», возникающие вследствие внутренних физико-химических преобразований в охлаждающемся расплаве, обуславливающих прерывисто-поступательный характер его кристаллизации. Понятие «фаза становления» используется, например, при изучении первично-расслоенных плутонов, а также для внутрикамерных дифференциатов. Такие фазы, хотя и разделенные достаточно четкими (по не интрузивными) контактами, отражают по существу элемент строения комплекса, возникающий уже после внедрения расплава, в процессе становления плутонического тела, и потому близкого к понятию «фация». Однако между фазами становления существуют качественные различия минерального состава, а между фациальными телами — главным образом количественные и структурные.

Примечание В. Среди плутонических массивов (плутонов) по строению и соответствию по характеру образования различается несколько типов, обуславливающих особенности внутреннего строения плутонических комплексов:

1) простые однофазные массивы — тела, характеризующиеся относительным постоянством состава и строения и образованные в результате одноактного внедрения магмы; однородность состава в них нарушается только фациальными разновидностями плутонических пород: наличием зон краевой закалки, пегматоидных обособлений и участков интенсивных постмагматических изменений;

2) дифференцированные однофазные массивы — тела, образованные также при одноактном внедрении магмы, но характеризующиеся внутренней структурно-вещественной неоднородностью. Среди них различаются: а) простые дифференцированные массивы, возникшие в процессе кристаллизационной дифференциации или образованные в результате кристаллизации двух (редко трех) несмешивающихся жидких фаз, возникших при ликвидационном разделении расплава; б) расслоенные массивы, образовавшиеся при затвердевании первично-гомогенного расплава, но имеющие в результате внутрикамерной гравитационно-кристаллизационной дифференциации ярко выраженное неоднородное строение, обусловленное чередующимися согласными слоями плутонических пород разного состава наподобие стратифицированной пачки осадочных отложений;

3) сложные многофазные (многоимпульсные) массивы, образованные в результате неоднократного внедрения (обычно в две-три фазы, редко более) порций магмы близкого или различного состава; плутонические породы, образующие различные фазовые тела, имеют отчетливо выраженные интрузивные контакты;

4) сложные полихронные и полигенные массивы, в которых объединены, спаяны интрузивные тела, сложенные горными породами нескольких плутонических комплексов; они образуются в результате неоднократного внедрения магм разного возраста, происхождения и состава и всегда имеют между собой резкие интрузивные контакты.

Статья Ш.4.14. Фация плутонического комплекса как дополнительное петрографическое подразделение — это часть фазового тела, характеризующаяся однородностью как вещественных, так и структурных признаков пород (разновидностей пород фазовых

тел) и отличающаяся по этим признакам от других одновременно образующихся его частей. Фация плутонического комплекса как разновидность фации магматического должна обладать общими для этих подразделений признаками (ст. III.4.7) с учетом того, что она отражает внутреннюю неоднородность плутонических образований. Границы между ними, обычно нечеткие, постепенные, реже отчетливые, обусловлены различными условиями кристаллизации магматического расплава: температурной неоднородностью, гравитационной или ликвационной дифференциацией и др.

Примечание. Традиционным при расчленении плутонических комплексов является выделение эндоконтактной фации, горные породы которой отличаются от пород главного объема фазовых тел меньшей зернистостью при сохранении главных особенностей состава. Реже выделяется гибридная фация, наиболее свойственная ранним фазам в краевых частях массивов и нередко характеризующаяся присутствием шлиров, ксенолитов и общей неравновесностью минерального состава горных пород, часто отличающегося от пород главного объема.

Гипабиссальный комплекс и его дополнительные подразделения

Статья III.4.15. Гипабиссальный комплекс представляет собой совокупность локализованных в пространстве и времени автономных (т.е. не связанных с каким-либо вулканическим или плутоническим комплексом) малых интрузивных тел — даек, в том числе конических и кольцевых, силлов, мелких штоков, лакколлитов, жил, трубок взрыва и т.д., образованных ассоциацией гипабиссальных пород, возможно, полифазной и полифациальной, отвечающей этапу гипабиссального магматического процесса. Как конкретная разновидность магматического комплекса этот комплекс также должен обладать всеми общими для этих подразделений признаками (ст. III.4.4, III.4.5).

Примечание. Тела гипабиссального комплекса не могут быть апофизами или дайковой составляющей плутонических массивов и не могут быть связаны непосредственно с корневой системой вулканических аппаратов. Если устанавливается определенная связь пород гипабиссального облика с вулканическими или плутоническими образованиями, то их следует включать в состав соответствующего вулканического или плутонического комплекса.

Рекомендация 1. На практике по условиям проявления могут выделяться две группы таких автономных гипабиссальных магматических образований:

1) малые гипабиссальные тела преимущественно дайкового типа, главным образом в подвижных областях, где они особенно характерны для сводового (колизийного) и рифтогенного геодинамических режимов и образуют кольцевые, линейно-кольцевые или линейные пояса, иногда значительной протяженности;

2) малые гипабиссальные тела силлово-дайкового и диатремово-дайкового типов, развитые главным образом на платформах, щитах, реже в пределах подвижных областей, где они залегают в виде обособленных роев или поясов различной протяженности, обычно тяготея к тектонически ослабленным зонам. Для диатремово-дайковых образований характерны брекчиевые фации, они часто содержат ксенолиты и ксенокристаллы глубинных пород мантийного или корового происхождения. Этими фациями иногда полностью сложены изометрические в плане тела — диатремы (трубки взрыва), которые имеют внешнее сходство с субвулканическими и жерловыми образованиями.

Рекомендация 2. Конкретным автономным гипабиссальным комплексам малых интрузивов рекомендуется давать названия по преобладающим в них видам или группам

гипабиссальных пород в сочетании с прилагательным, образованным от географического названия местности, где проявлен этот комплекс (*терехтинский габбро-долеритовый, чуйский лампрофировый* и т. п.).

Статья Ш.4.16. Фаза гипабиссального комплекса — часть этого комплекса, отвечающая подэтапу (фазе) его формирования, образованная гипабиссальными породами близкого состава и отделенная от других частей (фаз) комплекса четкими границами, фиксирующими прерывистость процесса становления гипабиссальных образований и позволяющими установить последовательность формирования фазовых тел.

Статья Ш.4.17. Фация гипабиссального комплекса как элементарное вспомогательное подразделение представляет собой часть фазового тела или гипабиссального комплекса в целом (если фазы не выделены), для которой характерна однородность как вещественных, так и структурных признаков гипабиссальных пород и отличающаяся по этим признакам от других

одновременно образующихся ее частей. Фациальные тела отражают внутреннюю неоднородность гипабиссальных образований; границы между фациальными телами могут быть постепенными, реже резкими.

Укрупненные петрографические подразделения

Статья Ш.4.18. При среднем, и особенно мелкомасштабном и обзорном геологическом картировании и картографировании возникает необходимость в укрупненных петрографических подразделениях, объединяющих магматические комплексы в подразделения более высокого таксономического ранга. В соответствии с этим в практику работ в качестве картографируемых вводятся подразделения, представляющие собой ассоциации магматических комплексов одного фациального класса глубинности (плутонических, вулканических, гипабиссальных): временную — **временной ряд (серия)**, латеральную — **латеральный ряд**, а также латерально-временную — **группа** (табл. Ш.2).

Статья Ш.4.19. Временной ряд как укрупненное петрографическое подразделение представляет собой совокупность последовательных разноформационных комплексов одного класса глубинности, сформировавшихся в пределах структурно-вещественной зоны и отражающих динамику магматического процесса в рамках единого, ритмично развивающегося эндогенного режима. При этом все дискретные члены этого ряда (комплексы) должны обладать однотипными тенденциями смены состава пород (например, гомодромной, анитдромной и др.). В то же время временной ряд в целом характеризуется возвратно-поступательными тенденциями смены составов пород. Начало нового комплекса в ряду фиксируется скачкообразным изменением тенденции смены составов пород, как правило, на противоположную таковой в каждом из комплексов. Нарушение общих тенденций изменения состава комплексов может служить основанием для индивидуализации подразделения, т. е. выделения нового временного ряда.

Границами временного ряда магматических комплексов должно быть резкое изменения структурно-вещественных признаков магматитов, которое, отвечает смене одного режима другим в конкретной структурно-вещественной зоне.

Наименование временного ряда магматических комплексов составляется из наименований крайних его членов и датируется интервалом времени, охватывающим период формирования всех входящих в нее комплексов. Однако если временной ряд изначально выделялся, как нерасчлененный и был впоследствии расчленен на комплексы (без изменения его объема), то для него может сохраняться историческое название. Таким образом, временной ряд, состоящий из диорит-гранодиоритового ивановского (С₂), гранодио-

ритового петровского (C_3) и лейкогранитового николаевского (P_1) комплексов, должен именоваться гранитоидным ивановско-николаевским и датироваться $C_2—P_1$.

Статья Ш.4.20. Латеральный ряд как укрупненное петрографическое подразделение представляет собой закономерную совокупность комплексов, относящихся к одному формационному виду, геологически синхронных и расположенных в смежных и однотипно развивавшихся зонах. Спецификой этой совокупности являются однотипность, близость признаков составляющих ее комплексов; возможно также некоторое (в пределах формационного вида) закономерно направленное изменение этих признаков от комплекса к комплексу, отражающее их зависимость от специфики тектонической обстановки формирования этих комплексов в рамках единого эндогенного режима. Основанием для пространственного ограничения латерального ряда и выделения нового должно служить изменение признаков условно синхронных магматитов на формационном уровне.

Латеральный ряд именуется по наименованию наиболее полно проявленного комплекса этого подразделения. Так, одноформационные риолитовые егоровский (C_{2-3}), сидоровский (C_{2-3}) и максимовский (C_3) комплексы, из которых наиболее полно проявлен егоровский, могут быть объединены в егоровский риолитовый латеральный ряд (C_{2-3}).

Статья Ш.4.21. Группа комплексов как укрупненное петрографическое подразделение представляет собой латеральную совокупность однотипных временных рядов магматических комплексов или, наоборот, закономерную временную последовательность латеральных рядов комплексов. В соответствии с этим группа должна обладать всеми признаками как временного, так и латерального рядов и отражать динамику магматического процесса в рамках эндогенного режима в смежных и однотипно развивающихся структурно-вещественных зонах. В связи с этим группе комплексов должны быть свойственны однотипные тенденции изменения структурно-вещественных характеристик рядов комплексов во времени и пространстве и вместе с тем близкие фациальные и геодинамические условия формирования объединенных в ней магматических образований. По этим признакам группа комплексов отчетливо обособляется от предыдущих, последующих и смежных по латерали групп. Основанием для обособления группы комплексов от смежных является нарушение однотипной тенденции изменения в пространстве или времени структурно-вещественных характеристик входящих в ее состав рядов комплексов, свидетельствующее о смене условий их образования.

Группа комплексов должна иметь наименование, отражающее общее ее географическое распространение, или оно может быть образовано путем объединения названий входящих в ее состав подразделений, характеризующих максимальное распространение группы по латерали или во времени. Временные границы группы определяются периодом времени между образованием наиболее древнего и наиболее молодого из входящих в ее состав комплексов.

Наименование группы (как и временного ряда) может содержать указание на эндогенный режим (в соответствии с принятой исполнителями парадигмой), в рамках которого формировалась эта группа магматических комплексов, например, гранитоидные ивановско-николаевский и краснорецко-белореченский временные ряды $C_2—P_1$, распространенные в Большехолмском регионе, объединяются в большехолмскую гранитоидную орогенную группу C_2-P_1 .

Статья Ш.4.22. Наряду с выделением вулканического, плутонического и гипабиссального комплексов, при региональных геологических исследованиях в тех случаях, когда необходимо обозначить пространственное и временное сопряжение проявлений магматизма разных классов глубинности, используется укрупненное петрографическое под-

разделение — вулканоплутоническая ассоциация (фациальный ряд). В соответствии с этим вулканоплутоническая ассоциация представляет собой совокупность пространственно сопряженных (в пределах структурно-вещественной зоны) комагматических вулканических, гипабиссальных и плутонических образований, характеризующихся однотипными петрохимическими и геохимическими признаками и формирующихся в течение определенного, относительно короткую периода времени.

Г л а в а IV

ОСАДОЧНО-ВУЛКАНОГЕННЫЕ ОБРАЗОВАНИЯ

Статья IV.1. Существование в природе стратифицированных толщ, состоящих из перемежающихся вулканических и осадочных пород, и при этом сочитание стратифицированных вулкаников с экструзивно-жерловыми и субвулканическими образованиями не укладываются в сложившиеся понятия как о петрографических, так и о стратиграфических подразделениях. Решением проблемы расчленения этих смешанных по генезису образований начнется возможность выделения и введения в практику работ специфических осадочно-вулканогенных подразделений различных иерархических уровней (табл. IV.1). Эти подразделения, как и подразделения магматических образований, должны обладать постоянством свойственной только им совокупности признаков, отражающих закономерности совмещенных во времени и пространстве процессов вулканизма и осадконакопления.

П р и м е ч а н и е. Постоянство вещественного состава пород подразделений следует понимать не как односоставность соответственно осадочных и вулканогенных пород, что является частным случаем, но и как однотипно для конкретного подразделения упорядоченный парагенез пород различного происхождения и состава. В соответствии с этим границами подразделений должны служить значимые нарушения совокупности их признаков, а также изменения конституционного строения подразделений и их соотношений с вмещающей средой.

Статья IV.2. Разноранговые подразделения вулканогенно-осадочных или осадочно-вулканогенных образований — это закономерные совокупности геологических тел, образованных парагенезом вулканогенных (стратифицированных, экструзивно-жерловых и субвулканических) и осадочных пород. Эти тела объединяются по соответствующей рангу подразделения общности признаков вещественного состава пород, пространственной и временной близости, однотипности геологического и конституционного строения и соотношения с вмещающей средой. Время образования и распространенность геологических тел подразделений должны быть ограничены определенными, соответствующими рангу подразделения событийными рамками и геологическим пространством. Выделение разноранговых подразделений составляет сущность расчленения природных парагенезов вулканогенных и осадочных пород при геологическом картировании и картографировании различных масштабов и призвано обеспечить единый подход к корреляции этих образований при составлении унифицированных схем корреляции геологических образований в пределах изучаемых территорий.

Статья IV.3. Для решения задач геологических работ различных масштабов предусматривается таксономическая система подразделений парагенезов вулканогенных пород с осадочными: 1) осадочно-вулканогенные комплексы — базовые (основные) таксономические единицы; 2) осадочно-вулканогенные подкомплексы — вспомогательные

единицы низшего ранга и совокупности этих комплексов; 3) временные ряды (серии), латеральные ряды; 4) группы — латерально-временные ряды комплексов.

Базовые и вспомогательные подразделения

Статья IV.4. Осадочно-вулканогенные комплексы (по преобладанию соответствующих пород) — базовые подразделения при расчленении природных парагенетических ассоциаций осадочных, вулканогенно - осадочных и вулканогенных образований. Им свойственны значительная фациальная изменчивость пород во времени и пространстве и локальные несогласия, а также пространственно-временная связь покровных вулканитов с экструзивно-жерловыми и субвулканическими. При этом породы таких ассоциаций должны быть близки по времени образования и формировать геологические тела (стратифицированные, экструзивно-жерловые и субвулканические) и их совокупности в определенном геологическом пространстве (обычно структурно-вещественной зоне).

Комплекс — полипородное подразделение, однако все входящие в его состав породы должны характеризоваться определенными однотипными признаками. При этом направленная упорядоченность как осадочных, так и вулканогенных пород должна отражать динамику соответственно осадконакопления и вулканического процесса в течение единого этапа формирования структурно-вещественной зоны. Нарушение той или иной упорядоченности должно служить основанием для индивидуализации подразделения в составе природной ассоциации горных пород. Признаками геологического строения каждого комплекса являются свойственные только ему относительно устойчивые временные, пространственные и количественные соотношения его элементарных тел. Специфика положения комплекса во вмещающей среде также определяется чертами, общими для всех его составляющих: фациальными условиями формирования; определенной морфологией тел; закономерным положением комплексов в региональных структурах, включая отношение к складчатым и разрывным дислокациям; закономерным положением во временном и латеральном рядах геологических комплексов. Временной интервал проявления этих комплексов ограничивается событийными рамками единого этапа эволюции эндогенного режима в пределах структурно-вещественной зоны. Границы комплексов фиксируются нарушениями характерной для них упорядоченности пород во времени и часто несогласиями, отражающими отчетливые, иногда значительные перерывы в процессах осадконакопления и вулканизма или изменения их характера.

Рекомендация. Осадочно-вулканогенные комплексы являются той базовой единицей, которую рекомендуется выделять при необходимости на геологической карте и в ее легенде. Рекомендуется также стратифицированные части комплексов в качестве стратиграфических подразделений (свиты или ряда свит) помещать в сводную литостратиграфическую колонку и использовать комплексы как основу при описании геологических образований региона, а также при прогнозах и поисках полезных ископаемых. Каждому комплексу присваивается индивидуальное название, которое должно отражать его вещественное содержание в сочетании с географическим названием того пространства, на котором комплекс локализован.

Статья IV.5. Объединение осадочных и вулканогенных (покровных, экструзивно-жерловых и субвулканических) образований в единый осадочно-вулканогенный комплекс должно производиться по следующим общим критериям:

1) постоянство или однонаправленно упорядоченное изменение во времени струк-

ПОДРАЗДЕЛЕНИЯ ОСАДОЧНО-ВУЛКАГЕННЫХ ОБРАЗОВАНИЙ

Признаки подразделений	ПОДРАЗДЕЛЕНИЯ И ИХ ХАРАКТЕРИСТИКИ						
	Вспомогательные — подкомплексы		Базовые — осадочно-вулканогенные комплексы		Укрупненные — совокупности комплексов		
	Временные	Латеральные	Осадочные составляющие	Вулканогенные составляющие	Временные ряды — серии	Латеральные ряды	Латерально-временные ряды — группы
Вещественный состав	Полипородный, отчетливо отличающийся по ассоциации пород от других временных частей комплекса	Полипородный, отчетливо отличающийся спецификой фациальных признаков пород от таковых в других латеральных частях комплекса	Полипородный, с однотипными признаками осадочных пород, отражающими условия осадконакопления	Полипородный (покровные, экзотрузивно-жерловые, субвулканические образования), с однотипными признаками вулканогенных пород	Полипородный, при однотипных тенденциях упорядоченности пород во времени в последовательных комплексах	Полипородный, при однотипных тенденциях упорядоченности пород во времени в синхронных комплексах	Полипородный, при однотипных тенденциях упорядоченности пород как в синхронных, так и в последовательных комплексах
Конституционное строение, динамика формирования	Неоднородное, при перемежаемости осадочных и покровных вулканогенных пород		Неоднородное, с определенной упорядоченностью как осадочных, так и вулканогенных пород		Неоднородное, со сложной возвратно-поступательной упорядоченностью пород серии во времени	Неоднородное, с однотипной упорядоченностью пород во времени в смежных синхронных комплексах	Неоднородное, при сочетании однотипной упорядоченности синхронных комплексов и возвратно-поступательной упорядоченности пород серий

Геологическое строение	Полифациальное монофазное (сочетание покровных, экструживно-жерловых и субвулканических образований)	Монофациальное	Полифациальное и полифазное при сочетании стратифицированных (осадочных и вулканогенных),экструзивно-жерловых и субвулканических образований	Поликомплексное – закономерная совокупность последовательных комплексов однотипного строения	Поликомплексное – закономерная совокупность синхронных комплексов сходного состава и строения	Поликомплексное – закономерная латеральная совокупность временных рядов комплексов
Событийные и пространственные рамки проявления	Подэтап синхронных процессов вулканизма и осадконакопления в пределах структурно-вещественной зоны	Этап синхронных процессов вулканизма и осадконакопления в пределах структурно-вещественной подзоны	Этап эволюции тектономагматического режима структурно-вещественной зоны	Стадия развития структурно-вещественной зоны в рамках определенного эндогенного режима	Этап эволюции эндогенного режима смежных сходных по развитию структурно-вещественных зон	Стадия развития смежных структурно-вещественных зон в рамках эволюции единого эндогенного режима
Соотношение с вмещающей средой	Сочетание фациальных (морские, наземные и др.) и тектонических (характер контактов, положение в региональных структурах, глубина становления и др.) признаков условий формирования подразделений					

турно-вещественных параметров соответственно осадочных и вулканогенных пород всей парагенетической ассоциации;

2) наличие некоторых общих петрографических, петрохимических и геохимических признаков для пород каждой из составляющих — осадочной и вулканогенной;

3) пространственно-парагенетическая связь вулканогенных (стратифицированных, экструзивно-жерловых и субвулканических) и осадочных пород, указывающая на близкие геодинамические палеогеографические условия их образования;

4) ограниченность пространственного распространения геологических тел комплекса одной структурно-вещественной зоной, реже несколькими смежными зонами с близким типом тектоно-магматического развития в период становления комплекса;

5) ограниченность временного интервала становления комплекса единым этапом проявления геодинамического (тектоно-магматического) режима в пределах структурно-вещественной зоны, определяющим положение комплекса во временном ряду комплексов региона, а для стратифицированной составляющей — положение в стратиграфическом разрезе.

Статья IV.6. Подкомплексы (временные и латеральные) вулканогенно-осадочных или осадочно-вулканогенных комплексов — дополнительные подразделения, составные части этих комплексов, на которые они могут быть подразделены при крупно-, реже среднемасштабных работах.

Временные подкомплексы — последовательно сформировавшиеся части комплекса, отвечающие подэтапам его формирования. Они должны объединять осадочные породы, отличающиеся от осадочных пород других подкомплексов некоторыми признаками, обычно литолого-фациальными, и вулканиты (стратифицированные, экструзивно-жерловые и субвулканические), также отличающиеся по своим вещественным признакам от вулканитов других подкомплексов. Подкомплексы должны быть разделены достаточно четкими границами, фиксирующими прерывистость, как осадконакопления, так и вулканического процесса и позволяющими установить последовательность формирования частей комплекса.

Латеральные подкомплексы — это части вулканогенно-осадочного или осадочно-вулканогенного комплекса, характеризующиеся специальной однородностью фациальных признаков как осадочных, так и вулканогенных пород и отличающиеся по этим признакам, отражающим латеральную неоднородность комплекса, от других одновременно образующихся его частей. Границы между этими подкомплексами могут быть постепенными, реже резкими; обусловлены они изменениями палеогеографической обстановки накопления толщ, способов транспортировки и отложения вулканического материала, различным агрегатным состоянием осадков, положением геологических тел относительно центра извержения вулканитов и др.

Статья IV.7. При обзорных и мелкомасштабных, а иногда и при среднемасштабных исследованиях возникает необходимость в укрупненных подразделениях, объединяющих осадочно-вулканогенные комплексы в подразделения более высоких иерархических уровней. В соответствии с этим предоставляется возможность использования в практической работе в качестве картографируемых единиц совокупности этих комплексов: временные, латеральные ряды, а также латерально-временные ряды — группы этих комплексов.

Статья IV.8. Временной ряд (серия) осадочно-вулканогенных комплексов представляет собой закономерную совокупность последовательных комплексов с однотипной тенденцией упорядоченности пород, формировавшихся в пределах одной структурно-вещественной зоны и отражающих динамику вулканогенно-осадочного процесса в

рамках единого ритмично эволюционирующего эндогенного режима. Границы временного ряда осадочно-вулканогенных комплексов определяются таким изменением структурно вещественных признаков пород и их упорядоченности, которые свидетельствуют о смене одного эндогенного режима другим. Таким образом, нарушение свойственной породам серии признаков и тенденций может служить основанием для индивидуализации укрупненного подразделения, и, возможно, выделения нового временного ряда.

Наименование временного ряда (серии) осадочно-вулканогенных комплексов составляется из наименований крайних ее членов и датируется временем, охватывающим период формирования всех входящих в нее комплексов. Однако если временной ряд комплексов изначально выделялся, как нерасчлененный и при последующем доизучении был расчленен на комплексы (без изменения его объема), то для него может сохраняться историческое название. Временной ряд осадочно-вулканогенных комплексов может не иметь петротипа.

П р и м е ч а н и е. В единый временной ряд могут объединяться не только осадочно-вулканогенные комплексы, но и закономерные ассоциации этих комплексов с вулканогенными или осадочными подразделениями.

Статья IV. 10. Латеральный ряд осадочно-вулканогенных комплексов представляет собой закономерную совокупность комплексов, относящихся к одному формационному виду, образованных практически одновременно и расположенных в смежных и однотипно развивавшихся структурно-вещественных зонах. Спецификой этой совокупности являются однотипность, близость структурно-вещественных признаков и тенденций упорядоченности пород во времени в составляющих ее комплексах. Допускается некоторое (в пределах формационного вида) закономерно направленное изменение этих признаков от комплекса к комплексу, отражающее определенную специфику фациальной обстановки их формирования в пределах каждой из структурно-вещественных зон. Основанием для пространственного ограничения латерального ряда и выделения нового должно служить изменение признаков условно синхронных комплексов на формационном уровне.

Латеральный ряд комплексов именуется по названию наиболее полно проявленного комплекса этого подразделения, который рассматривается в качестве петротипического.

Статья IV. 11. Группа осадочно-вулканогенных комплексов представляет собой закономерную латеральную совокупность временных рядов комплексов смежных и однотипно развивавшихся структурно-вещественных зон, отражающую динамику эндогенного и экзогенного процессов. В соответствии с этим группе должны быть свойственны однотипные тенденции упорядоченности пород как в синхронных, так и в последовательных комплексах. Это отражает близкие палеофациальные и палеогеодинамические условия формирования объединенных в группу комплексов. По этим признакам конкретная группа комплексов должна четко отличаться от предыдущих, последующих и смежных групп и в то же время обладать всеми признаками как временного, так и латерального рядов. Основанием для обособления конкретной группы осадочно-вулканогенных комплексов от смежных является нарушение свойственной ей признаков и тенденции упорядоченности пород входящих в ее состав комплексов, свидетельствующее о смене условий их образования.

Группа осадочно-вулканогенных комплексов должна иметь наименование, отражающее ее общее географическое распространение. Это наименование также может быть образовано путем объединения названий входящих в состав группы подразделений,

характеризующих максимальное распространение группы по латерали или во времени. Временные границы **группы** определяются интервалом времени от наиболее древнего из входящих в ее состав комплексов до самого молодого включительно.

В наименовании группы (как и временного или латерального рядов) может содержаться указание на эндогенный режим (в соответствии с принятой исполнителями парадигмой), в рамках которого формировалась эта группа магматических комплексов.

Глава V

МЕТАМОРФИЧЕСКИЕ ОБРАЗОВАНИЯ

V. 1. Систематика и классификация метаморфических горных пород

Статья V. 1.1. Систематика и классификация метаморфических горных пород базируется на общих принципах систематики кристаллических горных пород (гл. II). Согласно этим принципам тип метаморфических пород подразделяется по различным критериям на ряд таксонов: классы, надотряды, отряды, подотряды, семейства, роды и виды (рис. V.1). Таксоны высоких рангов (тип, класс) выделяются по генетическим признакам; таксоны среднего ранга (надотряд, отряд, подотряд) — по петрохимическим признакам; при выделении таксонов низших рангов (семейство, род, вид) используются преимущественно структурно-текстурные и количественно-мипералогические признаки пород.

Статья V. 1.2. К типу метаморфических относятся горные породы, образовавшиеся в результате метаморфизма (Винклер, 1969; Жданов, 2005).

Примечание. Метаморфизм — процесс минеральных и структурно текстурных преобразований протолита любого состава и происхождения, протекающий вследствие изменения термодинамических условий геологической среды ниже зоны эпигенеза. Протолит в этом процессе сохраняет твердое состояние, а минеральный парагенез пород стремится к равновесию с новыми условиями температуры и давления. Степень метаморфической проработки протолита может быть различной: от слабой, с частичным сохранением минеральных и структурно-текстурных признаков протолита, до полной, т.е. с исчезновением этих признаков. Регулирующими факторами метаморфизма служат температура, обусловленная эндогенным кондуктивным тепловым потоком, динамические нагрузки (давление) и наличие в породе флюидной фазы. В общем случае метаморфизм — процесс субзохимический, и состав его продукта определяется химическим составом протолита, а незначительные его изменения сводятся к частичной потере флюидной фазы вместе с растворенными в ней подвижными химическими соединениями. Система является односторонне открытой, теряющей, но не приобретающей вещество извне. Потеря флюидной фазы ставит под сомнение вероятность проявления регрессивной стадии единого метаморфического цикла. Повторный метаморфизм, в частности диафорез, обычно вызван новым этапом эндогенной активности, обеспечивающим поступление новой порции флюида. Метаморфическая дифференциация осуществляется главным образом путем диффузии компонентов через поровый флюид, что определяет незначительные масштабы массопереноса. Диффузия ведет к выравниванию градиента концентрации химических элементов, что исключает вероятность появления в метаморфических породах каких-либо новых аномальных концентраций химических элементов; следовательно, процесс метаморфизма неперспективен в плане рудогенеза. Метаморфические месторождения образуются только в результате воздействия температуры и давления на составляющую часть протолита, его перекристаллизацию и формирование метаморфогенной минеральной ассоциации, например, графитизация углистого вещества или кианитизация глиноземистых осадков

Рекомендация. Некоторые исследователи считают возможным выделять аллохимический метаморфизм с подвижностью как летучих, так и петрогенных компонентов в полностью открытой системе. Такой подход не рекомендуется, так как в этом случае полностью стираются различия между метаморфическими и метасоматическими поро-

дами, становятся расплывчатыми критерии петрогенеза и металоогенической специализации этих разнотипных образований.

Статья V.1.3. Метаморфические горные породы, в зависимости от геологической обстановки и побуждающих причин метаморфизма, подразделяются на **три класса: термально - или контактово-метаморфические, динамо-термально, или регионально-метаморфические и динамо - или дислокационно-метаморфические породы.**

Термально - или контактово-метаморфические породы. Класс объединяет породы, образовавшиеся в ареале термального воздействия магматических тел на вмещающие породы. Главным регулирующим фактором их образования является температура. Интенсивность метаморфизма и масштабы проявления контактово-метаморфических пород зависят как от размера магматического тела, так и от его состава, или в общем случае от запаса его тепла и флюида.

Динамо-термально, или регионально-метаморфические породы. Класс объединяет породы, образовавшиеся в результате одновременного воздействия повышенной температуры, вызванной региональным кондуктивным эндогенным тепловым потоком, и направленного давления. Эти породы широко распространены в пространстве, соизмеримом с крупными тектоническими структурами, и непосредственно не связаны с какими-либо конкретными магматическими проявлениями.

Динамо- или дислокационно-метаморфические породы. Класс объединяет породы, образовавшиеся в результате дифференциальных движений горных масс в анизотропном поле напряжений при отсутствии избыточного, по сравнению с нормальным геотермическим градиентом, эндогенного теплового потока. Развиты они в зонах смятия и тектонических нарушений, масштабы их распространения соизмеримы с размерами этих зон, а интенсивность метаморфических преобразований пропорциональна интенсивности тектонических напряжений. В этот класс включены породы, ранее относившиеся к тектонитам или тектоно-метаморфическим породам.

Статья V.1.4. Метаморфические породы каждого класса, по аналогии с классификацией магматических пород, подразделены по содержанию SiO_2 (%) на шесть **надотрядов: низкокремнеземистые** (в частности, карбонатные) — <30 , **ультраосновные** — $30—45$, **основные** — $45—52$, **средние** — $53—64$, **кислые** — $63—78$, **ультракислые** — >78 .

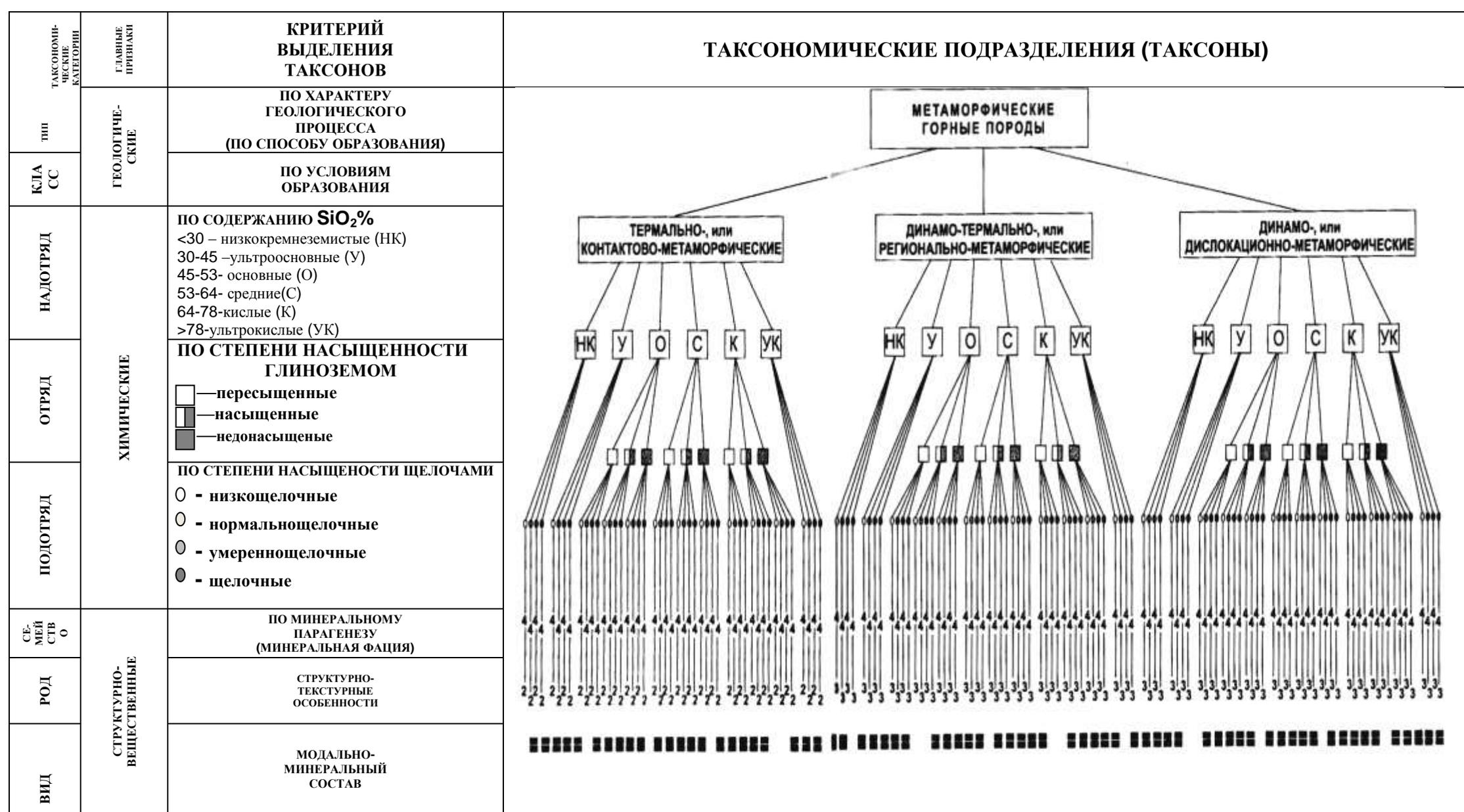
П р и м е ч а н и е А. В эту систему вписываются все метаморфические породы, включая породы с осадочным протолитом. Например, кремнистые породы попадают в надотряд ультракислых пород, а карбонатные — в надотряд низкокремнеземистых пород.

П р и м е ч а н и е Б. Во многих классификациях среди силикатных метаморфических пород выделяются две группы (класса): бедных СаО (метапелиты и кварц-полевошпатовые породы) и богатых СаО (метабазиты) с рубежом 5%-ного содержания этого окисла. Выделение в этих классификациях таксонов более низкого уровня (метапелиты, кварц-полевошпатовые породы и метабазиты) производится по трем разным признакам (соответственно по размерности зерна, минеральному или химическому составу породы), что для классификации некорректно (Классификация..., 1992).

Статья V.1.5. Породы надотрядов, в зависимости от специфики их химизма, подразделены па отряды. Надотряды основных, средних и кислых метаморфических пород подразделены на три **отряда** по глиноземистости $[A = (\text{Al}_2\text{O}_3 - \sum \text{R}_2\text{O} + \text{CaO})]$: **пересыщенных, насыщенных и недосыщенных (глиноземом) пород.** Надотряды иззкоккремиеземистых (главным образом карбонатных и силикатно-карбонатных пород) подразделяются на отряды **известковистых, магнизиальных и железистых пород.**

Статья V. 1.6. Отряды силикатных метаморфических пород в зависимости от суммарного содержания оксидов щелочных металлов ($\text{K}_2\text{O} + \text{Na}_2\text{O}$), по аналогии с магматическими породами, делятся на четыре **подотряда: низкощелочных, нормальнощелочных,**

ТАКСОНОМИЧЕСКИЕ ПОДРАЗДЕЛЕНИЯ (ТАКСОНЫ)



Цифры - количество семейств в подотряде, количество родов в семействе

Рис. V. 1. Схема многоступенчатой систематики метаморфических горных пород

умереннощелочных и щелочных пород (рис. III.2). Пределы колебания суммы щелочей в каждом подотряде зависят от содержания в породе кремнезема (ст. III.1.5).

При необходимости метаморфические породы могут подразделяться по типу их щелочности с использованием отношения $\text{Na}_2\text{O}/\text{K}_2\text{O}$, в соответствии с чем выделяются породы калиевого, калиево-натриевого, натриево-калиевого и натриевого типов щелочности (ст. III.1.7).

Статья V.1.7. Метаморфические породы каждого подотряда (отряда или надотряда, если подотряд не выделяется) разделены на **семейства** по наличию устойчивого минерального парагенезиса определенной метаморфической (минеральной) фации, занимающего соответствующее положение в поле вариаций температуры и давления.

Примечание. В настоящее время известно несколько авторских схем метаморфических минеральных фаций, заметно различающихся между собой как по конфискации полей отдельных фаций и их названиям, так и по количеству фаций и субфаций, достигающему иногда нескольких десятков.*

Рекомендация. Для семейств контактово-метаморфических пород наиболее рациональна схема, в которой по возрастанию температуры образования выделены четыре фации: *альбит-эпидот-роговиковая (мусковит-роговиковая)* — низкотемпературная, *амфибол-роговиковая (роговообманково-роговиковая)*, — среднетемпературная, *пироксен-роговиковая* — высокотемпературная, а также *санидинитовая (спуррит-мервинтовая)* фация пирометаморфизма.

Для семейств пород фаций, претерпевших динамо-термальное метаморфизм, чаще всего используется простая и апробированная схема фаций скола. В соответствии с этой схемой выделяются четыре фации (семейства): *зеленосланцевая, эпидот-амфиболитовая, амфиболитовая и гранулитовая.***

Среди динамо-метаморфических пород выделяются семейства двух фаций аномально высокого давления (*глаукофансланцевая и эклогитовая*) и двух фаций умеренного давления, аналогичных *тидот амфиболитовой и зеленосланцевой.*

Статья V.1.8. Породы каждого семейства по структурно- текстурному признаку метаморфических пород разделены на **роды**. При характеристике рода в качестве текстурного признака принимается делимость породы в плоскости S — естественного раскола, а в качестве структурного — доминирующая кристаллическая структура. Среди семейств пород динамо-термально, или регионально-метаморфического класса выделяются три рода: род сланцев — пород с тонкой делимостью (миллиметры до сантиметра) и лепидобластовой либо нематобластовой структурой; род гнейсов — пород с грубой де-

* Различия авторских фациальных схем метаморфизма привели к тому, что в Комиссии по метаморфизму и метаморфогенному рудообразованию МПК после острой дискуссии было принято компромиссное решение — выделять только три температурных класса метаморфических пород: высоко-, средне- и низкотемпературный [12]. В этой трактовке таксон температурного класса является более высоким таксоном по отношению к минеральной фации. Выделение этого таксона имеет смысл только в том случае, если критерием для его выделения является присутствие в минеральном парагенезисе низкотемпературного класса минералов с кристаллизационной водой, среднетемпературного класса минералов с гидроксидом и высокотемпературного класса — отсутствие подобных минералов.

** Низкотемпературные фации — цеолитовая и пренит-пумпеллитовая — исключаются из фацальной схемы регионального метаморфизма и относятся к диагенезу.

лимостью (от сантиметров до дециметров) и гранобластовой структурой; род гранофельзов или кристаллосланцев — массивных и грубополосчатых пород с гранулитовой или мозаичной структурой. В классе термально- или контактово-метаморфических пород выделяются роды полосчатых роговиков и род массивных роговиков с мозаичной или роговиковой структурой. Наконец, среди семейств пород динамо-метаморфического класса выделяются два рода: род брекчий и катаклазитов — грубообломочных, массивных пород с брекчиевой или катакластической структурой; род милонитов или филлони-тов — пород с тонкой делимостью и милонитовой или филлони-товой структурой.

Статья V.1.9. Породы всех родов подразделены на виды, являющиеся элементарной классификационной единицей. Вид в пределах каждого рода — это сообщество индивидов сходного модалного минерального состава (прил. 4). Для видов существуют пределы колебания минерального и химического составов, структуры и текстуры, что позволяет в этом диапазоне при необходимости выделять разновидности метаморфических горных пород.

V.2. Номенклатура метаморфических горных пород *

Статья V.2.1. Специфика номенклатуры метаморфических пород в значительной мере обусловлена их генетической двойственностью (сочетанием новообразования и реликтов протолита). Градация степени проработки протолита проводится по соотношению новообразованных метаморфогенных минералов и реликтовых минералов протолита (Опыт..., 1988).

Номенклатура пород со слабо проявленным метаморфизмом, в которых непосредственно и уверенно распознаются первичные структурно-вещественные признаки, строится на базе наименования протолита с добавлением приставки «*мета*» (например, метагаббро). При установлении природы протолита глубоко метаморфизованных пород опосредованными методами (химический состав, геохимические особенности и др.) к названию вида метаморфических пород добавляется название вида протолита с приставкой «*ано*» (например, актинолитовый сланец апобазальтовый). Если устанавливается только генетический тип протолита, то к названию вида метаморфической породы добавляется приставка «*орто*» для магматического и «*пара*» для осадочного протолита (например, ортогнейс или парагнейс).

Статьи V.2.2. Согласно общепринятым правилам, в систематике метаморфических пород каждая таксономическая категория имеет собственное название, вплоть до вида; номенклатура разновидностей не регламентируется. Номенклатура высших таксонов формируется сочетанием названий этих единиц, например, название регионально-метаморфические, кислые, насыщенные глиноземом, умереннощелочные породы определяет отношение пород к классу, надотряду, отряду и подотряду метаморфических пород.

Статья V.2.3. Наименование видов метаморфических пород строится путем присоединения к названию рода (ст. V.1.8) прилагательного, содержит то сведения об их минеральном парагенезе — свойстве определенного вида. Традиционно принято на первое место ставить признак вида, а на второе — рода, например, кианит-гранат-

* Номенклатура метаморфических пород рассматривается только для таксонов ранга семейства, рода и вида.

биотитовый гнейс, гиперстен-плагноклазовый кристаллосланец, хлорит-актинолитовый сланец.

В название вида вводятся наименования (не более трех) характеристических минералов парагенеза (минеральной фации), перечисляемых в порядке увеличения их содержания в породе. Минералы, постоянно присутствующие в породах данного вида или рода, например кварц в гнейсах, в название породы не включаются. Содержание минерала, используемого в названии породы, должно составлять не менее 5% ее объема.

Существует целый ряд собственных наименований видов метаморфических пород (глаукофанит, кинцигит, кондалит, джеспилит и др.), не всегда унифицированных, но традиционно употребляемых и допустимых к использованию.

Статья V.2.4. Наименования разновидностей метаморфических пород, выделяемых по дополнительным структурным или минеральным признакам, содержат указания на эти признаки. Для наименования породы, содержащей характеристический минерал, количество которого менее 5%, от названия этого минерала образуется двукорневое прилагательное (кварцсодержащий, ставролитсодержащий), которое записывается после существительного (гранат-ставролитовый сланец рutilсодержащий). Дополнительный структурный признак отмечается в наименовании разновидности в качестве прилагательного перед названием вида (например, порфиробластический гранат-андалузитовый слюдяной сланец, очковый биотитовый гнейс).

V.3. Расчленение метаморфических образований. Петрографические подразделения

Статья V.3.1. Геологические тела метаморфических пород расчленяются (объединяются) на подразделения разного ранга. Критерием для этого служит общность признаков структуры и вещественного состава, слагающих тела пород, их взаимоотношения с вмещающей средой, временем образования и распространения. Таким образом, подразделения метаморфических образований — это породные тела с определенными физическими границами сформированные в период определенных метаморфических событий.

Статьи V.3.2. В связи с различными задачами и масштабами исследований предусматриваются следующие подразделения разного ранга (ст, III.4.2) метаморфических образований: базовая таксономическая единица **метаморфический комплекс**; единицы низшего ранга — **метаморфический подкомплекс, метаморфическая толща или металитон**; укрупненные единицы высшего ранга: **временной ряд (серии) метаморфических комплексов, латеральный ряд метаморфических комплексов.**

Статья V.3.3. Метаморфический комплекс — базовое петрографическое подразделение (табл. V.1), объединяющее геологические тела и их совокупности в определенном геологическом пространстве (обычно в одной структурно-вещественной зоне), сформированные определенной ассоциацией метаморфических пород — продуктов единого цикла метаморфических преобразований разнородного (в частности, однородного) протолита. Все члены этой ассоциации связаны фациальными отношениями и по свойственной им минеральной и структурной композиции отражают динамику метаморфического процесса в пространстве и времени. Метаморфический комплекс имеет собственное наименование, отражающее его географическое положение, вещественный состав и время образования, например, архейский лапландский гранулитовый комплекс (Геологическое..., 1996).

Рекомендация. Если первичная природа горных пород, входящих в состав всего метаморфического комплекса или его части, уверенно распознается, то на геологической

карте эти участки показываются соответственно как стратиграфические или магматические образования с обозначением изоградами индекс-минералов, интенсивности и пространности метаморфизма, а также дополнительным индексом — времени его проявления. Метаморфические комплексы или их части, исходная природа которых не установлена, на геологической карте изображаются с помощью специальных цветовых или штриховых обозначений и индекса времени проявления метаморфизма.

Статья V.3.4. Геологическим телам, относящимся к единому комплексу, свойственна общность петрографических, структурно-текстурных и петрохимических признаков пород при определенной их упорядоченности. Признаками геологического строения комплекса являются относительно устойчивые, свойственные только этому комплексу временные и пространственные соотношения его различных структурно-вещественных тел. Положение комплекса во вмещающей среде определяется условиями его формирования, определенной морфологией составляющих тел пород при закономерном их положении в региональных структурах, определенном положении во времени и парагенезе геологических комплексов.

Статья V.3.5. В соответствии с внутренним строением комплекса, выраженного положением в нем изоград метаморфизма, выделяются монофациальные и полифациальные комплексы.

Монофациальный (ареальный) метаморфический комплекс — геологическое тело или тела, объединяющие горные породы с минеральным парагенезом одной фации метаморфизма, образовавшиеся при почти постоянных термодинамических условиях для всего геоструктурного уровня формирования комплекса. Границы таких комплексов совпадают с границами одной метаморфической фации.

Полифациальный (зональный) метаморфический комплекс — совокупность геологических тел, образованных закономерно расположенными в пространстве горными породами с минеральными парагенезами различных метаморфических фаций, возникшими синхронно в поле с отчетливо проявленными градиентами температуры и давления. Площадь распространения фаций (зон) фиксируется наличием характеристических индекс-минералов и ограничивается их изоградами (изограда хлорита, биотита и др.).

Зональные комплексы, и зависимости от величины градиентов температуры и давления, а также соотношения этих параметров, относятся к определенной фациальной серии.*

Статьи V.3.6. Метаморфический подкомплекс как вспомогательное петрографическое подразделение представляет собой часть метаморфического комплекса — тело или совокупность тел, образованных породами близкого химического состава, т. е. индивидуальность его определяется индивидуальностью протолита. Таким образом, комплекс подразделяется на подкомплексы в том случае, если протолит его неоднороден по своему происхождению и составу. Если природа протолита не ясна, подкомплекс может быть выделен в пределах комплекса по принципу контрастности петрографического состава крупных породных ассоциаций, например, разнообразных гнейсов и сланцев; в этом случае лишь предполагается генетическая неоднородность протолита.

*В зависимости от градиента $^{\circ}\text{C}/\text{км}$ выделяется пять фациальных серий метаморфических пород: 1) среднеградиентная кианитовая серия, отвечающая нормальному градиенту континентальной земной коры ($10\text{-}20\text{ }^{\circ}\text{C}/\text{км}$); 2) умеренноградиентная кианит-силлиманитовая серия, отвечающая условиям нормального градиента океанической коры ($20\text{-}40\text{ }^{\circ}\text{C}/\text{км}$); 3) высокоградиентная андалузит-силлиманитовая серия, связанная с поднятием мантийного расплава ($35\text{-}100\text{ }^{\circ}\text{C}/\text{км}$); 4) среднеградиентная силлиманитовая серия ($75\text{-}90\text{ }^{\circ}\text{C}/\text{км}$) архейской эпохи; 5) высокобарическая низкоградиентная эклогит-глаукофановая серия (до $10\text{ }^{\circ}\text{C}/\text{км}$), развитая в зонах аномально высоких давлений.

Статья V.3.6. Металитон (метаморфическая толща) — часть метаморфического комплекса (подкомплекса), представляющая собой тело, образованное однородными породами с явно выраженными индивидуальными особенностями петрографического состава и строения, часто унаследованными от протолита, и отчетливо отделяемое от смежных тел комплекса (например, тело амфиболита в гнейсовом комплексе). Металитон может состоять преимущественно из пород одного вида и содержать другие породы лишь в незначительном количестве — монопорodный металитон (как упомянутый выше амфиболит) или из закономерного чередования нескольких видов пород полипорodный металитон (метаморфизованный флиш с чередованием слюдяных сланцев и кварцитов). Называется металитон обычно по составу слагающих его пород: амфиб литовый, биотитовых гнейсов, тонкополосчатых хлорит-актинолитовых сланцев и др.

Статья V.3.7. Временной ряд — это укрупненное петрографическое подразделение, представляющее собой совокупность последовательно сменяющих друг друга во времени метаморфических комплексов, формировавшихся в определенной структурно-вещественной зоне. Самостоятельность этих комплексов во временном ряду обусловлена сменой периодов эндогенной активности или сменой в условиях того же импульса класса метаморфизма, например регионального дислокационным. Временной ряд отражает динамику метаморфического процесса в рамках единого, ритмично развивающейся эндогенного режима. Временному ряду метаморфических комплексов присваивается определенное наименование, обычно наименование наиболее полно проявленного из составляющих его комплексов, с обязательным обозначением временного интервала образования ряда.

Статья V.3.8. Латеральный ряд — это укрупненное петрографическое подразделение, ассоциация синхронных метаморфических комплексов, проявленных в смежных структурно-вещественных зонах и образованных в результате одного периода эндогенной активности. Спецификой этой ассоциации является возможное различие комплексов, отражающее разнообразие их состава, зависящее от тектонической обстановки формирования и состава протолита. Например, раннепротерозойский метаморфизм эпидот-амфиболитовой фации, прогрессивный в пределах зеленокаменного пояса, будет иметь регрессивную направленность в пределах архейского гранулитового комплекса. Латеральный ряд называется по наименованию наиболее проявленного комплекса этого подразделения и времени его образования. Иногда латеральные ряды выделяют как мегакомплексы.

Примечание. Временные и латеральные ряды часто традиционно называются комплексами, например, такие как Беломорский, Алданский, Становой и др., причем в такой «комплекс» обычно включаются породы различного происхождения, например, в Беломорский комплекс, наряду с метаморфическими породами, включены пегматиты, габброиды (друзиты) и др. Такие ассоциации или мегакомплексы следует выделять как парагенезы полигенетических комплексов.

ТАКСОНОМИЯ ПЕТРОГРАФИЧЕСКИХ ПОДРАЗДЕЛЕНИЙ МЕТОМОРФИЧЕСКИХ ОБРАЗОВАНИЙ

ПОДРАЗДЕЛЕНИЯ И ИХ ХАРАКТЕРИСТИКИ

признаки подразделения	Единицы низшего ранга		Комплекс — базовое подразделение	Укрупненные единицы	
	Металитон (метаморфическая толща)	Подкомплекс		Временной ряд метаморфических комплексов	Латеральный ряд метаморфических комплексов
Вещественный состав	Моно- или полипородное тело с явными особенностями состава, строения	Полипородный благодаря неоднородности субстрата и уровня метаморфизма	Полипородный — отражает особенности продуктов единого метаморфического цикла в пределах ареала, включающего разнообразный субстрат различной природы в рамках структурно-вещественной зоны	Полипородный — отражает фациальное разнообразие последовательно развивающихся метаморфических комплексов определенной структурно-вещественной зоны	Полипородный — определяется разнообразием субстрата и фациальных условий в смежных структурно-вещественных зонах
Строение конституционное	Однородное, реже полипородное тело, отчетливо отделяемое от смежных тел комплекса	Неоднородное тело в пределах неоднородности субстрата различного генезиса	Неоднородное тело благодаря неоднородности субстрата в не зональном комплексе или разнообразию состава зон в зональных комплексах	Неоднородное тело, строение которого определяется разнообразием строения комплексов, сменяющих друг друга во времени	Неоднородное тело, строение которого определяется различным строением одновременных метаморфических комплексов смежных структурно-вещественных зон
Строение геологическое	Монофациальное	Монофациальное в незональных и полифациальное в зональных комплексах	Монофациальное в незональных и полифациальное и зональных комплексах	Полифациальное благодаря разнообразию метаморфических комплексов, обусловленному сменой метаморфических циклов определенной структурно-вещественной зоны	Неоднородное строение обусловлено различным строением и условиями метаморфизма составляющих ансамбль метаморфических комплексов смежных структурно-вещественных зон
Соотношение с вмещающей средой	Самостоятельное геологическое тело	Подразделения без признаков природы субстрата образуют автономные тела, при наличии этих признаков подкомплекс или комплекс вписывается в стратиграфические и магматические подразделения			
Событийные рамки проявления	Продукт одного метаморфического эндогенного в рамках определенного эндогенного режима		Сочетание продуктов двух или более метаморфических циклов определенной структурно-вещественной зоны	Сочетание продуктов одного метаморфического цикла в смежных структурно-вещественных зонах	

Глава VI

МЕТАСОМАТИЧЕСКИЕ ОБРАЗОВАНИЯ

VI. 1. Систематика и классификация метасоматических горных пород

Статья VI. 1.1. Систематика и классификация метасоматических горных пород базируется на общих принципах систематики кристаллических горных пород (гл. II), исключая таксоны, связанные с химизмом пород (отряд, подотряд). Выделение последних базируется на принципе непрерывности изменения свойства; в данном случае размерность таксона не дискретная, а векторная. Согласно этим принципам тип метасоматических пород подразделяется по различным критериям на ряд таксонов: классы, отряды, подотряды, семейства, и виды (рис. VI. 1). Таксоны высоких рангов (тип, класс) выделяются по генетическим признакам; таксоны среднего ранга (отряд, подотряд) — по химическим признакам; при выделении таксонов низших рангов (семейство, вид) используются признаки минеральной фации, структурно-текстурные и количественно-минеральные признаки пород.

Статья VI. 1.2. К типу метасоматических относятся горные породы образовавшиеся в результате инфильтрационного и сопутствующего ему диффузионного метасоматоза (Жданов, 1999; Метасоматизм..., 1998).

Примечание. Метасоматоз — это реакция приспособления горной породы к изменению физико-химических условий ее существования. Он ведет к частичному или полному химическому, минеральному и структурно-текстурному преобразованию протолита, сохраняющего при этом твердое состояние. Метасоматоз вызывается воздействием на протолит химически отличного от него теплоносителя (флюида) в термобарогradientном поле эндогенного источника. Регулирующими факторами метасоматоза являются: а) температура, б) флюидное давление (функционально зависящее от температуры), в) градиент химических потенциалов компонентов в системе породы — флюид, г) эволюция Eh и pH в колонне фильтрующегося флюида. Метасоматоз ограничивается только агрегатным состоянием реагентов (плавлением субстрата или замерзанием флюида). В низкотемпературной области он плавно переходит в гипергенез — эпигенез, а в области высоких температур — в анатексис (зона образования магмы). Метасоматоз — важнейший элемент единой эндогенной петрогенетической системы, реализующийся в колонне восходящего потока эндогенного раствора, причем в верхней части колонны в зоне кондуктивного теплопереноса происходит нормальный метаморфизм, в промежуточной зоне конвективного переноса протекает метасоматоз, а в нижней зоне наиболее высоких температур начинается плавление (Коржинский, 1995). Инфильтрационный метасоматоз сопровождается выносом и привносом в породу ряда компонентов с формированием закономерной зональности. Таким образом, происходит структурирование системы с сокращением ее энтропии, что создает вероятность возникновения в ней аномальных концентраций определенных химических соединений — вероятность формирования месторождений полезных ископаемых. Следовательно, метасоматоз принципиально отличается от метаморфизма не только термодинамикой процесса, но и способностью к рудообразованию.

Статья VI.1.3. По побудительным причинам метасоматоза метасоматические горные породы подразделяются на три класса (рис. VI. 1).

В класс **контактово-метасоматический** объединяются породы, сформированные в зоне контактового воздействия теплового потока и флюидов магматического тела на вмещающие его породы. К этому классу также относятся продукты автометасоматоза — воз-

действия магматогенного флюида на успевшие ранее закристаллизоваться магматические породы.

В класс **регионально-метасоматический** объединяются породы, образование которых связано с региональным эндогенным тепломассопотоком. Подобные потоки в каждом отдельном случае проявляются на протяжении определенного эндогенного импульса, предваряя, сопровождая и завершая магматизм либо вообще не имея с ним непосредственной связи.

Гипергенно-метасоматический класс объединяют породы, сформированные в зоне гипергенеза—эпигенеза (латеритизации), образование которых обусловлено химическим воздействием на породы фильтрующимися сквозь них низкотемпературными растворами, инвариантно к их происхождению.

П р и м е ч а и е. Обычно гипергенно-метасоматические преобразования рассматриваются как самостоятельный петрогенетический процесс — гипергенез.

Статья VI. 1.4. Метасоматиты каждого класса подразделены на **отряды** по химическому составу пород, обусловленному кислотно-щелочными свойствами фильтрующегося флюида и градиентом концентрации вполне подвижных компонентов в пределах метасоматической колонки. 1. **Щелочные метасоматиты** объединяют породы с преимущественным накоплением в процессе их образования одновалентных оснований (R_2O) и выносе из них главным образом двухвалентных оснований (RO) и отчасти амфотеров (R_2O и R_2O_3), они формируются под действием щелочного флюида. 2. **Кислотные метасоматиты** объединяют породы с преимущественным накоплением в процессе их образования трех- и четырехвалентных оснований (R_2O_3 , RO_2) и одновременном выносе из них одно- и двухвалентных оснований, они формируются под действием кислого флюида. 3. **Основные метасоматиты** или **базификаты** объединяют породы, в которых при метасоматозе накапливаются двухвалентные основания (RO) при выносе из них одновалентных и в меньшей мере трех- и четырехвалентных оснований; они формируются в условиях, когда состав флюида близок к нейтральному. Среди высокотемпературных метасоматитов выделяется, кроме того, промежуточный отряд пород, несущий одновременно признаки базификации (накопление Ca) и кислотного выщелачивания (накопления глинозема), типичными представителям этого отряда являются анортозиты.

В каждом классе породы принадлежащих ему отрядов образуют сопряженную триаду рпродуктов метасоматоза (щелочных, кислотных и основных), отображающую закономерную эволюцию фильтрующегося флюида и характер частичного перераспределения подвижных компонентов в пределах метасоматической колонки (например, вынос железа и магния из зоны щелочного и кислотного метасоматоза и отложение их в зоне базификации)*.

Статья VI.1.5. Породы каждого отряда делятся на **подотряды** — ассоциации метасоматических пород, возникающие в результате накопления какого-либо из катионов определенной для данного отряда валентности: отряд щелочных пород подразделяется на **подотряды калиевых и натриевых** метасоматитов; отряд кислотных пород — на **подотряды глиноземистых и кремнеземистых** метасоматитов; отряд основных пород — на **подотряды кальциевых, магниезиальных и железистых** метасоматитов.

* Благодаря различному градиенту концентрации определенных химических элементов в системе порода — флюид при одинаковом рН флюида могут происходить различного типа реакции. Например, слабощелочной флюид и базальте вызывает щелочную реакцию, с гранитом он нейтрален, а в нефелиновом сиените может вызывать кислотное выщелачивание.

Таксономические категории	Главные признаки	КРИТЕРИИ ВЫДЕЛЕНИЯ ТАКСОНОВ	ТАКСОНОМИЧЕСКИЕ ПОДРАЗДЕЛЕНИЯ (ТАКСОНЫ)		
Тип	Геологические	По характеру геологического Процесса (по способу Образования)			
Класс		По побудительным причинам метасоматоза			
Отряд	Химические	Кислотно-щелочные свойства флюида Щ- щелочные К-кислотные О-основные			
Подотряд		Накопление в породе определенных катионов			
Семейство	Миенральные	По температуре образования минерального парагенеза В-высокотемпературные С-среднетемпературные Н-низкотемпературные			
Вид		Модальный минеральный состав			

Рис. VI.1. Схема многоступенчатой систематики метасоматических горных пород

Статья VI.1.6. Подотряды делятся на **семейства** метасоматических пород по температуре их образования (эти условия аппроксимированы фациям регионального метаморфизма). **1. Высокотемпературные метасоматиты** характеризуются отсутствием в них гидроксилсодержащих минералов и соответствуют минеральному парагенезу гранулитовой фации. **2. Среднетемпературные метасоматиты** характеризуются широким развитием в них гидроксилсодержащих минералов и соответствуют минеральному парагенезу амфиболитовой или эпидот-амфиболитовой фации. **3. Низкотемпературные метасоматиты** характеризуются развитием минералов, содержащих кристаллизационную воду, и соответствуют минеральному парагенезу зеленосланцевой и более низких фаций. Признаком семейства служит присутствие в составляющих его породах определенного равновесного минерального парагенеза. Легитимным представителем семейства является порода тыловой зоны метасоматической колонки, где состав пород стремится к мономинеральному и определяется свойствами фильтрующегося флюида и температурой среды (альбититы, кварциты, пироксенолиты и др.). Вместе с тем, семейства характеризуют также полиминеральные породы промежуточной и передовой зон колонки, состав которых в определенной мере зависит от свойств протолита (прил. 4).

Статья VI.1.7. В классификации метасоматических пород **вид** является конечным регламентированным членом. Семейства делятся на виды по модальному минеральному составу и структурно-текстурным особенностям. Для видов определены пределы колебания минерального состава, что позволяет в диапазоне этих колебаний при необходимости выделять разновидности метасоматических горных пород.

VI. 2. Номенклатура метасоматических горных пород

Статья VI.2.1. Согласно общепринятым правилам систематики метасоматических пород, каждая таксономическая категория имеет определенное название.

П р и м е ч а н и е. Номенклатура метасоматических пород в значительной мере определяется их вторичной природой. Градация степени метасоматической проработки производится исходя из процентного соотношения реликтов протолита и новообразованного вещества. Соответственно в зависимости от содержания новообразованного вещества выделяются породы со слабо- (до 25%), средне- (25—70%) и сильно проявленным (>70%) метасоматозом. В том случае, когда порода претерпела интенсивный метасоматоз, но известен состав протолита метасоматита, к названию его вида (семейства) добавляется название вида (семейства) протолита с приставкой «*ано*» (например, грейзен апогранитовый).

Статья VI.2.2. Таксоны метасоматических пород высокого ранга называются в соответствии с главным их признаком. Таким образом, выделяются региональные и контактовые метасоматиты (на уровне класса); щелочные, кислотные и основные метасоматиты (на уровне отряда); натриевые, калиевые или магнезиальные, железистые и др. метасоматиты (на уровне подотряда), а также высоко-, средне-, низкотемпературные метасоматиты (на уровне семейства). В наименованиях семейств метасоматитов существует большое разнообразие. Многие семейства имеют собственные, традиционно употребляемые названия (семейства грейзенов, скарнов, березитов, пропицитов, эйситов, гумбеитов и др.). Часто семейства называются в соответствии с доминирующим в них минералом (семейства слюдитов, альбититов, микроклинитов, амфиболитов и др.). В ряде случаев минеральные и структурнотекстурные признаки метаморфических и магматических пород конвергентны признакам метасоматических пород, и семейства этих трех различных и генетических типов имеют одинаковые наименования, например, граниты,

анортозиты, амфиболиты, сланцы и др. В этих случаях для установления природы продукта к названию семейства метасоматитов рекомендуется добавлять прилагательное «метасоматический», например, метасоматические анортозиты.

Статья VI.2.3. Наименование вида образуется путем добавления к названию семейства прилагательных, отражающих особенности видового минерального парагенеза. Породообразующие минералы, составляющие не менее 5% объема породы, в прилагательном перечисляются в порядке увеличения их содержания, причем следует использовать не более двух-трех названий этих минералов, например, антофиллит-жесдритовый амфиболит, андалузитовый вторичный кварцит и др.

VI.3. Расчленение метасоматических образований. Петрографические подразделения

Статья VI.3.1. В основе расчленения ассоциаций метасоматических пород на подразделения лежит принцип соблюдения постоянства признаков, отражающих процессы формирования этих ассоциаций. В связи с различными задачами и масштабами исследований выделяются метасоматические подразделения разных рангов: базовая таксономическая единица — **метасоматический комплекс** соответствует полной метасоматической триаде; вспомогательные единицы низшего ранга — **метасоматический подкомплекс** соответствует метасоматической колонке, **метасоматическая зона** соответствует зоне метасоматической колонки; укрупненные единицы высшего ранга — **временной ряд метасоматических комплексов** и **латеральный ряд метасоматических комплексов** (табл. VI.1).

Рекомендация. Двойственность метасоматических пород привела к необходимости применения двух методических приемов изображения их на геологической карте. Метасоматические комплексы или их части, природа протолита которых не установлена и связи с полным его замещением метасоматитами, на геологической карте изображаются с помощью специальных цветовых или штриховых обозначений и индекса времени проявления метасоматоза. Если природа протолита метасоматического комплекса или его части уверенно распознается, то на геологической карте эти участки показываются соответственно как стратиграфические или магматические образования с обозначением штриховкой характера метасоматических преобразований, ограниченных изолинией распространения данных метасоматических пород, а также дополнительным индексом, указывающим на время проявления метасоматоза и возраст протолита.

Статья VI.3.2. Метасоматический комплекс как базовое петрографическое подразделение объединяет полипородные геологические тела и их совокупности, состоящие из ассоциации метасоматических пород, принадлежащих к единой сопряженной (комплементарной) метасоматической триаде. Таким образом, комплекс состоит из закономерной зональной композиции щелочных, кислотных и основных пород разных семейств одного цикла развития метасоматической системы. Выделяются монотермальные комплексы, когда все составляющие зоны принадлежат к одному температурному классу, и политермальные комплексы с закономерным изменением температуры от зоны к зоне. Обычно падение температуры наблюдается от зоны щелочных к зоне кислотных и далее к зоне основных метасоматитов. Ассоциация пород комплекса синхронна и распространена в пределах единой структурно-вещественной зоны. В том случае, если в метасоматитах один из элементов триады редуцирован или не проявлен, в комплекс объединяются

ТАКСОНОМИЯ ПЕТРОГРАФИЧЕСКИХ ПОДРАЗДЕЛЕНИЙ МЕТАСОМАТИЧЕСКИХ ОБРАЗОВАНИЙ

Признаки подразделения	ПОДРАЗДЕЛЕНИЯ И ИХ		ХАРАКТЕРИСТИКИ		
	Единицы низшего ранга		Метасоматический комплекс (триада)	Укрупненные единицы	
	Зона метасоматической колонки	Подкомплекс — метасоматическая колонка		Временной ряд метасоматических комплексов	Латеральный ряд метасоматических комплексов
Вещественный состав	Монопородный с минеральным парагенезом передовой, промежуточной или тыловой зоны метасоматической колонки	Полипородный — отражает состав полной колонки метасоматитов определенного отряда	Полипородный — сопряженная ассоциация продуктов трех отрядов: щелочного, кислотного и основного метасоматоза	Полипородный — одновременная ассоциация метасоматических комплексов любого подтипа, класса и отряда одной структурно-вещественной зоны	Полипородный — одновременная ассоциация метаморфических комплексов смежных структурно-вещественных зон
Строение конституционное	Неоднородное, отражает степень метасоматической проработки протолита	Неоднородное — определяется разнообразием передовой, промежуточной и тыловой зон колонки	Неоднородное — определяется различным характером химических преобразований в зависимости от pH среды	Неоднородное — определяется принадлежностью отдельных комплексов к различным подтипам, классам и отрядам метасоматитов	Неоднородное — определяется различиями в строении комплексов смежных структурно-вещественных зон
Строение геологическое	Монофациальное	Монофациальное	Полифациальное или монофациальное — определяется закономерной сменой минеральных фаций и зависит от температурного градиента в триаде	Полифациальное — определяется сменой эндогенных режимов единой структурно-вещественной зоны	Полифациальное — определяется фациальными условиями формирования комплексов смежных структурно-вещественных зон

Соотношение с вмещающей средой	Самостоятельное геологическое тело с постепенным переходом во вмещающие породы	Комбинация тел из продуктов трех отрядов	Комбинация последовательно образующихся метасоматических тел определенной структурно-вещественной зоны	Комбинация одновременно образующихся тел смежных структурно-вещественных зон
Событийные рамки проявления	Продукт одного этапа тектоно-магматического цикла		Сочетание продуктов одного или нескольких этапов тектоно-магматических циклов	Сочетание продуктов одного этапа тектоно-магматического цикла

ее сохранившиеся элементы. Метасоматический комплекс имеет собственное наименование, отражающее его географическое положение, петрографический состав и время проявления метасоматоза.

Метасоматический подкомплекс (полная метасоматическая колонка) как часть метасоматического комплекса представляет собой зональное полипородное геологическое тело, сложенное совокупностью одновременно образованных, закономерно последовательно расположенных в пространстве и отчетливо ограниченных метасоматических зон единой метасоматической колонки, сложенных породами, принадлежащими к определенному температурному классу и отряду (щелочному, кислотному, основному) метасоматитов. Последовательность зон в подкомплексе демонстрирует закономерную смену равновесных минеральных парагенезов пород, обусловленную реакцией между протолитом и раствором на векторе фильтрации раствора (поперек метасоматической колонки).

Статья VI.3.5. Метасоматическая зона (зона метасоматической колонки) как часть метасоматической колонки является элементарным членом иерархического ряда метасоматических подразделений. Метасоматическая зона — это монопородное тело, сложенное горной породой с определенным минеральным парагенезом, отражающим уровень приближения этого парагенеза к равновесию с фильтрующимся флюидом. Метасоматические зоны возникают в результате дифференциальной подвижности компонентов системы. Переход компонента из инертного в подвижное состояние ведет к сокращению количества минералов в парагенезе при общей тенденции к формированию мономинеральной тыловой зоны. Порода каждой последующей зоны метасоматической колонки теряет один минерал, исчезновение которого определяет возникновение отчетливого фронта замещения, граница которого является границей зоны. Тыловая или внутренняя зона колонки не содержит минералов протолита, она характеризуется равновесным минеральным парагенезом, состав которого целиком зависит от состава фильтрующегося раствора.

Внешняя (передовая) зона колонки близка к равновесию «отработанного» раствора с исходной породой, и минеральный состав ее зависит главным образом от состава протолита. В промежуточных зонах колонки сохраняются как неравновесные, часто корродированные минералы протолита, так и новообразованная равновесная минеральная ассоциация метасоматитов. Таким образом, от внешней к промежуточной зоне в колонке возрастает количество минеральных фаз, а при дальнейшем переходе от промежуточной к тыловой зоне убывает до минимума. Характер зональности инвариантен к масштабу проявления метасоматического процесса. Положение зоны в метасоматической колонке определяет методический прием ее изображения на геологической карте (рекомендация к ст. VI.3.1).

Статья VI.3.6. Временной ряд метасоматических комплексов — это укрупненное петрографическое подразделение, представляющее собой тело, сложенное полипородной и разновременной ассоциацией метасоматических комплексов, последовательно вовлеченных в два или более циклов метасоматических преобразований в пределах единой структурно-вещественной зоны. Включение в один ряд не детерминировано температурой образования и характером химических преобразований отдельных комплексов или под комплексов. Временной ряд метасоматических комплексов демонстрирует динамику развития единого эндогенного режима данной структурно-вещественной зоны. Наименование временного ряда метасоматических комплексов строится на основании наименова-

ния крайних его членов и датируется интервалом времени, охватывающим период формирования этого ряда.

Примечание. Метасоматиты более низкотемпературного класса, наложенные на более ранние высокотемпературные метасоматиты, могут относиться не только к новому циклу метасоматоза, но и к регрессивному этапу того же цикла. В этом случае необходимо установить положение низкотемпературных метасоматитов в геологической истории региона.

Статья VI.3.7. Латеральный ряд метасоматических комплексов представляет собой укрупненное петрографическое подразделение, состоящее из ассоциации метасоматических комплексов одного генетического класса, сформированных близко-одновременно в течение одного и того же цикла метасоматоза и расположенных в смежных структурно-вещественной зонах. Разнообразие латерального ряда демонстрирует особенности эндогенных режимов этих смежных зон, и в зависимости от проявленной в них геологической обстановки подобный ряд может включать комбинацию метасоматитов любого подтипа, класса или отряда. Латеральный ряд называется по наименованию наиболее полно проявленного в этом ряду метасоматического комплекса.

Глава VII МИГМАТИТЫ

VII.1. Систематика, классификация и номенклатура мигматитов

Статья VII.1.1. Систематика и классификация мигматитов базируется на общих принципах систематики кристаллических горных пород, (гл. II). Согласно этим принципам мигматиты подразделяется по различным критериям на ряд таксонов подтипы, классы, отряды, семейства, роды и виды (рис. VII.1). Таксоны высоких рангов (тип, класс) выделяются по генетическим признакам, среднего ранга (отряд) — по типу щелочности, низших рангов (семейство, род, вид) — по минеральным и структурно-текстурным признакам пород.

Статья VII. 1.2. К типу* мигматитов относятся широко распространенные среди образований средней и высокой степени метаморфизма и метасоматоза полигенные горные породы, которые являются продуктом прогрессивно направленных процессов метаморфизма и метасоматоза, часто завершающихся частичным или даже полным плавлением субстрата. Мигматит — это смесь двух (или даже трех) генетически разнородных составляющих со сложным характером взаимоотношений, что является главным текстурным признаком породы. Одна из составляющих мигматита представляет собой реликт метаморфической породы (палеосома), другая же — магматическим и (или) метасоматическим новообразованием (неосома). Неосома состоит из двух сопряженных компонент, образующих микрizonaльную композицию: из породы более лейкократовой, чем палеосома, близкой по составу к гранитной эвтектике (лейкосома — продукт гранитизации), и из породы более меланократовой, чем палеосома (меланосома — продукт базификации).

* Выделение мигматитов в самостоятельный тип в значительной мере условно. Необходимость в выделении этого типа объясняется тем, что слагающие большую часть гранито-гнейсового слоя земной коры мигматиты являются смешанными породами, промежуточными между метаморфическими, метасоматическими и магматическими образованиями.

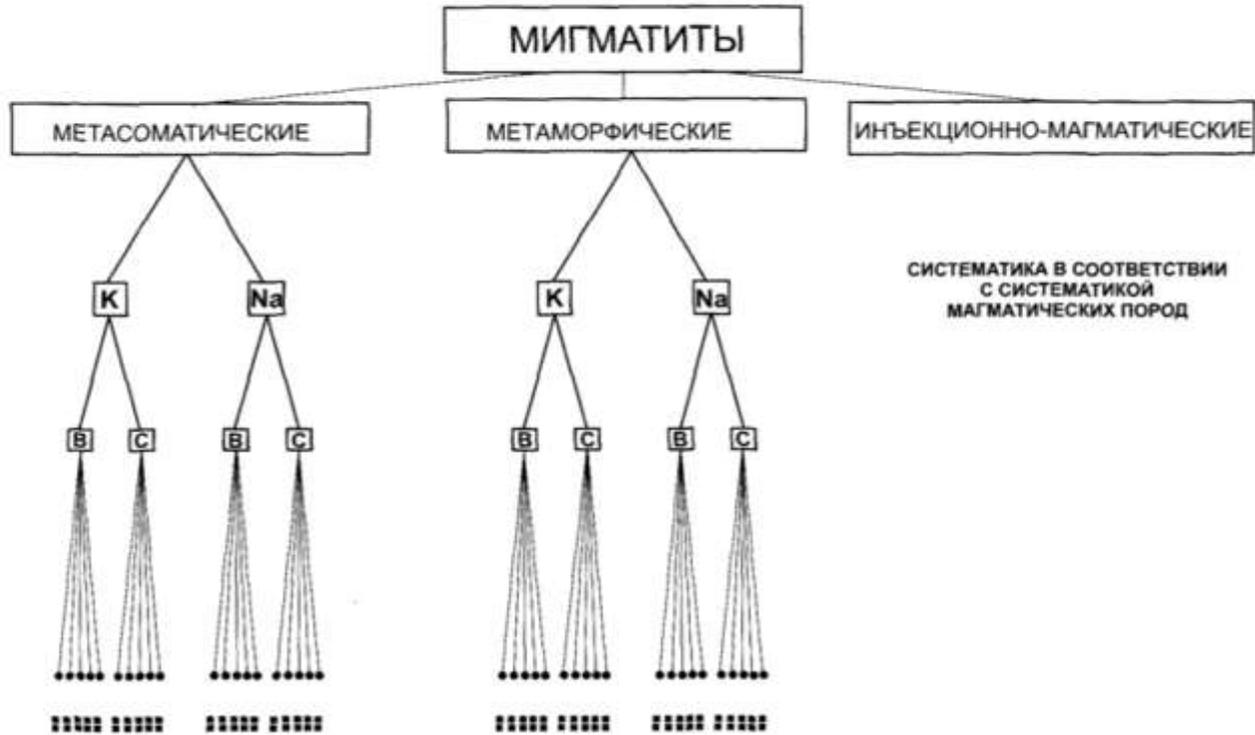
ТАКСОНОМИЧЕСКИЕ КАТЕГОРИИ	КРИТЕРИИ ВЫДЕЛЕНИЯ ТАКСОНОВ	<p style="text-align: center;">ТАКСОНОМИЧЕСКИЕ ПОДРАЗДЕЛЕНИЯ (ТАКСОНЫ)</p>  <p style="text-align: right;">СИСТЕМАТИКА В СООТВЕТСТВИИ С СИСТЕМАТИКОЙ МАГМАТИЧЕСКИХ ПОРОД</p>
ТИП	ПО ХАРАКТЕРУ ГЕОЛОГИЧЕСКОГО ПРОЦЕССА (ПО СПОСОБУ ОБРАЗОВАНИЯ)	
КЛАСС	ПО УСЛОВИЮ ОБРАЗОВАНИЯ	
ОТРЯД	ПО ТИПУ ЩЕЛОЧНОСТИ ЛЕЙКОСОМЫ К – калиевые Na - натриевые	
СЕМЕЙСТВО	ПО ТЕМПЕРАТУРЕ ОБРАЗОВАНИЯ (МИНЕРАЛЬНАЯ ФАЦИЯ) В – высокотемпературные (гранулитовая) С – среднетемпературные (амфиболитовая)	
РОД	ПО ТЕКСТУРНОМУ ПРИЗНАКУ	
ВИД	МОДАЛЬНЫЙ МИНЕРАЛЬНЫЙ СОСТАВ	

Рис. VII.1. Схема многоступенчатой систематики мигматитов

Статья VII.1.3. Мигматиты по специфике своего образования подразделяются на три генетических класса.

1. Мигматиты **метасоматические*** возникают в условиях прогрессивного кремнещелочного или щелочного инфильтрационного метасоматоза в открытой для привноса и выноса подвижных компонентов системе порода-флюид. Как это типично для любых метасоматитов, при образовании мигматитов этого класса наблюдается замещение минералов палеосомы минералами неосомы, при этом оба этих парагенеза относятся к одной минеральной фации. Максимум замещения локализован вдоль путей проникновения флюида: плоскостям отдельности, кливажа и др., при этом порода становится все более лейкократовой, и количество меланосомы постепенно сокращается. В пределе порода приближается по составу к граниту, что позволяет рассматривать этот процесс как одну из форм гранитообразования. Судя по вновь образованному минеральному парагенезу, формирование этого класса мигматитов протекало в условиях амфиболитовой (биотит+роговая обманка) или гранулитовой (гиперстен+диопсид) фаций метаморфизма. Высокая температура метасоматоза, обычно протекающего в экзотермическом режиме, создает предпосылки к последующему частичному или полному плавлению субэвтектической породы и образованию гранитоидной магмы. Магмато-метасоматическая ассоциация пород формирует крупные поля мигматитов и автохтонных гранитоидных массивов, содержащих скиалиты метаморфического протолита. В этих полях выделяются фронт магматического замещения и опережающий его фронт щелочного метасоматоза. 2.

Мигматиты **метаморфические**, образующиеся в процессе метаморфической изохимической дифференциации. Жильный материал неосомы генетически связан с протекающей в режиме диффузионного метасоматоза избирательной сегрегацией материала исходной породы. Благодаря стяжению лейкократовых минеральных компонентов в прослойки и жилки, остаточный материал субстрата или рестит обогащается меланократовыми компонентами, и возникает контрастная порода с более и менее основными зонками, чем субстрат, но всегда принадлежащих к одной минеральной фации. При достижении лейкосомой состава гранитной эвтектики в условиях амфиболитовой или гранулитовой фаций метаморфизма, возможно ее селективное плавление. К этому подтипу также относятся мигматиты, селективное плавление в которых обеспечено изначальным присутствием лейкократовых субэвтектических обособлений гетерогенного субстрата. Благодаря ограниченному объему лейкосомы, в этом случае крупных магмато-метаморфических обособлений не образуется.

3. Мигматиты **инъекционно-магматические**, образующиеся в результате тонких инъекций магматического материала по плоскостям сланцеватости, тонким трещинкам и другим мелким тектоническим элементам, нарушающим целостность вмещающей породы. В этом случае состав вмещающей породы остается неизменным, причем ее минеральная фация не коррелируется с минеральной фацией инъекций, а состав последних зависит от состава магматического очага. Инъекционные мигматиты формируются в экзоконтактовой части магматических тел, и материал инъекций классифицируется в соответствии с классификацией магматических пород.

* Процесс формирования подобных мигматитов часто называют «ультраметаморфизмом», что этимологически неверно. Это процесс прежде всего не «ультра», так как протекает чаще всего в условиях амфиболитовой фации, и не «метаморфизм», так как он проявлен преимущественно в открытой системе с интенсивным привносом щелочного флюида, т. е., как правило, является высокотемпературным щелочным или кремне-щелочным метасоматозом.

Статья VII. 1.4. Каждый класс мигматитов, в зависимости от характера щелочности, подразделяется на два **отряда**: а) натриевой специализации — породы с доминирующим развитием кислого плагиоклаза; б) калиевой специализации — породы с доминирующим развитием калиевого полевого шпата.

Статья VII.1.5. Мигматиты всех отрядов подразделены на **семейства** по признаку их принадлежности к определенной минеральной фации неосомы. Поскольку процесс образования мигматитов протекает в условиях гранулитовой или амфиболитовой фаций, то в соответствии с минеральными ассоциациями мигматитов в каждом отряде выделяются два их семейства. В отряде натриевой специализации в гранулитовой фации — семейство мигматитовых эндербитов, а амфиболитовой фации — мигматитовых тоналитов и плагиогранитов; в отряде калиевой специализации в гранулитовой фации — семейство мигматитовых чарнокитов, а в амфиболитовой фации — гранит-мигматитов.

Статья VII. 1.6. Мигматиты каждого семейства по текстурному признаку подразделены на пять **родов**: 1) мигматиты **ветвисто-жилковатые** состоят из палеосомы, расчлененной жильной неосомой произвольной формы, расположенной по системе трещин отдельности, дробления или кливажа; 2) мигматиты **слоистые или строматиты** — неосомы в них образует светлые взаимно параллельные прослои, чередующиеся с прослоями палеосомы, расположенные в плоскости первичной слоистости, сланцеватости или одной из поверхностей кливажа; 3) мигматиты **очковые**, характер зующиеся развитием относительно крупных неслоистых обособлений неосомы, в том числе порфиробластов; 4) мигматиты **небулитовые** характеризуются массовым замещением палеосомы, сохраняющейся только в виде облачных или туманных скоплений в неосоме (мигматит теневой), распространены в классе метасоматических мигматитов; 5) **собственно гранито-гнейсы** — гнейсовидные породы, частично утратившие неоднородность мигматитов и часто неотличимые от рассланцованных гранитов. Мигматиты двух первых семейств отмечаются во всех классах, третье семейство распространено в классе метасоматических и реже метаморфических мигматитов, а четвертое и пятое семейства характерны только для класса метасоматических мигматитов.

Статья VII.1.7. В пределах каждого рода выделяются виды мигматитов как сообщество индивидов сходного модалного минерального состава и структурно-текстурных особенностей неосомы. Наименование вида конструируется из названия семейства, рода и двух-трех характерных для данного вида минералов, например, *биотитовый полосчатый мигматит*, *двуслюдяной очковый мигматит*. При необходимости отметить состав субстрата его видовое название добавляется к названию мигматита, например, *биотитовый ветвистый мигматит по биотитовому гнейсу*.

VII.2. Расчленение мигматитовых образований. Петрографические подразделения

Статья VII.2.1. Мигматитовый комплекс — базовое петрографическое подразделение (табл. VII. 1), используемое при расчленении природных ассоциаций мигматитов — геологическое тело, сложенное совокупностью парагенетически связанных друг с другом горных пород различных генетических типов (метаморфических пород палеосомы с неосомой определенного класса мигматитов). Эта совокупность развивается последовательно, иногда с большим временным перерывом, и обладает общими особенностями состава и строения. Комплекс представляет собой непрерывный ряд с постепенным переходом от гомогенных метаморфических пород к гетерогенным мигматитам и далее,

в перспективе, вновь к гомогенным магматическим образованиям. В комплекс мигматитов включаются продукты одного цикла эндогенной активности (метаморфической дифференциации или инъекционного магматизма или кремне-щелочного метасоматоза с последующим селективным плавлением), т. е. для него характерно единство состава лейкосомы, независимо от состава протолита, который может быть разнообразным и представленным двумя или несколькими метаморфическими комплексами. Комплекс мигматитов имеет собственное наименование, отражающее его географическое положение, петрографический состав, время образования неосомы и возраст протолита.

Статья VII.2.2. Подкомплекс мигматитов как вспомогательное петрографическое подразделение представляет собой часть мигматитового комплекса, сформированную продуктами одного генетического класса мигматитов по одному протолиту или по одному метаморфическому подкомплексу. Главным признаком подкомплекса является единообразие как неосомы, так и палеосомы (протолита).

Статья VII.2.3. Временной ряд мигматитовых комплексов — это укрупненное петрографическое подразделение, состоящее из нескольких комплексов мигматитов одного или различных генетических классов, последовательно развивавшихся по определенному метаморфическому комплексу в пределах единой структурно-вещественной зоны. Например, для докембрийских временных рядов характерна последовательная, с перерывом во времени, смена натриевых мигматитов метасоматического класса калиевыми. Рамки развития временного ряда мигматитов определяются временем существования определенного эндогенного режима. Временной ряд комплексов называется в соответствии с географическим распространением и названиями начального и конечного членов ряда и индексируется временным диапазоном становления этого ряда.

Статья VII.2.4. Латеральный ряд мигматитовых комплексов — это укрупненное петрографическое подразделение, включающее несколько комплексов мигматитов любого класса или отряда, близких по времени формирования и развитых в смежных структурно-вещественных зонах. Он демонстрирует разнообразие обстановок формирования мигматитов и, в частности, зарождения кислых магматических расплавов в этих зонах. Латеральный ряд мигматитов имеет собственное название, которое должно отражать его географическое распространение и содержать сведения о составе входящих в него комплексов. Индексом обозначаются ряд и время его образования.

ТАКСОНОМИЯ ПЕТРОГРАФИЧЕСКИХ ПОДРАЗДЕЛЕНИЙ МИГМАТИТОВ

Признаки подразделения	ПОДРАЗДЕЛЕНИЯ И ИХ ХАРАКТЕРИСТИКИ			
	Мигматитовый подкомплекс	Мигматитовый комплекс	Временной ряд мигматитовых комплексов	Латеральный ряд мигматитовых комплексов
Вещественный состав	Монопородный — определяется сочетанием единообразной палеосомы и определенной неосомы	Полипородный — определяется разнообразным сочетанием палеосомы и неосомы	Полипородный — определяется разнообразием последовательно образующихся мигматитовых комплексов	Полипородный — определяется разнообразием мигматитовых комплексов различных структурно-вещественных зон
Строение конституционное	Неоднородность определяется степенью мигматизации протолита — отношением палеосомы к неосоме	Неоднородность определяется как разнообразием протолита, так и степенью его мигматизации	Неоднородность определяется последовательной сменой мигматитовых комплексов единой структурно-вещественной зоны	Неоднородность определяется разнообразием мигматитовых комплексов смежных структурно-вещественных зон
Строение геологическое	Монофациальное	Монофациальное	Полифациальный — определяется сменой минеральных фаций в последовательно образующихся мигматитовых комплексах	Полифациальный — определяется разнообразием минеральных фаций в смежных структурно-вещественных зонах
Соотношение с вмещающей средой	Самостоятельное геологическое тело	Самостоятельное геологическое тело	Одно совмещенное или несколько самостоятельных геологических тел, принадлежащих к последовательно образующимся мигматитовым комплексам	Отдельные самостоятельные тела в различных структурно-вещественных зонах
Событийные рамки проявления	Одна фаза тектоно-магматического цикла		Несколько фаз одного тектоно-магматического цикла	Одна фаза тектоно-магматического цикла, проявленная в смежных структурно-вещественных зонах

Глава VIII ИМПАКТНЫЕ (КОПТОГЕННЫЕ) ОБРАЗОВАНИЯ

VIII. 1. Систематика и классификация коптогенных (импактных) горных пород

Статья VIII. 1.1. К типу **коптогенных** (импактных) горных пород (от греч, «копто» — разрушать ударами) относятся продукты преобразований исходных пород других типов (седиментогенных, магматогенных, метаморфогенных и др.), вызванных высокоскоростными соударениями малых космических тел с Землей. Коптогенные (импактные) горные породы залегают в пределах круговых морфоструктур — импактных кратеров (или их древних эродированных и захороненных аналогов — астроблем). Эти породы образуют также ближние и дальние выбросы из этих кратеров, кроме того, их компоненты (импактные стекла в виде фрагментов, сферул и др.) могут входить в качестве примеси в некоторые осадочные и метаморфические породы.

Статья VIII. 1.2. Коптогенные горные породы включают ударно-метаморфизованные исходные горные породы, а также породы, возникшие при их плавлении, дроблении, переносе (выбросе) и аккумуляции расплавленного и раздробленного материала. Перенос и осаждение этого материала могут осуществляться как в субаэральных, так и в субаквальных обстановках. Коптогенные породы обладают признаками ударно-волновых преобразований (ударного метаморфизма и плавления), выраженными в структурно-текстурных особенностях пород, их минералов и различных стекол, а также в их составе. Минералого-петрографические признаки коптогенных пород (геобарометры и геотермометры) позволяют оценить параметры преобразований, происходивших при импульсном сжатии от первых до многих десятков ГПа, последующей разгрузке и высокотемпературном (при 1500—1800° и более) плавлении минерального вещества. Отдельные признаки таких преобразований являются макроскопическими (конусы разрушения). Коптогенные породы иногда контаминированы распыленным веществом ударивших космических тел, присутствие которого определяется геохимическими методами. Различные признаки ударного метаморфизма, наряду с особенностями залегания, служат основными критериями отнесения тех или иных пород к коптогенному типу, а также критериями их отличия от других типов горных пород. Коптогенные породы могут также подвергаться сопровождающим кратерообразованием воздействиям метоморфизма, дислокационного метаморфизма, бластеза, гидротермальных изменений, накладывающихся на признаки ударно волновых преобразований и в ряде случаев стирающих эти признаки. Ряд петрографических особенностей коптогенных пород из земных импактных структур аналогичен тем, которые наблюдаются и метеоритах, а также в образцах лунных пород, что позволяет судить об общности механизмов воздействия на минеральное вещество процессов, происходящих при высокоскоростных соударениях космических тел.

Статья VIII.1.3. Компонентами коптогенных горных пород являются:

- а) обломки различных исходных пород места удара и их минералов;
- б) минералы исходных пород, преобразованные при ударном сжатии от 5-10 ГПа и выше и при последующем повышении температуры (диаплектовые минералы и диаплектовые стекла по ним, минералы, возникшие при термическом разложении и инконгруэнтном плавлении);

в) ударные мономинеральные стекла, являющиеся результатом плавления минералов при разгрузке за фронтом ударной волны и последующей закалки расплавов, возникающих также при участии водного флюида;

г) импактные полиминеральные стекла, образующиеся при перемешивании и закалке нескольких ударных мономинеральных расплавов;

д) полиминеральные стекла, возникшие при наложенных пирометаморфическом и других типах плавления, а также полиминеральные стекловатые кристаллизационные остатки;

е) различные продукты девитрификации, раскристаллизации и вторичного изменения различных стекол;

ж) кристаллы новообразованных минералов, возникших при охлаждении различных расплавов;

з) гипербарические минеральные фазы;

и) новообразованные кристаллы и их агрегаты, возникшие при перекристаллизации, бластезе или гидротермальных преобразованиях перечисленных выше компонентов при общем охлаждении всей массы коптогенных пород.

В коптогенных породах нередко наблюдаются различные сложные сочетания перечисленных выше компонентов, отражающих ряд последовательных стадий превращения вещества исходных горных пород при импактных ударно-волновых преобразованиях, механических перемещениях и некоторых наложенных изменениях, протекающих в рамках единого процесса. Такие сочетания могут иметь диагностическое значение как показатели принадлежности пород к коптогенному типу.

Статья VIII.1.4. Систематика коптогенных горных пород предусматривает объединение их в различные иерархически соподчиненные таксоны — классы, подклассы и др. Критерии, по которым они выделяются, — степень преобразования исходных пород, характер залегания, тип и литологический состав фрагментов (кластов) и химический состав продуктов импактного плавления, их количественное соотношение с кластами и др.

Классы выделяются исходя из типа преобразования исходных пород места удара (пород мишени). Три основных класса этих пород включают соответственно ударно-метаморфизованные исходные породы, импактные литические брекчии и импактиты, обычно связанные между собой. По признакам сохранности первичных структур и состава исходных пород коптогенные породы первого из перечисленных классов могут рассматриваться как копто-метаморфизованные, а двух других как коптометаморфические образования. Породы первых двух классов содержат не более 10% продуктов импактного плавления (они могут и отсутствовать), породы третьего класса содержат более 10% этих продуктов или часто состоят из них целиком.

Статья VIII.1.5. Ударно - метаморфизованные породы представляют собой исходные породы (породы мишени), в различной степени преобразованные и относящиеся к непрерывному ряду продуктов прогрессивного ударною метаморфизма. Они полностью или частично сохраняют структурно текстурные признаки и состав различных исходных осадочных, магматических и метаморфических пород. Ударно-метаморфизованные породы имеют автохтонное или параавтохтонное залегание или входят в состав пород двух других классов в виде фрагментов. В автохтонном залегании эти породы характеризуются центробежной зональностью преобразований, связанной с затуханием ударной волны по радиусам от точки удара.

Импактные литические брекчии являются кластитамы, возникшими за счет дробления на месте, а также дополнительного переноса и отложения материала пород, в различной степени испытавших ударный метаморфизм. Брекчии имеют как автохтонное, так и

аллохтонное залегание. Последние образуют пластообразные тела, линзы. По сравнению с исходными породами некоторые из этих пород приобретают различные новые структурно-текстурные особенности и состав.

Импактиты представляют собой продукты плавления вещества исходных пород мишени, обычно также его перемешивания, переноса и последующей закалки или кристаллизации. При перемешивании и переносе одновременно происходят захват и полное или частичное поглощение расплавом продуктов дробления исходных пород. В процессе этих трансформаций импактиты по сравнению с последними приобретают различные новые структурно-текстурные особенности и состав. Импактиты характеризуются аллохтонным залеганием в виде пластов, линз, покровов, секущих неправильных тел.

Подразделение каждого класса коптогенных пород на таксоны более низкого порядка вплоть до видов и разновидностей производится по системам разных признаков и определяется основными особенностями пород соответствующего класса. Генетические соотношения исходных пород и возникших за счет различных коптогенных пород показаны на рис. VIII. 1.

Статья VIII.1.6. Класс ударно-метаморфизованных горных пород по степени ударно-волновых преобразований делится на подклассы, которые включают породы, подвергшиеся слабым, умеренным и интенсивным воздействиям, Границы между ними проводятся исходя из оценки уровня ударного сжатия: породы первого подкласса были преобразованы при сжатии до 20, второго — в пределах 20-35, третьего — от 35 до 45 ГПа, а в случае основных и ультраосновных исходных пород и более. Более дробные подразделения основываются на принадлежности первичных исходных пород к тому или иному типу, таким образом, они будут относиться к апоосадочным, апомагматическим или апометаморфическим. Номенклатура видов соответственно определяется принадлежностью породы к тому или иному подклассу и ее первичным характером, например, умеренно ударно-метаморфизованный песчаник, интенсивно ударно-метаморфизованный гнейс и т.д. Эти породы обычно трещиноватые, слабобрекчированные.

Статья VIII.1.7. Класс импактных литических брекчий делится на два подкласса — аутигенных (неперемещенных автохтонных или незначительно перемещенных параавтохтонных) и аллогенных (перемещенных аллохтонных) брекчий. По литологическому составу фрагментов первые почти всегда являются мономиктовыми, в то время как перемещенные брекчии могут быть мономиктовыми, олигомиктовыми и полимиктовыми. Дальнейшее подразделение брекчии определяется средним размером составляющих их обломков (мега-, мезо- и микробрекчии), а также возможной примесью частиц импактных стекол (до 10%). Номенклатура видов пород этого класса предусматривает характеристику всех этих особенностей (например, аутигенная мономиктовая мегабрекчия, коптокатаклазит, аллогенная полимиктовая стеклосодержащая мезобрекчия и т. д.).

Статья VIII. 1.8. Класс импактитов подразделяется на подклассы, породы которых образованы негомогенизированными продуктами ударного плавления и их последующего стеклования или кристаллизации (протоимпактиты) и продуктами закалки или кристаллизации гомогенизированных импактных расплавов (собственно импактиты). Протоимпактиты делятся на апоосадочные, апомагматические и апометаморфические. Протоимпактиты обычно встречаются в виде обломков в породах второго подкласса. Критериями подразделения подкласса собственно импактитов является химический состав их матрицы или валовой состав, определяемый комбинацией исходных пород, подвергшихся плавлению и перемешиванию.



Рис. VIII.1. Схема генетических соотношений различных коптогенных пород

Соответственно могут выделяться весьма высококремнеземистые, высококремнеземистые, умереннокремнеземистые, низкокремнеземистые и весьма низкокремнеземистые импактиты. Можно предполагать существование и карбонатных импактных расплавов, и импактитов соответствующего состава. Среди собственно импактитов различаются две группы — массивные, застывшие из расплава (тагамиты), и обломочные, в которых импактное стекло присутствует в виде фрагментов и бомб (зювиты). Матрица тагамитов или же класты импактных стекол в зювитах могут включать значительное количество захваченного лирического кластического материала, в том числе ударно-метаморфизованного. Матрица массивных пород может быть полностью или частично раскристаллизованной. В зювитах класты импактного стекла, а также бомбы стекла перемешаны с обломками пород и минералов. Номенклатура собственно импактитов основана на выделении пород тектических (тагамиты, коптогиалиниты, импактные пемзы, шлаки) и тектокластических (зювиты). Первые могут подразделяться более подробно в зависимости от количественных соотношений компонентов породы, степени раскристаллизации матрицы и др., например, гемикристаллические умереннокремнеземистые плекластовые тагамиты. В случае голокристаллического средне- и крупнозернистого сложения пород, застывших из импактных расплавов, они могут называться в соответствии с их количественно-минеральным составом подобно изверженным породам, например, к-граниты, к-нориты и пр., где буква «к» означает коптогенный или возникший при импактном кратерообразовании. Зювиты подразделяются в соответствии с количественными соотношениями клатов разного типа — литокласты, кристаллокласты, витрокласты и их средними размерами — пепловые, лапиллиевые, агломератовые (табл. VIII. 1).

Разновидности коптогенных пород каждого класса могут выделяться по любым структурно-вещественным признакам — минералого-петрографическим, литологическим, петрохимическим и др., иногда также по признакам залегания в виде жил, даек и пр. Для каждого класса или другого таксона коптогенных пород более низкого ранга эти признаки могут быть особыми.

VIII.2. Расчленение коптогенных (импактных) образований

Статья VIII.2.1. Несмотря на то, что коптогенные образования в ряде случаев характеризуются пластообразными формами залегания и несут признаки псевдостратификации, они не подчиняются правилам суперпозиции и могут расчленяться и картироваться в соответствии с принципами, принятыми для плутонических и гипабиссальных изверженных пород. Исключение составляет продукты дальних выбросов, образующие маломощные слои или горизонты пород с особыми чертами петрографического состава и геохимическими признаками связей с процессами коптогенеза. Коптогенные образования, приуроченные к отдельным импактным структурам, возникают в течение очень коротких с геологической точки зрения отрезков времени, поэтому среди них не выделяются разновозрастные единицы, хотя возникновение индивидуальных тел может происходить в той или иной последовательности.

Статья VIII.2.2. Расчленение коптогенных образований, развитых в той или иной импактной структуре или вблизи нее (выделение геологических тел, определение их границ, выделение картируемых геологических единиц и пр.), а также корреляция выделенных объектов связаны с рядом трудностей, обусловленных неомогенностью этих пород, их взаимопереходами, иногда последующими наложенными процессами. В общем случае все развитые в пределах какой-либо импактной структуры (астроблемы) новообразо-

КЛАССИФИКАЦИЯ ИМПАКТНЫХ (КОПТОГЕННЫХ) ПОРОД И ОСНОВНЫЕ ПЕТРОГРАФИЧЕСКИЕ ПРИЗНАКИ ПЕРЕМЕЩЕННЫХ ИМПАКТНЫХ БРЕКЧИЙ И ИМПАКТИТОВ

Форма залегания геологических тел		Исходные ударно-метаморфизованные породы	Импактные литические брекчии		Импактиты			
Автохтонные непемещенные породы (или включенные в виде кластов в аллохтонные породы)		Осадочные, магматические, метаморфические трещиноватые и брекчированные породы	Литические брекчии, коптокатаклазиты	Литические брекчии и коптокатаклазиты (иногда стеклосодержащие)	Протоимпактиты *			
Аллохтонные перемещенные породы (или инъецированные в автохтонные породы)			Литические брекчии (мега-, мезо- и микробрекчии)	Литические стеклосодержащие брекчии, (мега-, мезо- и микробрекчии)	Зювиты	Тагамиты		Коптогиалиниты (импактные пемзы, шлаки)
					Обогащенные кластами	Без кластов или с небольшим их количеством, а также их полнокристаллические аналоги **		
Агрегатное состояние	обломков	Нет	Л, К	Л, К, В	Л, К, В	Л, К	Л, К или отсутствуют	
	матрицы	Исходное	(К)	(К, В)	(К, В)	С, М	С, М	С
Содержание закаленных или раскристаллизованных продуктов ударного и импактного плавления (об. %)		Нет	Нет	<10	10-90	30-50	50-100	До 100

Л – литокласты, К – кристаллокласты, В – витрокласты, С – готюгиалиновая матрица, М – геми- или голокристаллическая матрица (в скобках – дисперсное состояние минерального вещества в матрице).

*Содержит > 10 об. % мономинеральных стекол ударного плавления.

**Голокристаллические импактиты могут называться в соответствии с их количественно-минеральным составом подобно изверженным породам, например, к-гранит, к-норит, и т.д., где «к» означает, что они возникли при импактном кратерообразовании.

ванные породы — импактные аллогенные брекчии и импактиты — следует относить « коптогенному комплексу, получающему название по соответствующей импактной структуре, например, *пучежский комплекс* по Пучеж-Катункской структуре или *карский комплекс* по Карской структуре. Возраст соответствующих комплексов отвечает времени ударного события.

Аутигенные (автохтонные и параавтохтонные) импактные брекчии, которые при удалении от центра импактной структуры постепенно переходят в трещиноватые, а затем в неизменные местные породы, и сохраняют структурно-вещественные признаки последних, не включаются в коптогенный комплекс и рассматриваются как продукты частичного преобразования среды, заключающей импактиты и импактные аллогенные брекчии. Аутигенные брекчии показываются на картах специальным крапом на фоне цветовой закрашки возраста подвергшихся брекчированию пород.

Статья VIII.2.3. Если возможна индивидуализация ассоциаций геологических тел импактных аллогенных брекчий и импактитов, позволяющая их задельное картирование и изображение на картах в соответствующем масштабе, они выделяются в подкомплексы. Названия подкомплексам даются в соответствии с названиями классов пород, которыми они сложены. В свою очередь отдельные геологические тела, образованные каким-либо преобладающим видом пород, могут объединяться в толщи. Последние именуется то составу этой породы. Помимо этих подразделений, могут быть выделены пласты, покровы, линзы пород, отличающихся какими-либо особенностями состава или структуры. Эти подразделения называются по соответствующим породам или их петрографическим особенностям.

Статья VIII.2.4. Как подкомплексы, так и различные подразделения более низких таксономических уровней, учитывая кратковременность их формирования, могут рассматриваться как различные фации или, точнее, макрофации выбросов. Выделение фаций, являющихся внетаксонными подразделениями, может производиться при детальном изучении перемещенных коптогенных образований исходя из признаков их внутреннего строения, состава, соотношения; окружающими геологическими телами, а также из реконструируемых динамических условий их формирования при кратерообразующем событии. Фации могут различаться по условиям преобразования исходного минерального вещества пород мишени, по способу и особенностям переноса материала, а также его отложения и последующего изменения, в том числе при охлаждении.

Статья VIII.2.5. Определение времени импактного события и соответственного геологического возраста того или иного коптогенного комплекса производится обычными геологическими методами и (или) изотопно-геохимическими методами по методам, стеклам, породам, пригодным для этой цели.

Статья VIII.2.6. Полигенные стратифицированные образования, возникшие в связи с отдельными импактными событиями (продукты дальних выбросов, частично перетолженные), расчленяются в соответствии с правилами, предусмотренными для стратифицированных осадочных образований. Их связь с такими событиями должна быть обоснована соответствующими исследованиями, а также отражена в названии выделяемого таксона (слоя, горизонта, свиты и пр.).

Г л а в а IX

ОСНОВНЫЕ ПРАВИЛА УСТАНОВЛЕНИЯ И НАИМЕНОВАНИЯ ПЕТРОГРАФИЧЕСКИХ ПОДРАЗДЕЛЕНИЙ РАЗЛИЧНЫХ ИЕРАРХИЧЕСКИХ УРОВНЕЙ

IX. 1. Законность (валидность) петрографических подразделений

Статья IX. 1.1. Каждое выделяемое петрографическое подразделение должно быть обосновано соответствующими этому подразделению признаками (ст. II.2, III.4, IV, V.3, VI.3, VII.2, VIII.2) и служить целям обособления закономерных совокупностей геологических тел определенного петрографического состава и возраста. Такое подразделение должно быть охарактеризовано согласно требованиям Кодекса и служить определенной единицей внутрирегиональной или межрегиональной корреляции эндогенных, осадочно-вулканогенных и коптогенных (на уровне комплексов, подкомплексов или рядов комплексов) образований.

Статья IX.1.2. Ранее установленные петрографические подразделения считаются валидными (т. е. признанными действительными, узаконенными) только тогда, когда они отвечают ст. IX. 1.1, имеют петротипы, утвержденные Региональным петрографическим советом, являются единицей схем корреляции эндогенных или коптогенных образований региона и входят в легенды к листам, сериям или группам листов Государственной геологической карты.

Статья IX.1.3. Вновь выделяемое петрографическое подразделение становится валидным только при соблюдении требований Кодекса и считается официально принятым после утверждения его Региональным петрографическим советом.

Характеристика нового базового петрографического подразделения — комплекса, которая может быть приведена в публикации или в геологическом отчете, должна содержать следующие данные:

— название, предложенное в соответствии с правилами настоящего Кодекса, историю изучения и обоснование выделения комплекса;

— географическое распространение (регион, тектонический элемент, структурно-вещественная зона);

— петрографический состав (главные и существенные виды) горных пород, их петрохимические и по возможности геохимические характеристики, внутреннее строение комплекса — конституционное и геологическое;

— геологическое строение подразделения (покровные, экструзивно-жерловые и субвулканические образования, фазовые тела плутонических массивов, дайковые образования и др.) и событийные рамки его проявления;

— соотношение с вмещающими геологическими образованиями и геологический возраст, в том числе поданным изотопного датирования;

— положение в региональной схеме корреляции магматических, метаморфических и других образований;

— соотношения с базовыми петрографическими подразделениями в смежных регионах (межрегиональная корреляция);

— сведения о петротипе (ст. IX.3.2).

Все принятые Региональным петрографическим советом базовые петрографические подразделения (эндогенные и коптогенные комплексы) должны иметь место в корреляционных схемах и легендах Государственных геологических карт.

Статья IX. 1.4. Вновь выделяемый комплекс может быть использован в серийных легендах, если в процессе их составления установлено его соответствие требованиям Петрографического кодекса, название и описание приведены в рукописи отчета или в объяснительной записке к серийной легенде, но при этом он должен считаться условно

валидным. Условная валидность такого подразделения должна быть подтверждена протоколом заседания НТС (редколлегии) организации, представляющей серийную легенду.

В серийной легенде после описания такого подразделения делается пометка «условно валидный», а в протоколе по приемке серийной легенды в НРС записывается поручение об обязательной публикации названия и описания подразделения в течение двух лет и утверждении этого подразделения в Региональном петрографическом совете. Публикацией может считаться изданная объяснительная записка к листу Госгеолкарты, входящему в серию.

Копии протоколов заседаний организаций, представляющих серийные легенды, содержащие условно валидные петрографические комплексы, должны быть направлены в региональные РМСК и региональные петрографические советы для включения этих комплексов в каталоги подразделений и для их учета и использования при составлении региональных схем корреляции.

Организации-заказчику геологических работ и подразделениям МСК и МПК необходимо принимать меры для своевременной публикации соответствующих материалов в отраслевых и ведомственных журналах и сборниках.

IX. 2. Правила наименования подразделений различных иерархических уровней

Статья IX.2.1. Каждое региональное петрографическое подразделение может иметь только одно название, которое должно быть валидным или условно валидным. Недопустимо использование различных наименований по отношению к одному и тому же петрографическому подразделению (синонимия); недопустимо применение одного и того же названия для разных петрографических подразделений (омонимия).

Статья IX.2.2. Полное название эндогенного, осадочно-вулканогенного или коптогенного комплекса является комбинированным и состоит из присвоенного ему географического наименования (индивидуальный признак) и петрографического прилагательного (видовой признак). Источником правильного географического наименования служат современные географические и топографические карты, атласы. Если комплекс не имеет присвоенного ему географического наименования, его следует предложить и утвердить в Региональном петрографическом совете. Названия петрографических комплексов пишутся со строчной буквы, например, *ивановский риолитовый комплекс*.

Рекомендация 1. В случае, когда стратифицированные (покровные) фации вулканического комплекса выделены в свиту, уже получившую валидное название, утвержденное МСК, это название может быть использовано для вулканического комплекса в целом с соответствующим изменением родового окончания названия, например, *сакмарская свита* — *сакмарский вулканический комплекс*. При обозначении возраста петрографических подразделений следует использовать прилагательные *ранний*, *поздний* (а не *нижний*, *верхний*) в сочетании с соответствующими геохронологическими терминами (*раннекембрийский*, *позднемеловой* и т. п.).

Рекомендация 2. При наименовании эндогенных и коптогенных комплексов рекомендуется отдавать предпочтение географическим названиям от естественных (а не административных) объектов, вблизи которых находится петротип комплекса; при этом общая часть географического названия (*гора*, *река*, *озеро* и т.п.) опускается, если только она не требуется для отличия двух идентичных названий, например, *медвежьегорский* и *медвежьеозерский*. Рекомендуется избегать выбора сложных и труднопроизносимых, а также близких по написанию названий, в особенности для петрографических подразделе-

ний, развитых в пределах одного района или близких по геологическому возрасту. Если исходное географическое название пишется через дефис, то так же следует писать название петрографического подразделения, например, *кара-хемский комплекс* — по реке Кара-Хем.

Статья IX.2.3. Состав эндогенного (или коптогенного) комплекса должен быть достаточно хорошо изучен, определен и отражен в петрографическом прилагательном его полного названия. Петрографическое наименование комплекса дается по названиям преобладающих или наиболее характерных пород, которые его составляют; оно может быть простым (*гранитовый, базальтовый, кинцигитовый*) или сложным (*габбро-плагиогранитовый, базальт - андезит - риолитовый, амфиболы - гнейсовый*).

Рекомендация 1. Не следует излишне усложнять названия комплексов, делая их более чем трех- или четырехчленными; не нужно стремиться в названии комплекса отразить всю сложность его вещественного состава, имея в виду, что петрографическое прилагательное характеризует не все особенности состава комплекса, а только наиболее существенные, по которым данный комплекс отличается от других комплексов.

Рекомендация 2. Для валидных петрографических комплексов недопустимы такие неконкретные общие наименования, как, например, омсучанский плутонический комплекс, т. е. без указания его петрографического состава. Рекомендуется также отказаться от петрохимических названий комплексом (например, щелочно-ультраосновной комплекс), что практиковалось на ранних стадиях его изучения, когда петрографический состав комплекса еще не был выявлен достаточно полно. В случаях, когда петрографическое название трудно выразить одним, хотя бы и составным прилагательным, его петрографический состав может быть отражен в форме дополнительного согласованного определения, например, *елетьозерский комплекс щелочных габброидов, щелочных и нефелиновых сиенитов*.

Рекомендация 3. При написании сложных петрографических названий комплексов следует придерживаться общего правила, согласно которому полное прилагательное относится к главной преобладающей части объекта: *габбро-плагиогранитовый комплекс* состоит существенно из плагиогранитов с подчиненным габбро. В случаях равных или изменчивых количественных соотношений в составе комплекса отдельных видов горных пород, когда ни один из них не может быть выделен в качестве постоянно преобладающего, рекомендуется располагать члены сложного петрографического прилагательного или в порядке возрастания кремнекислотности горных пород, что обычно отражает гомодромную направленность изменения состава комплексов, например, *андезит-дацит-риолитовый комплекс*, или в порядке ее убывания — при антидромном строении комплекса, например, *риолит-дацит-андезитовый*.

Рекомендация 4. В случаях, когда петрографический комплекс еще не утвержден и формационная принадлежность ассоциации горных пород еще не определена, но представление о самостоятельности объекта в регионе уже сформировалось, допускается выделение на картах, в корреляционных и стратиграфических схемах таких ассоциаций, например, *неогеновые трахибазальты Сихотэ-Алиня*, т. е. не называя их *трахибазальтовым комплексом* до его оформления в качестве валидного или условно валидного петрографического подразделения.

Статья IX.2.4. Названия впервые узаконенных в Кодексе укрупненных петрографических подразделений, как правило, являются составными из наименований крайних членов рядов комплексов (ст. III.4, гл. IV, разд. V.3, VI.3, VII.2, VIII.2).

IX. 3. Правила описания петротипов*

Статья IX.3.1. Петротип — конкретный петрографический объект (или группа сближенных объектов), выбранный в качестве типового, или обобщенный образ для конкретного базового петрографического подразделения — комплекса и представляющий собой основу для узнавания и выделения этого комплекса. Объект (или обобщенный образ), рекомендуемый в качестве петротипа, должен отражать комплекс во всей его полноте (включая его разноуровневые срезы, взаимодополняющие друг друга и отвечающие наиболее полному его содержанию), обладать максимальным количеством наблюдаемых коррелятивных признаков, иметь хорошую обнаженность и доступность для осмотра и изучения.

Рекомендация. В качестве петротипов для различных базовых петрографических подразделений могут быть приняты следующие петрографические объекты:

1) для вулканического комплекса — типовой (наиболее полный) разрез (или группа разрезов) покровных вулканических образований определенного петрографического и фациального состава, сочетающийся с максимально проявленными экструзивно-жерловыми и субвулканическими образованиями;

2) для plutonic комплекса — типовой интрузивный массив или группа сближенных интрузивных массивов с наиболее полным развитием фазовых и фациальных тел;

3) для гипабиссального комплекса малых интрузий — группа сближенных автономных малых интрузивных тел, отражающих все разнообразие их состава и строения;

4) для осадочно-вулканогенного комплекса — типовой (наиболее полный) разрез (или группа разрезов) стратифицированных осадочно-вулканогенных образований определенного вещественного и фациального состава, сочетающийся с максимально проявленными экструзивно-жерловыми и субвулканическими образованиями;

5) для метаморфических комплексов — типовое тело, сложенное метаморфическими породами определенной минеральной фации (ареальные комплексы) или закономерным сочетанием пород нескольких минеральных фаций (зональные комплексы);

6) для метасоматических комплексов — типовое зональное тело, сложенное породами определенной метасоматической триады, т. е. характеризующими полный цикл щелочных, кислотных и основных метасоматических пород или же, в зависимости от среза, одним-двумя элементами триады;

7) для мигматитовых комплексов — типовое тело, сложенное определенной совокупностью метаморфических, метасоматических или магматических пород.

Статья IX.3.2. Описание петротипов обязательно при проведении геологосъемочных работ, особенно для вновь вводимых комплексов.

Петрографические объекты, выбранные в качестве петротипов, описываются по единой схеме:

- точное местоположение (обзорная карта района);
- история выделения комплекса;
- положение в тектонической структуре района, в литостратиграфической схеме и в схеме корреляции магматических, метаморфических и метасоматических образований;
- форма геологических тел;
- типовой разрез или типовое площадное проявление комплекса;

* Для коптогенных пород петротипы не устанавливаются.

— внешний облик и петрографический состав пород объекта, текстурные и структурные признаки пород, парагенез породообразующих минералов — минеральный состав, аксессуарные минералы;

— петрохимические и геохимические особенности пород комплекса с использованием классификационных диаграмм и выявлением отличительных коррелятивных петрогеохимических признаков;

— петрофизические особенности пород, отражающие их положение (характеристику) в геофизическом поле;

— характеристика строения объекта;

— разрез покровной части составляющей вулканического комплекса и характер ее взаимосвязи с экструзивно-жерловыми и субвулканическими образованиями, с коагматичными плутоническими, а также характер переслаивания вулканитов с осадочными породами;

— схема внутреннего строения плутонического комплекса (морфология, соотношение фазовых и фациальных тел, зональность, характер контактов с вмещающими породами, структурно-текстурные особенности, дайковые породы);

— разрез и строение метаморфических, метасоматических и мигматитовых тел (состав, размеры, положение в региональной структуре и их взаимоотношение с вмещающими геологическими образованиями, положение в схеме минеральных фаций и описание метаморфической и метасоматической зональности);

— критерии определения геологического возраста, соотношение объекта с вмещающими геологическими образованиями, данные изотопного датирования;

— место хранения коллекции образцов горных пород, характеризующей петротип комплекса.

Петротип вновь устанавливаемого петрографического подразделения должен быть рассмотрен и одобрен специальной рабочей группой Регионального петрографического совета (РПС) и утвержден РПС. Описание утвержденных петротипов рекомендуется публиковать.

Рекомендация. В случае, когда петротип какого-нибудь комплекса при последующем изучении признается неудовлетворительным (т.е. не дающим необходимого представления о геологических и петрографических особенностях подразделения), рекомендуется выбрать другой, удовлетворительный дополнительный петротип и по возможности предложить новое название петрографического подразделения в соответствии со ст. IX.4.1.

Примечание. Не производится выделение петротипов для более крупных петрографических подразделений (временных и латеральных рядов и групп комплексов), поскольку последние рассматриваются как определенные совокупности конкретных магматических или метаморфических комплексов.

IX.4. Правила изменения статуса подразделений

Статья IX.4.1. Изменение содержания или объема петрографических комплексов (и как следствие, изменение их названия) может быть произведено в результате новых, более детальных исследований эндогенных или коптогенных образований, когда анализ нового фактического материала требует переопределения (уточнения), пересмотра (ревизии) или отклонения (упразднения) уже официально утвержденного базового петрографического подразделения.

Переопределение включает в себя прежде всего изменение представления о петрографическом составе эндогенного (или коптогенного) комплекса без изменения его объема и границ; вносятся исправления и дополнения в первоначальное его описание, оказавшееся недостаточно корректным. Это может повлечь за собой изменение петрографического прилагательного в названии комплекса, но не требует нового географического прилагательного. При этом право приоритета (разд. IX.5) не должно препятствовать исправлению первоначальной неправильной или неточной характеристики комплекса.

Ревизия включает в себя более значительный пересмотр содержания петрографического подразделения, ведущий к изменению его объема и границ. В результате ревизии на основе нового фактического материала возможны варианты: а) когда два-три (редко более) выделенных ранее комплексов необходимо объединить в один комплекс; б) один сложный комплекс, оказавшийся гетерогенным (разнородным), целесообразно разделить на два или более самостоятельных комплекса. При этом прежние подразделения упраздняются, а для нового объединенного комплекса может быть предложено либо новое название, либо составленное из названий соединяемых комплексов (например, *акчатау-калдырминский*), но при уточнении объема комплексов их первоначальные названия не следует применять для вновь образованных комплексов.

Устаревшее или выделенное не в соответствии с правилами Кодекса базовое петрографическое подразделение может быть отклонено или упразднено в следующих случаях: а) если доказана омонимия или синонимия в названии подразделения; б) если доказано отсутствие необходимости или недостаточной обоснованности выделения комплекса.

Восстановление названия и содержания петрографического подразделения, отклоненного по причинам, казавшимся в свое время вескими, но впоследствии признанным ошибочными, может быть произведено тем же порядком, что и все изменения в статусе эндогенных и коптогенных комплексов.

Статья IX.4.2. Предложения о выделении или изменении петрографических подразделений могут вносить на рассмотрение региональных петрографических советов специалисты и группы специалистов, производившие или производящие геологосъемочные или тематические работы на территории региона. Предложения первоначально рассматриваются организованной Региональным петрографическим советом рабочей группой, заключение которой затем обсуждается и утверждается на заседании РПС, а в особо сложных, спорных случаях — на очередном Региональном петрографическом совещании.

Рекомендация. В целях упорядочения работ по расчленению и корреляции эндогенных и коптогенных образований в каждом Региональном петрографическом совете рекомендуется иметь дежурный каталог валидных базовых петрографических подразделений по своему региону и систематически вносить в него принятые дополнения и изменения.

IX. 5. Авторство и право приоритета при установлении подразделений

Статья IX.5.1. Автором или авторами выделенного регионального петрографического подразделения является специалист или группа специалистов, которые впервые предложили и обосновали выделение конкретного подразделения, опубликовали его название и характеристику в соответствии с требованиями настоящего Кодекса.

Статья IX.5.2. Применение права приоритета необходимо для поддержания стабильности номенклатуры региональных петрографических подразделений. Правом при-

оритета охраняются названия (географические, петрографические) и характеристика всех валидных или условно валидных комплексов, которые нельзя изменять, не доказав в этом необходимости (разд. IX.4).

Статья IX.5.3. Если при дальнейших исследованиях комплекса подвергается переопределению (уточнению) только вещественный его состав без изменения представлений о его объеме, границах и географического названия, автором остается лицо, впервые установившее и заявившее это подразделение. Если же в процессе ревизии меняется объем комплекса и происходит либо расчленение его на два комплекса или более, либо объединение его с другими комплексами, то петрографические подразделения считаются вновь выделенными и авторами их становятся лица, предложившие и доказавшие целесообразность таких изменений.

Статья IX.5.4. В случае обнаружения синонимии (двух и более разных названий, присвоенных одному и тому же базовому петрографическому подразделению) предпочтение отдается названию, предложенному и использованному в корреляционных и стратиграфических схемах и опубликованному первым среди остальных синонимов.

При обнаружении омонимии (одного и того же названия, присвоенного разным петрографическим подразделениям) название остается только за одним петрографическим подразделением в соответствии с правом приоритета; для остальных «одноименных» петрографических подразделений должны быть предложены и утверждены другие наименования.

Рекомендация. Соблюдение права приоритета в названиях комплексов ограничено: одно только первенство не оправдывает сохранения их названия и содержания, если это подразделение ни хорошо обосновано, ни общепринято. Не рекомендуется изменять широко известные, устоявшиеся в геологической практике названия петрографических подразделений из-за обнаружения несоответствия праву приоритета, так как подобные изменения могут привести скорее к путанице в расчленении и корреляции эндогенных и коп тогенных образований, чем к их единообразию.

Все вопросы, связанные с ограничением права приоритета в выделении и наименовании петрографических подразделений, должны решаться региональными петрографическими советами, а в случае необходимости выноситься на обсуждение региональных петрографических совещаний.

Г л а в а X

ОБЩИЕ ПРАВИЛА КОРРЕЛЯЦИИ ПЕТРОГРАФИЧЕСКИХ ПОДРАЗДЕЛЕНИЙ

Статья X.1. Корреляция магматических, метаморфических, метасоматических и мигматитовых образований, для определения геологического возраста которых обычные стратиграфические методы неприменимы, является обязательной процедурой при региональных геологических исследованиях и проводится наряду с корреляцией стратифицированных осадочных и осадочно-вулканогенных (гл. IV) образований, выполняемой преимущественно на биостратиграфической основе.

Статья X.2. Корреляция петрографических объектов может производиться на различных уровнях: а) геологических фазовых и фациальных тел, образованных видами и разновидностями горных пород; б) определенных совокупностей этих тел — магматических, метаморфических и других комплексов и их составляющих; в) вулканоплутонических ассоциаций магматических комплексов; г) временных, латеральных и ла-

терально-временных рядов магматических, метаморфических, метасоматических и других комплексов — только при широких межрегиональных сопоставлениях (ст. III.5).

Основной является корреляция на уровне магматических, метаморфических и метасоматических комплексов и их составляющих — наиболее удобных и общепринятых единиц региональной петрографии, необходимых и достаточных как для картосоставительских работ средних масштабов, так и для регионального петрологического и металлогенического анализов.

Статья X.3. Корреляция магматических, метаморфических, метасоматических и мигматитовых комплексов производится одновременно как по временному (геохронологическому), так и по структурно-вещественному (формационному) признакам. Различаются две стороны корреляции:

1) возрастная, которая отражает соответствие пространственно разобщенных подразделений по их геологическому возрасту;

2) структурно-вещественная, которая устанавливает соответствие петрографических подразделений на основе аналогии их вещественного состава, строения и соотношения с вмещающей средой.

Рекомендация. Корреляция метаморфических комплексов, особенно в зонах их мигматизации или повторного метаморфизма, представляется более сложной. В случае возможности восстановить природу протолита комплекса сопоставление проводится по протолиту, а время проявления метаморфизма не коррелируется. Комплексы с неясной или недостаточно ясной природой протолита коррелируются по их структурно-вещественным признакам на уровне минеральных ассоциаций горных пород; аналогично происходит корреляция метасоматических и мигматитовых комплексов. Следует также отметить, что радиологические определения остаются во многих случаях единственным основанием для возрастных сопоставлений этих комплексов.

Статья X.4. Основным смыслом и содержанием корреляционных работ является составление по единому принципу и по единым формам региональных и межрегиональных схем корреляции магматических, метаморфических и других образований (прил. 6). Региональные схемы корреляции должны отражать соотношения и особенности комплексов и их составляющих в различных частях региона (например, подвижно-надвиговой системы), показывать соотношение их со стратиграфическими подразделениями и возрастное положение выделенных петрографических подразделений в Общей стратиграфической (геохронологической) шкале, принятой МСК. В корреляционной таблице каждой структурно-вещественной зоне или подзоне отводится вертикальная графа (прил. 6).

Схемы межрегиональной корреляции должны отражать соотношения и возрастное положение комплексов или их временных и латеральных рядов в различных частях мегаструктур (например, вулcano-плутонического пояса), а также их соотношение со стратиграфическими подразделениями в Общей стратиграфической шкале (прил. 7).

Корреляционные схемы, утверждаемые региональными петрографическими советами, должны базироваться на принятой для данного региона схеме структурно-вещественного районирования.

Рекомендация. Содержание корреляционных схем должно быть основано на сведениях о составе и строении магматических, метаморфических и других комплексов (с указанием их валидного или условно валидного наименования), об их геологическом и изотопном возрасте (с указанием метода изотопного датирования) и сопутствующей минерализации. В тех случаях, когда ассоциация магматических (метаморфических и др.) пород еще не выделена в комплекс с собственным валидным названием, слово *комплекс*

может быть сопряжено только с петрографическим определением (например, *комплекс лейкогранитов и аляскитов*); в тех же случаях, когда объем и границы коррелируемой ассоциации горных пород еще не определены, эта ассоциация в корреляционной схеме называется только по составу горных пород без слова *комплекс* (*базальты и андезиты; тоналиты, плагиограниты, гранодиориты, гнейсы и амфиболиты* и т. п.).

Статья X.5. При крупномасштабном геологическом картировании, предъявляющем особые требования к региональной корреляции магматических, метаморфических и метасоматических образований, основными объектами корреляции остаются магматические, метаморфические и другие комплексы и их составляющие, их возрастное положение, петрографический состав, но в таблицах корреляции предусматривается указание на дополнительные признаки состава и строения магматических, метаморфических и метасоматических комплексов и относящихся к ним отдельных фазовых и фациальных тел (прил. 6).

Рекомендация 1. Состав комплекса должен указываться на уровне преобладающих, в том числе специфических видов горных пород, а в отдельных случаях и разновидностей в соответствии с рекомендациями настоящего Кодекса (гл. III, V, VI и прил. 1,4). Групповые и недостаточно определенные названия горных пород (перидотиты, щелочные эффузивы, гранулиты и т. п.) должны быть исключены из корреляционных таблиц для крупно- и среднемасштабного геологического картирования. В таблицах особо указывается строение комплексов: фазовость (с указанием последовательности и состава фаз), дифференцированность, расслоенность в плутонических комплексах, соотношения фаз и фаций в вулканических комплексах, мощность вулканических покровных тел.

Рекомендации 2. В корреляционных схемах могут выделяться и сопоставляться метасоматические образования (метасоматические комплексы), которые по возрасту коррелируются с соответствующими плутоническими и вулканическими комплексами, а в отдельных случаях и с фазами этих комплексов. Метасоматические образования в схемах корреляции располагаются в одном возрастном ряду с соответствующими магматическими комплексами, а также с рудными образованиями. Рекомендуется выделять особыми шрифтами петрографические подразделения, с которыми непосредственно связаны рудные образования, с тем, чтобы отразить в корреляционных схемах признаки реально и потенциально рудоносных комплексов одного формационного вида.

Статья X.6. Полная согласованность схем корреляции магматических, метаморфических и других образований и региональных стратиграфических схем является необходимой конструктивной основой на всех стадиях геологической картографии — от мелкомасштабных карт различного геологического содержания до Государственных геологических карт масштабов 1: 1 000 000 и 1: 200 000.

Г л а в а XI

ОБЩИЕ ПРАВИЛА ФОРМАЛИЗАЦИИ ПЕТРОГРАФИЧЕСКИХ ТЕРМИНОВ

Статья XI.1. Развитие компьютерных технологий в геологической службе требует создания формализованной терминологической базы для широкого обмена информацией. Более того, возросший уровень системообразования, благодаря новым поколениям ЭВМ, позволяет снять ограничительные рамки применяющихся до сих пор кодовых и позиционных языков и выдвигает на первый план проблему неременной формализации и унификации применяемой лексики, что позволит «машинно» ориентировать геологи-

ческие (в том числе и петрографические) данные, включая и геологические тексты. Для достижения этой цели в качестве первого шага предлагаются единые правила лексикографической обработки закрепленных Кодексом названий магматических, метаморфических и других пород и валидных названий петрографических подразделений (магматических, метаморфических, метасоматических и других комплексов). Этим правилам предлагается строго следовать во всех случаях, когда имеется возможность (или есть перспектива) организовать хранение и обработку информации с использованием ЭВМ для систематизации, обработки и корреляции петрографических данных.

Статья XI.2. Для закрепленных Кодексом таксонов систематики магматических пород устанавливаются следующие правила однозначной формы представления терминов:

— для названий отрядов и подотрядов магматических пород предлагается инверсная форма представления словосочетания, что обеспечит структурирование информационно поискового языка (*породы ультраосновные, подотряд щелочной* и т. п.);

— имена семейств по правилам их образования должны записываться во множественном числе. Это позволит отличать название семейства от названия вида в тех случаях, когда эти имена совпадают (*гранодиориты* — семейство, *гранодиорит* — вид). Когда название семейства образуется из названий двух видов, то оно пишется через тире и также во множественном числе (*пироксениты* — *горнблендиты*, *дуниты* — *оливиниты*). Если же имя семейства образуется из сочетания существительного с прилагательным, то оно записывается в инверсной форме и во множественном числе (*ультрамафиты основные*, *сиениты фельдшпатоидные* и т. п.);

— наиболее используемым на практике таксоном является вид, поэтому единообразная запись названий видов способствует решению многих вопросов сопоставления в ЭВМ данных различных исследователей. Видовое имя — однокорневая или двукорневая лексическая единица; оно всегда должно быть представлено именем существительным в единственном числе. В соответствии со ст. III.2.2 Кодекса, не допускается разделять дефисом со ставные части, образующие двукорневое название вида (*габбронорит*, но не *габбро-норит*).

Кроме однословных названий горных пород (составляющих более 3/4 наименований всех видов магматических пород), Кодексом предусматривается употребление видовых названий в форме словосочетания, состоящего из прилагательного и существительного (*кварцевый диорит*, *щелочной трахит* и др.). При написании таких названий необходимо придерживаться единообразия: они должны записываться в прямой форме, без инверсии, и единственном числе. Это позволит отличать названия вида от собственных названий других таксонов (семейств, отрядов). Составные прилагательные записываются через дефис (*биотит-пироксеновый пикрит*), а если в названии участвуют два прилагательных, то на первое место ставится более общее (*щелочной микроклин-альбитовый гранит*).

Деление видов магматических пород на разновидности Кодексом не регламентируется (ст. III.2.3), но запись названий разновидностей необходимо формализовать. Имена разновидностей должны записываться всегда в инверсной форме и в единственном числе (*меланефелинит лейцитовый*, *онгонит слюдяной*, *лейкогранит турмалин-мусковитовый* и т. п.). В названиях разновидностей исключение составляют некоторые достаточно распространенные однословные имена, но они всегда имеют синонимом словосочетания (*эвкрит* — *габбро анортитовое*, *анкарамит* — *пикробазальт умереннощелочной* и др.).

Статья XI.3. При записи собственных названий метаморфических пород следует учитывать общие правила построения информационно-поисковых языков, имея в виду рекомендации МПК по рациональному наименованию метаморфических пород (разд. V.2).

Названия индивидов метаморфических пород записываются в единственном числе в инверсной форме. На первое место записи выносятся базовые термины, наиболее информативные слова вне таксономии: *сланец, кристаллосланец, гнейс, гранулит, эклогит, амфиболит, кинцигит, метасоматит* и некоторые другие.

Все определения к этим базовым существительным выносятся вслед за ними в следующем порядке: за существительным записываются простые и составные прилагательные, образованные из названий главных породообразующих минералов; составные прилагательные пишутся через дефис и заканчиваются названием преобладающего минерала (*гнейс гранат-биотитовый*); если горная порода содержит характерный минерал в объеме менее 5%, то от названия этого минерала образуется двукорневое прилагательное (*кварцсодержащий, ставролитсодержащий*); оно записывается также после существительного вслед за прилагательным, определяющим основной состав горной породы (*эклогит глаукофан - плагиоклазовый рутилсодержащий*). Определения текстурных и структурных особенностей метаморфической породы, если они вносятся в ее название, записываются на последнем месте после определения минерального состава породы (*гнейс кордиерит-плагиоклазовый очковый*).

Статья XI.4. В соответствии с правилами образования имени магматического или метаморфического комплекса (разд. III.4, V.3, гл. IX), в полное валидное название этого петрографического подразделения включаются две основные характеристики — признак географической принадлежности и признак петрографического состава; иногда приводится указание и на геологический возраст.

Создание основы для формализации языка, применяемого для обозначения региональных петрографических подразделений, требует соблюдения определенного места записи каждого признака в конкретном имени. Идентификатором имени комплекса служит его географическая составляющая, так как правилами предопределено отсутствие синонимии и омонимии при ее образовании (гл. IX). Поэтому географическое название записывается в форме прилагательного на первом месте словосочетания, и именно по нему будет вестись машинный поиск соответствующего магматического или метаморфического комплекса (*калдырминский, иртышский*).

На втором месте должно стоять слово *комплекс*, а непосредственно за ним прилагательное, характеризующее петрографический состав комплекса. Это прилагательное может быть простым (*гранитовый, базальтовый*) или образованным из названий двух-трех видов пород; в последнем случае оно записывается через дефис (*пироксенит-перидотитовый, базальт-андезит-риолитовый*), за исключением тех случаев, когда петрографическая определяющая комплекса дается в родительном падеже (*комплекс щелочных и нефелиновых сиенитов, комплекс натриевых базальтов*).

Возрастной признак комплекса, если его нужно вводить в название, располагается на последнем месте полного названия комплекса. Таким образом, запись названия магматического, метаморфического или любого другого комплекса должна иметь строго унифицированную форму: *туринский комплекс риолит-базальтовый, охотский комплекс диорит-гранодиоритовый поздне меловой, кейвский комплекс гнейсов и сланцев высокоглиноземистых* и т. п.

Статья XI.5. Введение в действие настоящих правил — попытка в широком масштабе организовать формализацию петрографической информации, так как данные раз-

ных исследователей (авторов) сопоставимы в ЭВМ только при условии узнавания их системой.

Руководствуясь изложенными выше правилами, геолог должен соответствующим образом оформлять (несмотря на некоторую непривычную форму записи) следующие материалы:

- титулы и заголовки разделов отчетов, объяснительных записок, статей;
- легенды к картам геологического содержания;
- рефераты, авторефераты, ключевые слова;
- ввод информации на магнитные носители.

Создание банка петрографических данных — это одновременно и подведение итогов изученности того или иного региона, и определение первоочередных задач региональных петрографических исследований в ближайшем будущем.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- Богатиков О. А., Косарева Л. В., Шарков Е. В. Средние химические составы магматических горных пород. Справочник. М.: Недра, 1987. 152 с.
- Богатиков О. А., Симон А. К., Шарков Е. В. Классификация магматических горных пород. 2000. <http://www.igem.ru/igem/petr/class.htm>
- Винклер Г. Генезис метаморфических пород. Пер. с англ. / Под ред. В. П. Петрова. М.: Мир, 1969. 247 с.
- Геологическая съемка метаморфических и метасоматических комплексов / Ред. В. А. Глебовицкий, В. И. Шульдинер. СПб.: ВСЕГЕИ, 1996. 446 с.
- Гордиенко В. В. Гранитные пегматиты. СПб.: Изд-во СПбУ, 1996. 272 с.
- Елисеев Н. А. Метаморфизм. Л.: Изд-во ЛГУ, 1959. 415 с.
- Ефремова С. В., Стафеев К. Г. Петрохимические методы исследования горных пород. Справочное пособие. М.: Недра, 1985. 511 с.
- Жданов В. В. К проблеме классификации метаморфических и метасоматических пород // Зап. ВМО. 2005. № 3. С. 131-140.
- Жданов В. В., Беляев Г. М., Блюман Б. А. и др. Региональные метаморфо-метасоматические формации. Л.: Недра, 1983. 280 с.
- Жданов В. В. Метасоматиты, опыт изучения и картирования. СПб.: Изд-во ВСЕГЕИ, 1999. 56 с.
- Заварицкий А. Н. Изверженные горные породы. М.: Изд-во АН СССР, 1961. 479 с.
- Классификация и номенклатура метаморфических горных пород. Справочное пособие / Под ред. Н. Л. Добрецова, О. А. Богатикова, О. М. Розена. Новосибирск: Изд-во ОИГГМ СО РАН, 1992. 205 с.
- Классификация магматических (изверженных) пород и словарь терминов. (Рекомендации Подкомиссии по систематике изверженных пород Международного союза геологических наук). М.: Недра, 1997. 248 с.
- Классификация и номенклатура магматических горных пород / О. А. Богатиков, В. И. Гоньшакова, С. В. Ефремова и др. М.: Недра, 1981. 160 с.
- Кузнецов Ю. А. Главные типы магматических формаций. М., 1964.
- Лампроиты / О. А. Богатиков, И. Д. Рябчиков, В. А. Кононова и др. М.: Наука, 1991. 302 с.
- Леба М., Штрекайзен А. Систематика магматических горных пород Международного союза геологических наук // Зап. ВМО. Ч. 120. 1991. №4. С. 1-20.
- Магматические горные породы (классификация, номенклатура, петрография). Т. 1. Ч. 1 и 2 / Гл. ред. О. А. Богатиков. М.: Наука, 1983. 768 с.
- Магматические формации СССР. В двух томах / Ред. В. Л. Масайтис, В. Н. Москалева, Н. А. Румянцева. М.: Недра, 1979.
- Масайтис В. Л., Райхлин А. И., Селивановская Т. В. Основные принципы классификации и номенклатуры взрывных брекчий и импактитов // Литология и полезные ископаемые. 1978. № 1. С. 125—133.
- Масайтис В. Л., Машак М. С., Райхлин А. И. и др. Алмазоносные импактиты Попигайской астроблемы. СПб.: Изд-во ВСЕГЕИ, 1998. 179 с.
- Метасоматизм и метасоматические породы / Отв. ред. В. А. Жариков, В. Л. Русинов. М.: Мир, 1998. 526 с.

Опыт разработки систематики и номенклатуры метаморфических пород на количественно - минералогической основе / Н. Л. Добрецов, А. А. Глаголев, В.А. Глебовицкий и др. // Изв. АН СССР. Сер. Геол. 1988 . № 1. С. 22—39.

Орлова М. П., Лебедева Л. И., Орлов Д. М. и др. Петрологическое изучение щелочных комплексов при средне- и крупномасштабном геологическом картировании. Методические рекомендации. СПб.: Изд-во ВСЕГЕИ, 1999. 100с.

Петрографический кодекс (магматические и метаморфические образования). СПб.: Изд-во ВСЕГЕИ, 1995. 128 с.

Петрография и петрология магматических, метаморфических и метасоматических горных пород / М. А. Афанасьева, Н.Ю.Бардина, О. А. Богатики и др. Ред. 15. С. Попов, О. Л. Богатики. М.: Логос, 2001. 768 с.

Петрохимия магматических формаций / Д. М. Орлов, Г. Н. Липнер, М. П. Орлова, Л. В. Смелова. Л.: Недра, 1991. 229 с.

Принципы расчленения и картирования гранитоидных интрузий. Методические рекомендации / Сост. Г. Л. Добрецов, С.А.Лесков, Ю.Б.Марин. Л., 1988. 61с. (ВСЕГЕИ).

Расчленение и корреляция магматических и метаморфических образований при крупномасштабном геологическом картировании (Таблицы диагностических признаков). Методические рекомендации / Под ред. В. Л. Масайтиса, В. Н. Москалевой, В. В. Жданова. Л.: Изд-во ВСЕГЕИ, 1988. 96с.

Румянцева Н. А. О классификации эффузивных пород // Зап. ВМО. Ч. 106. Вып. 1. 1977. С. 53-61.

Рыка В., Малишевская А. Петрографический словарь. М.: Недра, 1989. 590 с.

Сергеев С. А., Лохов К. И., Шевченко С. С. и др. Оптимальный выбор методов изотопного датирования и изотопно-геохимических исследований / Ред. О. В. Петров и М. И. Розин. СПб.: Изд-во ВСЕГЕИ, 2007. 48 с.

Справочное пособие по кристаллическим породам России/Ред. В. В. Жданов. СПб., 2004. Электронная версия.

Стратиграфический кодекс. Изд. 3. СПб.: Изд-во ВСЕГЕИ, 2006. 96 с.

Структуры и текстуры взрывных брекчий и импактитов//Труды ВСЕГЕИ. Нов.сер. 1983. Т. 316. 159 с.

Толковый словарь английских геологических терминов. Т. 1—3. М.: Мир/ Ред. М. Гери, Р. Мак-Афи мл., К. Вульф. Т. 1 - 1977. Т. 2 - 1978. Т. 3 - 1979.

Томкеев С. И. Петрологический англо-русский толковый словарь. Т. 1—2. М.: Мир, 1986.

Фролова Т. И., Бурикова И. А. Магматические формации современных геотектонических обстановок. М.: Изд-во МГУ, 1997. 320 с.

Шарпенюк Л. Н., Кухаренко Е. А., Костин А. Е. Новые положения Петрографического кодекса о вулканогенных образованиях// Вулканизм и геодинамика: Мат-лы III Всерос. симпозиума по вулканологии и палеовулканологии. Т. 3. Улан-Удэ: Изд-во Бурятского научного центра СО РАН, 2006. С. 652—656.

Igneous Rocks —A Classification and Glossary of Terms. Recommendations of the International Union of Geological Sciences Subcommittee on the Systematics of Igneous Rocks. 2nd edition / Ed. R. W. Le Maitre. Cambridge Univ. Press, 2002.

International stratigraphic guide. A guide to stratigraphic classification, terminology and procedure. N. Y., London, Sydney, Toronto, 1976.

Le Maitre R. W. A proposal by the IUGS Subcommittee on the systematics of igneous rocks for a chemical classification of volcanic rocks based on the total alkali silica (TAS) diagram//Australian J. of Earth Sci.: Melbourne, 1984. Vol. 31. 3. 243-255.

Kogarko L. N., Kononova V. A., Orlova M. P. Alkaline rocks and carbonatites of the world. P. 2. Forme USSR. 1995. Chapman and Hall, London, N. Y. 226 p.

North American stratigraphic code (North American commission on stratigraphic nomenclature) // Amer. Assoc. Petrol. Geol. Bull. 1983. Vol. 5. N 5. P. 841-875.

Sheridan M. F, Wohletz K. H. Hidrovolcanism: basic considerations and review//J. of Volcanology and Geothermal Res. 1983. 17. P. 1- 29.

Streckeisen A. Plutonic rocks. Classification and nomenclature recommended by the IUGS Subcommittee on the systematics of igneous rocks//Geotimes. 1973. Vol. 18. N 10. P. 26-30.

Streckeisen A. To each plutonic rock its proper name//Ears Sci. Rev. Intern. Mag. for Geo-Sci. Amsterdam. 1976. Vol. 12. P. 1-33.

Streckeisen A. IUGS Subcommittee on the systematics of igneous rocks. Classification and nomenclature of volcanic rocks. Lamprophyres, carbonatites and meli-lite rocks. Recommendations and suggestions // Neues Jahrbuch for Mineralogie. Stuttgart. Abhandlungen. 1978. Vol. 143. P. 1-14.

**ПРИЛОЖЕНИЯ
К ПЕТРОГРАФИЧЕСКОМУ
КОДЕКСУ РОССИИ**

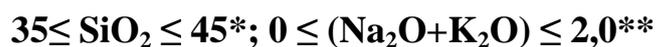
КЛАССИФИКАЦИОННЫЕ ТАБЛИЦЫ МАГМАТИЧЕСКИХ (ВУЛКАНИЧЕСКИХ И ПЛУТОНИЧЕСКИХ) ПОРОД

В табл. 1—22 в заголовках указаны формальные значения границ отрядов магматических горных пород по содержанию SiO_2 и подотрядов по суммарной щелочности. Реально существующие виды не имеют таких четких границ, поэтому для них могут наблюдаться отклонения от этих значений (интервал перекрытия или неопределенности $\pm 2\%$, иногда более), связанные в ряде случаев с процессами контаминации, особенностями выплавления и другими причинами.

Условные обозначения минералов

Ab – альбит	Ks – кальсилит
Aeg – эгирин	Lc – лейцит
alk – приставка, обозначающая щелочность	Lc' – псевдолейцит
Am – амфибол	Lep – лепидомелан
Aug – авгит	Ld – лепидолит
An – анортитовая составляющая в плагиоклазе	Mc – слюда
Anc – анальцим	Mel – мелилит
Bt – биотит	Mnt – монтичеллит
Can – канкринит	Mt – магнетит
Cpx – клинопероксен	Mus – мусковит
Chr – клинопироксен	Ne – нефелин
Di – диопсид	Ol – оливин
En – энстатит	Olg – олигоклаз
F – фельдшпатоид (фоид)	Opх – ортопироксен
Fa – фаялитовая составляющая в оливине	Ort – ортоклаз
Fsp – калиевый и калиево-натриевый полевой шпат	Per – перовскит
Gr – гранат	Phl – флогопит
Hbl – роговая обманка	Pl – плагиоклаз
Ilm – ильменит	Px – пироксен
	Q – кварц
	Sod – содалит
	Tiaug – титанавгит
	Timt – титаномагнетит

Ультраосновные вулканические породы; подотряд нормальнощелочных



Семейство горных пород	Пикриты (MgO > 18%)				
Виды горных пород	Пикрит	Ферропикрит	Низкотитанистый пикрит	Высокотитанистый пикрит	Ультраосновной пикробазальт
Модальный минеральный состав, об. %	Вкрапл.: Ol 20-70, Срх 0-30, Hbl 0-10 Осн. масса: Срх, Ol 0-5, P1 0-20, Mt, стекло, ± Hbl, Phl	Вкрапл.: ±Ol, ±Ср, Chr Осн. масса: Ol, Срх, Hbl, Chr, Mt	Вкрапл.: Ol до 50, Срх 0 - до 60 Осн. масса: Срх, Ol, Mt, стекло, ±P1	Вкрапл.: Ol, ±Ср, (Ol до 70%) Осн. масса: Ol, Срх, Mt, стекло	Вкрапл.: Ol, Срх Осн. масса: Ol, Срх, Mt, P1, стекло
Граничные содержания породообразующих оксидов мас. %					
SiO ₂	38-45*	37-45*	37-45*	35 - 45*	42-45
TiO ₂	0,5-1,7	0,8-2,5	0,05-0,6	0,8 - 4,9	0,8-1,6
Al ₂ O ₃	4,5-8,5	5-9	1-12	0,5 - 7	6,9-10
Fe ₂ O ₃	1,9-9,0	1,5-8,0	1-8	3,2-12,5	4,9-8,3
FeO	3,5-9,2	6-14	2-12	4-11,5	6,5-8,3
MgO	18-35	18-30	18-36	18-41	12-18
CaO	2,5-6,5	2,2-9,5	0,1-14	1,2-13	3,1-6
Na ₂ O	0,1-0,4	0,3-1,0	0,01-1,0	0,01-1,0	0,2-1,5
K ₂ O	0,05-0,4	0,05-0,5	0,01-0,5	0,01-1,5	0,1-0,7
Некоторые разновидности	Роговообманково-пироксеновые (Hbl > 5), плагиоклазовые (океаниты)	Феррокоматит***	Коматииты*** перидотитовые >25% MgO; пироксенитовые <25% MgO	Плагиоклазовые высокотитанистый пикрит Меймечит — высокомагнезиальная и очень редкая разновидность высокотитанистых пикритов	

	$Al_2O_3/TiO_2 - 3,0-15$	$Al_2O_3/TiO_2 - 3,0-15$ $FeO+Fe_2O_3>14$	$Al_2O_3/TiO_2>15$	$Al_2O_3/TiO_2<3$	Al_2O_3/TiO_2
Характерные особенности видов	Структура пироксено-оливинофировая, присутствие нормативного и часто модального плагиоклаза (<20) и флогопита (<5) в основной массе	Структура порфировидная, иногда массивная. Возможны структуры типа спинифекс	Преобладают афировые разновидности		

* Породы, по качественному минеральному составу в целом соответствующие пикритам, в ряде случаев могут содержать $SiO_2 > 45\%$, являясь продуктами особого типа выплавления или контаминации.

* При содержании щелочей $> 1,5—3\%$ (в зависимости от содержания кремнезема) породы могут рассматриваться как умеренно-щелочные.

** Разновидности с закалочной структурой спинифекс, обусловленной дендритовыми скелетными формами развития кристаллов оливина и (или) пироксена.

Ультраосновные плутонические породы; подотряд нормальнощелочных

$$33 \leq \text{SiO}_2 \leq 45; 0 \leq (\text{Na}_2\text{O} + \text{K}_2\text{O}) \leq 2.0$$

Семейства горных пород	Оливиниты—дуниты		Перидотиты			
Виды горных пород	Оливинит	Дунит	Гарцбургит	Лерцолит	Верлит	Перидотит роговообман- ковый
Модальный минеральный состав, об. %	OI 90—95 Opx+Cpx < 5 Mt ± Pег до 10 ±Chr	OI 90—99 Chr до 10 Opx+Cpx до 10	OI 40—90 Opx 10—60 Cpx < 10 Chr	OI 40—80 Opx 10—50 Cpx 10—50 Chr	OI 40—90 Cpx 10—60 Opx < 10 Hbl < 5 Mt, Chr	OI 40—70 Opx+Cpx 10—50 Hbl 10-40
Граничные содержания породообразующих оксидов, мас. %						
SiO ₂	35*—41	35*—40	36*—44	36—45	40—45	40—45
TiO ₂	0,2—1,7	0—0,2	Сл. —0,2	0,03—0,3	0,05—1,2	0,1—0,8
Al ₂ O ₃	0,2—2	Сл. —2,5	0,2—2,5	1—4	0,4—5,5	4—8
Fe ₂ O ₃	4—10	0,5—7	1,5—5	3—8	2—7	4—8
FeO	6—12	3—6	2,5—7	4—8	3—10	7—10
MgO	37*—48	38*—50	37—48*	29—45	28—42	18—30
CaO	0,2—2	0—1,5	0,2—2	2—8	2—12	4—12
Na ₂ O	0—0,5	0—0,3	0—0,3	Сл. —0,6	Сл. —1,0	0,2—1,2
K ₂ O	0—0,6	0—0,2	0—0,1	0—0,2	0—0,5	0,2—0,8
Некоторые разновидности	Магнетитовый * (перовскит-магнетитовый) оливинит, хромитовый дунит и магнетит-хромитовый дунит (гулинский комплекс) Mt, Timt и Chr		Плагиоклазовые (P1 до 10%)			Кортландит Шрисгеймит

<p>Характерные особенности семейства</p>	<p>Структура панидиоморфнозернистая, у оливинитов часто сидеронитовая. Породы обычно в той или иной степени серпентинизированы</p>	<p>Структура гипидиоморфнозернистая с резким идиоморфизмом оливина вплоть до образования пойкилитовых структур, особенно характерных для роговообманковых перидотитов. Обычна серпентинизация; в сильно серпентинизированных разновидностях границы зерен оливина исчезают, а пироксен в массе серпентина сохраняется в виде псевдопорфировых выделений. Для гарпбургитов характерны полные псевдоморфозы серпентина по ортопироксену (бастит)</p>
--	--	--

* В других разновидностях возможны более низкие содержания SiO_2 , Mg_2O и некоторых других окислов, но при этом они могут быть обогащены Ti, Cr, Fe.

Ультраосновные вулканические породы; подотряд щелочных

 $35 \leq \text{SiO}_2 \leq 45$; $1 \leq (\text{Na}_2\text{O} + \text{K}_2\text{O}) \leq 14$ при $1 \leq (\text{Na}_2\text{O} + \text{K}_2\text{O}) \leq 3$ — подотряд умереннощелочных

Семейства горных пород	Пикриты умеренно-щелочные	Пикриты щелочные		Мелилититы	
Виды горных пород	Биотитовый пикрит	Мелилитовый пикрит	Фельдшпатоидный пикрит	Мелилитит	Рушаит
Модальный минеральный состав, об. %	Ol>25 Cpx 20-60 Bt+(Phl) 10-30 Am 0-10 F 0-5 ±стекло Timt до 10	Ol>25 Cpx 20-50 Mel 5-25 Bt+(Phl) 0-10 Ne 0-5 Lc 0-5 ±стекло Timt до 10	Ol>25 Cpx 20-50 ±Ne±Lc±Anc 5-20 Mel 0-5 Bt+(Phl)+Am 0-15 Timt до 10	Mel 10-60 Ol 0-25 Cpx 5-60 Ne±Lc±Ks 0-20 Bt+(Phl)+Am 0-10 Mel>F Timt	Mel 30-60 Ol 0-25 Cpx 0-5 Ne+Lc+Ks 0-30 стекло 0—50 Bt+(Phl) 0-5 Timt
Граничные содержания породобразующих оксидов, масс.					
SiO ₂	37-41	38-40	39-41	35-39	35-37
TiO ₂	1-4,5	1-5	1-4,5	1-5	2-5
Al ₂ O ₃ ,	4-7	4-7	4-7	6-15	6-12
Fe ₂ O ₃ ,	4-8	4-8	4-8	5-15	6-8
FeO	6-12	6-9	6-12	2-10	5-8
MgO	18-30	18-25	18-30	5-18	12-15
CaO	6-10	10-15	6-10	12-20	13-17
Na ₂ O	0,1-1	0,5-1,5	1-2,5	1-5	2-4
K ₂ O	1-2,5	1-3	0,5-3,5	1-5	2-4
Тип щелочности	Калиевый и калиево-натриевый				

<p>Некоторые разновидности</p> <p>по характерным второстепенным минералам</p> <p>по присутствию вулканического стекла</p>	<p>Амфиболо-биотитовый</p> <p>—</p>	<p>Нефелин-мелилитовый, лейцит-мелилитовый</p> <p>—</p>	<p>Нефелиновый (хатангит), лейнитовый (угандит), кальситовый, анальдимовый и т.д.</p> <p>—</p>	<p>Нефелиновый, лейцитовый, оливинный</p> <p>—</p>	<p>—</p> <p>Гиалорушаит</p>
<p>Характерные особенности семейств и видов</p>	<p>Все виды изобилуют вкрапленниками оливина (до 50-70 %). Базис существенно пироксеновый, часто обогащен биотитом и амфиболом; калиевые минералы в интерстициях или образуют микролиты в стекловатом мезостазице</p>			<p>Вкрапленники оливина, мелилита (в мелилититах), клинопироксена погружены в клинопироксен-мелилитовый, мелилитовый или фельдшпатоид-мелилитовый микролитовый или стекловатый базис, иногда с примесью биотита (флогопита)</p>	

Семейства горных пород	Фоидиты ультраосновные				
Вилы горных пород	Меланефелинит	Нефелинит	Мелаанальцимит	Мелалейцитит	Кальсилитит
Модальный минеральный состав, об. %	Срх 30-70 Ne 10-40 Ol 0-25 Mel 0-20 Lc 0-10 стекло 0—10 Vt+(Phl) 0-10	Ne 40-60 Срх 30-50 Le 0-20 Vt+(Phl) 0-10 Mel 0-5 Ol 0-5	Срх 30-70 Апс 10-30 Ol 0-25 Vt+(Phl) 0-10	Срх 30-70 Lc 10-40 Ol 0-25 Mel 0-10 Ne 0-10 Ks 0-10 Vt+(Phl) 0-5	Срх 30-70 Ks 10-30 Ol 5-25 Mel 0-10 Ne 0-10
Граничные содержания породобразующих оксидов, мас. %					
SiO ₂	38-44	40-46	40-46	39-46	38-44
TiO ₂	1,5-5	0,5-3,5	1-5	2,5-6	3-5
Al ₂ O ₃	7-15	15-22	7-15	7-14	6-10
Fe ₂ O ₃	4-10	4-8	2-7	3-9	4-9
FeO	3-10	2-7	4-10	4-10	5-10
MgO	5-18	1-7	6-17	4-18	8-18
CaO	10-14	7-11	8-15	8-14	10-16
Na ₂ O	2-5	5-10	2,5-6,5	1,5-4	1-2
K ₂ O	1-3	2-8	0,5-2,5	3-6	4-6
Тип щелочности	Калиевый и калиево-натриевый			Калиевый	
Некоторые разновидности					

<p>по характерным второстепенным минералам</p> <p>по присутствию вулканического стекла</p>	<p>Лейцитовый, оливин-лейцитовый (онкилонит), оливиновый, биотит-амфиболовый (весселит)</p> <p>Гиаломеланефелинит (авгитит), оливиновый гиаломеланефелинит (лимбургит)</p>	<p>Нозеановый (нозеанит), лейцитовый (этиндит), полевошпатовый, биотитовый (бермудит)</p> <p>—</p>	<p>Лейиитовый, нефелиновый, полевошпатовый</p> <p>—</p>	<p>Кальсилитовый, нефелиновый, полевошпатовый, оливиновый (угандит)</p> <p>—</p>	<p>Лейцитовый, оливиновый (мафурит), мелилитовый</p> <p>—</p>
<p>Характерные особенности семейств и видов</p>	<p>Вкрапленники в меланефелините—оливин и клинопироксен, в нефелините еще и нефелин. Структура базиса микролитовая или нефелинитовая. Стекловатый мезостазис обычно замещен цеолитами, карбонатом, хлоритом</p>			<p>Вкрапленники часто обильные, образованы оливином и клинопироксеном, микровкрапленники — клинопироксеном, лейцитом, кальсилитом. В некоторых разновидностях базис частично стекловатый, отмечаются ксенокристаллы флогопита</p>	

Ультраосновные плутонические породы; подотряд щелочных
 $34 \leq \text{SiO}_2 \leq 45; 1,5 \leq (\text{Na}_2\text{O} + \text{K}_2\text{O}) \leq 20$

Семейства горных пород	Мелилитолиты					Фоидолиты ультраосновные*				
Виды горных пород	Ункомпагрит	Турьяит	Окаит	Кугдит	Мелилитолит	Якупирангит	Мельтейгит	Ийолит	Уртит	Миссурит
Модальный минеральный состав, об. %	Mel 60 - 80 Cpx 10 - 30 Timt+Per 5 - 10	Mel 30 - 75 Cpx 10 - 30 Ne 10 - 30 Timt+Per 5 - 10	Mel 50 - 85 Ne 10 - 40 Timt+Per 5 - 10	Mel 50 - 85 Ol 10 - 40 Timt+Per 5 - 10	Mel 80 - 95 Timt+Per 5 - 10 Ne, Cpx до 5 - 10	Cpx 80 - 90 Ne 0 - 10 Timt 5 - 10	Cpx 40 - 70 Nc 10-50 (Cpx>Ne) Timt 5 - 15	Ne 50 - 70 Cpx 20 - 40 Timt 0 - 10	Ne > 70 Cpx < 20 Timt 0-10	Cpx 40 - 60 Lc 10 - 30 Ol 0 - 15 Ne 0 - 10 Anc 0 - 10 Phl 0 - 10 Timt 5 - 10
Граничные содержания породообразующих оксидов, мас. %										
SiO ₂	36-41	36-40	37,5-40	37-40	34-43	35-46	39-43	38-44	39-45	42-46
TiO ₂	1,7-3,5	1,7-3,5	1,7-3,5	1,3-3	1-3	1-6	1,5-4	0,5-4,5	0,3-2,5	1-2
Al ₂ O ₃	3,7-7,5	8-12,5	15-17	1,5-5	3-7	2,5-8	3,5-17	15-23	23-30	8-12
Fe ₂ O ₃	5-9	5-9	4-6	4-7	2,5-7	6-12	2,5-8	3-7	1-6	3-6
FeO	2-6	3-6	3-4	6-8	4,5-6,5	5-9	4-10	1-5	0,4-4	5-8

MgO	9-13,5	8-13	5,5-6,5	15-25	9-12	10-14	4-11	1,5-8,5	0,2-3,5	8-15
CaO	24-32	18-29	17-31	17-30	27-34,5	16-23	10-16	6-12	1-6	10-14
Na ₂ O	1,5-3	3-7	4-7,5	1,2-2,5	1,2-2,5	0,5-2	2-6	6-9	9-14	1-2
Ka ₂ O	0,15-0,5	1,2-2,5	1,2-2	0,1-0,8	0,2-0,5	0,1-1,5	1-2,5	1,5-4,5	4-6,5	2-6
Тип щелочности	Калиево-натриевый					Калиево-натриевый		Натриевый		Калиевый
Некоторые разновидности по второстепенному минералу						Полевошпатовый, псевдолейцитовый, оливиновый, апатитовый, рудный	Полевошпатовый, волластонитовый, оливиновый	Лейцитовый, волластонитовый	Лейцитовый	—
Характерные особенности семейств и некоторых видов	Структура гипидиоморфнозернистая с рядом идиоморфизма: Ol>Срх>Mel>Ne, но в некоторых разновидностях идиоморфизм Ne>Mel. Часто присутствуют Vt, Phl и Gg вторичного происхождения					Структуры панидиоморфнозернистые, призматически- и таблитчатозернистые, гипидиоморфнозернистые с элементами пойкилитовой, сидеронитовой (у якупирангита), аллотриоморфнозернистой (у миссурита). В меланократовых видах идиоморфизм Срх>Ne, клинопироксен представлен чаще авгит-диопсидом, авгитом или титанавгитом; в лейкократовых — идиоморфизм равен или Ne>Срх, клинопироксен содержит, как правило, повышенную примесь эгиринового минала. Для меланнократовых видов характерна трахитоидная текстура				

* Практически непрерывный ряд с переходными разностями ийолит-мельтейгит, ийолит-уртит и т.п.

**Основные вулканические породы; подотряд нормальнощелочных
 $45 \leq \text{SiO}_2 \leq 52$; $0,5 \leq (\text{Na}_2\text{O} + \text{K}_2\text{O}) \leq 5$**

Семейства горных пород	Пикробазальты (MgO =12—18%) основные				Базальты				
Виды горных пород	Основной пикробазальт	Высокотитанистый пикробазальт	Низкотитанистый пикробазальт (в т. ч. коматиитовый пикробазальт)	Ферропикробазальт	Магнезиальный базальт	Оливиновый базальт	Базальт	Плагиобазальт (лейкобазальт)	Гиперстеновый базальт
Модальный минеральный состав	Вкрапл.: Ol, Cpx Осн. масса: Ol, Cpx, Mt, Pl, стекло	Вкрапл.: $\pm\text{Ol}$, $\pm\text{Pl}$ Осн. масса: Cpx, Tmt, $\pm\text{Vt}$	Вкрапл.: Ol Осн. масса: Cpx, Ol, Chr, Mt, стекло	Вкрапл.: $\pm\text{Ol}$, $\pm\text{Cpx}$, Chr, Mt Осн. Масса: Cpx, Mt, Pl, Hbl, стекло	Вкрапл.: Cpx, $\pm\text{Ol}$, Орх Осн. масса: Cpx, $\pm\text{Ol}$, Орх, Pl, стекло	Вкрапл.: Ol, Cpx, Pl Осн. Масса: Pl, Cpx, Ol, Mt, $\pm\text{Orx}$, Hbl, стекло	Вкрапл.: Cpx, Pl (An ₃₀₋₉₀), $\pm\text{Ol}$, Орх Осн. масса: Pl, Cpx, Mt, Орх, стекло, $\pm\text{Fsp}$ (последний в щелочно-известковистых разновидностях)	Вкрапл.: Pl (An ₃₀₋₉₀) Осн. масса: Pl, Cpx, Орх, Hbl, стекло, $\pm\text{Q}$, Fsp (последний в щелочно-известковистых разновидностях)	Вкрапл.: Pl (An ₃₀₋₉₀), Cpx, Орх, Mt, $\pm\text{Ol}$ Осн. масса: Pl, Cpx, Орх
Граничные содержания породобразующих оксидов, мас. %									
SiO ₂	45-49	45-48	45-50	44-50	45-52	47-49	47-52	46-52	48-52
TiO ₂	0,8-1,6	2,5-5	0,3-0,6	2-3	0,1-0,9	1,5-2	1-2,5	0,5-1,5	0,7-1

Al ₂ O ₃	11-15	7-9	9-12	7-12,5	5 - 12	13-15	14-18	16-20	18-21
Fe ₂ O ₃	4,9-8,3	2-9		1,5- 6,5	0,5-6	3-5	2-5	3-6	3-5
FeO	6,5-8,3	6-4	10-12	8-14,5	3-10	8-10	6-10	4-8	4-8
MgO	12-18	12-18	12-18	12-18	8-12	7-9	5-7	3-6	5-7
CaO	6-10	7-10	5-12	7- 12	2-12	9-12	6-12	6-12	9-10
Na ₂ O	0,1-1,5	1-2	0,3-1,7	0,2-1,5	0,3-3	2,5-3	1,5-3	1,5-4	2- 3
K ₂ O	0,05-0,5	1-2	0,4-2	0,1-0,5	0,1- 0,5	0,1-0,5	0,1-1,5	0,5-1	0,5-1,5
Некоторые разновидности	В бонинит-марианитовой серии две разновидности: марианобазальт — Орх>Срх, MgO=15-20%, CaO=8-12% и бонибазальт - Срх> >Орх, MgO=8-15%, CaO=8-12%		Коматиитовые пикробазальты — породы, имеющие структуру спинифекс и являющиеся членами коматиитовой серии			При K _φ * =60-75 - железистые, при K _φ >75 - ферробазальты			
	Пикродолерит, высокотитанистый пикродолерит и т.д. — полнокристаллические разновидности пород семейства пикробазальтов**				При Pl (An>50) - известковистые; при Pl (An ₃₀₋₅₀) и ±Fsp - щелочно-известковистые				
Характерные особенности семейств и некоторых видов	Al ₂ O ₃ /TiO ₂ - 3-15	Al ₂ O ₃ /TiO ₂ <3	Al ₂ O ₃ /TiO ₂ >15	Al ₂ O ₃ /TiO ₂ - 3-15 Fe ₂ O ₃ +FeO >I4	—	—	Структура только порфировая, часто сериально-порфировая		

* K_φ = 100 (Fe₂O₃+ FeO) / (Fe₂O₃+ FeO +MgO).

**Так же называются их гипабиссальные аналоги

Основные плутонические породы; подотряд нормальнощелочных
 $45 \leq \text{SiO}_2 \leq 52$; $0,5 \leq (\text{Na}_2\text{O} + \text{K}_2\text{O}) \leq 5$

Семейства горных пород	Пироксениты-горнблендиты (ультрамафиты основные)			Пироксениты-горнблендиты (ультрамафиты основные)				
Виды горных пород	Ортопироксенит	Оливиновый ортопироксенит	Вебстерит	Оливиновый вебстерит	Клинопироксенит	Оливиновый клинопироксенит	Горнблендит	Оливиновый горнблендит
Модальный минеральный состав, об. %	Орх 90-100 Срх < 10 Ол < 5 Нбл < 10	Орх 50-90 Ол 5-40 Срх < 10 Нбл < 10	Орх 5 - 90 Срх 5 - 90 Ол < 5 Нбл < 10	Орх 10-80 Срх 10- 80 Ол 5-40 Нбл < 10	Срх 90-100 Орх 10 Ол 5-40 Нбл < 10	Срх 50-90 Ол 5-40 Орх < 10 Нбл < 10	Нбл 90-100 Срх+Орх 10 Ол < 5	Нбл 50-90 Ол 5-40 Орх+Срх 10
Граничные содержания породообразующих оксидов, мас. %								
SiO ₂	50-54	46-53	48-53	45-52	44-53	43-50	43-50	43-50
TiO ₂	0-0,2	0,1-0,2	0,01-1,0	0,01-1,0	0,02-1,5	0-1,0	0-2,0	0,1-2,0
Al ₂ O ₃	0,1-6	0,1-5	0,1-6	0,1-5	1,5-5	1,5-5	8-15	6-14
Fe ₂ O ₃	0,3-4	0,1-4	0-5	0-5	1-7	1-7	2-10	2-12
FeO	2-25	2-25	2-10	2-10	2-7	2-6	6-10	6-10
MgO	20-37	25-38	12-25	20-30	6-22	16-24	9-20	10-18
CaO	0,2-4	0,5-3	8-20	5-17	17-24	9-22	8-17	7-16
Na ₂ O	0-0,5	0-0,6	0,1-2,5	0,1-1,3	0,1-2,0	0-2,0	0,5-3	0,5-3
K ₂ O	0-0,4	0-0,1	0-0,8	0-0,15	0-0,6	0-0,2	0,2-2	0,2-1,8
Некоторые разновидности								
при Pl < 10% при Нбл 10-50% при Рх > 10%	Плагноклазовые Роговообманковые —			Плагноклазовые Роговообманковые —		Плагноклазовые Роговообманковые Пироксеновые		
по составу Рх	Энстатит, бронзит, гиперстенит		Диопсид-	Диопсидит, диаллагит		—		

		энстатитовые		
Характерные особенности семейства	Структура панидиоморфнозернистая для пироксенитов и горнблендитов, гипидиоморфнозернистая для роговообманковых пироксенитов и пироксеновых горнблендитов, сидеронитовая для богатых магнетитом пироксенитов (косъвиты Урала). Горнблендиты во многих случаях образуются за счет пироксенитов в результате эпимагматического замещения пироксена роговой обманкой			

Продолжение табл. 6

Семейства горных пород	Габброиды *			Габброиды*				
	Троктолит	Оливиновый норит	Оливиновый габбронорит	Оливиновое габбро	Норит	Габбронорит	Габбро	Анортозит
Модальный минеральный состав, об. %	P135-65 Ol 35-60 Cpx+Opx < 10 Hbl < 5	P1 35-65 Opx 10-60 Ol 5-35 Cpx < 5 Hbl < 5	P1 35-65 Opx 10-50 Cpx 10-50 Ol 5-35 Hbl<5	P1 35-65 Cpx 10-60 Ol 5 -35 Opx<5 Hbl<5	P1 35-65 Opx 35-65 Cpx<5 Ol<5 Hbl<5	P1 35-65 Opx 5-60 Cpx 5-60 Ol<5 Hbl<5	P1 35-65 Cpx 35-65 Opx<5 Ol<5 Hbl<5	P1 90-100 Cpx+Opx<10 Ol < 10
Граничные содержания породобразующих оксидов мас. %								
SiO ₂	43-48	45-53	43-52	43-51	46-53	43-52	43-52	48-53
TiO ₂	0,2-1,2	0,1-1	0,1-1	0,1-2,5	0,2-2	0,3-3,5	0,1-4	0,1-0,7
Al ₂ O ₃	12-22	6-17	8-19	11-19	10-21	12-19	8-27	25-32
Fe ₂ O ₃	0,8-3	1,5-3,5	0,5-3	0,6-5	0,5-3	0,5-10	0,3-10	0,1-1,6
FeO	1,5-13	6-11	6-12	2-10	4-15	4-16	1-15	0,3-4
MgO	13-20	8-20	6-13	8-20	4-12	4,5-12	3-15	0,1-3

CaO Na ₂ O K ₂ O	6-14 1-3,5 0,1-0,6	4-12 0,6-3 0,1-1,5	6-12 1-2,5 0,1-0,6	5-15 0,2-3 0,1-1	6-12 0,5-3 0,2-1,5	5-14 1,5-2,5 0,1-1	8-18 0,5-3,5 0,05-2	9-14 1-5 0,1-1,5	
Некоторые разновидности при Hbl>5% по основности P1 при 35%>P1>10% при 65%>P1>90% при K _ф >75%	— Алливалит при P1(An ₉₀₋₁₀₀) Меланократовый троктолит (гарризит) Лейкократовый троктолит(форелленштейн) —	Роговообманковые Анортитовые (эвкриты) при P1 (An ₉₀₋₁₀₀) Оливиновый меланонорит Оливиновый лейконорит —		Роговообманковые Анортитовые (эвкриты) при P1 (An ₉₀₋₁₀₀) Оливиновое меланогаббро (тылаит) Оливиновое лейкогаббро — Ферронорит				Меланогаббро-норит Лейкогаббро-норит Феррогаббро-нори —	Анортит, лабрадорит битовнитит — — —
Характерные особенности семейства и видов	Текстура такситовая, часто полосчатая, структура габбровая или габброофитовая, в норитах норитовая, отличающаяся от габбровой большим идиоморфизмом минералов и отсутствием офитовых соотношений между P1 и Pх. Для меланогаббро (например, уральских тылаитов) характерна криптовая структура. В оливиновых норитах, оливиновых габбро и троктолитах наблюдается венцовая структура							Структура панидиоморфнозернистая	

*Широкие вариации содержаний плагиоклаза, клинопироксена, ортопироксена (и соответственно всех породообразующих оксидов) в семействе габброидов связаны с присутствием среди них пород разного генезиса, в том числе кумулатов. Ортомагматические габбро по химическому составу соответствуют породам семейства

Основные вулканические породы; подотряд умереннощелочных
 $45 \leq \text{SiO}_2 \leq 52$; $3 \leq (\text{Na}_2\text{O} + \text{K}_2\text{O}) \leq 7,5$

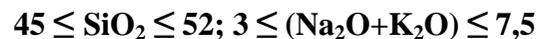
Семейство горных пород	Трахибазальты				
Виды горных пород	Магнезиальный трахибазальт	Трахибазальт	Гавайит	Муджиерит	Абсарокит
Модальный минеральный состав, об. %	Вкрапл.: Срх < 40, ОI < 25, ±P1 Осн. масса: Срх, ОI, Pl, Мt, Вt, Нbl, стекло	Вкрапл.: Срх, ОI, ±P1, Нbl Осн. масса: Срх, P1, ОI, Мt, Вt, Нbl, Anc, Fsp, стекло	Вкрапл.: P1 (андезин), ОI, Срх, Осн. масса.: P1, Срх, ±Anc, Fsp, Q, стекло	Вкрапл.: P1 (олигоклаз), Срх, ±O1 Осн. масса: P1, Срх, ±Anc, Fsp, Q, стекло	Вкрапл.: Срх. ОI. ±Bt Осн. масса: Срх. Pl, Fsp, ±O1, Bt, Lc, стекло
Граничные содержания породообразующих оксидов, мас. %					
SiO ₂	45-47	45-50	48-50	49-52	45-49
TiO ₂	1,5-4	2-4	3-4	2-3	0,5-1
Al ₂ O ₃	8-10	14-17	15-18	16-19	9-14
Fe ₂ O ₃	2-3	3-5	4-5	4-5	4-7
FeO	8-10	6-8	6-8	5-6	4-6
MgO	8-12*	6-8	4-6	2-4	7-11
CaO	7-13	6-8	7-10	5-7	9-14

Na ₂ O K ₂ O	1-3 0,5-1	3-4 1-3	3-5 1-2	4-5 2-3	1-3 2-4
Тип щелочности	Калиево-натриевый, реже натриевый				Калиевый
Некоторые разновидности при Орх > 50% по присутствию второстепенных минералов	Анкарамит Амфиболовый, анальцимовый	— Керсутитовый, анальцимовый	— Кварцевые, анальцимовые, оливиновые	— Лейцитовые, биотитовые, амфиболовые	
Характерные особенности семейства и видов	Срх — высокотитанистый авгит, Нbl — керсутит				
	Высокий цветовой индекс ($\geq 60\%$), преимущественно пироксен-оливино-финовая структура	Присутствие Fsp в ассоциации с P1 (An ₃₀₋₇₅)	Сочетание относительно кислого плагиоклаза с большим количеством темноцветных минералов, в том числе оливина	Во вкрапленниках только цветные минералы (>40%); Срх — высококальциевый авгит, диопсид-авгит с низким (<1%) содержанием TiO ₂	

* При повышении содержания MgO породы переходят в умереннощелочные основные пикробазальты.

Таблица 8

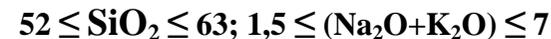
Основные плутонические породы; подотряд умереннощелочных



Семейства горных пород	Монцогаббро	Эссекситы
Виды горных пород	Монцогаббро	Эссексит
Модальный минеральный состав, об. %	P1 30-60 Fsp 5-15 Cpx+Bt+Ol 30-40 +Hbl < 5 Opx	P1 30-40 Fsp 5-20 Cpx 20-50 Anc 0-5 Ne 0-10 Ol 0-10 ±Am, Bt
Граничные содержания породообразующих оксидов, мас. %		
SiO ₂	48-52	46-50
TiO ₂	0,5-2	2-4
Al ₂ O ₃	16-19	13-18
Fe ₂ O ₃	4-6	3-6
FeO	4-7	6-8
MgO	5-8	3-6
CaO	8-10	6-9
Na ₂ O	2-4	3-5
K ₂ O	3-5	1-4

Таблица 12

Средние плутонические породы; подотряд нормально - и низкощелочных



Семейства горных пород	Диориты		
Виды горных пород	Габбродиорит	Диорит	Кварцевый диорит
Модальный минеральный состав, об. %	P1 (An ₄₀₋₆₀) 50-60 Hbl 0-20 Cpx 20-30 Ol 0-10	P1 (An ₂₅₋₅₀) 60-80 Hbl 0-35 Bt 0-30 Cpx редко до 5— 20, KFsp, Q до 5	P1 (An ₂₀₋₄₅) 50-70 Bt 0-30 Hbl 0-30 Q5-15 KFsp до 5 Opx, Cpx редки
Граничные содержания породообразующих оксидов, мас. %			
SiO ₂	52-54	53-58	57-64
TiO ₂	1-2	0,3-1,5	0,2-1
Al ₂ O ₃	14-20	14-20	14-20
Fe ₂ O ₃	4-7	1,5-5	0,5-6
FeO	5-8	3-6	0,7-7
MgO	4-8	0,8-6	0,6-6
CaO	3-8	4-9	1-8
Na ₂ O	2-4	2-6,5	2-6
K ₂ O	0,3-2	0,3-2	0,2-2,5

Тип щелочности	Калиевый и калиево-натриевый	Калиево-натриевый
Некоторые разновидности по характерным минералам	Роговообманковые, кварц-содержащие и др.; монцогаббронорит при $Srx \approx Orx$; монцонорит при $Orx \gg Srx$	Оливиновые (кринациты) роговообманковые и др,
Характерные особенности семейства и видов	Идиоморфизм плагиоклаза относительно калиевого шпата (монцонитовая структура), реакционные соотношения темноцветных минералов)	Идиоморфизм темноцветных минералов относительно полевых шпатов и фойдов; Srx — $Tiaug$, Am — керсутит

Некоторые разновидности по составу цветных компонентов	Роговообманковый (уралитовый)	Двупироксеновый, биотит-гиперстеновый, роговообманковый, биотит-роговообманковый	Биотитовый, авгит-биотитовый, биотит-роговообманковый
Характерные особенности семейств и видов	Отсутствие или незначительное количество Fsp , зональность $P1$, уралитизация Srx (Aug, Di)		

Таблицы 9-11 см. на с. 120-128.

Основные вулканические породы; подотряд щелочных
 $43 \leq \text{SiO}_2 \leq 53$; $5 \leq (\text{Na}_2\text{O} + \text{K}_2\text{O}) \leq 14$

Семейства горных пород	Фоидиты основные			Базальты щелочные
Виды горных пород	Анальцит	Полевошпатовый нефелинит	Лейцитит	Тефрит
Модальный минеральный состав, об. %	Anc 40-60 Cpx 20-40 Ol 0-5 Fsp 0-5 Bt 0-5	Ne 40-50 Cpx 20-40 Ol 0-5 Fsp 5-15 Lc 0-10	Lc 40-60 Cpx 20-40 Ol 0-5 Fsp 5-15 Bt 0-10	P120-50 Ne 10-25 (до 50) Cpx 10-40 Ol 20 Fsp 10
Граничные содержания породообразующих оксидов, мас. %				
SiO ₂	44-50	44-50	44-49	43-48
TiO ₂	1-4	1,5-5	1-5	0,5-3
Al ₂ O ₃	15-20	8-18	12-19	12-18 (до 25)
Fe ₂ O ₃	2-7	5-9	4-8	4-8
FeO	2-5	2-6	2-7	3-7
MgO	0,5-4	2-5	4-6	1-9
CaO	2-8	5-10	5-10	5-10
Na ₂ O	4-9	5-9	2-3	3-8
K ₂ O	2-3	3-5	4-9	1,5-3
Тип щелочности	Натриевый и калиево-натриевый		Калиевый	Калиево-натриевый и натриевый
Некоторые разновидности по характерному существенному или второстепенному минералу	Оливиновый, биотитовый, нефелиновый	Оливиновый, лейцитовый	Оливиновый, биотитовый, мелилитовый, при Lc до 90% — италит	Оливиновый (базанит), при Ne>25 – берешит, ортоклазовый (викоит), гиалотифрит (авгитит)

по составу характерного минерала	Эгирин-авгитовые, титанавгитовые, авгитовые, флогопитовые			Керсутитовый, титанавгитовый
Характерные особенности видов	Вкрапленники анальцима до 2 см; иногда присутствует стекловатый базис	Может присутствовать стекло; вкрапленники Ne, Срх, иногда Fsp	Вкрапленники Lc, Срх; в основной массе часто присутствуют апатит и перовскит	Во вкрапленниках Срх, Pl, Ne (в берешите), реже Ol; в основной массе преобладают лейсты P1 и Pх, реже Ol

Семейства горных пород	Базальты щелочные			Фонолиты основные (фонотефриты, основные тефрофонолиты)	
Виды горных пород	Лейцитовый тефрит	Нефелиновый щелочной базальт	Лейцитовый щелочной базальт	Нефелиновый фонотефрит	Лейцитовый фонотефрит
Модальный минеральный состав, об. %	P1 10-40 Lc 20-40 Cpx 20-50 O10-10 Fsp 0-10	P1 30-50 Fsp 10-30 Ne 15-20 Cpx 10-30 O1 0-10	P1 20-40 Fsp 10-30 Lc 15-30 Cpx 10-30 Ne 0-10 Ol 0-10	Fsp 30-60 Ne 10-20 Sod 0-20 Cpx 5-10 (до 30) Pl 0-5 Ol 0-5 Am (Bt) 0-10 Lc 0-10	Fsp 15-40 Lc 10-30 Ne 0-10 Cpx 10-20 Pl 0-10 Ol 0-5 Am (Bt) 0-10
Граничные содержания породообразующих оксидов, мас. %					
SiO ₂	45-50	47-52	47-51	49-53	47-53
TiO ₂	0,5-3	1-3	1-3	1,5-2,5	0.1-3
Al ₂ O ₃	14-18	14-18	15-19	16-22	10-20
Fe ₂ O ₃	2-5	2-5	2-4	1-3	3-5
FeO	5-9	3-8	4-8	1-5	1-4,5
MgO	3-7	2-8	4-5	0,3-2	0,4-3
CaO	6-11	6-10	6-9	1-5	2,5-9
Na ₂ O	1,5-3,5	3,5-5,5	2-4,5	5-10	2-6
K ₂ O	3,5-6,5	1,5-4,5	3-6,5	3-9	6-10
Тип щелочности	Калиевый	Калиево-натриевый	Калиевый	Калиево-натриевый и натриевый	Калиевый

Некоторые разновидности					
по характерному существенному или второстепенному минералу	Оливиновый, биотитовый, амфиболовый	Амфиболовый, биотитовый, оливиновый	Биотитовый, оливиновый	Амфиболовый, оливиновый, анальцимовый	Биотитовый, амфиболовый, оливиновый, с вкраплениями Phl— орендит
по составу характерного минерала	Авгитовый, авгит-диопсидовый	Титанавгитовый, авгитовый, керсутитовый, гастингеитовый	Диопсид-салитовый, авгитовый	Эгириновый, арфведсонитовый, анортитовый	Эгирин-диопсидовый, эгарин-авгитовый, флогопитовый
Характерные особенности видов	Во вкраплениях и в основной массе Cr_x — Aug, Fsp — санидин	P1 обычно андезин, реже лабрадор, часто зональный		В амфиболовых разностях обильные вкрапления арфведсонита и таблитчатые выделения Fsp	Иногда содержит вкрапления Phl или Ol, а также Aug и санидина

Основные плутонические породы; подотряд щелочных
 $43 \leq \text{SiO}_2 \leq 53$; $5 \leq (\text{Na}_2\text{O} + \text{K}_2\text{O}) \leq 20$

Семейства горных пород	Фоидолиты основные				Габброиды щелочные	
Виды горных пород	Полевошпатовый ийолит	Полевошпатовый уртит	Тавит	Фергусит	Тералит	Тешенит*
Модальный минеральный состав, об. %	Ne 30-50 Cpx 30-50 Fsp 5-10 (редко до 30)	Ne 70-90 Cpx 5-20 Fsp 5-10 (редко до 25)	Sod 50-70 Cpx 5-20 Fsp 0-20	Lc 40-60 Cpx 30-50 Fsp до 10	Ne 10-30 Pl 20-40 (редко до 60) Cpx 10-40 Ol 0-20	Pl 20-40 Anc 10-20 Cpx 20-50 Ol 0-10 ±Аш, Вт. Fsp
Граничные содержания породообразующих оксидов, мас. %						
SiO ₂	44-50	44-50	44-49	44-50	44-49	45—49
TiO ₂	1-5	0,2-3	0-2	0,5-2	2-3	2—5
Al ₂ O ₃	14-24	22-30	18-23	11-19	13-30	13-18
Fe ₂ O ₃	2-13	1-3	1-5	3-7	0,5-9	2-6
FeO	1-9	1-2	1-2	2-4	2-9	4-6
MgO	1-4	Сл.-4	0,3-1,5	2-7	0,2-6	6-10
CaO	1-8	0,2-10	0,8-1,5	6-13	4-14	4-10
Na ₂ O	8-12	10-15	15-17	1-5	5-14	4-9
K ₂ O	2-7	3-6	1-2	6-9	1-4	1-3
Тип щелочности	Калиево-натриевый	Калиево-натриевый, натриевый	Натриевый	Калиевый	Калиево-натриевый, натриевый	

<p>Некоторые разновидности</p> <p>по характерному существенному или второстепенному минералу</p> <p>по составу характерного минерала</p>	<p>Амфиболовые, биотитовые, канкринитовые, анальцимовые</p> <p>Эгириновые, титанавгитовые, авгитовые, арфведсонитовые</p>	<p>Биотитовый, флогопитовый</p> <p>Эгириновый, арфведсонитовый</p>	<p>Биотитовый, плагиоклазовый, нефелиновый</p> <p>Диопсид-авгитовый, флогопитовый</p>	<p>Биотитовый, псевдолеипитовый</p> <p>Титанавгитовый, эгирин-авгитовый, керсутитовый</p>	<p>Амфиболовый, нефелиновый, ортоклазовый</p> <p>Авгитовый, керсутитовый</p>
<p>Характерные особенности видов</p>	<p>Структуры панидиоморфнозернистые, гипидиоморфнозернистые, реже пойкилитовые</p>	<p>Повышенная роль в минералах летучих элементов и разнообразие редкометалльных минералов; порода редкая</p>	<p>Структура порфировидная, оцеллярная</p>	<p>Структура гипидиоморфнозернистая</p>	<p>Структура панидиоморфнозернистая, офитовая</p>

* Тешенит с содержанием $An_{<10\%}$ должен быть отнесен к основным породам умереннощелочного ряда.

Семейства горных пород	Габброиды щелочные		Фондовые монцогаббро		
Виды горных пород	Шонкинит	Малиньит	Сэрнаит	Науяит	Рисчоррит
Модальный минеральный состав, об. %	Cpx 30-70 Fsp 10-40 Ol 0-20 Lc' 5-20 Ne 5-10	Fsp 40-50 Ne 15-25 Can 2-25 Cpx 5-15 alkAm 0-10	Fsp 40-50 Ne 15-25 Can 2-25 Cpx 5-15 ±Am, Bt	Sod 30-50 Ne 5-20 Fsp 20-40 Cpx 5-10 Am 0-10	Fsp 40-70 Ne (Ks) 20—40 Cpx 5-20 Am 0-10 Lep 0-10
Граничные содержания породообразующих оксидов, мас. %					
SiO ₂	47-50	48-53	45-53	44-50	49-52
TiO ₂	0,5-3	0,7-5	0,5-1	0,2-0,6	0,7-1,6
Al ₂ O ₃	11-16	12-19	16-20	20-25	20-24
Fe ₂ O ₃	3-8	3-13	1-5	3-5	2-5
FeO	4-7	1-9	1,5-2	0,5-3	1-2,5
MgO	2-8	1-6	0,7-2,6	0-2	0,5-1,5
CaO	5-12	1-8	4-9,5	0,5-4	0,8-2
Na ₂ O	2-6	3-12	7,5-12	11-20	5-11
K ₂ O	3-7	2-7	3-6	1-3	7-12
Тип щелочности	Калиево-натриевый, калиевый	Калиево-натриевый	Калиево-натриевый	Натриевый	Калиево-натриевый, калиевый

<p>Некоторые разновидности</p> <p>по характерному существенному или второстепенному минералу</p> <p>по составу характерного минерала</p>	<p>Флогопитовый, нефелиновый, плагиоклазовый</p> <p>Авгитовый, биотитовый</p>	<p>Амфиболовый, биотитовый, гранатовый</p> <p>Авгитовый, эгирин-авгитовый</p>	<p>Биотитовый, амфиболовый, флогопитовый, нефелиновый</p> <p>Эгирин-салитовый</p>	<p>Амфиболовый, анальцимовый</p> <p>Арфведсонитовый, эгириновый</p>	<p>Амфиболовый, биотитовый</p> <p>Эгириновые, арфведсонитовый</p>
<p>Характерные особенности видов</p>	<p>Структура порфировидная, гипидиоморфнозернистая</p>	<p>Частая ассоциация с фоидолитами; структура средне- и мелкозернистая, иногда порфировидная</p>	<p>Структура гипидиоморфнозернистая, редко пойкилитовая</p>	<p>Структура пойкилитовая (кристаллы содалита включены в крупные выделения полевого шпата, эгирина, эвдиалита); порода редкая</p>	<p>Текстура гигантозернистая массивная, реже трахитоидная; структура порфировидная (пойкилопорфировидная); нефелин с высоким содержанием кальсилитовой составляющей</p>

Средние вулканические породы; подотряд нормально - и низкощелочных
 $52 \leq \text{SiO}_2 \leq 63$; $1,5 \leq (\text{Na}_2\text{O} + \text{K}_2\text{O}) \leq 7$

Семейства горных пород	Андези-базальты	Бониниты — марианиты		Андезиты			
Виды горных пород	Андезибазальт	Бонинит	Марианит	Андезит	Магнезиальный андезит	Исландит	Дациандезит
Модальный минеральный состав	Вкрапл.: P1 (An ₄₀₋₆₅)<75, Срх, Орх, Мт, ±O1, Hbl Осн. масса: P1, Срх, Орх, Мт, стекло, +O1, Hbl, Q	Вкрапл.: Срх (Di)<60, Орх, O1 Осн. масса: Срх, Орх, стекло, ±P1	Вкрапл.: Орх (энстатит, бронзит)<60, Срх, O1 Осн. масса: Орх, Срх, O1, стекло, +P1	Вкрапл.: P1 (An ₄₀₋₅₀), Срх, Орх, Hbl, Bt Осн. масса: P1, Срх, Орх, Hbl, стекло, ±Fsp, Q	Вкрапл.: P1, Срх, ±O1, Орх Осн. масса: P1, Срх, Орх, Q, стекло	Вкрапл.: P1, Срх, ±Орх, O1 Осн. масса: P1 (An ₃₀₋₅₀), Мт<20, Hbl, стекло, ±Q	Вкрапл.: P1 (An ₃₀₋₄₅), Hbl, Bt, ±Срх, Орх, Q Осн. масса: P1, Hbl, Bt, стекло, ±Срх, Орх, Q, Fsp
Граничные содержания породообразующих оксидов, мас. %							
SiO ₂	53-57	52-58	52-57	56-64	56-64	56-60	61-65
TiO ₂	0,5-1	0,1-0,5	0,1-0,2	0,5-0,7	0,2-0,5	0,7-1,8	0,8-1,5
Al ₂ O ₃	16-18	8-11	5-10	16-21	14-15	13-15	13-18
Fe ₂ O ₃	3-4	1-3	2-4	3-4	2-3	6-7	2-5
FeO	4-6	5-7	4-7	3-5	3-5	5-7	1-3
MgO	4-6	8-13	13-25	3-4	5-10	2-3	1-5
CaO	3-9	8-10	2-6	6-7	6-8	4-7	4-6
Na ₂ O	2-4	1-3	1-3	2-4	2-3	4-5	2-4
K ₂ O	0,5-1	1,2-1	0,6-1	1-2	0,3-2	0,5—1	2-3

Некоторые разновидности по характерному существенному или второстепенному минералу и другим признакам	Гиперстеновый, обманковый и др.	Санукит – плагиоклазсодержащий, бедный вкрапленниками бронзитовый бонинит; в стекловатом базисе микролиты Орх, Р1, зерна Мт. Байяит (адакит) — с аномально высоким содержанием Sr (>1г/т)	—	Авгитроговообманковый, оливин-авгитовый, биотитовый и др.	—	—	Амфиболовый, биотитовый, пироксенсодержащий, пироксенроговообманковый
Характерные особенности семейств и видов	—	Присутствие хромшпинелида, высокое содержание Cr_2O_3 в пироксене и породе в целом; в мезостази-се стекло дацитового состава	—	—	—	Повышенное содержание Мт в основной массе	Структура порфировая с андезитовой, переходящей в микропойкилитовую основной массой

Табл. 12 см. на с. 118.

Средние вулканические породы; подотряд умереннощелочных
 $50 \leq \text{SiO}_2 \leq 67$; $5 \leq (\text{Na}_2\text{O} + \text{K}_2\text{O}) \leq 12$

Семейства горных пород	Трахиандезибаазальты		Трахиандезиты—латиты				Трахиты	
Виды горных пород	Трахиандезибаазальт	Шошонит	Трахиандезит	Банакит	Латит	Кварцевый латит	Трахит	Кварцевый трахит
Модальный минеральный состав	Вкрапл.: P1, Cpx, \pm O1, Hbl Осн. масса: P1, Cpx, Mt, стекло, +Anc, Fsp	Вкрапл.: P1, Cpx, \pm O1 Осн. масса: Pl, Fsp, Bt, Cpx, Hbl, стекло, \pm Lc	Вкрапл.: P1, Hbl, Cpx, \pm O1, Bt Осн. масса: P1, Cpx, Am, стекло, \pm Fsp	Вкрапл.: P1, Cpx, \pm O1 Осн. масса: Fsp, Pl, Bt, \pm Q, Lc, Mt	Вкрапл.: Cpx, Opх, Pl, \pm Fsp, Ol, Bt Осн. масса: Cpx, Opх, Ol, Pl, Fsp, Bt, стекло	Вкрапл.: Cpx, Opх, P1, Bt, \pm Fsp, Ol Осн. масса: Cpx, Opх, Ol, Pl, Fsp, Q>5, стекло	Вкрапл.: Fsp, +P1 (An ₂₀), Hbl, Cpx, Bt, Opх, Осн. масса: Pl, Fsp, +Q<5, стекло	Вкрапл.: Fsp, \pm P1, Hbl, Cpx, Bt, Opх Осн. масса: Pl, Bt, Fsp, Q>5, стекло
Граничные содержания породообразующих оксидов, мас. %								
SiO ₂	50-55	50-55	53-57	53-57	54-59	58-63	58-64	62-67
TiO ₂	1-3	0,5-1	1-2	0,5-1	0,5-1,3	0,5-1	0,5-1	0,5-1
Al ₂ O ₃	15-16	15-18	16-18	17-19	15-17	14-16	15-20	14-17
Fe ₂ O ₃	4-8	3-4	2-5	4-5	3-4	3-4	2-3	1-3
FeO	3-5	3-5	2-5	3-4	2-3	2-3	2-3	1-3
MgO	2-6	2-5	2-4	2-4	2-4	2-4	1-2	0,5—1,5
CaO	3-7	4-7	3-6	3-6	3-5	3-5	2-4	2-3
Na ₂ O	3-5	2-4	4-6	2-4	3-5	2-4	3-6	2-4
K ₂ O	1-3	2-5	1-3	3-6	2-5	2-4	4-6	3-5
Тип щелочности	Калиево-натриевый	Калиевый	Калиево-натриевый	Калиевый	Калиевый и калиево-натриевый			

Некоторые разновидности по характерному существенному или второстепенному минералу	Оливин-, амфибол-, анальцим-, лейцитсодержащие и др.				Двупироксеновые, оливин-, биотитсодержащие и др.			
			Бенморейт — богатая натрием разновидность трахиандезита				Щелочнополевошпатовые (бесплагноклазовые), в том числе санидиновые и др.; Лейкотрахит М < 10, меланотрахит М > 25	
Характерные особенности семейств и видов	Присутствие Fsp в виде самостоятельных зерен, кайм вокруг P1 или примеси в P1							
	Срх — титанистый авгит	Срх — высококальциевый авгит с примесью фассаита						

Средние plutонические породы; подотряд умереннощелочных
 $50 \leq \text{SiO}_2 \leq 67,5$; $5 \leq (\text{Na}_2\text{O} + \text{K}_2\text{O}) \leq 12$

Семейства горных пород	Монцониты *			Сиениты	
Виды горных пород	Монцонит	Монцодиорит	Кварцевый монцодиорит	Сиенит	Кварцевый сиенит
Модальный минеральный состав, об. %	P1 20-40 Fsp 20-40 Bt+Hbl+Cpx 25-40 Q 0-5 ±Opx	P1 40-50 Fsp 10-25 Bt+Hbl+Cpx 20-35 Q 0-10 ±Opx	P1 45-55 Fsp 10-25 Bt+Hbl+Cpx 20-30 Q 5-15	P1 10-30 Fsp 60-80 Bt+Hbl+Cpx+Opx 10-20 Q 0-5	P1 10-20 Fsp 55-75 Bt+Hbl+Cpx+Opx 5-20 Q 5-15
Граничные содержания породообразующих оксидов, мас. %					
SiO ₂	53-56	54-59	58-63	56-62	60-67,5
TiO ₂	1-3	0,5-1,5	0,5-1	0,5-2	0,1-1
Al ₂ O ₃	16-17	14-18	14-18	14-19	14-19
Fe ₂ O ₃	2-7	2-6	2-4	1-4	0,5-3
FeO	4-7	3-6	2-5	0,5-5	0,5-4
MgO	2-6	3-6	1-5	0,2-3	0,2-3
CaO	3-7	4-7	3-7	1-5,5	0,5-4
Na ₂ O	2-4	2,5-5	2-4,5	4-6,5	3-6
K ₂ O	3-6	1,5-3,5	1,5-3,5	4-9	3-10
Тип щелочности	Калиево-натриевый			Калиево-натриевый и калиевый	
Некоторые разновидности	Биотит-авгитовые, биотит-роговообманковые, диопсидовые			Биотит-роговообманковый, энстатитовый, андрадитовый, корундовый, редко оливинный и т. д.	Биотитовый, пироксен-амфиболовый, амфиболовый и т. д.
	Гиперстеновый или авгит-гиперстеновый (мангерит)				

Характерные особенности семейств и видов

P1 (An₃₀₋₅₀); обязательное присутствие К-На полевого шпата

P1 (An₁₅₋₃₀)

P1 (An₁₀₋₂₅)

*В связи с имеющимися расхождениями в употреблении этого термина необходимо иметь в виду, что в данной классификации, как и в международной номенклатуре, монцонит — это промежуточная между сиенитом и габбродиоритом порода, содержащая примерно равное количество плагиоклаза и калиевого полевого шпата с подчиненными количествами амфибола и (или) пироксена. Термин «монцодиорит» предлагается употреблять вместо термина «сиенодиорит» для plutonic породы, промежуточной между сиенитом и диоритом. В других названиях plutonic пород приставка монцо- означает повышенную щелочность за счет наличия калиевого полевого шпата.



Тонкозернистые разновидности сиенитов и монцонитов (микросиениты, микромонцониты) в зарубежной литературе обозначаются термином «акерит» (akerite), чем подчеркивается их структурное сходство (обилие прямоугольных лейст олигоклаза, окаймленных щелочным полевым шпатом) с акеритами района грабена Осло, откуда происходит этот термин.

Средние вулканические породы; подотряд щелочных
 $49 \leq \text{SiO}_2 \leq 66$; $9 \leq (\text{Na}_2\text{O} + \text{K}_2\text{O}) \leq 21$

Семейства горных пород	Щелочные трахиты	Тефрифонолиты		Фонолиты	
Виды горных пород	Щелочной трахит	Нефелиновый тефрифонолит	Лейцитовый тефрифонолит	Фонолит	Лейцитовый фонолит
Модальный минеральный состав, об. %	P1 0-25 Fsp 40-50 alkCpx 0-20 Am 0-10 Q 0-5 или Ne 0-10 стекло < 75	Fsp 30-60 Ne 10-20 Sod 0-20 Cpx 5-10 (до 30) Pl 0-5 Ol 0-5 Am (Bt) 0-10 Lc 0—10	Fsp 15-40 Lc 10-30 Ne 0-10 Cpx 10-20 Pl 0-10 Ol 0-5 Am (Bt) 0-10	Fsp 40-60 Ne 10-40 alkCpx 10-20 alkAm 0-10 Pl 0-10 стекло	Fsp 40-60 Lc' 20-30 alkCpx 5-10 Bt 0-5 Pl 0-5 Ol 0-5 ±стекло
Граничные содержания породообразующих оксидов, мас. %					
SiO ₂	58-66	48,5-53	49-54	52,5-59	54-61
TiO ₂	0-2	0,5-2	0,1-3	0,1-1,5	0,6-4
Al ₂ O ₃	14-22	16-22	10-20	16-23	10-23
Fe ₂ O ₃	0,5-6	1-3	3-5	0,5-4	1-5
FeO	0-5	1-5	1-4,5	0,5-4	1-2
MgO	0,2-2,5	0,1-2	0,1-2,5	0,1-2	0,5-0,8
CaO	0,5-5	1-5	2-6	1-3	2-3
Na ₂ O	3,5-12	5-11	2-7	3-13	1,5-6
K ₂ O	3-7,5	3-9	6-11	3-9	6-15
Тип щелочности	Калиево-натриевый		Калиевый	Калиево-натриевый	Калиевый

Некоторые разновидности	Анортоклазовый, кросситовый, рибекитовый, диопсид-эгириновый, эгирин-авгит-биотитовый и др.		Гаюиновый, анальцимовый, санидиновый, кеннит — со стекловатым базисом и микролитами Fsp, Aeg, Ol	Биотитовый, гаюиновый, нозеановый
Характерные особенности видов горных пород	P1 — An ₅₋₂₅ ; Fsp-анортоклаз, санидин, Pх-геденбергит, эгирин-авгит, салит; Am-арфведсонит, рибекит, энigmatит, катаферит		P1—An ₀₋₁₀ ; в основной массе преобладают либо нефелин, либо анортоклаз	P1—An ₅₀₋₆₀ ; известны разновидности, в которых лейцит резко преобладает над санидином

Средние плутонические породы; подотряд щелочных
 $53 \leq \text{SiO}_2 \leq 64$; $7 \leq (\text{Na}_2\text{O} + \text{K}_2\text{O}) \leq 21$

Семейства горных пород	Щелочные сиениты (бесфельдшпатоидные)	Фельдшпатоидные сиениты* (нефелиновые, псевдолейцитовые, кальсилитовые)					
Виды горных пород	Щелочной сиенит**	Фойяит	Луяврит	Мариуполит	Миаскит	Псевдолейцитовый сиенит	Сыннырит
Модальный минеральный состав, об. %	Ab 0-50 Fsp 20-70 alkCpx (Am) 1-35 Q 0-3	Fsp 30-50 Ne 25-40 alkCpx 5-10 alkAm 0-15 Ab5	Fsp 35-50 Ne 20-45 Ab 5-10 alkCpx 10-30 alkAm 0-30	Ab 40-60 Ne 5-30 Aeg 15-30 ±alkAm Lep (Bt)	Fsp 20-60 Ne 20-30 Lep (Bt) 5-20 Am 0-20 Ab (Olg) 0-20	Fsp 20-50 Lc' 25-70 Cpx 5-20 Bt(Lep) 0-10 Ne 0-10 Ks 0-10	Fsp 55-75 Lc' 20-80 Ks 10-35 NeO 0-10 Cpx 0-5 Bt (Lep) 0-5
Граничные содержания породообразующих оксидов, мас. %							
SiO ₂	56-66	54-57	52-55	55-62	54-60	54-59	53-58
TiO ₂	0,1-1,5	0,2-1,5	1-4	0,1-1	0,1-1,5	0,1-0,7	0,1-0,3
Al ₂ O ₃	13,5-20	16-23	10-17	16-24	20-24	20-23	17-23
Fe ₂ O ₃	1,5-6,5	2-4	5-10	2-6	0,5-3	0,5-3	0,5-5
FeO	1-5	0,5-4	1,5-4	0,5-2	1-2	0,3-2	0,3-2
MgO	0,3-5	0,5-1,5	1-4	0,1-1,5	0,3-1,5	0,3-0,8	0,3-1
CaO	1,5-6,5	1-3	0,7-3	0,5-4	0,5-2,5	0,5-3	0,2-2
Na ₂ O	3-11	8-12	7-10	9-13	6-10	0,8-3	0,5-2,5
K ₂ O	0,2—8	5-8	4,5-5,5	3-4	5-10	15-20	16-20
Тип щелочности	Натриевый и калиево-натриевый	Калиево-натриевый		Натриевый	Калиево-натриевый	Калиевый	
Некоторые	Эгириновый, ри-	Амфиболовые, биотит-амфиболовые, арфведсонитовые, эгириновые, эгрин-авгитовые, лепидомелановые, эвдиалитовые, меланитовые, либенеритовые (при				Амфиболо-	Биотитовый.

разновидности	бекитовый арфведсонитовый, нефелинсодержащий (Ne<5) — пуласкит; при отсутствии Ab и при ромбовидных выделениях Fsp тёнсбергит (тенсбергит); кварцсодержащий (нордмаркит)	замещении нефелина чешуйчатым агрегатом белой слюды), содалитовые, канкринитовые, анальцимовые				вый, биотитовый. порфиroidный	диопсидовый, гранатовый
		Не содержащий Ab или P1 — ювит		Меланократовый, не содержащий Fsp — канадит			
Характерные особенности видов	Наличие alkPx и alkAm при широких колебаниях количества калиево-натриевого и калиевого полевого шпата и альбита	Гипидиоморфно-зернистая или трахитовая (фойяитовая) структура, образованная лейстами Fsp; акцессории: апатит, сфен, циркон, ортит, щелочные цирконосиликаты, титаносиликаты, титанониобиты, редкоземельные силикаты и др.	Порода с трахитоидной структурой, прорастание игольчатым эгирином полевого шпата и нефелина; обычно богат REE, U, Th, Li и другими некогерентными элементами; акцессории: апатит, эвдиалит, катаплетит, ловозерит, ринколит и др.	Ведущая роль альбита, нефелина и эгирина (часто игольчатого); акцессории: циркон, пироклор, апатит, ильменит; непостоянство структуры и состава	Структура аллотриоморфно-зернистая, гнейсовидная; акцессории: апатит, ильменит, циркон, сфен, канкринит, пироклор	Псевдолейцит (смесь Ort и Ne) сохраняет форму кристаллов первичного лейцита или образует округлые или многоугольные скопления Ort и Ne	Порфиroidные скрытокристаллические скопления овоидов со структурой распада лейцита на Ks и Ort, а также на Ne и Ort

* Горные породы этого семейства обычно обозначаются общим названием «нефелиновый сиенит» (кроме псевдолейцитового сиенита и сыннырита), так как они состоят существенно из щелочного полевого шпата и нефелина, редко другого фельдшпатоида и небольшого количества цветных минералов. Видовые названия этим породам даются после детального петрографического изучения и точной диагностики фельдшпатоидов.

** В зарубежной литературе чаще применяется его синоним «пералькалиновый сиенит».

Кислые вулканические породы; подотряд нормально- и низкощелочных
 $63 \leq \text{SiO}_2 \leq 78; 3 \leq (\text{Na}_2\text{O} + \text{K}_2\text{O}) \leq 8$

Семейства горных пород	Дациты		Риодациты		Риолиты	
Виды горных пород	Плагиодацит	Дацит	Плагиориодацит	Риодацит	Плагиориолит	Риолит
Модальный минеральный состав	Вкрапл.: P1(An ₂₅₋₃₅); Am, Bt, ±Q, Px, Mt Осн. масса: Pl, Q, Bt, ±Am, Fsp, Px, стекло	Вкрапл.: P1(An ₂₀₋₃₀), Bt, Am, ±Q, Fsp, Px, Mt Осн. масса: Pl, Q, Fsp, Bt, ±Am, Px, стекло	Вкрапл.: P1(An ₂₀₋₃₀), Q, ±Bt, Hbl, Mt Осн. масса: P1(Ab-Ol), Q, Bt, ±Fsp, Hbl, стекло	Вкрапл.: P1(An ₁₅₋₂₅), Q, Bt, Fsp, ±Hbl, Mt Осн. масса: P1(Ab-Ol), Q, Bt, Fsp, +Hbl, стекло	Вкрапл.: Q, Pl(An ₀₋₁₀), ±Bt, Hbl, Mt Осн. масса: Q, Pl(Ab), Bt, ±Fsp, Hbl, стекло	Вкрапл.: Q, P1(An ₅₋₁₅), Fsp, ±Bt, Hbl, Mt Осн. масса: Q, Pl(Ab), Fsp, Bt, ±Hbl, стекло
Граничные содержания порообразующих оксидов, мас. %						
SiO ₂	63-68	65-68	68-73	68-73	73-78	73-78
TiO ₂	0,2-0,6	0,5-0,8	0,2-0,4	0,2-0,5	0,1-0,2	0,1-0,3
Al ₂ O ₃	15-17	13-16	13-16	12-15	12-15	10-14
Fe ₂ O ₃	1,5-3*	1-2,5*	0,2-2,5*	0,2-2*	0,1-2*	0,1-1,5*
FeO	1-5*	0,5-4*	0,5-3,5*	0,5-2,5*	0,5-2*	0,5-2*
MgO	0,5-4**	0,5-3**	0,2-2	0,2-1,5	0,1-1	0,1-0,5
CaO	3-6	2-4	0,2-4	1-2,5	0,5-3	0,3-2
Na ₂ O	3-5	2-4	3,5-5,5	2-4	4-6	2-4
K ₂ O	0,2-2,5	1-3,5	0,5-3	2-4,5	1-3,5	3-6
Некоторые разновидности по характерным минералам	Биотитовые, амфибол-биотитовые, пироксенсодержащие		Биотитовые, амфибол- и пироксенсодержащие		Биотитовые, редко амфибол- и пироксенсодержащие, магнетитсодержащие (феррориолиты)	
по содержанию стекла						
80-100% при H ₂ O < 1%	Обсидианы, пемзы					
80-100% при H ₂ O > 1%	Перлиты					
50-80%	Стекловатые					
Характерные	Текстуры массивные, флюидалные, сферолоидные; структуры порфировые, реже редко-					

особенности семейств, видов	порфиновые до афировых; структуры основной массы микропйкилитовые, фельзитовые, сферолитовые, стекловатые
-----------------------------	---

* Верхний предел в железистых разновидностях.

** Верхний предел в породах высокомагнезиальных серий.

Кислые plutонические породы; подотряд нормально- и низкощелочных
 $63 \leq \text{SiO}_2 \leq 78$; $5 \leq (\text{Na}_2\text{O} + \text{K}_2\text{O}) \leq 8,5$

Семейства горных пород	Гранодиориты		Граниты		Лейкограниты	
Виды горных пород	Тоналит	Гранодиорит	Плагиогранит *	Гранит	Лейкоплагиогранит	Лейкогранит
Модальный минеральный состав, об. %	Q 15-25 Pl 45-65 Fsp 5-15 Bt+Hbl+Cpx 8-25	Q 15-25 Pl 40-50 Fsp 10-25 Bt+Hbl±Cpx±Opx 8-15	Q25-35 Pl 30-60 Fsp 1-15 Bt (Mus)± ±Hbl±Cpx 3-10	Q 25-35 Pl 25-35 Fsp 20-40 Bt (Mus)+ +Hbl+Cpx 3-10	Q 30-45 Pl 30-50 Fsp 3-20 Bt+Mus±Hbl 0,5-5	Q 30-45 Pl 10-30 Fsp 25-45 Bt+Mus 0,5-5
Граничные содержания породообразующих оксидов, ма. %						
SiO ₂	63-68	63-68	68-73	68-73	73-78	73-78
TiO ₂	0,2-1	0,2-1	0,1-0,6	0,2-0,6	0,1-0,2	Сл.-0,3
Al ₂ O ₃	13-18	12-17	12-15,5	12-17	12-13,5	11-14
Fe ₂ O ₃	1-3,5**	0,5-3**	0,5-2,5**	0,1-2**	0,1-2**	0,1-1,5**
FeO	1-5**	0,5-4,5**	0,5-3**	0,5-3**	0,3-2**	0,3-2**
MgO	1-3,5	0,5-3,5	0,1-1,5	0,3-1,5	0,1-0,5	0,04-0,8
CaO	3-6	3-6	1,5-4	1-3	0,5-3	0,5-2
Na ₂ O	3-5	2,5-4	3-6	2,5-4,5	3-5	1,5-5
K ₂ O	0,8-2	1,5-4	0,5-3	2,5-5	0,5-2,5	2,5-6

Некоторые разновидности	Биотитовые, роговообманково-биотитовые, роговообманковые, пироксен-роговообманковые		Роговообманково-биотитовый, биотитовый, двуслюдяной, мусковитовый	Биотитовый, роговообманково-биотитовый, двуслюдяной, гиперстеновый (чарнокиты)	Биотитовый, двуслюдяной, гранатсодержащий	Биотитовый, двуслюдяной, турмалиновый, гранатсодержащий
	Гиперстеновые (эндербиты, плагиочарнокиты)					
Характерные особенности видов	Pl >> Fsp; Pl - An ₃₂₋₅₀	Pl >>Fsp; Pl - An ₂₅₋₄₀	Pl > Fsp; Pl - An ₁₀₋₄₀	Fsp > Pl; Pl - An ₁₀₋₃₀	Pl >> Fsp; Pl - An ₅₋₃₀	Fsp > Pl; Pl - An ₅₋₂₀

* В зарубежной литературе чаще употребляется синоним плагиогранита «трондьемит».

** Верхний предел в железистых разновидностях.

Кислые вулканические породы; подотряд умереннощелочных
 $61 < \text{SiO}_2 < 77$; $7 < (\text{Na}_2\text{O} + \text{K}_2\text{O}) < 10$

Семейства горных пород	Трахидациты	Трахириодациты			Трахириолиты		
Виды горных пород	Трахидацит	Трахириодацит	Щелочно-полевошпатовый трахириодацит	Онгонит	Трахириолит	Щелочно-полевошпатовый трахириолит	Онгориолит*
Модальный минеральный состав	Вкрапл.: Pl(An ₃₀₋₄₅), Fsp, Q, Bt, Amb, ±Cpx Осн. масса: Pl, Fsp, Q, Bt, Am, ±стекло, Cpx	Вкрапл.: Fsp, Pl(An ₁₅₋₃₀), Q, Bt, ±Am, Cpx, Орх Осн. масса: Fsp, Pl, Q, Bt, ±Am, Cpx, Орх, стекло	Вкрапл.: Fsp, Ab, Olg, Bt, ±Px, Q, Ol Осн. масса: Fsp, Q, Ab, Bt, ±стекло, Px	Вкрапл.: Ab, Fsp, Q, Mc Осн. масса: Ab, Q, Fsp, Mc, ±стекло	Вкрапл.: Fsp, Q, Pl(An ₅₋₂₀), ±Bt, Cpx, Am, Px Осн. масса: Fsp, Q, Pl, ±стекло, Bt	Вкрапл.: Fsp, Q, Bt, ±Cpx, Olg, Ab Осн. масса: Fsp, Q, Bt, Cpx, стекло	Вкрапл.: Ab, Fsp, Q, Mc Осн. масса: Ab, Fsp, Q, Mc, стекло
Граничные содержания породообразующих оксидов, мас. %							
SiO ₂	61-69	67-73	67-72	67-72	72-76	72-75	72-76
TiO ₂	Сл.-1	0,1-0,7	0,1-0,4	Сл.-0,4	Сл-0,5	0,1-0,2	Сл.-0,1
Al ₂ O ₃	15-19	12-16	12-16	14-18	11-14	12-15	12-17
Fe ₂ O ₃	0,2-4	0,1-3	0,5-2	0,2-0,5	0-3,5	0,1-1,5	0-1,5
FeO	0-4,5	0-3,5	0,5-2	0-1	0-2,5	0,5-2,0	0,3-2
MgO	0,1-3	0-1,5	0,1-1	0-0,5	0-1	0,1-0,3	0-0,3

CaO	0,5-4,5	0,5-3	0-1,5	0,5-1	0,5-2,5	0,5-1,5	0,1-1,5
Na ₂ O	3,5-7,5	1,5-5	0,5-5,5	3,5-6	2-5	2-6	3-6,5
K ₂ O	3-5	3,5-6,5	3,6-6	2,5-5	3,5-8	3-7	3,5-5,5
		Калиевый и калиево-натриевый					
Некоторые разновидности							
по характерным минералам	Пироксеновый, амфиболовый, биотитовый	Амфиболовый, биотитовый	Слюдяной, пироксеновый	Слюдяной, топазовый	Биотитовый, ультракалиевый	Слюдяной, пироксеновый (без PI)	Слюдяной, топазовый
по содержанию стекла							
80-100% при H ₂ O < 1%	Обсидианты, пемзы						
80-100% при H ₂ O > 1%	Перлиты						
50-80%	Стекловиты						
Характерные особенности семейств и видов	Текстуры массивные, флюидальные, структуры порфировые, редкопорфировые, афировые						
	Структура основной массы фельзитовая, микропоякитовая	Структуры основной массы сферолитовые и фельзитовые					

				Слюда представлена литиевыми и фтористыми разновидностями: протолитионитом, цинвальдитом, литиевым фенгитом, мусковитом			Слюда представлена литиевыми и фтористыми разновидностями: протолитионитом, цинвальдитом, литиевым фенгитом, мусковитом
--	--	--	--	---	--	--	---

* Соответствует щелочнополевошпатовым трахириодацитам и трахириолитам, отличаясь от них присутствием литий- и фторсодержащих минералов

Кислые и ультракислые plutонические породы; подотряд умереннощелочных
 $64 \leq \text{SiO}_2 \leq 77$; $(\text{Na}_2\text{O} + \text{K}_2\text{O}) \geq 8$

Семейства горных пород	Граносиениты	Умереннощелочные граниты			Умереннощелочные лейкограниты***			Кариты ультракислые умереннощелочные граниты
		Монцогранит**	Щелочнополевошпатовый гранит	Микроклин-альбитовый гранит	Монцогранит	Аляскит	Микроклин-альбитовый лейкогранит		Карит
Модальный минеральный состав, об. %	Fsp 25-50 Pl 15-30 Q 15-25 Am+Bt+ Cpx 5-25	Fsp 15-45 Pl 15-45 Q 20-30 Bt+Am+ Mus 3-10	Fsp 55-65 Pl 11-10 Q 30-35 Bt+Am 3-10	Fsp 25-45 Ab 35-45 Q 25-35 Mus (Bt) 3-10	Fsp 30-50 Pl 10-30 Q 30-40 Bt (Mus)+Am 1-5	Fsp 55-65 Ab 0-5 Q 30-45 Bt+Am 0,3-3	Fsp 25-45 Ab 30-40 Q 30-45 Mus+Ld 1-5	Q 50-85 Fsp Ab Aeg ±alkAmf
Граничные содержания породообразующих								

оксидов, мас. %									
SiO ₂	64-68	69-73	70-73	69-73	73-77	73-77	73-77	76-92	
TiO ₂	0,5-1	0,1-0,6	0,2-0,5	Сл.-0,2	0,1-0,3	Сл.-0,3	Сл.-0,2	0,02-0,8	
Al ₂ O ₃	13-19	13-17	12-16	14-18	12-15	12-14	12-16	2-11	
Fe ₂ O ₃	0,5-3	0,2-2,5	1-1,5	0,1-1	0,1-1,5	0,5-1,5	Сл.-1	0,5-2,7	
FeO	0,5-4,5	0,1-3,5	1-2	0,3-1,5	0,5-2	0,5-2	0,3-2	0,1-2	
MgO	0,1-3	0,1-1,5	0,3-1	Сл.-0,8	0,1-1	Сл.-0,5	Сл.-0,3	0,02-0,06	
CaO	1-5	0,5-3	0,5-1,5	0,1-1	0,5-2	0,1-1	0,1-1	0,1-0,8	
Na ₂ O	3-5	2,5-5	3,5-4,5	3,5-6	3-4,5	3-4,5	3-6	0,2-4	
K ₂ O	3-6	3,5-6	4-5,5	2,5-5,5	4-5,5	4,5-5,5	3-5,5	2-6,5	
Тип щелочности	Калиево-натриевый	Калиевый и калиево-натриевый						Натриевый, калиево-натриевый, калиевый	
Некоторые разновидности	Амфибол-биотитовые, амфиболитовые, амфиболитовые, пироксен-амфиболитовые	Биотитовые, амфиболитовые, двуслюдяные с крупными ороидами ортоклаза, окруженного оболочками олигоклаза	Биотитовые, биотит-гастингитовые и др.	Мусковитовые, двуслюдяные, литиевослюдяные, амазонитовые и др.	Биотитовые, мусковитовые, гастингитовые и др.	Биотитовые, гастингитовые и др.	Литиевослюдяные, мусковитовые, амазонитовые и др.		

		- рапакиви						
Характерные особенности видов	Fsp>Pl; Pl – An ₁₀₋₃₀	Fsp≈Pl; Pl – An ₅₋₂₀	Fsp>>Pl; Pl – An ₅₋₂₀	Ab≥Fsp; текстура сахаровидная; обычен гороховидный кварц; топаз, флюорит, турмалин, гранат до 2-3%	Fsp>Pl; Pl – An ₅₋₃₀	Fsp>>Ab	Fsp≈Ab; обычен гороховидный кварц; топаз, турмалин, флюорит, гранат до 2-3%	Значительные колебания в составе щелочных полевых шпатов. С появлением щелочного амфибола в количестве более 0,5% переходит в щелочной

* Иногда вместо термина «граносиенит» («сиеногранит» в международной номенклатуре) неправомерно употребляют термин кварцевый сиенит», в котором содержание кварца не превышает 5—15% (табл. 14).

** Рекомендуется использовать вместо термина «адамеллит» ввиду его неопределенности.

*** Семейства лейкогранитов нормального, умереннощелочного и щелочного рядов иногда объединяются в подгруппу ультракислых гранитов.

Кислые вулканические породы; подотряд щелочных
 $65 \leq \text{SiO}_2 \leq 77$; $(\text{a}_2\text{O} + \text{K}_2\text{O}) > 9$

Семейства горных пород	Пантеллериты — комендиты	
Виды горных пород	Пантеллерит — щелочной риодацит	Комендит — щелочной риолит
Модальный минеральный состав, об. %	Вкрапл.: Fsp, alkPx, Q, редко alkAm, Fa, Mt, Пм Осн. масса: Fsp, Am, Px, стекло	Вкрапл.: Fsp, Q, alkPx, alkAm, Осн. масса: Fsp, Q, alkPx, alkAm, ±стекло
Граничные содержания породообразующих оксидов, мас. %		
SiO ₂	66-72	72-77
TiO ₂	0,1-0,6	Сл.-0,3
Al ₂ O ₃	8-13	8-12
Fe ₂ O ₃	2,5-6	0,6-3
FeO	Сл.-7	1-4
MgO	Сл.-0,5	Сл.-0,2
CaO	0,2-1,5	0,2-0,5
Na ₂ O	5,5-7,0	4,5-7
K ₂ O	4,5-5,5	4,5-5,5
Тип щелочности	Калиево-натриевый	

<p>Некоторые разновидности</p> <p>по характерному минералу</p> <p>по составу минералов</p> <p>по количеству стекла 80-100% при H₂O<1% 80-100% при H₂O>1% 50-80%</p>	Пироксеновые, амфиболовые	
	Энигматитовый	
	Санидиновые, анортоклазовые, ортоклазовые, эгирин-авгитовые, эгириновые, арфведсонитовые и др.	
	Обсидианы, пемзы, Перлиты Стекловатые	
Характерные особенности видов	Известны порфировые и афировые разновидности	
	Fsp - Na анортоклаз и Na санидин; Px – феррогеденбергит; Am - энигматит, кроссит	Px – эгирин; Am – арфведсонин, рибекит

Кислые плутонические породы; подотряд щелочных
 $64 \leq \text{SiO}_2 \leq 76$; $(\text{Na}_2\text{O} + \text{K}_2\text{O}) > 9$

Семейства горных пород	Щелочные граносиениты	Щелочные граниты*		Щелочные лейкограниты*	
		Щелочной монцогранит	Щелочной микроклинальбитовый гранит	Щелочной аляскит	Щелочной микроклинальбитовый лейкогранит
Модальный минеральный состав, об. %	Fsp 40-70 Pl 5-25 Q 15-20 Bt+alkAm 5-15	Fsp 50-70 Pl 0-10 Q 25-35 alkAm+alkPx 2-10	Fsp 10-35 Pl 10-40 Q 25-30 alkAm+alkPx 5-15	Fsp 55-70 Pl 0-5 Q 30-40 alkAm+alkPx 0,5-3	Fsp 20-40 Pl 10-30 Q 30-40 alkAm+alkPx 1-6
Граничные содержания породообразующих оксидов, масс. %					
SiO ₂	64-70	68-73	70-73	73-76	73-76
TiO ₂	0,2-0,8	0,2-0,7	0,2-0,8	0,1-0,3	0,1-0,3
Al ₂ O ₃	12-17	9-14	7-13	8-12	8-12
Fe ₂ O ₃	0,5-4	1,5-3,5	2-9	2-3	1,5-4,5

FeO	1-5	0,5-3,5	1-4	0,5-2	0,5-3
MgO	0,3-1,5	Сл.-0,3	0,1-0,3	Сл.-0,3	0,1-0,3
CaO	0,5-2	0,3-1,5	0,3-1	0,3-0,5	0,1-0,5
Na ₂ O	3,5-8	3,5-5	3,5-7,5	3,5-5	2,5-5
K ₂ O	3-6	4-5	1,5-5	4,5-5,5	4-5,5
Тип щелочности	Натриевый и калиево-натриевый	Калиево-натриевый			
Некоторые разновидности	Биотит-гастингситовый, рибекитовый, биотитовый и др.	Арфведсонит-рибекитовый, эгириновый, астрон-рибекитовый, астрон-филлитовый и др.	Рибекит-эгириновый, арфведсонитовый, астрон-филлитовый и др.	Катафоритовый, рибекитовый, эгириновый, арфведсонитовый и др.	Рибекитовый, полилигионитовый, эгиринов-арфведсонитовый (экерит)
Характерные особенности семейств и видов	Fsp>>Pl; Pl – An ₀₋₁₅	Fsp>>Pl	Fsp≈Ab; Pl – An ₆₋₁₂ ; обычен эльпидит	Fsp>>Ab	Fsp>>Ab; обычен эльпидит; возможен гороховидный кварц

* Щелочные гранитоиды, в отличие от основных и средних собственно щелочных пород, называются также пералкалиновыми (peralkaline). Они характеризуются высоким значением (>0,85) коэффициента алкаитности и присутствием щелочных пироксенов и (или) щелочных амфиболов, что обусловлено не столько высоким содержанием суммы щелочей (мало отличающейся от таковой в гранитоидах нормального и умереннощелочного ряда), сколько недостатком Al₂O₃ для образования полевых шпатов.

КЛАССИФИКАЦИЯ И НОМЕНКЛАТУРА ПОРОД ЛАМПРОИТОВОЙ И КИМБЕРЛИТОВОЙ ПЕТРОГРАФИЧЕСКИХ СЕРИЙ И ЛАМПРОФИРОВ

Для пород специфических *лампроитовой* и *кимберлитовой* петрографических серий соотношения петрогенных компонентов варьируют в более широких пределах, чем для всех прочих магматитов, что затрудняет их систематизацию. Общепринятая классификация этих пород в настоящее время отсутствует, поэтому рекомендуется придерживаться следующих положений.

Лампроитовая серия (лампроиты) — сообщество высококалийевых, наиболее высокомагнезиальных среди высококалийевых, богатых летучими компонентами преимущественно гипабиссальных пород со значительными вариациями химического состава. Породы этой серии всегда характеризуются высокими отношениями K_2O/Na_2O (>3), низкими содержаниями алюминия и кальция и обычно недосыщены кремнеземом. Лампроиты классифицируются (Богатиков и др., 1991) как по содержанию кремнезема (от ультраосновных до средних), так и по минералогическим особенностям. Все члены этого сообщества содержат редкие минеральные фазы, такие как К-Тi-рихтерит, прайдерит, вадеит, джеппеит, Fe-ортоклаз, высокожелезистый лейцит и др. Нередко, наряду с фенокристаллами флогопита, рихтерита, оливина, диопсида, лейцита, санидина и др., они содержат также ксенокристаллы и ксенолиты мантийного происхождения. Зачастую лампроиты имеют брекчиевую текстуру.

Для обозначения многочисленных видов и разновидностей лампроитов предлагались наименования, производные от географических названий (*вайо-мингит*, *верит*, *мадупит* и др.). Подкомиссией по систематике изверженных пород МСГН согласно схеме, разработанной Р. Х. Митчелом, предложено заменить исторические названия, как не отражающие вещественного содержания пород, составными, основанными на преобладании в породе флогопита, рихтерита, оливина, диопсида, санидина и лейцита (например, *вайо-мингит* заменяется на *диопсид-лейцит-флогопитовый лампроит*, *орендит* — на *диопсид-санидин-флогопитовый лампроит*, *верит* — на *гуало-оливин-диопсид-флогопитовый лампроит* и т.д.). Однако из-за значительной усложненности подобных наименований для применения предпочтительней номенклатура, предложенная О. А. Богатиковым с соавторами (1991), согласно которой лампроиты объединяются с учетом содержания кремнекислоты в семейства ультраосновных, основных и средних (орендитов) лампроитов (табл. 1). Для обозначения видов к названиям семейств прибавляется прилагательное, указывающее на типичные для данного вида породообразующие минералы (например, *оливин-диопсидовый ультраосновной лампроит*, *рихтеритовый орендит* и т.д.). Таким образом, не рекомендуется ни для семейств, ни для видов использование в качестве наименования термина «лампроит» без дополнительных определений, в этом случае термин обозначает лишь принадлежность пород к лампроитовой серии.

Кимберлитовая серия (кимберлиты) сообщество разнообразных по облику ультраосновных, умереннощелочных и щелочных богатых летучими пород с ярко выраженной такситовой текстурой, заполняющих диатремы и реже встречающихся в виде даек и жил. Эти породы состоят из большого количества оливина (до трех генераций), часто серпентинизированного, с непостоянными количествами флогопита, клинопироксена, монтичеллита, карбоната и характерных акцессорных минералов — пироба, хромшпинелида, хромдиопсида, пикроильменита, рутила, перовскита. Кимберлиты содержат также ксенолиты и ксенокристы, в том числе мантийного генезиса, иногда в значительном количестве. По-видимому, кимберлиты являются гибридными породами, состав которых не отражает состава родоначальной магмы, и трудности диагностики собственных магматических и ксеногенных составляющих обуславливают проблематичность применения по отношению к ним традиционной для магматических пород классификации.

В классификации магматических (изверженных) пород и словаре терминов (1997) рекомендуется выделять две группы кимберлитовых пород, отчетливо различающихся как по вещественным признакам, так и петрогенетически. Кимберлиты первой группы, соответствующие прототипу из Кимберли (Южная Африка), — это калиевые ультраосновные породы с преобладанием среди летучих CO_2 и обычно с неравномернозернистой структурой, обусловленной присутствием макрокристаллов оливина; некоторые из них могут быть ксенокристами. Кимберлиты второй группы (оранжиты) — это ультракалиевые щелочные породы с преобладанием среди летучих H_2O , флогопитовыми макрокристами и микрофенокристами и слюдами в основной массе; округлые макрокристы и идиоморфные первичные кристаллы оливина для оранжитов обычны. Оранжиты имеют большое минералогическое сходство с лампроитами.

По предложению Терминологической комиссии МПК, к сообществу кимберлитов отнесены родственные этим породам беспироксеновые щелочные пикриты (кимберлитойды).

Номенклатура кимберлитов из-за отсутствия устоявшихся представлений о генезисе этих пород и общепринятой их классификации также пока разработана недостаточно. Для обозначения всего разнообразия пород этой петрографической серии наиболее приемлем термин «кимберлиты». В то же время породы второй группы кимберлитов (ст. III. 1.9) принято называть «оранжитами». Видовые названия кимберлитов, в том числе оранжитов, или кимберлитов второй группы, следует образовывать с помощью уточняющего прилагательного, касающегося существенных вещественных особенностей пород. В названиях разновидностей пород могут указываться также второстепенные вещественные и структурные признаки. В тех случаях, когда породы сильно изменены и их первичный состав в полной мере не устанавливается, породу следует называть просто кимберлитом, имея в виду принадлежность ее к кимберлитовой серии.

В особую группу видов пород, не образующих серию, но характеризующихся специфическими общими признаками, объединяются лампрофиры.

Лампрофиры — гипабиссальные порфиновые меланократовые, реже мезократовые ($M=35—90$) породы с типичной для них специфической структурой, характеризующейся фенокристаллами темноцветных минералов, среди которых, наряду с постоянно присутствующими слюдами (биотитом, флогопитом) и (или) роговой обманкой, могут содержаться клинопироксен (авгит, титан-авгит), оливин или мелинит, При этом светлоокрашенные минералы - плагиоклаз, щелочные моченые щпаты

и фельдшпатоиды — сосредоточены, как правило, в основной массе. Лампрофиры классифицируются исходя из особенностей их минерального состава. Все они имеют собственные, исторически устоявшиеся названия — *спессартит*, *одинит*, *камptonит*, *альнеит* и др. По модальному количественно - минеральному составу группа лампрофиров делится на три подгруппы: полевошпатовых, фельдшпатоидных (фондовых) и мелилитовых лампрофиров. Породы первой подгруппы относятся к нормальному (известково-щелочному) или умереннощелочному ряду, а две других — к щелочному ряду. Для щелочных лампрофиров было предложено большое количество различных наименований, но многие из них не нашли широкого использования и устарели. На основе рекомендаций Международной подкомиссии по систематике изверженных пород с некоторыми дополнениями и уточнениями Терминологической комиссии МПК составлена табл.2, в которой показано распределение по модальному минеральному составу 13 наиболее распространенных видов лампрофировых пород, отнесенных к указанным выше подгруппам.

Классификация пород лампроитовой серии

Отряд	Ультраосновные породы		Основные породы	
Подотряд	Щелочные		Щелочные	
Семейства горных пород	Ультраосновные лампроиты		Основные лампроиты	
Типоморфные минералы семейств пород	Ol, Mc, \pm Cpx, \pm F, \pm alkAm		Cpx, Mc, \pm Ol, \pm F, \pm Ort, \pm alkAm	
Виды горных пород	Оливин-диопсидовый ультраосновной лампроит	Оливин-флогопитовый ультраосновной лампроит	Оливин-диопсид-флогопитовый основной лампроит	Оливин-диопсидовый основной лампроит
Типоморфные минералы видов	Ol, Di, Phl, \pm Lc, \pm alkAm	Ol, Phl, \pm (Lc' - ort)	Ol, Di, Phl, Lc, (Lc' —ort)	Ol, Di, Lc, (Lc' —ort)
Модальный минеральный состав пород видов (об. %), за исключением стекла и продуктов его изменения	Ol 20-40 Di 10-27 Phl 10-25 Lc(Lc' - ort) 3-10	Ol 20-40 Phl 5-30 Di 0-5 Lc' - ort 0-2 alkAm 0-5	Ol 10-25 Di 18-32 Phl 10-30 Lc(Lc' - ort) 7-30 alkAm 0-5	Ol 10-20 Di 10-30 Lc(Lc' - ort) 10-40 alkAm 0-7 Phl 2-10 Anc 0-10

Граничные содержания порообразующих оксидов в породах видов (мас. %)	SiO ₂	38,0-45,0	37,0-46,0	43,0-50,0	45,0-52,5
	TiO ₂	0,4-5,0	0,3-5,0	4,3-6,0	0,7-2,0
	Al ₂ O ₃	2,0-6,8	4,0-6,0	4,0-8,8	7,5-10,2
	Fe ₂ O ₃	3,8-8,8	2,3-8,0	2,5-6,6	3,5-6,6
	FeO	2,4-6,0	2,9-8,0	1,10-7,70	3,3-5,3
	MnO	0,1-0,2	0,1-0,2	0,12-0,17	0,12-0,15
	MgO	19,0-29,2	18,0-24,0	13,0-22,0	11,0-17,3
	CaO	3,9-8,0	3,0-7,0	2,7-8,2	6,2-10,5
	Na ₂ O	0,4-0,8	0,1-0,8	0,3-1,3	0,8-2,9
	K ₂ O	2,0-5,3	1,3-4,9	3,5-5,5	2,8-5,0
P ₂ O ₅	0,4-2,3	0,3-1,0	0,5-1,5	0,6-1,3	
Важнейшие петрохимические характеристики пород видов	mg' = 100MgO/ (MgO+FeO) (мол. %)	78-89	80-80	75-85	
	K ₂ O/Na ₂ O (мас. %)	3-13	1,5-32	2,0-7,6	
	Ka = = Na ₂ O+K ₂ O/ Al ₂ O ₃ (мол. %)	0,75-1,0 (миаскитовый)	1,0-1,6 (агпаитовый)	0,75-1,2 (агпаитовый)	0,8-1,0 (миаскитовый)	1,0-1,25 (агпаитовый)
Разновидности по второстепенному цветному или светлоокрашенному минералу	Рихтеритовый, ортоклазовый		Тетраферрифлогопитовый, ортоклазовый	Рихтеритовый, ортоклазовый	

Продолжение табл. 1

Отряд	Основные породы		
Подотряд	Щелочные		
Семейства горных пород	Основные лампроиты		
Типоморфные минералы семейств пород	Cpx, Mc, ±Ol, ±F, ±Ort, ±alkAm		
Виды горных пород	Диопсид-флогопитовый основной лампроит	Диопсид-флогопит-амфиболовый основной лампроит	Лейцит-флогопитовый основной лампроит
Типоморфные минералы видов	Di, Phl, Ort, Lc	Di, Phl, alkAm, Lc, Ort	Phl, Lc, (Lc'—ort)
Модальный минеральный состав пород видов (об. %), за исключением стекла и продуктов его изменения	Di 15-45 Phl 15-35 Ort(Lc) 10-45 alkAm 0-7 Ol 12-7	Di10-25 Phl 10-25 alkAm10-25 Lc(ort) 25-30 Ol 0-7	Phl 15-35 Lc(Lc'-ort) 25-55 alkAvm 0-10 Di 3-10 O 10-10

Граничные содержания породобразующих оксидов в породах видов (мас. %)	SiO ₂	43,8-52,8		43,0-53,0	46,5-53,5
	TiO ₂	0,8-7,5		1,2-8,0	1,3-6,9
	Al ₂ O ₃	7,0-9,3		5,5-9,5	7,2-11,2
	Fe ₂ O ₃	4,6-6,6		3,0-6,8	5,0-10,2
	FeO	0,8-6,8		0,6-5,0	0,9-2,6
	MnO	0,06-0,25		0,08-0,20	0,08-0,10
	MgO	6,0-14,4		5,9-18,7	5,8-2,0
	CaO	6,1-13,0		2,9-7,3	2,6-5,0
	Na ₂ O	0,4-2,3		0,43-2,60	0,2-2,9
	K ₂ O	5,4-8,2		6,5-10,2	6,0-10,5
P ₂ O ₅	0,55-1,4		0,3-1,1	0,7-2,2	
Важнейшие петрохимические характеристики пород видов	mg ¹ =100Mg O/ (MgO+FeO) (мол. %)	70-85		66-82	61-86
	K ₂ O/Na ₂ O (мас. %)	1,2-4,0		2,6-8,0	2,9-10
	Ka = Na ₂ O+K ₂ O/ Al ₂ O ₃ (мол. %)	0,84-1,0 (миаскитовый)	1,0-1,2 (агпаитовый)	0,84-1,0 (миаскитовый)	1,0-1,2 (агпаитовый)
Разновидности по второстепенному цветному или светлоокрашенному минералу		Рихтеритовый, флогопитовый, анальцимовый	Оливиновый, рихтеритовый, ортоклазовый	Оливиновый, рихтеритовый, магнезиоарфведсонитовый, ортоклазовый	

Отряд	Средние породы		
Подотряд	Щелочные		
Семейства горных пород	Орентиты		
Типоморфные минералы семейств пород	Ort, Lc, Cpx, Phl, \pm Ol, \pm alkAm		
Виды горных пород	Лейцитовый орентит	Орентит	Амфиболовый орентит
Типоморфные минералы видов	Lc, Ort, Di, Phl	Ort, Di, Phl, \pm Lc	Ort, alkAm, Phl, Lc
Модальный минеральный состав пород видов (об. %), за исключением стекла и продуктов его изменения	Lc 15-55 Ort 5-20 Di 5-15 Phl 10-20 alkAm 0-8 Ol 0-7	Ort 15-60 Phl 10-22 Di 7-20 Бс 0-10 alkAm 0-8 Ol 0-12 Anc 0-10 En 0-12	Ort 30-50 alkAm 10-25 Phl 8-17 Di 8-15 Lc 0-10 Ol 0-13

Граничные содержания породообразующих оксидов в породах видов (мас. %)	SiO ₂	53,0-59,0		53,0-58,2		52,5-59,3		
	TiO ₂	1,7-7,0		1,3-2,7		1,4-5,5		
	Al ₂ O ₃	7,0-11,7		9,0-14,5		8,4-10,9		
	Fe ₂ O ₃	2,4-7,4		2,2-5,2		0,8-5,8		
	FeO	0,5-3,8		0,6-1,7		0,8-4,2		
	MnO	0,06-0,12		0,05-0,12		0,06-0,15		
	MgO	4,5-10,8		4,4-11,8		4,8-15,5		
	CaO	1,1-5,0		3,0-7,0		1,0-5,8		
	Na ₂ O	0,2-0,7		1,2-2,2		0,5-3,1		
	K ₂ O	8,5-12,6		5,4-8,5		7,7-10,5		
P ₂ O ₅	0,3-1,5		0,2-1,6		0,2-2,2			
Важнейшие петрохимические характеристики пород видов	mg' = 100MgO/ (MgO+FeO) (мол. %)	55-72	55-80	56-84		60-84		
	K ₂ O/Na ₂ O (мас. %)	2,5-11,5	8-20	3-13		3-10		
	Ka = = Na ₂ O+K ₂ O/ Al ₂ O ₃ (мол. %)	1,0-1, (агпаитовый)	1,1-1,6 (агпаитовый)	0,8-1,0 (миаскитовый)	1,0-1,6 (агпаитовый)	1,0-1,4 (агпаитовый)		
Разновидности по второстепенному цветному или светлоокрашенному минералу	Оливиновый, диопсидовый, рихтеритовый	Оливиновый, рихтеритовый	Оливиновый, энстатитовый, анальцимовый, рихтеритовый		Рихтеритовый, оливиновый			

Классификация лампрофиров

Под- группы лампро- фиров	Салические минералы		Темноцветные (фемические) минералы (полужирным шрифтом отмечены фе- нокристаллы)							
	полевые шпаты	фельдшпа- тоиды	Aug, НЬ, ±Bt	НЬ, Bt	НЬ, Aug, ±O1	Bt, Aug, ±O1	Am, TiAug, Ol, Bt	Me1, Bt, Ol, ±Mnt	Me1, Bt	Me1, Bt, Aug, Ol
Поле- вошпа- товые	P1 Ап ₅₀₋₇₀		Одинит							
	P1 Ап ₃₀₋₅₉			Малхит						
	P1>Ort				Спессар- тит	Керсан- тит				
	Ort>P1				Вогезит	Минетта				
Фельд- шпа- тоидные	P1>Ort	Fsp > F					Кампнит			
	Ort>P1	Fsp > F F, ±стекло				Учитит	Саннаит Мончкит			
Мелили- товые		F ±F						Польце- нит	Бергелит	Альнеит

О КЛАССИФИКАЦИИ И НОМЕНКЛАТУРЕ НЕСИЛИКАТНЫХ И МАЛОСИЛИКАТНЫХ ИЗВЕРЖЕННЫХ ПОРОД*

Среди изверженных пород особое место занимают такие, в которых главными минералами являются не силикаты, а оксиды, сульфиды, карбонаты, фосфаты. Если содержание таких минералов в породе составляет более 90%, ее следует считать несиликатной; при содержании их от 50 до 90% порода рассматривается как малосиликатная (низкосиликатная в ПК-95). Эти породы зачастую являются сплошными (несиликатные породы), густо- и средневкрапленными (малосиликатные породы) рудами.

Несиликатные и малосиликатные породы являются объектом длительной и незавершенной дискуссии. На конвергентность генетических признаков рудных обособлений указал еще А. Н. Заварицкий, сделавший в своей классической работе «О фузивных месторождениях» вывод, что их образование возможно либо из магматического расплава при сдвинутой к рудному минералу эвтектике, либо в результате ликвации, либо при метасоматозе. Участие всех указанных процессов в той или иной мере предполагается при обсуждении генезиса несиликатных пород и в настоящее время.

Несмотря на то, что получены убедительные доказательства существования автономных магматических тел, сложенных подобными породами (карбонатитовые лавы в Африке, магнетитовые и магнетитовые с апатитом лавы в Чили и Швеции), они, как правило, в подавляющем большинстве случаев являются продуктом различного рода эволюции силикатных систем. Существуют, например, реститогенные силикатные системы, в которых в результате реститизации или в ходе постреститогенных процессов образуются тела подиформных хромититов. В расслоенных интрузивах образование стратиформных хромититов связывается с ликвацией или, что вероятнее, с выделением при определенных условиях в силикатной системе надэвтектоидного хромшпинелида. Сульфидные магмы генетически связаны с основными породами, фосфатные и карбонатные — со щелочными. При этом следует подчеркнуть, что существование богатых минерализаторами солевых магм предполагает их переход при понижении температуры в гидротермальные флюиды, а также широкое развитие других специфических метасоматических процессов (например, при образовании карбонатитов), явлений флюидизации и т. п. В магматическом процессе наиболее поздние из карбонатитов (анкеритовые и сидеритовые) образуются уже на постмагматической стадии, то же относится и к поздним сульфидитам в медно-никелевых месторождениях. Таким образом, рассматриваемые породы (по крайней мере, их значительная часть) могут относиться к магматическим с известной долей условности, а в совокупности их корректно считать магматогенными, оставляя право на более конкретные генетические определения за изучающими их исследователями.

Впервые несиликатные породы классифицировал Ф. Ю. Ленинсон-Лессинг, включивший в эту группу силекситы, сульфидолиты (сульфидиты *), кирбонатиты, маг-

* Затронуты вопросы классификации и номенклатуры некремнеземистых и низкокремнеземистых несиликатных и малосиликатных горных пород, тогда как высококремнеземистые (ультракислые) породы, имеющие постепенные переходы к кислым, классифицируются как силикатные породы.

нетититы и нефелин-апатитовые породы (анатититы*). Позднее этот список пополнился такими породами, как фоскориты, хромититы, ильменититы, нельсониты и др. (таблица).

Как следует из приведенных примеров, наименования видов несиликатных пород образуются преимущественно от названий главных слагающих их минералов (магнетитит, хромитит, апатитит и т.п.) или от группового названия минералов, как это практикуется в случае с сульфидитами, которые практически всегда состоят из нескольких главных минералов. Исключение составляет термин «нельсонит», который был введен для обозначения дайковых оксид- (рутил-, ильменит-, магнетит-) апатитовых пород, ассоциирующих с анортозитами. В настоящее время тела нельсонитов известны также и в связи с ийолит-карбонатитовыми комплексами, с сиенитами в орогенных поясах андийского типа и со своеобразным комплексом натриево-калиевых щелочных пород и карбонатитов (в Южной Монголии).

Разновидности несиликатных пород обозначаются, как правило, по минералу (если он есть), следующему по распространенности за минералом, определяющим название породы: гематитовый ильменитит, перовскитовый магнетитит и т. д. Разновидности нельсонитов именуется обычно по оксидным минералам; кроме того, в названии разновидностей нельсонитов может быть отражено присутствие в породе карбоната (таблица).

Необходимо особо обратить внимание на использование термина «карбонатит». Следует воздерживаться от имеющего место расширенного толкования этого термина и не применять его для обозначения продуктов перекристаллизации или тектонизации осадочных или метаморфических пород. Карбонатиты обычно связаны с определенными комплексами щелочных пород, но и в автономных телах они имеют особую геохимическую (Sr, P3Э) и акцессорно-минералогическую специализацию. Разновидности карбонатитов выделяются по соотношению карбонатов разного состава (например, кальцит-доломитовый карбонатит). При большем содержании силикатных минералов могут быть выделены силикатно-карбонатные породы.

Для названий видов малосиликатных пород целесообразно использовать названия соответствующих несиликатных пород (пород одного с ними семейства) с добавлением в форме прилагательного названия главного силикатного минерала: оливинный магнетитит, ортопироксеновый хромитит, пироксеновый кальцитовый карбонатит и т. п. (таблица).

Исключением из указанного правила является термин «фоскорит», впервые примененный для обозначения апатит-форстерит-магнетитовой породы (железная, фосфатная руда) в щелочно-ультрамафитовом комплексе Палабора (Russel et al., 1954). В отечественной петрографии для подобной породы был предложен термин «камафорит» (Бородин и др., 1973). В соответствии с правилами номенклатуры очевидно, что приоритетным является более ранний термин «фоскорит». Особенность фоскоритов — их тесная пространственная и временная связь с карбонатитами и весьма широкие колебания состава, вплоть до резкого преобладания одного или двух основных минералов с локальным переходом в форстерититы, форстеритовые магнетиты, несольниты (фоскорит переходит в нельсонит при содержании оливина меньше 10%) и т. п. Таким образом, можно говорить о породах фоскоритовой серии, в которую входят форстеритит, магнетитит, фоскорит магнетитовые нельсонит, апатитит. Весьма характерно присутствие в этих породах карбонатов- кальцита и доломита, количество которых может достигать 50%. В этом случае происходит переход в силикатно-фосфатно-карбонатную породу (фоскорит-карбонатит).

*Термины, принятые позднее.

магнетиты, несольниты (фоскорит переходит в нельсонит при содержании оливина меньше 10%) и т. п. Таким образом, можно говорить о породах фоскоритовой серии, в которую входят форстеритит, магнетитит, фоскорит магнетитовые нельсонит, апатитит. Весьма характерно присутствие в этих породах карбонатов - кальцита и доломита, количество которых может достигать 50%. В этом случае происходит переход в силикатно-фосфатно-карбонатную породу (фоскорит-карбонатит).

Несиликатные и малосиликатные магматические горные породы отряда низко- и некремнеземистых

Подотряды	Семейства	Подсемейства	Несиликатные породы (90% и более несил- икатной составляющей)		Малосиликатные породы (50—90% несиликатной составляющей)	
			Виды	Разновидности	Виды	Разновидности
Оксидные	Титан-железо-оксидные	Титан-железо-оксидные	Магнетитит * Ильменитит	Перовскитовый магнетитит Гематитовый, магнетитовый ильменититы	—	—
		Силикатно-титан-железооксидные	—	—	Пироксеновый магнетитит Оливиновый магнетитит	—
	Хромо-оксидные	Хромооксидные	Хромитит	—	—	—
		Силикатно-хромо-оксидные	—	—	Оливиновый хромитит Оливин - ортопироксено- вый хромитит***	—
Соленые	Карбонатные	Карбонатные (карбонатиты)	Кальцитовый карбонатит Доломитовый карбонатит Анкеритовый карбонатит	Кальцит-доломитовый, доломит-кальцитовый карбонаты	—	—

			тит Сидеритовый карбонатит Содовый карбонатит ** (натрокарбонатит) Бенстонитовый карбонатит**	ты и т.п.***		
		Силикатно-карбонатные	—	—	Пироксеновый кальцитовый карбонатит Флогопитовый доломитовый карбонатит***	—
Солевые	Фосфатные	Фосфатные	Апатитит	—	—	—
		Силикатно-фосфатные	—	—	Нефелиновый апатитит Эгириновый апатитит***	—
	Сульфидные	Сульфидные	Сульфидит	Пентландит-халькопирит-пирротиновый, пентландит-кубанит-пирротиновый сульфидиты ***	—	—
		Силикатно-сульфидные	—	—	Оливиновый сульфидит Пироксеновый сульфидит***	—

Оксидно-солевые	Титан-железооксидно-фосфатные	Титан-железооксидно-фосфатные	Нельсонит	Магнетитовый, рутильменитовый, ильменитовый, рутиловый нельсониты; кальцитовый нельсонит	—	—
		Силикатно – титан-железооксидно-фосфатные	—	—	Фоскорит	Кальцитовый, доломитовый., флогопитовый фоскоритыи др.

* Термином обозначаются также породы, сложенные титаномагнетитом.

** Редкие породы: содовые (вулкан Олдоиньо Ленгаи), бенстонитовые (бариевые), карбонатиты (?) Мурунского щелочного массива.

***Пример только некоторых из возможных видов и соответственно формального наименования пород.

ПРИМЕРЫ КЛАССИФИКАЦИОННЫХ ТАБЛИЦ
 МЕТАМОРФИЧЕСКИХ (табл. 1–21) И МЕТАСОМАТИЧЕСКИХ (табл. 22) ПОРОД

Таблица 1

Основные метаморфические породы нормальной щелочности, недосыщенные глиноземом, зеленосланцевой фации

Род		С л а н ц ы						
Вид	Эпидот-альбит-хлоритовый	Серицит-актинолит-талковый	Хлорит-эпидот-альбитовый	Альбит-пумпеллиит-хлоритовый	Пумпеллиит-хлорит-актинолитовый	Альбит-актинолит-эпидотовый	Гранат-актинолит-хлоритовый	
Граничные содержания минералов, об. %	Альбит 15–40 Эпидот 5–23 Хлорит 18–50 Актинолит 0–10 Кальцит 0–15 Серицит 0–10 Лейкоксен 1–3 Гематит до 2	Тальк 38–65 Актинолит 15–48 Серицит 5–35 Магнетит 2–5 Альбит 0–10 Сфен 0–2	Альбит 20–40 Актинолит 15–45 Хлорит 10–15 Эпидот 15–33 Серицит 5–15 Кальцит 5–20 Гематит 1–4 Сфен 1–5 Гроссуляр 0–5 Кварц 0–5 Лейкоксен	Альбит 17–27 Хлорит 20–40 Пумпеллиит 15–35 Эпидот 5–25 Стильпномелан 0–10 Серицит 0–6 Кварц 0–5 Лимонит 1–6 Лейкоксен 1–2	Альбит 25–45 Хлорит 20–50 Актинолит 25–40 Стильпномелан 5–25 Пумпеллиит 12–30 Лейкоксен 0–5 Гематит 1–4 Кальцит 0–5	Альбит 20–30 Актинолит 15–35 Хлорит 10–20 Эпидот 15–35 Серицит 0–15 Кварц 0–5 Гематит 3–5 Лейкоксен 1–2 Кальцит 0–10 Альмандин 0–5	Альбит 20–30 Актинолит 15–40 Цоизит 10–15 Гранат 10–20 Серицит 5–6 Лейкоксен 1–2 Хлорит 10–20	
Граничные содержания окислов, мас. %	SiO ₂	44–40	44–49	44–51	48–51	48–51	44–52	45–49
	TiO ₂	1–1,6	0,3–0,8	0,5–2,8	0,8–2,5	1,2–2,6	0,9–1,2	0,3–1
	Al ₂ O ₃	13–20	3,5–10	11–18	16–17	11–17	14–18	17–19
	Fe ₂ O ₃	2–6	1,5–4	0,7–7	1,5–9	0,5–6	2–8	1,6–2
	FeO	7,5–9	5–9	5–11	5–10,5	8–13	4–8	8–9
	MgO	5,5–10	20–23	5–10	3,5–8	5,5–9	5–9	7–9
	CaO	5,3–13	2–5,8	6–13	5,5–8	7,5–10	8–13	7–9
	Na ₂ O	1,5–5	0–0,6	0,5–4,2	2–3,2	2–3,5	2,5–3,5	2,8–3,2
K ₂ O	0,1–1,1	1,2–3,4	0,4–2,4	0–0,4	0–0,6	0,5–1	0,5–0,7	
Тип щелочности	Натриевый	Калиевый	Калиево-натриевый	Натриевый				

Таблица 2

Основные метаморфические породы нормальной щелочности, недосыщенные глиноземом, амфиболитовой фации

Род	А м ф и б о л и т ы						
Вид	Диопсид-роговообманковый	Гранат-диопсид-роговообманковый	Роговообманковый	Гранат-роговообманковый	Эпидот-роговообманковый	Биотит-салит-роговообманковый	Салит-скаполит-роговообманковый
Граничные содержания минералов, об. %	Плаггиоклаз № 38–58 35–40 Роговая обманка 20–55 Диопсид 10–20 Эпидот 0–15 Магнетит 2–9 Сфен 1–2 Ильменит 1–2 Биотит 0–15 Кварц 0–5	Плаггиоклаз № 45–52 32–40 Роговая обманка 29–35 Диопсид 18–12 Гранат 8–17 Сфен 1–2 Ильменит 2–7 Магнетит 1–4 Биотит 2–10	Плаггиоклаз № 30–55 35–60 Роговая обманка 30–50 Биотит 4–8 Сфен 1–3 Магнетит 1–2 Апатит	Плаггиоклаз № 32–65 30–45 Роговая обманка 20–50 Гранат 5–15 Биотит 0–10 Кальцит 0–10 Сфен 1–5 Ильменит	Плаггиоклаз № 35–40 30–40 Роговая обманка 40–45 Эпидот 10–15 Сфен 2–3 Ильменит Апатит	Плаггиоклаз № 20–45 20–22 Роговая обманка 10–55 Салит 15–20 Биотит 7–10 Сфен 1–2 Магнетит 1–2 Гиперстен 0–9	Плаггиоклаз № 90 0–10 Роговая обманка 15–30 Салит 10–20 Скаполит 30–60 Сфен 1–2 Магнетит 1–5 Биотит 0–10 Апатит
Граничные содержания окислов, мас. %							
SiO ₂	45–50	47–49	48–51	48–51	49–50	47–50	44–48
TiO ₂	0,7–2	0,5–1,8	0,5–1,8	0,5–1,8	1,2–1,5	0,3–0,7	1–1,6
Al ₂ O ₃	13–15	13–16	14–19	14–19	13–16	11–15	16–20
Fe ₂ O ₃	2,7–7	3,5–7	1,5–3,5	1,5–3,5	3–4	1,5–3	1,5–2,5
FeO	7,4–14	9–12	7–10	7–10	9–10	6–9	5–7
MgO	6–12	6–7	4–7	4–7	6–10	6–14	3–9
CaO	8–12	8,5–10	8–12	8–12	8–10	9–13	12–17
Na ₂ O	2,3–3,5	1,8–2,7	2,5–4	2,4–4	2–4	1,3–3	2–4
K ₂ O	0,1–1	0,5–0,9	0,3–0,5	0,3–0,5	0,1–0,5	1–1,2	0,2–0,9
Тип щелочности	Натриевый					Калиево-натриевый	Натриевый

Таблица 3

Средние метаморфические породы нормальной щелочности, насыщенные глиноземом, амфиболитовой фации

Род	К р и с т а л л о с л а н ц ы				
Вид	Биотит-двупироксен-плаггиоклазовый	Гранат-двупироксен-плаггиоклазовый	Биотит-двупироксен-плаггиоклазовый	Кордиерит-гиперстен-плаггиоклазовый	Гиперстен-биотит-плаггиоклазовый
Граничные содержания минералов, об. %	Плаггиоклаз № 40–75 40–65 Гиперстен 12–30 Диопсид–салит 5–20 Биотит 2–15 Кварц 3–8 Магнетит 1–7 Ильменит 0–1 Сфен	Плаггиоклаз № 45–90 35–65 Гиперстен 5–18 Диопсид–салит 15–40 Биотит 3–12 Кварц 5–10 Гранат 2–12 Магнетит 0–1 Роговая обманка 0–5 Сфен 0–2	Плаггиоклаз № 30–40 35–55 Гиперстен 5–12 Диопсид–салит 10–20 Биотит 5–10 Роговая обманка 10–25 Кварц 2–5 Магнетит 0–1 Сфен 0–2	Плаггиоклаз № 34–55 35–60 Гиперстен 15–25 Кордиерит 10–20 Биотит 0–15 Кварц 5–10 Титаномагнетит 1–2 Ильменит	Плаггиоклаз № 35–40 40–65 Гиперстен 5–15 Биотит 8–20 Кварц 2–8 Гранат 5–20 Сфен 0–3 Магнетит 1–3
Граничные содержания окислов, мас. %					
SiO ₂	54–58	54–50	50–58	54–60	52–60
TiO ₂	0,1–1	0,4–1	0,8–1,5	0,6–1	0,5–1,5
Al ₂ O ₃	16–19	14–18	16–20	18–20	16–18
Fe ₂ O ₃	2,5–6	0,6–3,5	2–3,5	0,5–3	0,7–2,5
FeO	3,5–8	4,5–7	5–8	6–7,5	5,5–10
MgO	2,5–7	2,5–6	4–6,5	2,5–5	3–8
CaO	6–12	7–17	6–8,5	3–8	5,5–7,5
Na ₂ O	0,5–4,5	0,5–4,5	3,5–4,5	2,5–4	2,5–2,5
K ₂ O	0,3–1,7	0,4–1	0,5–2	0,1–1	0,5–1,5
Тип щелочности	Калиево-натриевый			Натриевый	Калиево-натриевый

Продолжение табл. 3

Род	Гнейсы					
Вид	Биотитовый	Гранат-биотитовый	Роговообманково-биотитовый	Гранат-роговообманково-биотитовый	Роговообманково-салит-биотитовый	Двупироксенгранатовый
Граничные содержания минералов, об. %	Плагиоклаз № 40–55 40–60 Биотит 18–30 Кварц 10–20 Магнетит до 1–2 Сфен Циркон	Плагиоклаз № 17–20 50–60 Биотит 18–27 Гранат 5–10 Кварц 10–15 Сфен до 1–3 Магнетит до 1–2	Плагиоклаз № 25–35 45–60 Биотит 17–25 Роговая обманка 10–15 Кварц 10–20 Сфен Магнетит до 1–2	Плагиоклаз № 15–30 30–55 Биотит 17–30 Роговая обманка 5–20 Гранат 5–14 Кварц 10–15 Магнетит Сфен	Плагиоклаз № 38–40 55–60 Биотит 5–10 Роговая обманка 5–6 Салит 5–10 Кварц 15–20 Магнетит 1–3	Плагиоклаз № 40 30 Биотит–3 Гиперстен 5–7 Салит 10 Гранат 30 Роговая обманка 7 Кварц 12 Сфен –6 Магнетит
Граничные содержания окислов, мас. %						
SiO ₂	60–63	57–63	58–63	53–60	58–63	58–61
TiO ₂	0,3–0,6	1–1,5	0,5–1,5	0,7–1	0,8–1	0,5–1,2
Al ₂ O ₃	16–18	16–18	14–17	16–18	13–15	16–17
Fe ₂ O ₃	1,5–2	1–3,3	1,4–3,8	1,3–4,5	2–3,5	3–3,7
FeO	3,5–4	5–9	3,6–8	5,6–7	5–7,5	3,5–4,4
MgO	2,2–4	2–3,4	2,5–6	3,3–4	2–2,7	2,5–4
CaO	3,4–4,5	2–4,7	2,6–7	4–6,3	3,5–6	4,7–6,5
Na ₂ O	3–4,5	2,5–5	2,5–5	3–4	2,5–3,5	1,5–3,6
K ₂ O	2–2,5	1,5–2,5	1–2,6	1,7–3	1,2–2	0,7–0,8
Тип щелочности	Калиево-натриевый					Натриевый

Таблица 4

Средние метаморфические породы нормальной щелочности, пересыщенные глиноземом, амфиболитовой фации

Род	Гнейсы			
Вид	Силлиманит-кордиерит-двуслюдяной	Кианит-гранат-биотитовый	Силлиманит-гранат-биотитовый	Гранат-биотитовый
Граничные содержания минералов, об. %	Плаггиоклаз № 20–40 12–20 Биотит 15–22 Кордиерит 12–15 Силлиманит 5–10 Гранат 0–10 Кварц 20–30 Мусковит 2–20 Магнетит Рутил Циркон	Плаггиоклаз № 28–48 15–30 Биотит 20–40 Кианит 8–15 Пироп–альмандин 5–20 Кварц 20–30 Гематит 0–8 Рутил Циркон	Плаггиоклаз № 20–35 20–30 Биотит 20–40 Силлиманит 3–10 Пироп–альмандин 8–25 Кварц 15–25 Мусковит 2–10 Рутил Циркон	Плаггиоклаз № 30–60 35–55 Биотит 10–20 Пироп–альмандин 5–15 Кварц 15–18 Мусковит 0–15 Магнетит 0–5 Ильменит 0–3 Гематит 0–4 Рутил Циркон
Граничные содержания окислов, мас. %				
SiO ₂	60–62	58–62	57–62	56–59
TiO ₂	0,5–1,5	0,5–1	0,4–1	0,1–1
Al ₂ O ₃	17–20	18–20	18–23	16–18
Fe ₂ O ₃	0,5–2	1,2–1,5	0,4–0,8	0,4–4
FeO	6–8	6–9	6–9	2–7
MgO	4–9	3–5	2,7–3,5	3–5
CaO	0,5–1,5	0,6–2	1,5–2	2–4,5
Na ₂ O	0,3–1,4	1,5–3	1,5–2	2–3,5
K ₂ O	2–4	1,5–4	1,8–4	1,5–2
Тип щелочности	Калиево-натриевый			

Таблица 5

Средние метаморфические породы нормальной щелочности, пересыщенные глиноземом, эпидот-амфиболитовой фации

Род	Гнейсы			Сланцы
Вид	Ставролит-двуслюдяной	Гранат-андалузит-двуслюдяной	Гранат-двуслюдяной	Ставролит-гранат-хлоритовый
Граничные содержания минералов, об. %	Плагиоклаз № 32–35 25–35 Ставролит 5–15 Биотит 20–26 Мусковит 10–15 Кварц 25–30 Пироп–альмандин 0–10 Ильменит до 2–3	Плагиоклаз № 32–35 25–30 Биотит 20–26 Мусковит 10–15 Кварц 10–20 Пироп–альмандин 0–10 Андалузит 5–10 Магнетит до 2	Плагиоклаз № 25–30 15–25 Биотит 25–30 Мусковит 20–25 Пироп–альмандин 6–20 Кварц 15–20 Магнетит до 2 Ильменит до 2 Кианит 0–5	Плагиоклаз № 5–10 40–50 Хлорит 10–30 Альмандин 5–20 Ставролит 2–10 Эпидот 0–15 Кварц 5–10 Ильменит 1–3 Магнетит 1–2
Граничные содержания окислов, мас. %				
SiO ₂	61–62	60–62	59–61	54–60
TiO ₂	0,5–1	0,3–1,5	0,5–1	0,5–1,7
Al ₂ O ₃	17–18	18–19	18–19	16–18
Fe ₂ O ₃	3–3,5	1–1,5	1–1,5	1,5–4
FeO	5,2–5,5	5–6	5–6,5	7–9
MgO	1,5–2	3–3,5	2,6–3,5	5–10
CaO	2–2,5	1,5–2	1–1,5	1–3,6
Na ₂ O	2,5–3	1,5–3	2–2,5	0,5–1,3
K ₂ O	2,5–3	2,5–3,3	4,5–5	0,1–0,2
Тип щелочности	Калиево-натриевый			Натриевый

Таблица 6

Кислые метаморфические породы нормальной щелочности, пересыщенные глиноземом, амфиболитовой фации

Род	Гнейсы			
Вид	Двуслюдяной	Силлиманит-биотитовый	Кианит-гранат-биотитовый	Гранат-силлиманит-биотитовый
Граничные содержания минералов, об. %	Плаггиоклаз № 18–35 15–30 Биотит 15–25 Мусковит 7–20 Гранат 0–10 Кварц 30–40 Рутил Циркон	Плаггиоклаз № 30–40 15–35 Биотит 15–32 Силлиманит 10–20 Кварц 20–40 Магнетит 1–5 Рутил Циркон	Плаггиоклаз № 25–40 30–60 Биотит 10–20 Гранат 5–20 Кианит 5–15 Кварц 20–45 Магнетит 1–3 Рутил	Плаггиоклаз № 30–35 12–17 Биотит 14–20 Гранат 5–12 Силлиманит 5–15 Кварц 45–60 Магнетит 1–2 Циркон
Граничные содержания окислов, мас. %				
SiO ₂	70–72	67–74	65–68	72–75
TiO ₂	0,5	0,4–0,5	0,5–1	0,5
Al ₂ O ₃	13–16	13–17	16–19	10–13
Fe ₂ O ₃	0,3–1	0,5–1,5	0,5–4	1–1,5
FeO	2–5,3	2–5	2,5–5	3–5
MgO	1,2–2,2	1,2–2,6	1,5–2	1,5–2,5
CaO	1,2–1,5	1,2–1,6	1,5–4,5	1–1,5
Na ₂ O	0,8–2,2	1–2	2,5–4,5	1–1,5
K ₂ O	2–3,7	1–3,8	1–1,5	1,5–2,5
Тип щелочности	Калиево-натриевый		Натриевый	Калиево-натриевый

Таблица 7

Кислые метаморфические породы нормальной щелочности, насыщенные глиноземом, амфиболитовой фации

Род	Гнейсы						
Вид	Биотит-рогово-обманковый	Биотит-рогово-обманковый	Кордиерит-биотитовый	Гранат-биотитовый	Биотитовый	Двуслюдяной	Гиперстен-биотитовый
Граничные содержания минералов, об. %	Плагиоклаз № 17–26 40–55 Биотит 10–19 Роговая обманка 5–16 Кварц 30–35 Магнетит до 1–2 Сфен Апатит	Плагиоклаз № 30–46 35–55 Биотит 11–22 Роговая обманка 5–18 Кварц 20–30 Гранат 0–3 Магнетит до 1–5 Сфен	Плагиоклаз № 20–25 18–37 Биотит 23–27 Кордиерит 15–20 Кварц 27–35 Гиперстен 0–4 Магнетит до 2 Циркон	Плагиоклаз № 30–45 35–55 Биотит 17–33 Гранат 7–13 Кварц 20–35 Магнетит до 2–3 Циркон Рутил Монацит	Плагиоклаз № 25–37 30–60 Биотит 15–32 Кварц 20–40 Циркон Магнетит 1–4	Плагиоклаз № 16–35 30–55 Биотит 8–25 Мусковит 10–18 Альмандин 0–10 Кварц 15–45 Магнетит Циркон	Плагиоклаз № 35–55 45–65 Биотит 10–22 Гиперстен 8–12 Кварц 20–30 Гранат 0–5 Магнетит 2–3 Рутил Циркон
Граничные содержания окислов, мас. %							
SiO ₂	64–70	62–68	64–67	64–69	64–72	65–74	64–70
TiO ₂	0,3–0,5	0,5–0,6	0,3–0,8	0,3–0,5	0,2–0,3	0,4–0,7	0,4–1
Al ₂ O ₃	14–16	11–16	15–17	14–17	11–15	11–17	12–15
Fe ₂ O ₃	0,5–2	0,5–2,5	1–2	0,9–2,7	0,7–4	0,6–2,2	0,8–2
FeO	2–5	2–6	2,7–4,5	3–4,5	1,7–4	1,3–5,5	1,8–5
MgO	1,5–2,5	1,2–3,8	2,2–5,3	1,8–3	0,7–3	1–3	1–2,3
CaO	2,5–4,5	3–5	0,8–2,8	2–6	1,5–3,8	1–2,7	2,8–5,6
Na ₂ O	3,7–5	2,5–4,7	1,7–3,6	1,6–4,5	3–4,5	2–5	2,7–4,2
K ₂ O	1–1,4	1–3	2,1–2,4	1,5–3	0,7–2,8	2,5–3,8	0,7–2
Тип щелочности	Калиево-натриевый						

Таблица 8

**Кислые метаморфические породы нормальной щелочности,
пересыщенные глиноземом, глаукофансланцевой фации**

Род	С л а н ц ы		
Вид	Кианит-гранат-глаукофановый	Гранат-глаукофан-жедритовый	Лавсонит-глаукофан-фенгитовый
Граничные содержания минералов, об. %	Граукофан 8–18 Фенгит 15–25 Гранат 9–15 Кварц 35–53 Кианит 5–12 Хлоритоид 1–3 Гематит 0–5 Магнетит 0–2 Рутил 0–1 Альбит 0–4	Жедрит 10–20 Глаукофан 7–15 Лавсонит 3–10 Фенгит 3–13 Гранат 3–10 Магнетит 9–5 Гематит 0–5 Рутил	Фенгит 15–30 Глаукофан 8–25 Лавсонит 4–11 Альбит 0–15 Гранат 0–6 Хлоритоид 0–5 Кварц 35–50 Рутил до1
Граничные содержания окислов, мас. %			
SiO ₂	67–72	65–74	64–75
TiO ₂	0,7–0,8	0,3–0,8	0,7–1,1
Al ₂ O ₃	15–18	9–13	10–16
Fe ₂ O ₃	1,8–6	4–7,5	1–4
FeO	2–4,7	2,7–4,3	2–7
MgO	1,5–3	1–2	1,5–4
CaO	0,4–1,3	0,7–1,5	0,7–2
Na ₂ O	0,5–1,5	0,3–1,5	0,5–2,8
K ₂ O	1,5–3,5	0,3–1,3	1,5–4
Тип щелочности	Калиево-натриевый		

Таблица 9

Основные метаморфические породы нормальной и умеренной щелочности, недосыщенные глиноземом, глаукофансланцевой фации

Род	С л а н ц ы			
Вид	Мусковит-глаукофан-эпидотовый	Актинолит-глаукофан-цоизитовый	Эгирин-глаукофановый	Альбит-эпидот-жедритовый
Граничные содержания минералов, об. %	Глаукофан 23–36 Эпидот 40–65 Мусковит 10–12 Рутил 1–2 Магнетит 1–9	Глаукофан 20–40 Цоизит 18–48 Хлорит 5–25 Мусковит 7–30 Актинолит 5–30 Кварц 0–5 Рутил 0–3 Магнетит 1–7 Кальцит 0–5	Глаукофан 25–45 Эгирин 15–40 Эпидот-цоизит 10–20 Рутил 0–3 Магнетит 1–10 Хлорит 0–20	Жедрит 35–60 Эпидот 12–32 Альбит 5–8 Ильменит 3–4 Магнетит 1–5 Кварц 0–5 Мусковит 0–5
Граничные содержания окислов, мас. %				
SiO ₂	40–45	43–50	48–52	49–51
TiO ₂	1,6–2,7	0,7–3,5	1,2–3	1,5–2
Al ₂ O ₃	14–18	9–16	5–15	14–15
Fe ₂ O ₃	12–13	3,5–7,8	4–16	1,5–4
FeO	4–9	5–12	5–13	11–15
MgO	3–6	4–12	3,5–5	7,5–12
CaO	7–15	5–10	3–6,5	3,5–11
Na ₂ O	2–2,5	1,3–3,2	4,8–6,6	1,5–2,5
K ₂ O	1–1,5	0,7–3,4	0,2–0,5	0,1–0,8
Тип щелочности	Калиево-натриевый		Натриевый	

Таблица 10

Средние метаморфические породы нормальной щелочности, насыщенные глиноземом, амфиболитовой фации

Род	Гнейсы				
Вид	Гиперстен-биотит-гранатовый	Биотит-гиперстен-кордиеритовый	Биотит-двопироксеновый	Биотит-гиперстеновый	Роговообманково-гиперстен-биотитовый
Граничные содержания минералов, об. %	Плаггиоклаз № 40–50 35–55 Биотит 8–11 Гиперстен 7–12 Гранат 10–35 Кварц 10–15 Рутил до 1 Титаномагнетит 1–2	Плаггиоклаз № 50–55 45–50 Биотит 3–10 Гиперстен 10–20 Кордиерит 7–18 Кварц 5–12 Диопсид 3–5 Титаномагнетит 1–2	Плаггиоклаз № 50–80 45–57 Биотит 5–12 Гиперстен 12–25 Диопсид 3–5 Кварц 17–22 Титаномагнетит 1–2	Плаггиоклаз № 35–48 55–65 Биотит 10–12 Гиперстен 12–20 Кварц 10–15 Пироп–альмандин 0–5 Магнетит до 1–2 Ильменит Циркон	Плаггиоклаз № 35–48 50–55 Биотит 10–20 Роговая обманка 10–15 Гиперстен 12–15 Кварц 5–10 Магнетит до 1–2
Граничные содержания окислов, мас. %					
SiO ₂	57–63	53–55	54–63	60–62	63–64
TiO ₂	0,5–1,5	0,5–1	0,5–1	0,7–1,6	0,5–0,7
Al ₂ O ₃	17–21	19–21	14–18	16–18	15–17
Fe ₂ O ₃	1–2	1–3,5	14–18	2,5–3,5	1,3–1,5
FeO	5–10	6–10	4,5–9	3–4,5	3–5
MgO	2–4	4–5	2–4	1,7–2	1,5–3,5
CaO	4–7	4–8	5–8	4–6	4,5–6
Na ₂ O	2–2,5	1,5–2,4	1–2	3–4	3,5–4,5
K ₂ O	0,7–1	0,5–1,2	0,5–1	1,3–2,3	1,2–2
Тип щелочности	Калиево-натриевый				

Таблица 11

Основные метаморфические породы нормальной щелочности, недосыщенные глиноземом, гранулитовой фации

Род	Кристаллосланцы		
Вид	Гиперстен-плагиоклазовый	Двупироксен-плагиоклазовый	Гранат-двупироксен-плагиоклазовый
Граничные содержания минералов, об. %	Плагиоклаз № 50–65 55–70 Гиперстен 12–30 Магнетит 2–10 Биотит 0–3 Диопсид 0–8 Ильменит 0–5	Плагиоклаз № 40–65 45–65 Салит 7–15 до 25–30 Гиперстен 6–10 до 20–30 Биотит 0–3 Роговая обманка 0–5 Кварц 0–5 Титаномагнетит 1–4 Сфен 0–2 Магнетит 2–10	Плагиоклаз № 45–55 47–60 Гиперстен 20–40 Салит 2–5 Гранат 6–17 Биотит 1–6 Кварц 6–7 Титаномагнетит 1–2 Сфен до 1 Магнетит 1–2
Граничные содержания окислов, мас. %			
SiO ₂	48–50	45–54	48–54
TiO ₂	0,5–2,3	0,6–2,3	0,6–1
Al ₂ O ₃	14–17	15–20	15–18
Fe ₂ O ₃	2,5–7	2–7	1–3
FeO	10–13	6–13	8–12
MgO	5–8	5,4–8,7	3,7–5,3
CaO	7–8,5	8–13	5–9
Na ₂ O	2,8–3,5	2,2–3	2–3
K ₂ O	0,1–0,5	0,2–1	0,4–0,7
Тип щелочности	Натриевый		

Таблица 12

Кислые метаморфические породы нормальной щелочности, насыщенные глиноземом, эпидот-амфиболитовой фации

Род	Гнейсы		
Вид	Гранат-двуслюдяной	Ставролит-гранат-биотитовый	Эпидот-биотит-альбитовый
Граничные содержания минералов, об. %	Плагиоклаз № 25–35 25–40 Биотит 8–25 Мусковит 5–20 Гранат 3–10 Кварц 25–40 Магнетит 0–2 Гематит 0–2 Рутил	Плагиоклаз № 18–28 25–40 Биотит 11–22 Ставролит 1–2 Гранат 3–6 Кварц 30–35 Мусковит 0–10 Роговая обманка 0–10 Ильменит 1–5	Альбит 30–40 Биотит 8–30 Эпидот 8–25 Кварц 18–22 Роговая обманка 0–10 Сфен Магнетит
Граничные содержания окислов, мас. %			
SiO ₂	67–74	64–73	62–71
TiO ₂	0,3–0,7	0,4–0,7	0,3–1
Al ₂ O ₃	14–18	12–15	13–16
Fe ₂ O ₃	0,6–2	0,5–4	0,3–3
FeO	2,5–5	4–5	2,3–4,6
MgO	0,5–2	1,5–2,7	1–2,4
CaO	1–2,6	2–3,6	1,8–3,4
Na ₂ O	1,2–3,5	1,7–3,7	4–5,3
K ₂ O	2–3,8	0,8–2	1–3,5
Тип щелочности	Калиево-натриевый		

Таблица 13

Ультракислые метаморфические породы нормальной щелочности, насыщенные глиноземом, амфиболитовой фации

Род	Кварцито-гнейсы			
Вид	Силлиманит-двуслюд- дяной	Двуслюдяной	Гранат-биотитовый	Биотитовый
Граничные содержания минералов, об. %	Плагиоклаз № 30–40 10–20 Биотит 10–15 Мусковит 4–12 Силлиманит 5–10 Гранат 0–10 Кварц 65–75 Циркон Магнетит 1–3	Плагиоклаз № 20–40 2–8 Биотит 2–4 Мусковит 3–5 Силлиманит 0–7 Кианит 0–5 Магнетит до 1 Кальцит 0–6 Циркон	Плагиоклаз № 15–30 10–25 Биотит 10–15 Гранат 5–10 Мусковит 0–4 Кварц 55–75 Циркон	Плагиоклаз № 25–50 5–12 Биотит 3–6 Гранат 0–3 Магнетит 1–2 Кварц 76–85 Монацит Циркон
Граничные содержания окислов, мас. %				
SiO ₂	75–80	85–90	77–88	80–90
TiO ₂	0,3–0,5	0,1–0,3	0,3–0,4	0,1–0,2
Al ₂ O ₃	8–12	3–10	8–10	1,5–4,5
Fe ₂ O ₃	0,2–1,2	0,6–1,6	0,2–2	0,5–1
FeO	3–4	1–1,3	3–4	1–2
MgO	0,5–2	0,2–0,4	0,7–2,3	0,1–0,8
CaO	0,2–1	0,5–1,7	0,2–1,4	0,2–1,3
Na ₂ O	0,7–1,4	0,2–0,6	0,7–1,4	0,2–1
K ₂ O	1–2	0,3–1	1,3–2	0,2–1
Тип щелочности	Натриево-калиевый			

Таблица 14

Средние метаморфические породы нормальной и умеренной щелочности, недосыщенные глиноземом, амфиболитовой фации

Род	А м ф и б о л и т ы		
Вид	Биотит-гранат-роговообман- ковый	Биотит-роговообманковый	Роговообманковый
Граничные содержания минералов, об. %	Плагиоклаз № 40–65 20–40 Роговая обманка 25–30 Гранат 10–20 Биотит 3–8 Кварц 5–10 Сфен 3–6 Магнетит 1–2 Апатит	Плагиоклаз № 35–45 40–50 Роговая обманка 30–40 Биотит 13–15 Кварц 8–10 Сфен 2–3 Магнетит 1–3 Апатит	Плагиоклаз № 30–50 50–65 Роговая обманка 30–40 Биотит 3–5 Кварц 8–10 Сфен 2–3 Магнетит 1–2 Апатит
Граничные содержания окислов, мас. %			
SiO ₂	52–54	54–55	53–55
TiO ₂	1,2–1,8	1,1–1,5	1,2–1,5
Al ₂ O ₃	15–18	13–16	14–16
Fe ₂ O ₃	1–2	3–5	1,5–2,7
FeO	8–10	6–7	6–10
MgO	4–5	4–6	4–6
CaO	8–9	6–7	5–9
Na ₂ O	1,3–2	1,8–2,8	2,5–4
K ₂ O	0,2–0,8	1,5–3,5	0,5–1
Тип щелочности	Натриевый	Калиево-натриевый	Натриевый

Таблица 15

**Средние метаморфические породы нормальной щелочности,
насыщенные глиноземом, зеленосланцевой фации**

Род	С л а н ц ы		
Вид	Эпидот-хлорит-альбитовый	Хлорит-актинолит-альбитовый	Хлорит-актинолит-альбитовый
Граничные содержания минералов, об. %	Альбит 12–27 Эпидот 15–26 Хлорит 25–35 Кварц 15–18 Биотит 0–5 Сфен 1–5 Магнетит	Альбит 15–35 Эпидот–цоизит 10–27 Хлорит 5–22 Актинолит 10–20 Биотит 5–15 Кварц 5–10 Гематит 1–5 Магнетит	Альбит 30–45 Хлорит 20–28 Актинолит 15–35 Эпидот 7–10 Сфен 1–2 Серицит 1–2 Кварц 6–8
Граничные содержания окислов, мас. %			
SiO ₂	53–55	54–59	58–60
TiO ₂	1,2–2,2	0,7–1	0,5–0,8
Al ₂ O ₃	13–15	14–17	15–17
Fe ₂ O ₃	0,5–5	5–7	1,1–1,8
FeO	5–10	5–8	5–9
MgO	5–7	3–9	4,2–7,5
CaO	4,5–7,5	4–8	3,5–8
Na ₂ O	1,5–3,2	1,7–4	3,7–5
K ₂ O	0,3–0,6	0,5–1,5	0,2–0,3
Тип щелочности	Натриевый	Калиево-натриевый	Натриевый

Таблица 16

**Кислые метаморфические породы нормальной щелочности,
пересыщенные глиноземом, зеленосланцевой фации**

Род	С л а н ц ы		
Вид	Серицит-стильпномелан- плагноклазовый	Хлорит-серицит- альбитовый	Андалузит-серицит-альби- товый
Граничные содержания минералов, об. %	Стильпномелан 11–15 Серицит 10–25 Хлорит 10–12 Плагноклаз № 8–10 18–28 Кварц 25–30 Магнетит до 1	Серицит 11–28 Альбит 10–40 Хлорит 10–18 Гранат 1–9 Кварц 25–57 Магнетит 1–3	Серицит 13–10 Альбит 10–30 Андалузит 2–12 Хлорит 7–15 Магнетит 2–3 Ильменит 1–2 Кальцит 0–2
Граничные содержания окислов, мас. %			
SiO ₂	66–71	67–73	64–72
TiO ₂	0,3–0,5	0,4–0,6	0,6–1
Al ₂ O ₃	14–18	12–17	15–18
Fe ₂ O ₃	0,1–0,9	0,2	2–4
FeO	2–5	3,5–6,5	3–5
MgO	1,5–2,5	1,8–3,3	0,8–2
CaO	0,7–0,9	0,5–1	0,7–1,5
Na ₂ O	1,5–3,2	2–4,2	1–3,5
K ₂ O	2–3,5	0,5–3,2	1,4–2,2

Таблица 17

**Основные метаморфические породы нормальной щелочности,
пересыщенные глиноземом, амфиболитовой фации**

Род	Гнейсы	
Вид	Кианит-гранат-биотитовый	Кианит-гранатовый
Граничные содержания минералов, об. %	Плаггиоклаз № 30 19 - 25 Биотит 25 Гранат 23 Кианит 19 Кварц 12 Магнетит Рутил до 2	Плаггиоклаз № 50–55 45–50 Гранат 35–40 Кианит 10–12 Кварц 2–3 Рутил 1–2 Циркон
Граничные содержания окислов, мас. %		
SiO ₂	52–53	50–52
TiO ₂	1,2–1,5	1,2–1,6
Al ₂ O ₃	23–26	18–22
Fe ₂ O ₃	1–2	0,5–1,5
FeO	8–9	15–17
MgO	4,5–6	7–9
CaO	1,5–2,5	1–1,3
Na ₂ O	1,5–2	1,8–2
K ₂ O	2–3	0,1
Тип щелочности	Калиево-натриевый	Натриевый

Таблица 18

Ультраосновные метаморфические породы
нормальной щелочности, недосыщенные глиноземом,
амфиболитовой фации

Род	К р и с т а л л о с л а н ц ы
Вид	Шпинель-салитовый
Граничные содержания минералов, об. %	Салит 70–80 Шпинель 14–20 Магнетит 5–7 Паргасит 0–5
Граничные содержания окислов, мас. %	
SiO ₂	40–44
TiO ₂	0,4–0,7
Al ₂ O ₃	9–15
Fe ₂ O ₃	3–5,5
FeO	2–3
MgO	12–16
CaO	20–23
Na ₂ O	0,2–0,3
K ₂ O	0,1–0,2
Тип щелочности	Калиево-натриевый

Таблица 19

Ультраосновные метаморфические породы
нормальной щелочности, насыщенные глиноземом,
амфиболитовой фации

Род	А м ф и б о л и т ы
Вид	Гранат-роговообманковый
Граничные содержания минералов, об. %	Плагиоклаз № 60–67 34–38 Роговая обманка 30–40 Гранат 15–20 Магнетит 6–10 Сфен 3–4 Биотит до 2
Граничные содержания окислов, мас. %	
SiO ₂	41–46
TiO ₂	1,5–2
Al ₂ O ₃	16–18
Fe ₂ O ₃	5–6
FeO	10–15
MgO	6–9
CaO	7–10
Na ₂ O	1,5–2
K ₂ O	0,3–0,4
Тип щелочности	Натриевый

Таблица 20

Средние метаморфические породы нормальной щелочности, пересыщенные глиноземом, глаукофановой фации

Род	С л а н ц ы	
Вид	Гранат-фенгит- глаукофановый	Эпидот-альбит- глаукофановый
Граничные содержания минералов, об. %	Глаукофан 17–30 Фенгит 18–35 Альмандин 10–28 Кварц 10–22 Хлорит 2–3 Альбит 2–13 Эпидот 0–3 Кианит 0–2 Магнетит 2–5 Рутил 0–1	Глаукофан 25–30 Фенгит (стильпно-мелан) 3–10 Альбит 13–27 Эпидот 18–23 Кварц 5–25 Рутил 1–2 Гематит 2–7 Хлорит 0–10 Альмандин 0–5
Граничные содержания окислов, мас. %		
SiO ₂	54–62	52–62
TiO ₂	0,8–1,6	1,5–2
Al ₂ O ₃	16–22	11–15
Fe ₂ O ₃	0,7–6	4–8
FeO	4,5–7,8	4–9
MgO	3,3–4,3	3,3–4,4
CaO	0,5–4,5	4,5–5
Na ₂ O	1,2–3,5	4–4,5
K ₂ O	1,8–3,5	0,3–1
Тип щелочности	Калиево-натриевый	Натриевый

Таблица 21

Основные метаморфические породы нормальной щелочности, недосыщенные глиноземом, эклогитовой фации

Род	Э к л о г и т ы	
Вид	Гранат-диопсид- жадеитовый	Гранат-каринтин- омфацитовый
Граничные содержания минералов, об. %	Диопсид-жадеит 30–50 Альмандин-гроссуляр 15–35 Глаукофан 15–20 Фенгит 1–7 Кварц 2–6 Кальцит 0–5 Рутил 1–3 Сфен 0–2	Омфацит 30–40 Каринтин 25–28 Гранат 10–20 Глаукофан 10–15 Фенгит 2–3 Кварц 1–3 Рутил 2–5 Кальцит 0–5 Хлорит 0–5
Граничные содержания окислов, мас. %		
SiO ₂	50–55	48–50
TiO ₂	1–5	2,5–3,7
Al ₂ O ₃	15–19	10–14
Fe ₂ O ₃	0,5–5	1,6–6
FeO	6–13	7–14
MgO	4–9	5–10
CaO	3–9	6–10
Na ₂ O	3–5	2–3,3
K ₂ O	0,2–0,7	0,2–0,6
Тип щелочности	Натриевый	

Пример классификации метасоматических пород

Отряд	Подотряд	Семейства	Виды и их минеральный парагенез
Щелочные	Калиевые	Высокотемпературные	Метасоматический чарнокит: ортоклаз, гиперстен, кварц ± олигоклаз, диопсид
			Гранулит кислый: ортоклаз, кварц, силлиманит, пироп—альмандин
		Среднетемпературные	Метасоматический гранит: микроклин, кварц, олигоклаз, биотит ± роговая обманка
			Микроклинит: микроклин или ортоклаз ± альбит, биотит, эгирин
	Низкотемпературные	Гумбеит: адуляр, кварц, карбонаты ± истонит, стильномелан, пирит	
	Натриевые	Высокотемпературные	Эндербит: олигоклаз—андезин, гиперстен, кварц, ± диопсид
			Содалитовый метасоматит: содалит, анортоклаз, эгирин, рибекит ± биотит, меланит, кальцит
		Среднетемпературные	Глаукофановый сланец: глаукофан ± эпидот, фенгит, фанат, кварц.
			Альбитит: альбит, эгирин ± рибекит, магнетит
			Метасоматический плагиогранит: олигоюзаз, кварц, биотит ± роговая обманка
		Низкотемпературные	Эйсит: альбит, кварц, хлорит, кальцит, анкерит, гематит
Кислотные	Глиноземистые	Высокотемпературные	Кианитовый сланец: кианит, силлиманит, пироп-альмандин, кварц ± рутил, графит, плагиоклаз
		Среднетемпературные	Андалузитовый сланец: андалузит, кварц ± ставролит, мусковит, ильменит
		Низкотемпературные	Аргиллизит: каолинит, монтмориллонит, гидрослюды, цеолиты ± опал, галлуазит, сидерит, кварц

Кислотные	Кремнезистые	Высокотемпературные	Кварцит: кварц ± силлиманит, рутил, графит
		Среднетемпературные	Грейзен: кварц, мусковит ± лепидомелан, флюорит, топаз
			Кварцит: кварц + мусковит, фибролит
		Низкотемпературные	Вторичный кварцит: кварц, корунд ± диаспор, серицит, пиррофиллит, алунит, пирит, гематит
Березит: кварц, пирит ± серицит, анкерит, доломит			
Основные	Кальциевые	Высокотемпературные	Известковый скарн: гроссуляр—андрадит, диопсид—геденбергит ± волластонит
		Среднетемпературные	Скарноид: диопсид, гроссуляр, эпидот, кальцит ± флогопит, магнетит
		Низкотемпературные	Пропилит: актинолит, хлорит, эпидот ± альбит, адуляр, цеолиты, кальцит, пирит
	Железомагнезиальные	Высокотемпературные	Магнезиальный скарн: фассаит, форстерит, шпинель ± диопсид, кальцит, бораты
			Эулизит: зулит, гроссуляр—альмандин, фаялит ± куммингтонит
		Среднетемпературные	Слюдит: биотит—лепидомелан, флогопит ± магнетит, кварц, холмквистит
			Амфиболит-антофиллит-жедритовый: антофиллит или жедрит, кордиерит ± + тальк, роговая обманка, ставролит, кварц, флогопит
Низкотемпературные	Хлоритолит: хлорит, кварц ± сагениит, гематит, кальцит		

ОБЩИЕ ПРИНЦИПЫ ИЗОТОПНОГО ДАТИРОВАНИЯ ПЕТРОГРАФИЧЕСКИХ ПОДРАЗДЕЛЕНИЙ

Специфика комплексов магматических и метаморфических пород заключается, в частности, в том, что геологическими методами не всегда можно надежно определить время их формирования — важнейшую характеристику каждого комплекса. В связи с этим возникает необходимость использовать методы изотопного датирования. Российская геологическая служба располагает большими возможностями для проведения такого рода работ, в частности, на базе созданного во ВСЕГЕИ специализированного Центра изотопных исследований (ЦИИ), оснащенного аппаратурой и оборудованием последнего поколения, позволяющими определять возраст по всем используемым сегодня радиоизотопным системам U—Pb, Sm—Nd, Rb—Sr, K—Ar, Re—Os и др. При этом успешное применение методов датирования зависит от правильного их выбора, правильного подбора объектов и подготовки проб и корректной интерпретации результатов.

Для привязки конкретных петрографических подразделений к шкале абсолютного летоисчисления необходимо соблюдение следующих правил:

- 1) исследовать пробы только из таких горных пород, которые в наибольшей степени соответствуют свежим, невыветрелым их разновидностям;
- 2) исследуемые горные породы с петрологических позиций должны отвечать условию геохимической замкнутости изотопной системы, т. е. представлять собой разновидности, не подвергавшиеся наложенным процессам;
- 3) следует выбирать для исследования пробы, представляющие собой совокупность когенетичных горных пород и/или минералов, наиболее контрастных для выбранного метода по отношениям U/Pb, K/Ar, Rb/Sr, Sm/Nd, Re/Os и т. д.

Выбор оптимального комплекса изотопных методов для надежного определения возраста петрографических подразделений — одно из важных условий успешного решения геохронологической задачи. Предпочтительность того или иного метода изотопного датирования увеличивается по мере роста и контрастности вариаций отношений Rb/Sr, U/Pb, Sm/Nd, и т. д.

Для гранитоидов наиболее эффективен U—Th—Pb метод в приложении к цирконам, апатитам, сфенам и другим минералам с повышенными отношениями U/Pb, а также Rb-Sr метод* применительно к валовым пробам и к калийсодержащим минералам.

Для горных пород основного и ультраосновного состава более перспективны Sm—Nd и Th—Pb методы в приложении к валовым пробам и минералам.

Для метаморфических пород, таких как кристаллические сланцы и гнейсы — Rb—Sr метод; K—Ar метод для метаморфических пород может применяться весьма ограниченно и только при одновременном датировании

* Сейчас Rb—Sr и Sm—Nd исследования выполняются часто совместно единым процессом.

амфиболов, плагиоклазов и биотита. Необходимо стремиться к выявлению как возраста метаморфизма, приведшего к образованию породы в ее настоящем виде, так и возраста исходного протолита. Соответственно для метаморфических комплексов должны указываться оба возраста. Цирконометрия (U—Th—Pb) также может использоваться для решения такого рода задачи.

Следует подчеркнуть, что во всех случаях, когда можно выделить цирконы, определение их возраста U—Th—Pb методом обеспечивает наиболее полную геохронометрическую информацию, поскольку здесь в одной изотопной системе совмещены три разных геохронометра. В двух из них материнские (^{238}U , ^{235}U) и дочерние изотопы (^{206}Pb , ^{207}Pb) представлены одними и теми же элементами, и это позволяет определять возраст датируемого объекта, несмотря на одноактное нарушение геохимической замкнутости его изотопной системы. С этой целью используется диаграмма с **конкордией*** в координатах $^{206}\text{Pb}/^{238}\text{U}$ — $^{207}\text{Pb}/^{235}\text{U}$.

При выборе изотопных методов рекомендуется учитывать эмпирически установленные ограничения на наиболее распространенные из них.

K—Ar метод в приложении к единичным минералам может давать как заниженный возраст за счет потерь радиогенного аргона при перекристаллизации (омоложение), так и завышенный (удревнение) — за счет захвата радиогенного аргона из окружающей среды в процессе минералообразования. Поэтому K—Ar-датирование по породе в целом, как правило, оказывается либо бессмысленным, либо малоинформативным, поскольку соответствует времени формирования таких неоднородностей вещества, которые лежат в области различия проб, отобранных для датирования. Так, если это валовые пробы, характеризующие разные интрузивные фазы магматического тела, то их датирование должно дать время магматической дифференциации; если же это мономинеральные пробы из метаморфизованных плутонических пород, то их возраст будет соответствовать времени метаморфизма.

Rb—Sr метод может давать заниженный возраст, соответствующий времени завершения изотопного и элементного обмена рубидием и стронцием между минералами, вследствие повышенной подвижности этих элементов, особенно на заключительных стадиях петрогенетического процесса.

U—Th—Pb метод может давать завышенный возраст цирконов по отношению ко времени петрогенетического процесса вследствие сохранности (часто в ядрах зональных зерен) реликтовых цирконов субстрата (протолита), по которому развивается магматический расплав. Сохранность таких реликтовых цирконов обуславливается парциальным давлением H_2O в процессе петрогенезиса: при сухих условиях циркон способен сохраняться до $1675\text{ }^\circ\text{C}$, но при $P_{\text{H}_2\text{O}} \geq 1$ кбар он начинает перекристаллизовываться уже при температуре около $450\text{ }^\circ\text{C}$. Поэтому наиболее велика вероятность встретить реликтовые цирконы в продуктах кристаллизации «сухих» магм главным образом среднего и основного состава. Реликтовые цирконы могут появляться также вследствие ассимиляции более древних вмещающих гнейсов и гранитоидов.

***Конкордия** представляет собой кривую (геометрическое место точек) согласующихся (совпадающих) значений изотопного возраста, определенных методами ^{238}U — ^{206}Pb и ^{235}U — ^{207}Pb . В противоположность ей **дискордия** — это прямая линия на диаграмме $^{206}\text{Pb}/^{238}\text{U}$ — $^{207}\text{Pb}/^{235}\text{U}$, соединяющая составы исследованных фаз и пересекающая конкордию в двух точках. Одна из этих точек (верхнее пересечение) соответствует времени образования датируемого объекта (часто протолита метаморфитов), а другая (нижнее пересечение) — времени их одноактного преобразования, обусловившего нарушение геохимической замкнутости U—Pb системы.

Sm-Nd метод в приложении к валовым пробам иногда может давать завышенные значения изохронного возраста вследствие изменения в них начальных изотопных составов $(^{143}\text{Nd}/^{144}\text{Nd})_0$ соответственно изменению отношений Sm/Nd за счет процессов смешения мантийного и корового вещества.

В основе изотопного датирования лежит закон радиоактивного распада. В приложении к геологическим проблемам он обычно выражается уравнением изохроны, определяющим современный изотопный состав того элемента, к которому относится радиогенный изотоп:

$$D'/D^* = M/D^* (e^{\lambda\tau} - 1) \pm (D'/D^*)_0,$$

где M — радиоактивный материнский изотоп (^{235}U , ^{87}Rb , ^{147}Sm , ^{187}Re и т. д.); D' — радиогенный изотоп дочернего элемента (соответственно ^{207}Pb , ^{87}Sr , ^{143}Nd , ^{187}Os и т. д.); D^* — нерадиогенный изотоп того же элемента (^{204}Pb , ^{86}Sr , ^{144}Nd , ^{188}Os и т. д.); e — основание натуральных логарифмов; λ — константа распада радиоактивного материнского изотопа; τ — время; $(D'/D^*)_0$ — начальный изотопный состав дочернего элемента τ лет назад, т. е. $(^{207}\text{Pb}/^{204}\text{Pb})_0$, $(^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr})_0$, $(^{143}\text{Nd}/^{144}\text{Nd})_0$, $(^{187}\text{Os}/^{188}\text{Os})_0$ и т. д.

Это уравнение в координатах $D/D^* — M/D^*$ (например, $^{87}\text{Rb}/^{86}\text{Sr} - ^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$) соответствует линейной зависимости типа $y = ax + b$. Тангенс угла наклона такой линии, называемой изохронной, определяет возраст процесса, обусловившего гомогенизацию изотопов в исследуемом объекте, при соблюдении трех **условий изохронной модели**: 1) одновозрастности датированных образцов; 2) гомогенности изотопного состава дочернего элемента в исходном веществе; 3) геохимической замкнутости образцов с момента гомогенизации изотопного состава. Соответственно и полученные возрасты называются изохронными. Они относятся к категории достоверных или реальных, т. е. соответствующих времени проявления реальных геологических событий, приведших к гомогенизации изотопов. Этим событием в равной мере может быть образование и полное преобразование датированного геологического объекта.

Возможность отнесения возраста к изохронному зависит от ошибки соответствующих измерений. Ошибка имеет вероятностный характер и обычно вычисляется для доверительного уровня 0,95. Она отражает как погрешности аналитических операций, так и несовершенство соблюдения условий изохронной модели, т. е. в пределах ошибки датированные образцы могут быть изначально неоднородны по изотопному составу, геохимически не замкнуты и разновозрастны. Для исследования и учета отклонения от изохронной модели, проявляющегося в геохимической дисперсии фигуративных точек относительно изохроны, помимо ошибки определения возраста рассчитывается *средний квадрат взвешенных отношений* (СКВО или *англ.* MSWD). Величина этого коэффициента приводится вместе с изотопным возрастом во всех методах изотопной геохронологии. Если СКВО < 1, это означает, что точки отклоняются от прямой только в результате экспериментальных погрешностей, и выявляемая линейная зависимость и есть собственно **изохрона**, а возраст изохронный. Если СКВО > 1, это означает, что точки отклоняются от прямой не только в результате экспериментальных погрешностей, но и вследствие неполного соблюдения условий изохронной модели. Подобная аппроксимирующая прямая называется **эрохроной** (*англ.* error ошибка). Расчет возраста по параметрам такой прямой может дать относительно не точные результаты.

В геохронологической практике, помимо изохронных возрастов, допускается использование *датировок единичных образцов горных пород или минералов*. Однако необходимо помнить, что расчет таких датировок условен, поскольку ни геохимическая замкнутость изотопной системы, ни фон радиогенного изотопа, необходимые для обоснования корректности расчета, в подобной ситуации не обосновываются, а постулируются. Соответственно полученные изотопные возрасты, рассчитываемые для единичного образца, например, при датировании K—Ar или Rb—Sr методами, называют *условными или модельными*.

Критериями соответствия модельного возраста достоверному является его совпадение с возрастом, определенным другим изотопным методом или этим же методом, но по другому минералу, или совпадение с геологическими фактами.

Для получения качественных результатов целесообразно по возможности комплексное датирование конкретных петрографических подразделений, ориентированное на обоснование реальности изотопного возраста и расшифровку его геологического содержания в минимальное число аналитических операций. Может быть условно представлена такая последовательность (по мере увеличения вероятности получения искомого результата):

- а) датирование двух минералов одним методом;
- б) два единичных минеральных определения разными методами;
- в) единичное изохронное определение одним методом и единичное минеральное определение другим методом;
- г) два изохронных определения возраста, выполненных разными методами по валовым пробам;
- д) изохронные возрасты по валовым пробам и минералам, полученные разными методами.

Получение согласующихся возрастных значений означает геохимическую достоверность результата и его соответствие времени реального геологического процесса. Однако не следует забывать, что таковыми могут быть как образование, так и полное преобразование (перекристаллизация) датируемого объекта.

Несмотря на достаточную универсальность приведенной последовательности, изотопное датирование в каждом конкретном случае, по-видимому, все же не может быть сведено к совокупности заранее расписанных аналитических операций вследствие огромного разнообразия геологических обстановок.

Кроме датировок изотопные исследования дают параллельно (в одном пакете) информацию генетического характера. В частности, получаемая Sm—Nd методом величина ϵ_{Nd} может указывать на особенности источника исходного для магм вещества (истощенная мантия при $\epsilon_{Nd} > 0$ или обогащенная при $\epsilon_{Nd} < 0$, а для гранитоидов на различия корового протолита). В совокупности с соответствующими данными по Rb—Sr системе (e_{Sr} или I_{Sr0}) возможно сопоставление полученных данных с модельными на специальных диаграммах. Может быть также использован модельный Sm—Nd возраст, определяемый относительно обедненной (истощенной) мантии, или T_{DM} . Предполагается, что с момента отделения вещества от мантийного резервуара отношение Sm/Nd в нем и во всех его производных оставалось неизменным. В этом случае величина T_{DM} характеризует условный возраст мантийного протолита. В том случае, когда исследуется порода, возникшая за счет корового источника вещества, T_{DM} , как правило, соответствует максимально возможному возрасту датируемого объекта и, что существенно, минимальному возрасту его корового протолита. Однако если в ходе геологической истории сформировавшееся за счет обедненной мантии коровое вещество подверглось наложенному процессу, под

воздействием которого отношение Sm/Nd в нем уменьшилось (например, за счет процесса более поздней гранитизации), модельный возраст T_{DM} будет давать значение, заниженное относительно реального времени формирования датированного объекта.

Для надежного определения изотопного возраста любого петрографического объекта в минимальное число геохронологических «ходов» *необходима консультация профессионала-геохронолога*. Кроме того, во всех случаях необходимо учитывать геологические факты, в той или иной мере указывающие на возраст изучаемых комплексов. Особенно это важно в случае получения нескольких возрастов по одному методу (например, по цирконометрии) или разных датировок по разным методам.

ТАБЛИЧНЫЕ ФОРМЫ, РЕКОМЕНДУЕМЫЕ ДЛЯ РЕГИОНАЛЬНЫХ И МЕЖРЕГИОНАЛЬНЫХ СХЕМ КОРРЕЛЯЦИИ ПЕТРОГРАФИЧЕСКИХ ПОДРАЗДЕЛЕНИЙ РАЗЛИЧНЫХ ИЕРАРХИЧЕСКИХ УРОВНЕЙ

Схема региональной (внутризональной) корреляции магматических, метаморфических и других образований ...* складчато-надвиговой системы

Таблица 1

Общая стратегическая (геохронологическая) шкала			Структурно-вещественная зона							Структурно – вещественная зона				
			Структурно – вещественная подзона				Структурно – вещественная подзона							
Система (период)	Отдел (эпоха)	Ярус (век)	Региональные стратиграфические подразделения	Магматические комплексы	Метаморфические, метасоматические и мигматитовые комплексы	Рудные образования	Регионально-стратиграфические подразделения	Магматические комплексы	Метаморфические, метасоматические и мигматитовые комплексы	Рудные образования	Регионально-стратиграфические подразделения	Магматические комплексы	Метаморфические, метасоматические и мигматитовые комплексы	Рудные образования
			...плутонический к. [...]*** ...массив ...массив ...III фаза ...III фаза ...II фаза б) ...фация а) ...фация ...I фаза ...гипабиссальный к. [...] ...вулканический к. [...] Субвулканические фазы, фации б) а) Экструзивно-жерловые фазы, фации Покровные фазы и фации Поздняя фаза свита Ранняя фаза свита ..... ...плутонический к. [...]	...метасом. к. ...подкомплекс ...подкомплекс ...зона ...зона	..... .....	..... .....	...гипабиссальный к. [...] ...вулканический к. [...] ...массив ...массив Субвулканические фазы и фации б) а) Экструзивно-жерловые фазы, фации б)..... а)..... Покровные фазы и фации Поздняя фаза..... Ранняя фаза ..... ...плутонический к. [...]	...плутонический к. [...] ...массив ...массив ...фаза... ...фаза ...фаза ...фаза... ...фаза б) фация... а) фация...	...метаморф. к. .....	..... .....	..... .....	...плутонический к. [...] ...метасом. к. .....	..... .....

Схема межрегиональной корреляции магматических и метаморфических комплексов складчато-надвиговой области

Общая стратиграфическая (геохронологическая) шкала			..... складчатато-надвиговая система				..... срединный массив	..... складчато-надвиговая система		
Система (период)	Отдел (эпоха)	Ярус (век)	..... структурно-вещественная зона	..... структурно-вещественная зона	..... структурно-вещественная зона	..... структурно-вещественная зона		..... структурно-вещественная зона	..... структурно-вещественная зона	
				..... плут. комплекс				..... вулкано-плутоническая ассоциация		
			..... вулк. комплекс**	..... вулк. комплекс	..... вулк. комплекс				..... вулк. комплекс	
		..... врем. ряд вулк. комплексов	..... латеральный ряд плут. комплексов							..... плут. комплекс
				..... вулк. комплекс		..... вулк. комплекс	..... вулк. комплекс	..... вулк. комплекс	..... вулк. комплекс	..... вулк. комплекс
					..... вулк. комплекс	..... вулк. комплекс	..... вулк. комплекс			
				..... вулк. комплекс	..... плут. комплекс	..... плут. комплекс	..... плут. комплекс			..... плут. комплекс
				..... вулк. комплекс	..... вулк. комплекс	..... вулк. комплекс				
			..... метаморф. комплекс			..... метаморф. комплекс	..... метаморф. комплекс			

* Точками заменены конкретные названия комплексов или их рядов.

** Для каждого комплекса (вулканического, плутонического, гипабиссального, метаморфического и др.) указывается его полное название, вещественный состав, мощность, данные изотопного датирования. Например, жантаусский базальт-трахириолитовый комплекс. Трахириолиты, риодацитовые игнимбриты, базальты. Мощность до 400 м 265 млн лет (Rb/Sr).

ФЛЮИДОГЕННЫЕ ПОРОДЫ (ФЛЮИДОЛИТЫ) КАК НОВЫЙ ТИП ЭНДОГЕННЫХ ГОРНЫХ ПОРОД

Многочисленные публикации последних десятилетий содержат материалы, характеризующие горные породы и образуемые ими геологические тела, в формировании которых ведущая роль, судя по их признакам, принадлежала декомпрессионным эксплозиям флюидов * — флюидоэксплозиям. Эти эксплозии приводят к разнообразным эффектам: к проникновению (импрегнации) флюидного вещества во вмещающую среду (раму), часто послойному; к сбросу или экстракции отдельных ингредиентов, в том числе рудных; к фиксации вещества флюида в новом пространстве и в конечном счете к образованию пород и геологических тел со специфическими признаками. Особенности этих пород обусловлены также способностью флюидных потоков переносить во взвешенном состоянии минеральные зерна глубинного происхождения, фрагменты глубинных расплавов, стекловатых и кристаллических образований, что, наряду с проявлениями перечисленных ранее эффектов флюидоэксплозий, во многих случаях приводит к образованию различных полезных ископаемых. Это подтверждается установленной на многих месторождениях сопряженности полезных ископаемых именно с брекчиевыми образованиями, являющимися, по мнению исследователей, флюидоэксплозивными. В частности, на Урале известны алмазоносные туффизиты — туфовидные разновидности флюидолитов.

Суть возникающих в результате отмеченных выше явлений специфических эндогенных горных пород наилучшим образом отражает термин «флюидолиты», или «литофлюидиты», предложенный Г.Л.Поспеловым (1969). Среди этих пород отчетливо преобладают брекчиевые (часто конгломератоподобные) разновидности, в которых обломки различного происхождения сцементированы массой туфового (туффизитового), игнибритового, игниспумитового или порфирикового облика. В одних случаях, это структурно и вещественно преобразованные породы рамы, в других — собственно флюидогенно-брекчиевые или, при ведущей роли в процессе их образования флюидизированных магм**, флюидогенно-магматогенно-брекчиевые породы, однако всегда содержащие ксеногенный материал различного происхождения. Естественно, что между ними существует целый ряд пород с переходными чертами.

Для отнесения эндогенных образований к флюидолитам необходимо установить ряд соответствующих их происхождению признаков, и прежде всего соотношений этих пород с вмещающей средой. Учитывая возможность послойного залегания этих пород, одним из доказательств их происхождения является секущий (хотя бы на отдельных участках) характер контактов образуемых ими тел, в том числе восстающих апофиз этих пород, что особенно важно для туфовидных (туффизитов или конгломератовидных

* Флюид — существенно жидкая, газовой-жидкая или газовая среда, образованная в разных пропорциях летучими компонентами (H_2O , CO_2 , CO , N_2 , H_2 , CH_4 и др. углеводородами) в соединении с петрогенными, рудными и иными элементами и заключенная или переносимая в массе горных пород литосферы.

** Флюидизированная магма — природный флюидно-силикатный расплав, где количество флюидной фазы близко сопоставимо в количественном отношении с ее силикатной составляющей (Ф. А. Летников, 1992)

флюидолитов. Существенным доказательством генезиса этих пород служит также присутствие в них как глубинных ксенолитов, так и ксенолитов рамы, а также несортированность кластического материала и сочетание угловатых и округлых обломков.

Флюидоэксплозивные породы часто трудно отличить от ряда пород иного происхождения — вулканокластических, осадочных, ледниковых, коптогенных и др. брекчий, что обусловлено явлениями конвергенции признаков. В связи с этим особую важность приобретают вещественные признаки флюидолитов. Установление этих признаков представляет собой относительно новое направление в петрографии с некоторыми специфическими методами исследований. Очевидно, что в связи с особенностями происхождения и в отличие от собственно магматических и других эндогенных пород петрохимический состав флюидолитов, содержащих в значительных количествах ксеногенный материал, не может быть диагностическим. Как правило, их состав не соответствует известным видам магматических пород и потому имеет некоторую значимость лишь для флюидолитов, образованных при декомпрессионных эксплозиях флюидизированной магмы. В соответствии с этим для диагностики флюидолитов первостепенное значение приобретают их текстурно-структурные признаки, состав минеральных фаз, в том числе ксеногенных, и связующей массы, а также геохимические особенности пород, в значительной мере отражающие специфику источника флюидов.

Весьма надежным диагностическим признаком флюидолитов является, как уже отмечалось, присутствие в них разнообразных по составу и форме обломков, а также включений сложного строения, обусловленных прерывистостью процесса формирования пород, его многоимпульсностью. Эти включения интерпретируются как «ксенолит в ксенолите», «ксенолит в автолите», «брекчия в брекчии» и т. д. К этой же категории относятся включения со структурой «рулета», возникающие при вращении ксенолита (либо автолита) с захватом, «накручиванием на себя» фрагментов вмещающей массы. Не менее важным признаком флюидолитов является то, что они, имея брекчиевый облик при отсутствии сортировки обломочного материала (часто ксеногенного), обладают, как правило, неоднородной полосчатой, пятнистой или пятнисто-полосчатой текстурой.

Помимо разнообразных и часто раздробленных литокластов породам свойственно обычно большое количество минеральных зерен различного происхождения и различной формы — оскольчатой, округло-овальной и идиоморфно-кристаллической. Наиболее часто встречающимися минералами в этих породах являются кварц (часто в изобилии, не свойственном магматогенным породам), флогопит, биотит, лейцит, санидин, пироксены, щелочные амфиболы, оливин, кальцит карбонаты и др. Минеральные зерна обычно в различной степени замещены гидрослюдами, кварцем, карбонатом, хлоритом, пиритом, окислами железа или смешаннослойным иллит-сметитовым агрегатом. Из высокобарических минералов в этих породах отмечаются хромшпинелиды, пикроильмениты, хромдиопсид, пироп, алмаз и другие минералы.

Минеральным зернам флюидолитов часто свойственны деформационные планарные элементы и галтовка, обычно проявленные в кварце. Однако главным признаком этих зерен, позволяющим отличать содержащие их породы от породинового происхождения, является постоянно отмечаемая их дезинтегрированность, дробление изнутри, как и «взорванность» обломков пород, которые объясняются взрывом флюидов вследствие снятия избыточного внутреннего напряжения.

Связующая масса флюидолитов, как и породы в целом, неоднородна. Структуры этой массы, часто насыщенной кварц-слюдистым или смешаннослойным иллит-сметитовым агрегатами, варьируют от пелитовой или алевроитовой с участками чешуйчатой через пепловые к микролитонным; текстуры пород — атакситовая, такситовая или

флюидальная. Часто отмечаются высокая пористость пород в целом и газонасыщенность минералов, резорбционные и реакционные взаимоотношения минералов со связующей массой, а также гранулирование и перекристаллизация минеральных зерен, обычно кварца, реже других минералов. Часто отмечаются признаки процессов карбонатизации, окварцевания (до образования маршаллитов) и сопровождающей их минерализации (золота, ртути, сульфидов, барита, редкоземельных фосфатов и карбонатов и др.). При этом краевые части ксенокластов представляют собой зоны наиболее сильных изменений. Они несут на себе следы растрескивания пород и кристаллов, затухающие к внутренним частям, где возникающие трещины цементируются связующей массой или заполняются мельчайшими пузырьками. Во флюидогенных брекчиях происходит также преобразование ксенолитов как по трещинам, так и в целом.

Недостаточный уровень изученности флюидолитов и соответственно отсутствие апробированной их систематики и классификации обуславливают необходимость ограничиться в настоящее время перечислением уже установленных признаков этих пород и критериев, на основании которых возможна их диагностика:

- неоднородная структура флюидолитов при различных сочетаниях цементной для подвергшихся импрегнации пород рамы (аутигенных) и инъекционно—текучей для привнесенной (аллогенной) флюидной составляющей,

- присутствие во флюидогенных брекчиях чуждых породам рамы литокластов и глыб, в том числе пород, залегающих глубоко ниже;

- признаки дезинтеграции минеральных зерен и литокластов изнутри с центробежным расположением их частей с конформными границами и с заполнением вновь возникающих трещин матриксом;

- округлая или овальная (леденцовая) форма части минеральных зерен (чаще всего кварца) и обломков пород в результате галтовки — обработки газовой-твердой взвесью;

- различные преобразования минералов: трещиноватость, особенно кварца; развитие флексуроподобных пластичных изгибов в слоистых силикатах и смещение отдельных частей минералов; изменение их оптических свойств — понижение двупреломления и показателя преломления, исчезновение плеохроизма и окраски, термическое разложение и т. д.;

- появление, главным образом в кварце, планарных элементов и ударного двойникования; разрушение кристаллической решетки каркасных силикатов и их переход без плавления в стеклоподобное состояние;

- неравновесное сочетание минеральных зерен и специфический петрохимический состав флюидолитов, как правило, не соответствующих определенному виду магматических пород.

К особенностям методики изучения флюидолитов следует отнести следующее: геологическое и петрографическое изучение этих пород необходимо сопровождать сравнительным анализом их химического и изотопно-геохимического составов, а также содержания и распределения в них редких земель с таковыми пород рамы, что позволит судить об источнике инъекционного материала. Как показывает некоторый опыт изучения этих пород, во флюидолитах обычно наблюдается свойственное только им повышенное содержание и сложное сочетание редких элементов, что уже само по себе может служить диагностическим их признаком.

Несомненно, что осмысление материалов, касающихся столь нетрадиционных для нашего понимания образований, требует специальных исследований. Количество публикаций, содержащих интереснейшие конкретные материалы, характеризующие флюидо-

генные образования, в том числе рудоносные и алмазоносные, постоянно увеличивается. Множится также и количество терминов, присваиваемых по существу одним и тем же породам в различных структурах, в то же время различные породы часто получают одинаковые наименования. Все это указывает на актуальность и необходимость обобщения имеющихся и получения новых материалов, касающихся флюидолитов, с целью разработки их систематики, классификации и номенклатуры.

Петрографический кодекс России. Магматические, метаморфические, метасоматические, импактные образования. Издание второе, переработанное и дополненное. СПб.: Изд-во ВСЕГЕИ, 2008. 200 с.

Второе издание Петрографического кодекса России основано главным образом на тех же принципах, на которых построен первый отечественный Петрографический кодекс 1995 г., с учетом изменений в требованиях, обусловленных геологической практикой последнего десятилетия. В то же время Кодексу второго издания Придана новая по сравнению с первым структура, введены новые разделы и изменено содержание большинства прежних положений, уточнены или сокращены многие статьи и добавлены новые, исключены необязательные рекомендации, примечания и примеры, введены новые приложения.

ISBN 978-5-93761-106-2

Petrographic Code of Russia. Magmatic, metamorphic, metasomatic, impact rock-assemblages. Second edition, reworked and supplemented. SPb: VSECEI Press, 2008. 200 p.

The Code of the second edition has a new structure as compared to the first one, new sections are included into the Code, and the content of most of the previous provisions is changed, many entries are specified or shortened, and new ones are included, new appendices are added.

ПЕТРОГРАФИЧЕСКИЙ КОДЕКС РОССИИ
Издание второе, переработанное и дополненное

Редактор издательства *В. И. Гинцбург*
Технический редактор *С. В. Щербакова*
Верстка *О. Е. Степурко*

Подписано в печать 30.05.2008. Формат 70 100/16. Бумага офсетная.
Печ. л. 12,5. Уч.-изд. л. 16,0. Тираж 1500 экз. Заказ № 8-152

Всероссийский научно-исследовательский
геологический институт им. А. П. Карпинского (ВСЕГЕИ)
199106, Санкт-Петербург. Средний пр. 74
Тел. 328-8785. Факс 328-9047. E-mail: karta@mail.wplus.net

Отпечатано на Картографической фабрике ВСЕГЕИ
199178, Санкт-Петербург, Средний пр. 72
Тел. 328-9190. Факс 328-8153

