

71:05-1 44

АКАДЕМИЯ НАУК РОССИИ

СИБИРСКОЕ ОТДЕЛЕНИЕ

Институт геохимии им. А. П. Виноградова

На правах рукописи

УДК 550.42:551.2

МЕДВЕДЕВ Александр Яковлевич

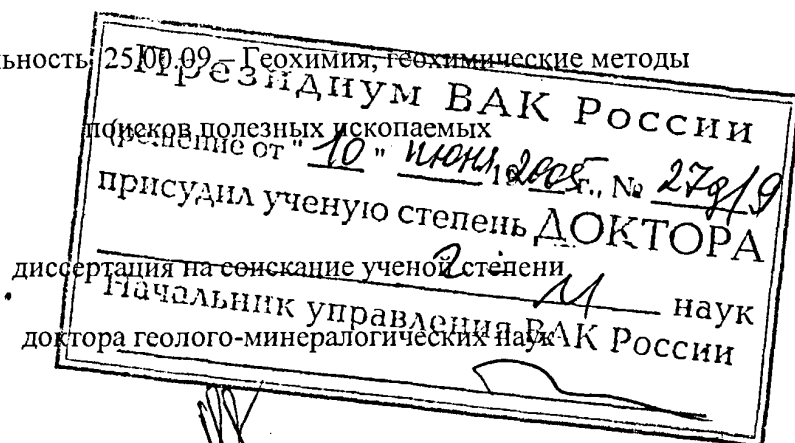
ПЕРМОТРИАСОВЫЙ ВУЛКАНИЗМ СЕВЕРО-АЗИАТСКОГО

КРАТОНА

(ЗАПАДНО-СИБИРСКАЯ ПЛИТА И ТУНГУССКАЯ СИНЕКЛИЗА):

ГЕОХИМИЯ, ПЕТРОЛОГИЯ И ГЕОДИНАМИКА

Специальность 25.00.09 - Геохимия, геохимические методы



ИРКУТСК-2004

ОГЛАВЛЕНИЕ

	Стр.
ВВЕДЕНИЕ	3
ГЛАВА 1. ГЕОЛОГИЧЕСКИЙ ОЧЕРК СИБИРСКОЙ ПЛАТФОРМЫ	12
ГЛАВА 2. ВЕЩЕСТВЕННЫЙ СОСТАВ ВУЛКАНИТОВ ТУНГУССКОЙ СИНЕКЛИЗЫ	26
ГЛАВА 3. ГЕОЛОГИЧЕСКИЙ ОЧЕРК ЗАПАДНО-СИБИРСКОЙ ПЛИТЫ	206
ГЛАВА 4. ВЕЩЕСТВЕННЫЙ СОСТАВ ПЕРМОТРИАСОВЫХ ВУЛКАНИТОВ ЗАПАДНОЙ СИБИРИ	218
ГЛАВА 5. СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ ГЕОХИМИИ И ГЕОДИНАМИКИ ЗАПАДНОЙ И ВОСТОЧНОЙ СИБИРИ	265
ЗАКЛЮЧЕНИЕ	285
ЛИТЕРАТУРА	289

ВВЕДЕНИЕ

На территории Северо-Азиатского кратона эпоха пермь – триас характеризуется наиболее масштабным магматизмом в фанерозое. Здесь широко проявлены как интрузивные, так и эффузивные породы. Среди них наблюдаются провинции с широко проявленным вулканизмом. К ним относятся Кузнецкий бассейн, траппы Эмейшань (платформа Янцзы), погребенные вулканы Западно-Сибирской плиты и крупнейшая в мире трапповая формация Сибирской платформы. В связи с тем, что провести изучение на таком большом количестве объектов сложно, было выбрано два региона, которые наиболее интересны с точки зрения геохимии и геодинамики.

В данной работе рассмотрены вещественный состав (геохимические особенности) и геодинамическая позиция эффузивов Западно-Сибирской плиты и Тунгусской синеклизы.

В связи с тем, что геологическому строению как Сибирской платформы, так и Западно-Сибирской плиты посвящено громадное количество публикаций, выполненных многими исследователями, данная работа рассматривает наименее изученные до недавних пор вопросы – а именно геохимические особенности вулканитов обоих регионов.

Актуальность исследования. В связи с развитием парадигмы плюмовой тектоники в последнее время резко возрос интерес к проявлениям внутриплитового магматизма. Одним из наиболее ярких примеров такого типа является базальтоидный вулканизм древних платформ. Крупнейшим в мире проявлением магматизма такого типа является Сибирская платформа, занимающая в современном срезе не менее $0,75 \times 10^6$ кв. км. Площадь собственно эффузивных пород составляет $1,5 \times 10^5$ кв. км. Несмотря на длительный период изучения вулканизма, до сих пор нет ответов на

многие вопросы. В частности, почему за короткий промежуток времени (около 2 млн. лет) на огромной территории (Тунгусская синеклиза) происходило излияние столь значительного количества магмы. До последнего времени геохимические особенности вулканитов были изучены либо для отдельных регионов, либо для отдельных элементов.

По имеющимся на настоящее время данным, площадь распространения погребенных вулканитов в доюрском основании Западно-Сибирской плиты соизмерима с таковой на Тунгусской синеклизе. Данные о строении доюрского основания Западно-Сибирской плиты позволили выдвинуть ряд гипотез о генетическом родстве магматизма Западной и Восточной Сибири. Однако вещественный состав этих вулканитов был изучен очень слабо. Кроме того, до последнего времени не было данных абсолютного возраста вулканитов Западной Сибири. Актуальность исследования определяется так же принципиальным значением геохимических исследований вулканитов крупнейшей в мире трапповой формации Тунгусской синеклизы для решения вопросов о наличии двух этапов магматизма на данной территории, а также изучения вещественного состава погребенных вулканитов Западно-Сибирской плиты, данные о которых являются авторскими и первыми. В связи с одновозрастностью магматизма обоих регионов важным вопросом является определение процессов, приведших к массовому излиянию вулканитов за короткий промежуток времени (максимум 2 млн. лет). Представляется актуальной и геохимическая типизация различных групп пород, выяснение их специфичности и места в истории развития внутриплитового магматизма.

В соответствии с этим целью настоящей работы являлось: проведение сравнительного анализа наблюдаемых ассоциаций магнообразования Западной и Восточной Сибири выяснение причины столь масштабного магматизма на территории

обоих объектов и определение геодинамических обстановок проявления вулканизма на основе детального изучения вещественного состава, в том числе, геохимических особенностей вулканитов в обоих регионах,

Основные задачи исследований:

Создать базу данных по вещественному, в том числе химическому и изотопному, составу вулканитов Тунгусской синеклизы и Западно-Сибирской плиты.

Провести определение абсолютного возраста вулканитов Западной Сибири и скорректировать геохронологические данные о возрасте базальтов Тунгусской синеклизы.

Провести сравнительное изучение вещественного состава эффузивных пород Западно-Сибирской плиты и Тунгусской синеклизы, и показать специфику геохимии пермотриасового вулканизма этих регионов.

Выяснить геолого-геодинамические причины синхронного магматизма на территории обоих регионов. Создать рабочую модель столь масштабного и кратковременного магматизма.

Фактический материал и методы исследований. В основу работы положены материалы, собранные автором в процессе проведения исследований по плановым темам НИР Института геохимии СО РАН. В разные периоды исследования были поддержаны грантами РФФИ (94-05-64742, 96-05-64214, 99-05-64167). Банк данных по вулканитам Сибирской платформы был сформирован на основе образцов, отобранных автором в ходе полевых работ 1974, 1989, 1990 и 1991 годов, а также, предоставленных А. И. Альмухамедовым проб, собранных им ранее. Кроме того, были использованы образцы, любезно предоставленные сотрудниками института геологии ОИГГМ СО РАН (Новосибирск) Ю. Р. Васильевым, В. В. Золотухиным и В. В. Рябовым. Также привлечены аналитические данные из работ M. Sharma, A. S. Basu

and G. V. Nesterenko (1991); P.C. Lightfoot et al. (1991); V. Fedorenko and G. Czamanske (1997); J. L. Wooden and al. (1993); V. Fedorenko et al. (1996) и некоторых других.

Банк данных по вулканитам Западной Сибири был сформирован по результатам анализов каменного материала, отобранного автором из керна 46 скважин разведочного и структурного бурения с помощью сотрудников Института геологии нефти и газа ОИГГМ СО РАН (Новосибирск) Н. П. Кирды и Т. П. Батуриной, а также сотрудников КНИИГИГС Ю. А. Ехлакова и А. Н. Угрюмова. Вклад соавторов в решение тех или иных проблем отражен в совместных публикациях.

Для решения поставленных задач был использован комплекс геологических, петролого-геохимических и изотопных данных. В основу петрологических и геохимических построений положены геологические наблюдения в сочетании с петрографическими и геохимическими исследованиями. Петрографически изучено более 2000 шлифов. Характеристики вещественного состава пород по Сибирской платформе основываются на результате более 1000 полных силикатных анализов, по Западно-Сибирской плите – более 100 анализов. Большая часть аналитических исследований выполнена в Институте геохимии СО РАН рентгенофлуоресцентным методом (аналитики Т. Н. Гуничева и А. Л. Финкельштейн). Значительная часть анализов сопровождалась определением элементов-примесей, выполненных рентгенофлуоресцентным (Zr, Nb, Y) на установке VRA-30 (аналитик З. М. Ложкина); атомно-эмиссионным (B, Be, F, Sc, V, Cr, Co, Ni, Cu, Zn, Sr, Ag, Ba, Pb) (аналитики С. С. Воробьева, Н. Л. Лончих, Е. В. Смирнова, С. К. Ярошенко) методами, а также методом фотометрии пламени (Na, K, Li, Rb) (аналитик С. И. Шигарова). Редкоземельные элементы, Hf, U и Th определялись масс-спектрометрически с индуктивно связанной плазмой (аналитики В. И. Ложкин, Е. В. Смирнова, Г. П. Сандиминова). Определение $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ отношений проводилось на установке МИ-1201Т (аналитики Л. С. Ле-

люхина, Г. П. Сандиминова). Все данные по изотопному составу стронция из литературных источников взаимно согласованы через рекомендованные величины изотопных стандартов NBS 987 и ВНИИМ-1 (Чернышев и др., 2000) и пересчитаны на возраст 248 млн. лет. Абсолютный возраст был определен $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$ методом ступенчатого нагрева плагиоклазов в Шотландском исследовательском центре Шотландского технологического парка (Восточный Килбридж) (аналитик М. Прингл).

Новизна и практическое значение работы.

1. Сформирован самый полный к настоящему времени банк данных из 1082 анализов на 56 элементов по вещественному составу вулканитов Тунгусской синеклизы, где все образцы имеют стратиграфическую “привязку”.

2. Показано, что на Тунгусской синеклизе выделяются два сближенных по времени этапа магматизма – инициального (рифтогенного) и завершающего (собственно покровного, внерифтового).

3. Получены первые данные по вещественному составу погребенных вулканитов Западно-Сибирской плиты, впервые прецизионным методом определен абсолютный возраст вулканитов Западно-Сибирской плиты.

4. Проведено первое сравнение геохимических особенностей одновозрастных вулканитов Тунгусской синеклизы и Западно-Сибирской плиты. Показано, что погребенные базальты Западно-Сибирской плиты по своим геохимическим характеристикам отвечают вулканитам инициального этапа Тунгусской синеклизы;

5. Проявление массового вулканизма на столь обширной территории не противоречит гипотезе плюмовой тектоники и является отражением влияния Сибирского суперплюма.

В результате проведенных исследований изучены погребенные вулканиты Западно-Сибирской плиты, которые ранее не были исследованы. С участием автора

составлена сводная стратиграфическая колонка для вулканических пород Тунгусской синеклизы, что позволяет проводить сравнение геохимических особенностей пород разных регионов. Впервые определены абсолютные возрасты вулканитов Западной Сибири, что блестяще подтвердило выводы, сделанные ранее на основе геохимических исследований. Выводы, касающиеся роли геодинамического развития внутриплитового магматизма, являются важными для вопросов палеогеодинамических реконструкций регионов. Результаты исследований, приведенные в работе, могут быть использованы при разработке схем корреляции эффузивных пород Северо-Азиатского кратона. Данные материалы могут быть включены в курсы высших научных заведений по геологическим специальностям.

Защищаемые положения.

1. Массовое проявление магматизма Северо-Азиатского кратона происходило на границе перми и триаса (250 – 248 млн. лет), как на Сибирской платформе, так и на Западно-Сибирской плите было кратковременным (не более 2 млн. лет).

2. На основе изучения геохимических характеристик базальтоидов Сибирской платформы выделено два сближенных во времени этапа магматизма - инициальный (рифтогенный), к которому относятся породы первого, второго и третьего циклов (шесть свит) и конечный (внерифтовый), относимый нами к собственно покровному, породы которого занимают верхние части стратиграфического разреза и относятся к четвертому и пятому циклам. В случае рифтогенного этапа происходило транзитное излияние расплавов на дневную поверхность, что обусловило широкий набор вулканитов - от пикритобазальтов до щелочных базальтов. При покровном этапе под мощной корой происходила дифференциация в промежуточных камерах. Этим объясняется превалирующая роль низкокальциевых базальтов на большей части Тунгусской синеклизы.

3. Погребенные вулканы Западно-Сибирской плиты представлены широким спектром пород - от базальтов через шошониты до риолитов. Большая часть основных вулканитов относится к толеитовым с повышенной калиево-щелочной базальтам. По своим петрохимическим и геохимическим характеристикам все изученные вулканы Западно-Сибирской плиты относятся к продуктам рифтогенного этапа. Пород внерифтового (собственно покровного) этапа, как это наблюдается на Сибирской платформе, на территории Западной Сибири не выявлено.

4. На основе изучения созданной базы данных по вещественному составу пермотриасовых вулканитов Тунгусской синеклизы и Западно-Сибирской плиты сделан вывод о том, что по своим геохимическим характеристикам породы относятся к продуктам внутриплитового магматизма.

5. Пермотриасовый магматизм Сибирского кратона вызван активностью суперплюма. Для погребенных вулканитов Западно-Сибирской плиты показано влияние "дыхания" плюма на модификацию субстратов, как мантийного, так и корового.

Апробация работы.

Основные результаты работы представлялись и докладывались на всероссийских, международных и региональных конференциях: конференция РФФИ в Сибирском регионе (земная кора и мантия) (Иркутск, 1995); I Всероссийское петрографическое совещание (Уфа, 1995); Всероссийское совещание "Закономерности эволюции Земной коры" (Санкт.-Петербург, 1996); Научная конференция РФФИ "Геодинамика и эволюция Земли" (Новосибирск, 1996); 6 Восточно-Сибирское региональное совещание (Иркутск, 1997); Всероссийское совещание "Науки о Земле на пороге XXI века. Новые идеи, подходы, решения" (Москва, 1997); II Всероссийское металлогеническое совещание (Иркутск, 1998); Международная конференция "Проблемы генезиса магматических и метаморфических пород" (Санкт-Петербург, 1998); Юби-

лейная конференция “Проблемы геологии и освоения минерально-сырьевых ресурсов Восточной Сибири” (Иркутск, 1998); XV симпозиум по геохимии изотопов (Москва, 1998);. Third Annual Meeting “Rifting in intracontinental setting: Baikal Rift System and other Continental Rifts”(Irkutsk, 1999); Второе Всероссийское петрографическое совещание (Сыктывкар, 2000); Научная школа “Щелочной магматизм Земли”, (Москва, 2001); AGU Fall Meeting (San Francisco, 2001); Международная научная конференция “Рифты литосферы” (Екатеринбург, 2002); Геология, геохимия и геофизика на рубеже XX и XXI веков”. Всероссийская научная конференция, посвященная 10-летию Российского фонда фундаментальных исследований (Иркутск, 2002).

Структура и объем работы. Диссертация состоит из введения, пяти глав и заключения общим объемом 306 стр., 29 таблиц, 44 рисунков и списка цитируемой литературы из 174 наименований.

Благодарности. Работа выполнена в Институте геохимии им. А. П. Виноградова СО РАН в лаборатории геохимии основного и ультраосновного магматизма. Исследования автора по теме диссертации проводилась в тесном сотрудничестве с коллегами по институту и сотрудниками других научно-исследовательских организаций. Формированию научных взглядов автора способствовала совместная работа и общение с В. С. Антипиным, А. Н. Булгатовым, Ю. Р. Васильевым, И. В. Гордиенко, М. А. Горновой, А. Э. Изохом, В. В. Золотухиным, Б. Н. Лапиным, В. А. Макрыгиной, З. И. Петровой, В. В. Рябовым и многими другими. Помощь в проведении полевых работ оказали Ю. З. Чебунин и К. Митчелл. Всем им автор выражает искреннюю благодарность. Без аналитических исследований выполнение работы было бы невозможным. Это труд большого коллектива аналитиков, которых автор также благодарит.

Особую благодарность автор хотел бы выразить своему научному консультанту и неизменному соавтору А. И. Альмухамедову и академикам РАН Н. Л. Добрецову, М. И. Кузьмину и А. Э. Конторовичу, которые постоянно оказывали поддержку и помощь в проведении научных исследований.

Глава 1. ГЕОЛОГИЧЕСКИЙ ОЧЕРК СИБИРСКОЙ ПЛАТФОРМЫ

Геологии Сибирской платформы посвящено огромное количество работ, поэтому здесь представлен только краткий очерк. История изучения геологии Сибирской платформы прекрасно описана В. С. Соболевым (1986). В более поздние времена на территории Сибирской платформы проводили работы Ю. Р. Васильев, А. М. Виленский, О. А. Дюжиков, В. В. Золотухин, Б. В. Олейников, В. В. Рябов, Н. Н. Урванцев и многие другие.

Сибирская платформа, которая занимает площадь свыше 4 млн. км², относится к древнейшим структурным элементам континентальной коры северного полушария. Она возникла в глубоком докембрии около 2 млрд. лет назад, когда произошла консолидация гетерогенных разобщенных плит, образовавших ее фундамент. Сибирская платформа полностью отвечает понятию древней платформы: характеризуется наличием архейского и нижнепротерозойского фундамента, отсутствием связи между структурным планом фундамента и чехла, наличием длительных перерывов осадкообразования между фундаментом и чехлом, исчисляющимся сотнями миллионов лет, а также резким несогласием структур фундамента с окружающими платформу складчатыми поясами.

Сибирская платформа вместе с Русской и Северо-Американской образуют так называемый Лавразийский широтный пояс древних платформ, которые дорастают за счет причленения к ним рифейских и фанерозойских складчатых систем. Как известно, она состоит из двух структурных этажей: интенсивно смятого глубоко метаморфизованного складчатого фундамента и осадочно-вулканогенного чехла, полого залегающего на нем (Геология ..., 1966; Геологическое..., 1987). Кристаллический фундамент платформы (архей – нижний протерозой) сложен гнейсами, кристаллосланцами, мраморами и кварцитами, которые прорваны интрузивами от ультраосновных до кислых пород. Архейские глыбы представляют собой каждая в отдельности

сочетание разнотипных и разновозрастных структур. Между отдельными архейскими глыбами располагаются складчатые структуры нижнего протерозоя, образующие единый кратон – фундамент Сибирской платформы. Фундамент обнажается в пределах Алданской, Анабарской антеклиз и Оленекского, Шарыжалгайского поднятий (Рис.1.1).

В геологическом строении платформенного чехла участвуют разнообразные осадочные, вулканогенно-осадочные и магматические породы. Они образуют ряд структурных ярусов, которые формировались в течение определенных тектонических этапов. К рубежам этих этапов приурочены смена ряда формаций и эпохи структурных перестроек платформы. Эти рубежи достаточно часто совпадают с перестройками тектонического плана и за пределами платформы и отражают тектонические явления глобального масштаба.

На Сибирской платформе выделены три структурных яруса архейд, два протоплатформенных яруса, образующих промежуточный этаж, и десять плитных структурных ярусов, разделенных несогласиями (Тектоническая карта..., 1980). Каждый структурный ярус характеризуется одной или несколькими генетическими типами структур, образующими в современном плане антеклизы, синеклизы и линейные зоны структур положительного либо отрицательного знака. В пределах структурных ярусов выделяются осложняющие их структурно-формационные комплексы. При проведении структурно-формационного анализа Сибирской платформы выявлена сложная картина структурно-формационных комплексов, различающихся как вещественными особенностями, так и структурными формами (Геологические формации..., 1974; Малич, 1975).

В современном эрозионном срезе на Сибирской платформе выделяются Тунгусская, Ангаро-Тасеевская и Виллойская синеклизы, Анабаро-Оленекская и погреб-

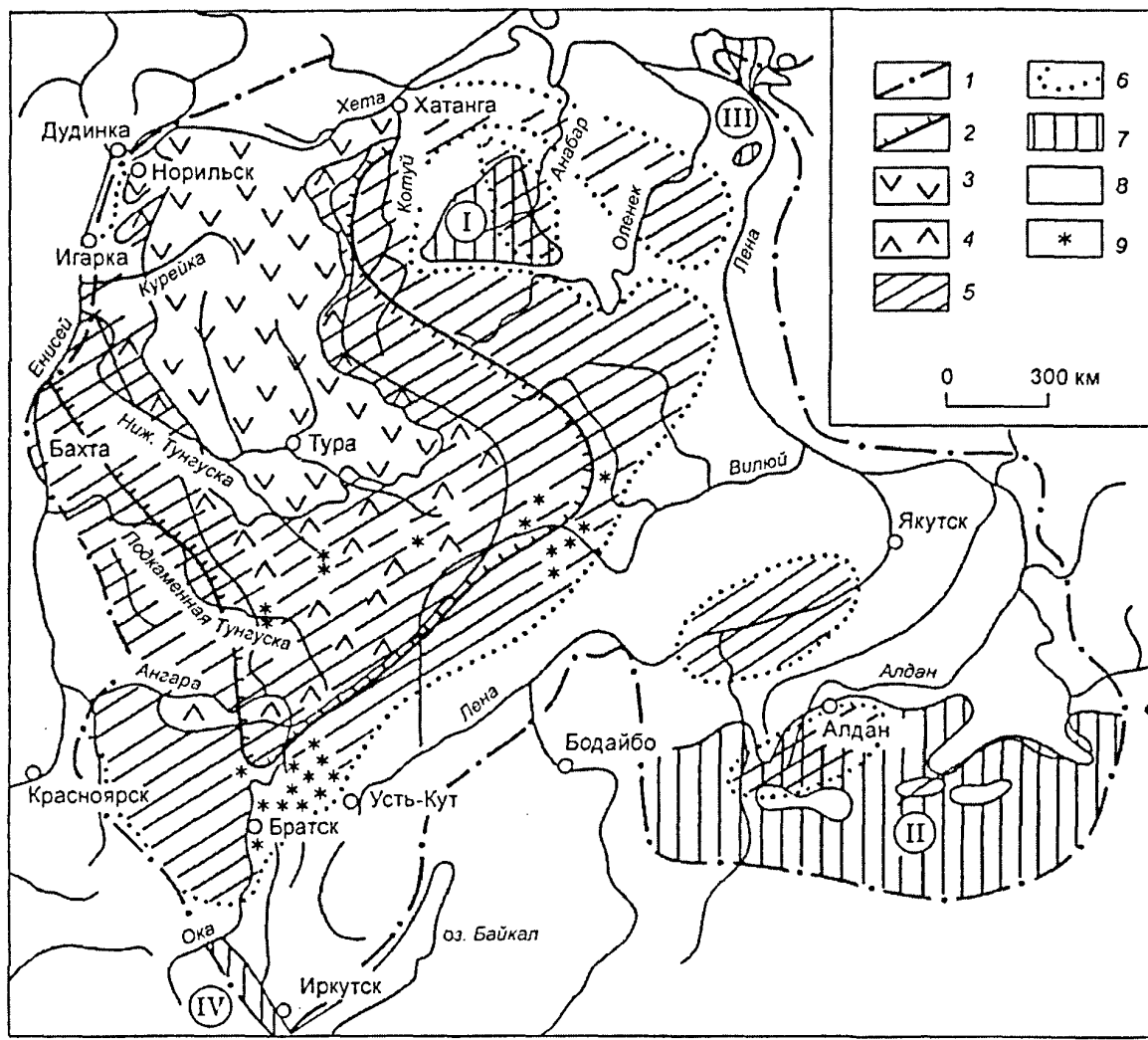


Рис. 1.1. Схема распространения траппов на Сибирской платформе (Лурье, Масай-тис, 1964) с изменениями и дополнениями (Золотухин, Альмухамедов, 1991).

Условные обозначения: 1, 2 – границы Сибирской платформы (1) и Тунгусской синеклизы (2); 3-5 – области преобладающего развития базальтов (3), распространения туфогенных толщ (4) и развития интрузивных траппов (силлы, дайки) (5); 6 – границы развития интрузивных траппов; 7 – выходы кристаллического фундамента (I – Анабарский щит, II – Алданский щит, III – Оленекское поднятие, IV – Шарыжалгайский выступ); 8 – области развития платформенного чехла (PR₂-MZ); 9 – местоположение базальтовых трубок взрыва

бенная Непско-Ботубинская антеклизы, Анабарский, Алдано-Становой щиты, Приенисейская, Прибайкальская и Среднеленская моноклизы, Турухано-Норильская краевая зона линейных структур, Приверхоянский, Лено-Анабарский, Енисей-Хатангский и Ангаро-Вилуйский прогибы. По окраине платформы выделяется тип складчатых структур, сложенных перикратонными (Туруханское, Хараелакское, Приенисейское, Прибайкальское, Байкало-Патомское и др.) и авлакогенными (Игарское, Ирикнеевское, Урикское поднятия) комплексами, а также предгорные прогибы.

Осадочные образования платформенного этапа относятся к верхнепротерозойским, палеозойским и нижнемезозойским отложениям. Начало позднепротерозойского этапа характеризуется накоплением отложений раннего рифея, представленных кремнисто-карбонатными осадками (Гришин и др., 1989) и локализованных на северо-западе. В среднем рифее происходит накопление мощной толщи осадочных пород, распространенных на всей территории платформы. Осадки на окраинах представлены терригенными породами – песчаниками, алевролитами и аргиллитами. На северо-западе в разрезе присутствуют основные эффузивы, на юге – карбонатные породы. В западной части среднерифейские отложения начинаются с мощной толщи аргиллитов, сменяющимися карбонатными породами (Основы...1969). В позднем рифее преимущественно накапливаются карбонатные осадки.

В начале раннего венда на всей территории платформы существовал континентальный режим. Только на северо-западе накапливаются глинисто-карбонатные породы. В конце венда начинается прогибание на юге и востоке, где накапливаются терригенные толщи. В более позднее время прогибание охватило весь регион и происходило формирование сульфатно-карбонатных пород.

В раннекембрийскую эпоху в южной половине платформы существовал мелководный бассейн, где накапливались соленосные и карбонатные осадки (Писарчик

и др., 1975). В среднем и верхнем кембрии формируются толщи глинистых известняков, соленосно-карбонатных осадков и пестроцветных отложений (Старосельцев, Лебедев, 1967).

На протяжении ордовика, практически на всей территории преобладали условия мелкого эпиконтинентального бассейна, и осадочные породы представлены карбонатными и терригенно-карбонатными отложениями с остатками морской фауны (Нефтегазоносные ..., вып.5, 1994).

Силурийская эпоха характеризовалась сменой режима осадконакопления от нормально-морского до мелководного прибрежно-морского. В разных частях платформы осадки представлены граптолитовыми сланцами, известняками, пестроцветными мергелями, а также сульфатными породами (Палеогеография..., 1969).

Девонские отложения представлены карбонатно-терригенными осадками с примесью сульфатов, только на северо-западе накапливались эвапориты и карбонатные толщи (Нефтегазоносные ..., вып.5, 1994). В начале раннего девона вся территория испытала поднятие и частичный размыв сформировавшихся ранее осадков. Затем наступило слабое прогибание, которое привело к образованию маломощных известковистых и глинистых осадков. В конце раннего и начале среднего карбона продолжалось поднятие и размыв осадков. В среднем карбоне начинается прогибание, которое продолжалось до конца перми. В это время происходило образование континентальной угленосной толщи, представленной переслаивающимися толщами аргиллитов, песчаников, пластов угля и конгломератов (Будников, 1976).

Магматические образования Сибирской платформы принадлежат трем крупным временным этапам: 1) времени формирования фундамента – магматизм архейского и раннепротерозойского тектономагматических циклов, среднего, и может быть, начала позднего протерозоя – стадии стабилизации и перехода к платформе;

2) проявления собственно платформенного магматизма времени формирования чехла с позднего протерозоя до раннего мезозоя и 3) времени раннемезозойской активизации платформы (Геологические формации..., 1974).

Магматические проявления архея и раннего протерозоя известны на Алданском щите, в Становой складчатой системе и на Анабарском массиве; магматизм среднего и начала позднего протерозоя – времени стабилизации – на Становой складчатой системе и Оленекском поднятии.

Собственно платформенный магматизм чехла начинался трапповой формацией, широко распространенной и неоднократно проявленной. К настоящему времени установлено три возрастных группы траппов. Это позднепротерозойские и раннекембрийские, среднепротерозойские и позднепалеозойские-раннемезозойские. За каждым проявлением траппового магматизма следуют кимберлитовые формации, образования которых также принадлежат трем возрастным группам.

Изучением собственно траппового магматизма занимались многие исследователи (например, Васильев, Золотухин, 1975; Виленский, 1967; Дмитриев, 1973; Додин, Голубков, 1971; Дюжиков, 1971; Золотухин, Альмухамедов, 1991; Золотухин и др., 1986, 1989; Лебедев, 1955; Левинсон-Лессинг и др., 1932; Лурье, Масайтис, 1964; Магнезиальные ..., 1984; Межвилк, Васильев, 1967; Олейников, 1979 и многие другие). Данные работы послужили основой для дальнейшего изучения и понимания особенностей траппового магматизма.

Позднепротерозойские и раннекембрийские траппы проявлены в пределах антеклиз и поднятий, преимущественно по окраинам, в кристаллических породах фундамента и в перекрывающих ее осадочных толщах верхнего протерозоя и нижнего кембрия. Это небольшие тела долеритов и габбро-долеритов. Они распространены в пределах Шарьжалгайского поднятия, на Алданском щите, на Оленекском поднятии

и на западном склоне Анабарского щита. На Шарыжалгайском поднятии дайки и небольшие штоки прорывают верхнепротерозойские отложения, но не встречаются в палеозойских породах. В западной и центральных частях Алданского щита тела габбро-долеритов и долеритов слагают протяженные пояса трещинных интрузий мощностью до первых сотен метров. На западном склоне Анабарского щита известны дайки и силлы габбро-долеритов среди отложений верхнего протерозоя.

Среднепротерозойские траппы широко развиты на востоке Сибирской платформы и представлены многочисленными трещинными интрузиями и, реже, силлами. По своим петрохимическим характеристикам они хорошо отличаются от позднепалеозойских-раннемезозойских базальтов (Геологическое строение..., 1968).

Мощные покровы измененных палагонитовых базальтов сохранились только в пределах Березовско-Кемпендяйской впадины. На р. Марха встречены покровы плагиофировых базальтов. Эти покровы имеют мощность до 40 м, как правило, двух- или трехчленное строение. Покровы разделяются туффитами, туфоалевролитами. Кроме того, на восточной окраине Тунгусской синеклизы широко развиты трещинные интрузии, образующие рои даек протяженностью до 800 км.

Позднепалеозойские-раннемезозойские траппы, представленные эксплозивной, эффузивной и интрузивной фациями, известны на Сибирской платформе в пределах Тунгусской синеклизы. Они занимают площадь более 1,5 млн. квадратных километров. Тунгусская синеклиза (Шатский, 1932) - крупнейшая структура платформы, сложенная вулканогенными образованиями пермотриаса, мощность которых изменяется от 0 м на юге до более чем 3000 м на северо-западе. Синеклиза представляет собой огромную дифференцированную отрицательную структуру, большая часть которой вовлечена в современное сводовое поднятие, образующее плато Путорана с высотами 1500 – 1700 м. Слагающие синеклизу образования залегают на раз-

личных платформенных структурах более низких ярусов, сложенных угленосными континентальными средне- и верхнекаменноугольными и пермскими отложениями, а также нижне- и среднепалеозойских отложениях, которые участвуют в строении поднятий основания синеклизы. Синеклиза с северо-востока граничит с Анабаро-Оленекской антеклизой, а на юге – по зонам разломов с Прибайкальской и Приенисейской моноклизмами и Ангарско-Тасеевской синеклизой; на северо-западе и севере с серией валов и мульд Туруханско-Норильской краевой зоны.

В пределах синеклизы выделяются Сыверминская (северо-запад), Центрально-Тунгусская (центр) и Ванаварская (юг) крупные впадины и полукольцом огибающее Центрально-Тунгусскую впадину Учаминское поднятие. Северную часть синеклизы, которая сложена в основном лавами, было предложено (Оффман, 1959) называть Курейской синеклизой. На крайнем востоке Тунгусская синеклиза граничит с вытянутым Ботуобинско-Мархинским поднятием. Все эти структурные единицы включают в себя более мелкие, которые в данной работе не рассматриваются. Заинтересованных лиц можно отослать к обширной литературе по данному вопросу.

Отметим, что хотя в сибирской трапповой формации проявлены различные фации магматических пород – эксплозивная, эффузивная и интрузивная, перед автором стояла задача изучить вулканы крупнейшей отрицательной структуры – Тунгусской, а точнее, пермотриасовые базальты. Это обусловлено тем, что эффузивная фация характеризуется естественной стратификацией, что позволяет оценить динамику изменения состава изливающихся магм во времени. Нами проводились исследования в нескольких частях Тунгусской синеклизы (рис.1.2). Вулканогенная толща сложена лавовыми и пиролластическими образованиями общей максимальной мощностью до 3 500 метров (Золотухин и др., 1986). Она представляет собой переслаивание разных типов базальтов (афировых, порфировых)

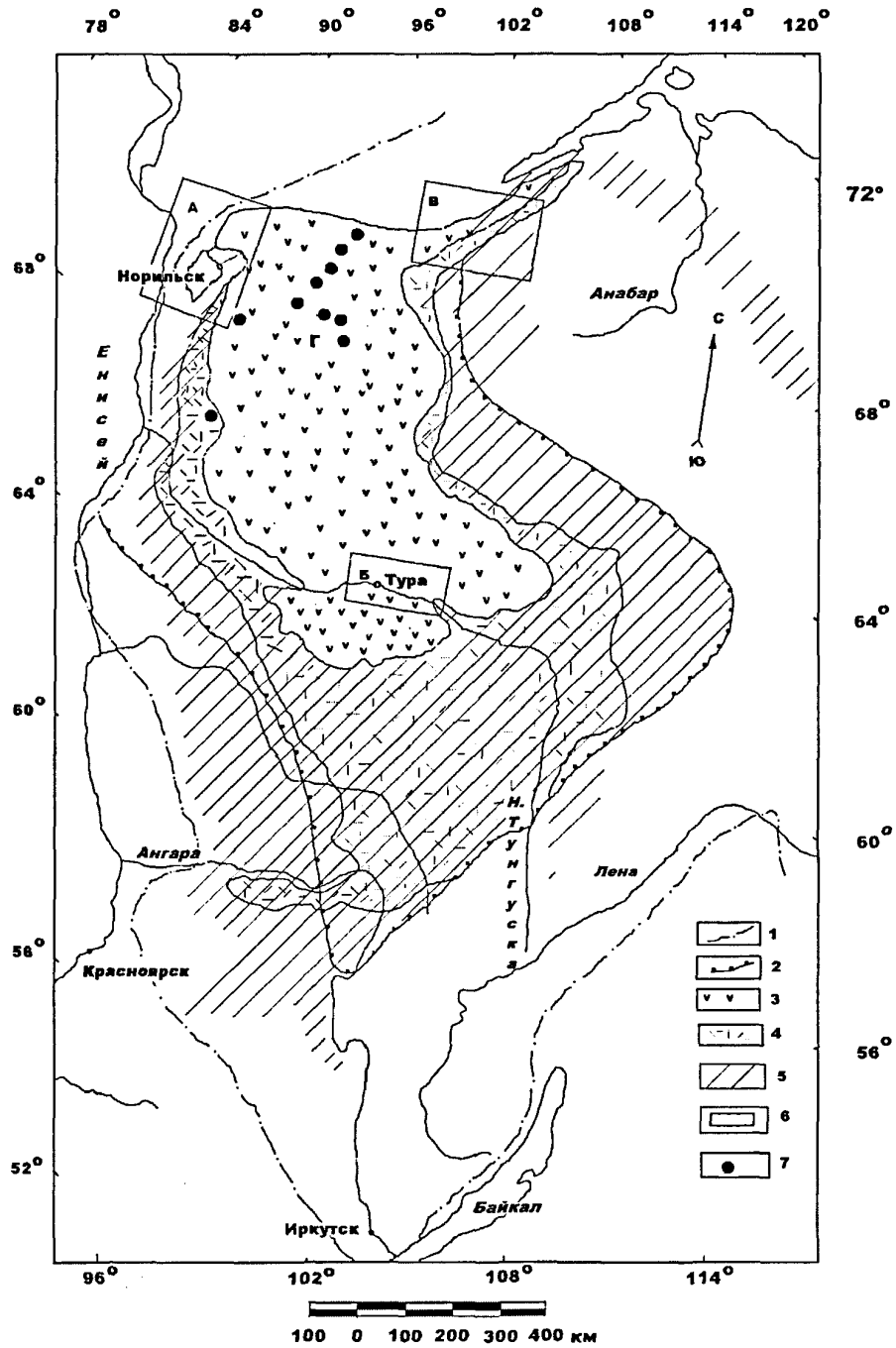
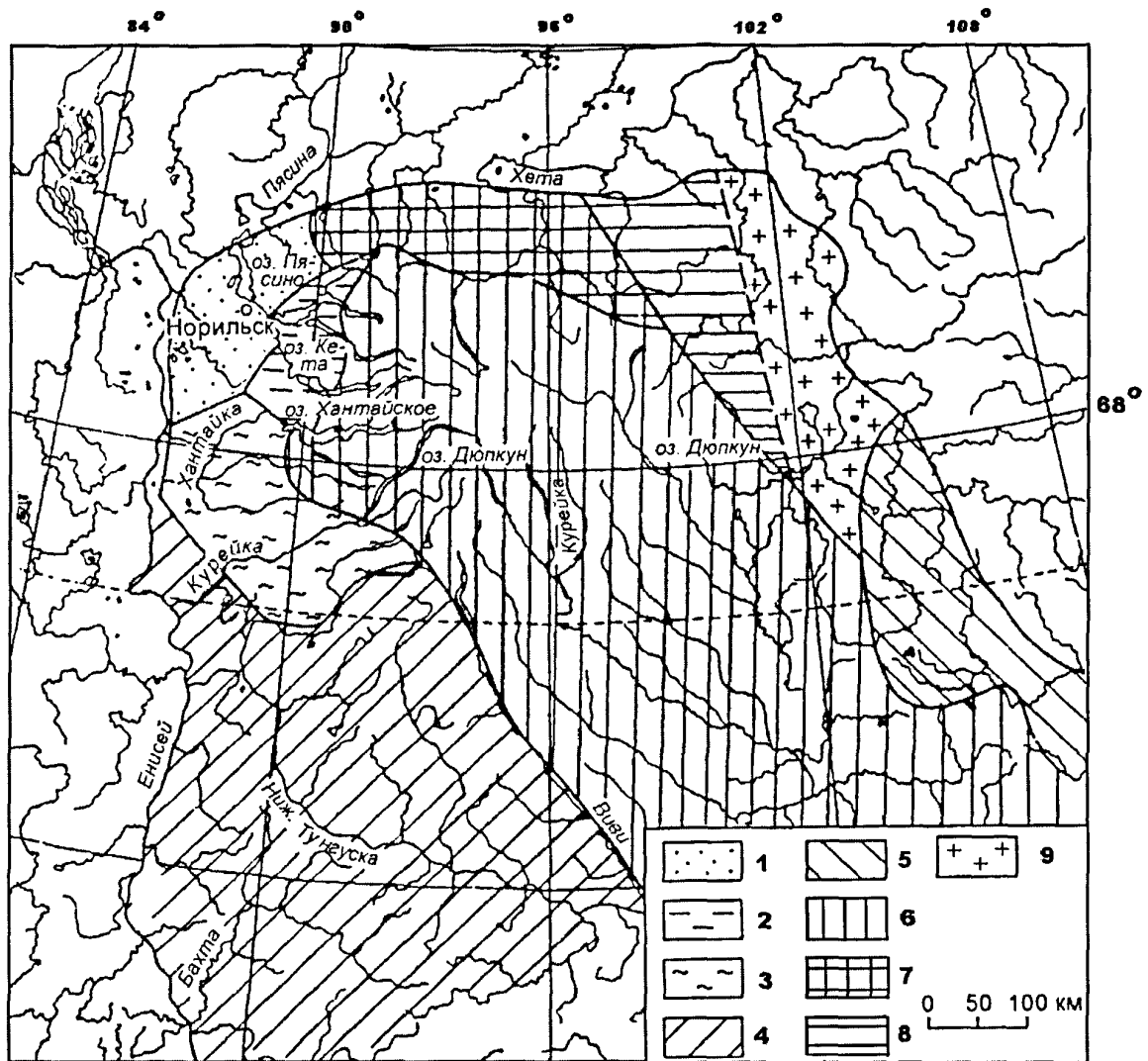


Рис. 1. 2. Схема распространения пермотриасовых траппов Сибирской платформы (Альмухамедов и др., 1996) и местоположение районов исследований.

1 – граница Сибирской платформы; 2 – граница Тунгусской синеклизы; 3-5 – поля преимущественного развития фаций магматизма: 3- эффузивной, 4 – эксплозивной, 5 – интрузивной; 6 – районы детальных исследований разрезов лавовой толщи: А – Норильский, Б – Тунгусский, В – Маймеча-Котуйский; 7 – район исследования отдельных свит, плато Путорана (Г).

и пойкилоофитовых) с горизонтами туфов, туффитов и туфобрекчий. Особенностью Тунгусской синеклизы является практически полное отсутствие осадочных пород в ее разрезе. Наибольшая мощность наблюдается на северо-западе синеклизы, а к югу и востоку вулканиты выклиниваются и фациально замещаются туфогенной толщей. Эффузивы слагают покровы и потоки различной мощности (от 0,5 до 100-150м). Некоторые потоки протягиваются на сотни километров и являются маркирующими (Старосельцев, 1982). Как правило, потоки и покровы имеют трехчленное строение: миндалекаменные - в верхней части, раскристаллизованные - в центральной и массивные - слабо раскристаллизованные (вплоть до стекловатых разностей) – в нижней. В потоках и покровах значительной мощности центральная часть представлена породами с типичной долеритовой структурой. По существующим представлениям базальтовые лавы изливались в основном через трещинные каналы, что подтверждается наличием таких протяженных потоков, как, например, Надаянский, который прослежен более чем на 250 км (Межвилк, Васильев, 1967).

Ранее вся территория Тунгусской синеклизы была разбита на ряд провинций (рис.1.3.). Фактически на территории Тунгусской синеклизы можно выделить три крупных региона. Это Центрально-Тунгусский, объединяющий Тунгусскую и Центрально-Путоранскую провинции, Северо-Западный (Норильско-Хараелакская и Хантайско-Рыбинская провинция) и Северо-Восточный (Хетская и Маймеча-Котуйская провинции). Набор пород, которые сформированы в течение большинства тектономагматических фаз, имеет трехчленное строение. Они, как правило, состоят из туфогенной пачки, зеленокаменных измененных и относительно свежих базальтов. Предварительно следует отметить, что свиты, как правило, разделяются прослоями туфов. Это же относится и к отдельным покровам. В Центрально-Тунгусском регионе базальтовая толща, перекрывающая туфогенную толщу, пред-



1.3. Карта-схема базитовых формаций Сибирской платформы (Магнезиальные базиты..., 1984) с исправлениями автора.

Провинции: 1 – Норильско-Хараелакская, 2 – Хантайско-Рыбинская, 3 – Курейско-Летнинская, 4 – Тунгусская, 5 – Восточно-Путоранская, 6 – Центрально-Путоранская, 7 – Каменская, 8 – Хетская, 9 – Маймечя-Котуйская.

ставлена в основном низкокалийевыми толеитовыми базальтами, только в редких случаях (плато Путорана) встречаются трахибазальты. Северо-Западный регион, характеризующийся максимальной мощностью вулканитов, сложен базальтами различного состава от пикритобазальтов до субщелочных разновидностей. Наиболее разнообразный состав пород наблюдается в Северо-Восточном регионе, особенно в Маймеча-Котуйской провинции. Здесь проявлены различные типы эффузивных пород - от щелочных до ультраосновных. Собственно базальты играют подчиненную роль. Самым изученным является Северо-Западный регион, где, благодаря разведочным работам на медно-никелевые руды, пробурено большое количество скважин, вскрывших вулканогенную толщу на всю мощность. Для каждой из провинций была разработана стратиграфическая схема с собственным названием свит (Магнезиальные базиты..., 1984). В настоящее время наиболее общепринятой является сводная схема корреляции (рис. 1. 4). Следует отметить, что на данной схеме сопоставляется стратиграфия разрезов четырех наиболее изученных провинций. В обобщенной стратиграфической колонке выделяются, как минимум, шесть циклов магматической активности. Особенности лавовых толщ каждого из регионов будут рассмотрены ниже. Предварительно отметим следующее. Продукты магматизма 1-3 циклов представлены глубоко дифференцированной серией базальтов, которые имеют переменный состав, как по основности, так и по щелочности и слагаются породами от пикрито - до субщелочных и, даже, щелочных базальтов. Они распространены лишь на северо-западе и севере Тунгусской синеклизы. Вулканиты 4-5 цикла представлены в основном низкокалийевыми толеитами недифференцированной серии и распространены широко на всей территории базальтового плато. Породы шестого цикла, представленные преимущественно щелочными вулканитами, проявлены только в преде-

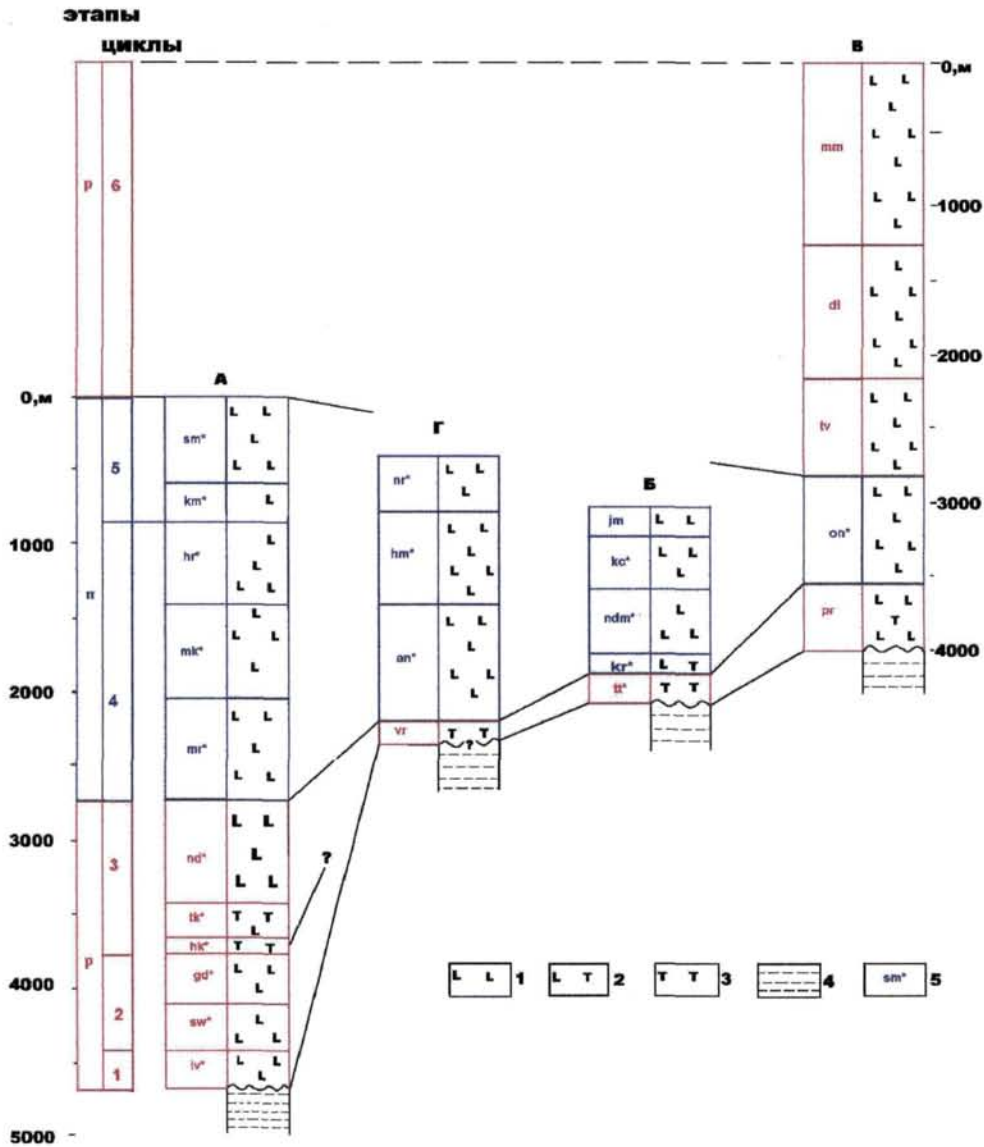


Рис. 1.4. Корреляция лавовых свит для разрезов туфолавоваы толщи различных частей Тунгусской синеклизы (Альмухамедов и др., 1999)

1 – преимущественно лавы различного состава; 2 – перемежаемость лав и туфов; 3 – преимущественно туфы, туффиты, реже лавы; 4 – палеозойские (C_2 - P_2) осадочные отложения чехла Сибирской платформы; 5 – свиты туфолавоваы толщи (снизу-вверх): А – Северо-Западный регион: iv – ивакинская, sw – сыверминская, gd – гудчихинская, hk – хакачанская, tk – туклонская, nd – надеждинская, mg – моронговская, mk – мокулаевская, hr – хараелакская, km – кумгинская, sm – самоедская; Б, Г – Центрально-Тунгусский регион (Б – среднее течение р. Н. Тунгуска, Г – плато Путорана): tt – туточанская, kg – корвунчанская, ndm – нидымская, kc – кочечумская, jm – ямбуканская, vt – водораздельная, an – аянская, hm – хоннамакитская, nr – нераркарская; В – Маймеча-Котуйский регион: pb – правобоярская, on – онкучанская, tv – туванкитская, dl – дельканская, mm – маймечинская. Звездочкой отмечены свиты, где проводилось детальное опробование

лах Маймеча-Котуйского региона, где рассмотрена только одна свита – онкучанская, которая слагается низкокалиевыми толеитами.

Таким образом, в данной главе очень кратко рассмотрено геологическое строение Сибирской платформы, в частности ее центральной части – Тунгусской синеклизы. Несмотря на сложное строение платформы в целом, Тунгусская синеклиза представляет собой структурную единицу с естественной стратификацией вулканогенной толщи. Это позволяет рассматривать изменение продуктов магматизма во времени. Кроме того, большая площадь распространения вулканитов допускает проследить особенности химизма вулканитов и в пространстве. Все особенности вещественного состава лавовой толщи Тунгусской синеклизы рассмотрены в следующей главе.

ГЛАВА 2

ВЕЩЕСТВЕННЫЙ СОСТАВ ВУЛКАНИТОВ ТУНГУССКОЙ СИНЕКЛИЗЫ

Вулканыты Тунгусской синеклизы в основном представлены различными типами базальтов. Все их разнообразие описано в большом количестве работ (см., например, Золотухин и др., 1986, 1989; Золотухин, Альмухамедов, 1991; Рябов и др., 2001, и многие другие). В связи с этим автор не ставил задачу провести тщательное описание петрографических особенностей базальтов, а дает только весьма краткий суммарный обзор. Основное внимание уделено особенностям вещественного состава, главным образом геохимическим. По своим петрографическим признакам все вулканыты Тунгусской синеклизы, независимо от их химического состава, относятся к ряду долеритобазальтов от стекловатых до полнокристаллических. Породы представлены как порфировыми, так и афировыми разновидностями. Структура базальтов офитовая, пойкилоофитовая и пойкилоофитоинтерсертальная. При этом порфировые породы встречаются чаще. Вкрапленники (первые проценты от объема) представлены плагиоклазом, реже клинопироксеном и (или) оливином. Обычно размеры вкрапленников не превышают первые миллиметры. Основная масса сложена лейстами плагиоклаза, изометричными зернами клинопироксена (редко ортопироксена), оливина и рудного минерала, чаще всего титаномагнетита, а также вулканическим стеклом в разном количестве. Миндалины, встречающиеся, как правило, в верхних частях потоков и покровов, заполнены вторичными минералами: кальцитом, цеолитами, халцедоном, кварцем, реже хлоритом, пренитом и др. По составу вкрапленников базальты подразделяются на плагиофировые, пироксенфировые, оливинфировые и полифировые, а также гломеропорфировые. Достаточно редко наблюдаются пикритовые базальты, которые состоят на 25-60% из фенокристов оливина. Основная масса в них чаще всего полнокристаллическая, пироксен-плагиоклазовая. Главными породообразующими минералами базальтов являются основной плагиоклаз

(30-60%), клинопироксены (авгит, пижонит 30-50%), оливин (от единичных зерен до 60%, в пикритобазальтах). Как было отмечено выше, ортопироксен встречается в виде единичных зерен. Как правило, все породы в разной степени изменены.

Из измененности пород отбор свежих проб является достаточно сложной задачей, поэтому была применена специальная методика отбора и приготовления проб для анализов. Все образцы тщательно просматривались визуально, затем проводилось микроскопическое исследование. После этого проводился силикатный анализ. В итоговую выборку включена информация о составе наименее измененных образцов вулканитов различных типов с содержанием Ппп менее 5 мас.%. Исключение составили пикритовые базальты ($MgO > 10$ мас.%), в которых модальные оливины в ряде случаев замещены вторичными водосодержащими минералами - иддингситом и боулингитом.

К настоящему времени существует достаточное количество работ, посвященных вещественному составу базальтов данного региона. Однако геохимические исследования проведены, в основном, для Северо-западного региона (Альмухамедов, Золотухин, 1989; Гладких и др., 1992, 1994; Fedorenko et al., 1996; Fedorenko, Czamansce, 1997; Lightfoot et al., 1990, 1993; Sharma et al., 1991, 1992; Wooden et al., 1993; Brugmann et al., 1993, Arndt et al., 2003 и др.). Геохимические особенности базальтов р. Нижняя Тунгуска ранее рассмотрены нами (Альмухамедов и др., 1996). Нами же были проведены геохимические исследования некоторых свит Путорана (Медведев и др., 1999) и Маймеча-Котуга (Альмухамедов и др., 1999). Но, несмотря на это, почти все данные касаются частных анализов по отдельным свитам или регионам, либо по геохимии отдельных элементов (Альмухамедов и др., 1994; Альмухамедов, Медведев, 1982; Медведев, Альмухамедов, 1998 и др.). В данной работе представлены материалы многолетних исследований вулканитов Тунгусской синек-

лизы. В итоговую выборку вошло 1082 анализа, которые “привязаны” стратиграфически к свитам. Из этого количества 828 анализов – авторские. Большую часть банка данных составляют материалы по составу базальтов северо-запада Сибирской платформы, разрез эффузивной толщи которой мощностью до 3,5 км (Федоренко, 1981), вскрыт буровыми скважинами, вплоть до осадочных пород палеозоя. В данном регионе выделяется 11 свит вулканогенных и вулканогенно-осадочных пород (см. рис. 1.3), разрезы которых изучены. Для остальных регионов (см. рис. 1.3) образцы были отобраны преимущественно из естественных обнажений, вскрытых водотоками. В связи с этим они были реконструированы по гипсометрическим отметкам и, как будет показано ниже, на основе детального изучения их минерального и химического составов. Ссылки на литературные источники, из которых заимствованы анализы, приведены в таблицах. Детальный обзор особенностей каждой свиты или пачки был проведен рядом исследователей (см., например, Золотухин и др., 1986; Рябов и др., 2001 и др.). Нами рассматривается вещественный состав свит в целом. Рассмотрение свит проводится снизу вверх, по каждому региону отдельно. Систематика пород проведена согласно работе (Классификация и ..., 1981). Данные о химическом составе рассматриваемых свит приведены в соответствующих таблицах. Таблицы по отдельным свитам для удобства читателей вынесены в конец главы. Отдельно приведена таблица 2.19 по содержанию редкоземельных элементов, Hf, Ta, Th и U.

Северо-Западный регион

Ивакинская свита слагает основание вулканогенной толщи в Северо-Западном регионе. Породы свиты со стратиграфическим, а иногда угловым несогласием залегают на терригенных угленосных отложениях *тунгусской* свиты. Мощность свиты колеблется от 0 до 250 м. Разрез свиты начинается туффитами, туфами, которые сменяются вулканитами. Структура пород порфировая, афировая, пойкило-

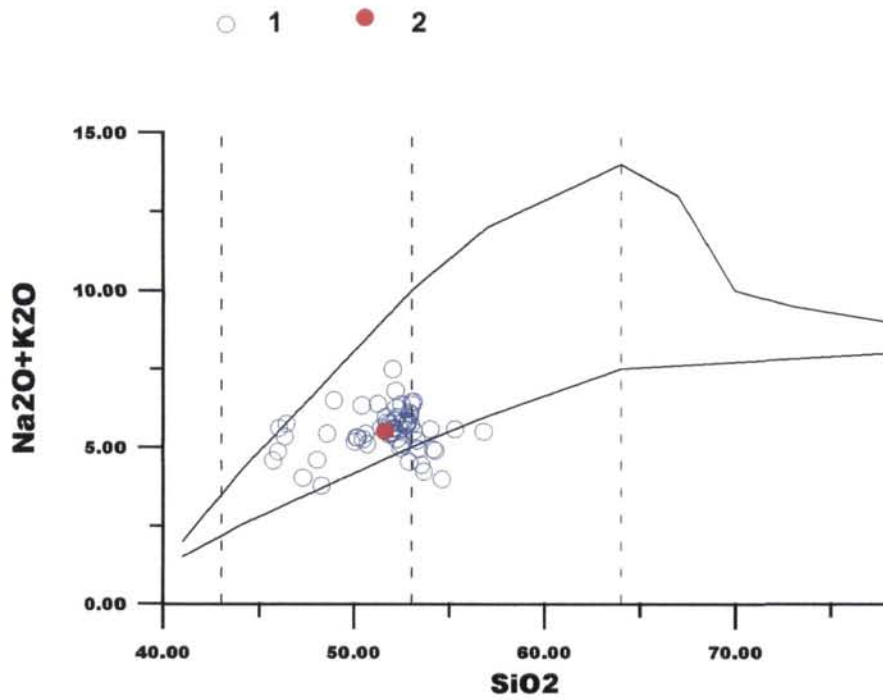


Рис. 2. 1.
Положение точек составов пород ивакинской свиты в координатах $\text{Na}_2\text{O}+\text{K}_2\text{O} - \text{SiO}_2$. 1- частные пробы, 2 – среднее.

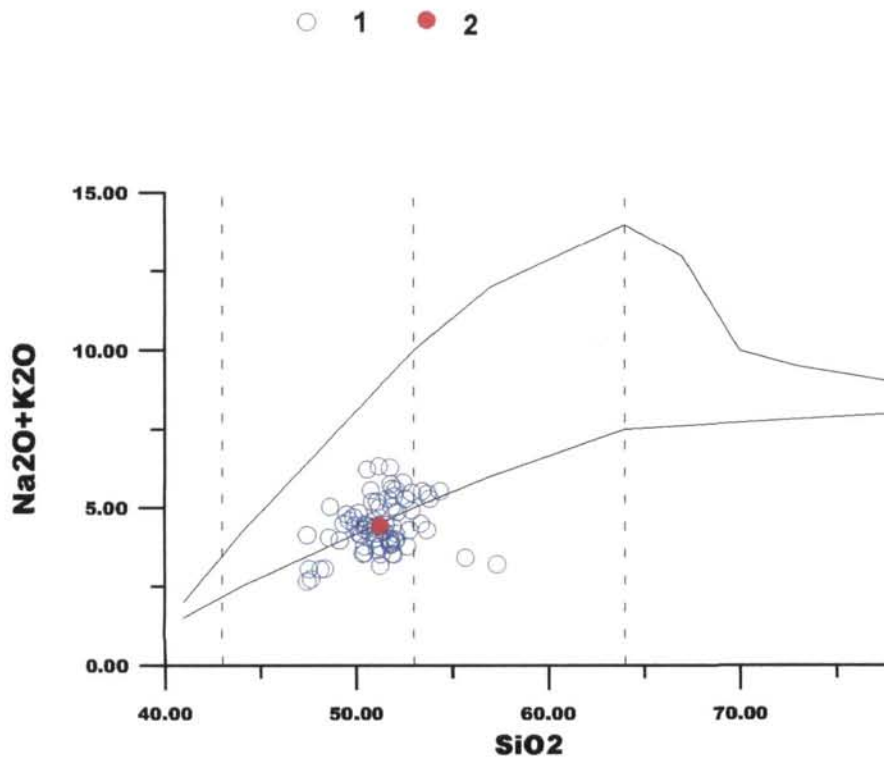


Рис. 2.2. Положение точек составов пород сыверминской свиты в координатах $\text{Na}_2\text{O}+\text{K}_2\text{O} - \text{SiO}_2$. 1- частные пробы, 2 – среднее.

офитовая, в некоторых частях потоков наблюдаются миндалекаменные разности.

Данные о составе свиты, представлены на рис. 2.1 и в таблице 2.1. Из рассмотрения данных можно отметить, что породы представлены в основном субщелочными базальтами, хотя отмечаются, в меньшей степени, базальты и андезибазальты нормального ряда. Соответственно меняются и содержания как петрогенных, так и редких элементов. Содержание кремнезема меняется от 46 до 54 мас.%. Обращает на себя внимание повышенное количество титана – во всех пробах более 2 мас.% и низкое содержание элементов группы железа, например, Sr от 3 до 180 мкг/г. Наибольшие колебания наблюдаются для подвижных элементов – Rb – 30-80, Sr – 300-1200, Ba – 400-1600 мкг/г.

Сыверминская свита. Породы этой свиты залегают на вулканитах *ивакинской* или на осадках *тунгусской* свит. Мощность ее колеблется от 0 до 240 м. Характерной особенностью пород является зеленокаменный облик. Чаще всего породы имеют пойкилоофитовую структуру, что обуславливает характерный горошчатый облик, особенно на выветрелой поверхности. Породы *сыверминской* свиты в равной мере представлены субщелочными и толеитовыми (нормального ряда) базальтами (рис. 2.2, табл. 2.2). Отмечается очень небольшое количество андезибазальтов. Соответственно породы обладают широким диапазоном содержаний некогерентных элементов Ba – 130-1100, Rb – 8-92, Sr – 63-620 мкг/г, также в широких пределах меняется содержание K_2O от 0,3 до 3,5 мас.%. Содержания кремнезема достигают 54 мас.% (андезибазальты). Следует отметить, что базальты нормального ряда (толеитовые), как правило, приурочены к верхам разреза свиты.

Гудчихинская свита. Породы ее согласно перекрывают образования *сыверминской* свиты и представлены порфировыми и, реже, гломеропорфировыми и пойкилоофитовыми вулканитами. Максимальная мощность свиты достигает 180 м. Све-

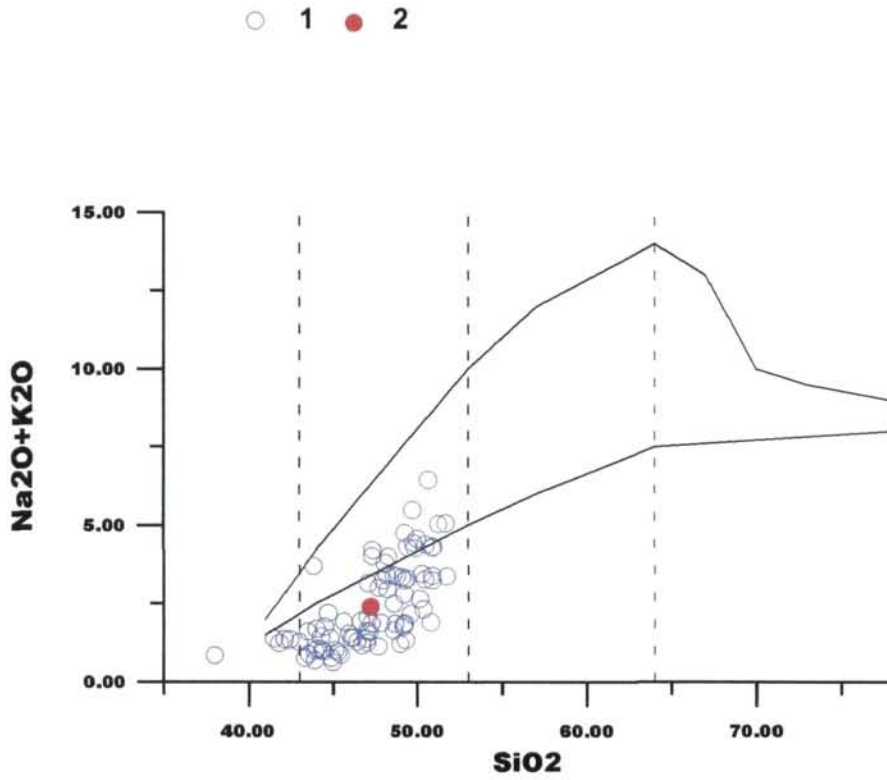


Рис. 2.3. Положение точек составов пород гудчихинской свиты в координатах $\text{Na}_2\text{O}+\text{K}_2\text{O} - \text{SiO}_2$. 1- частные пробы, 2 – среднее.

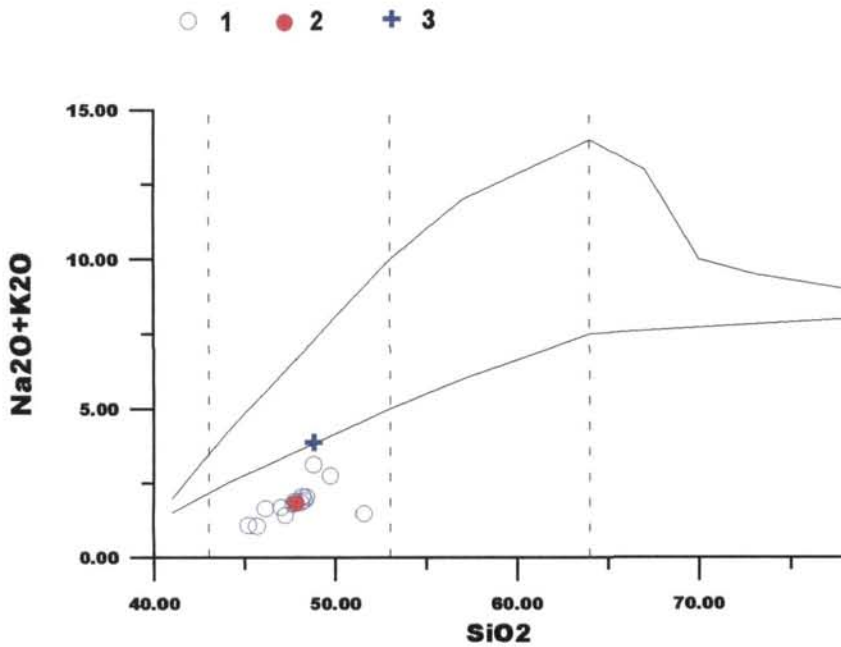


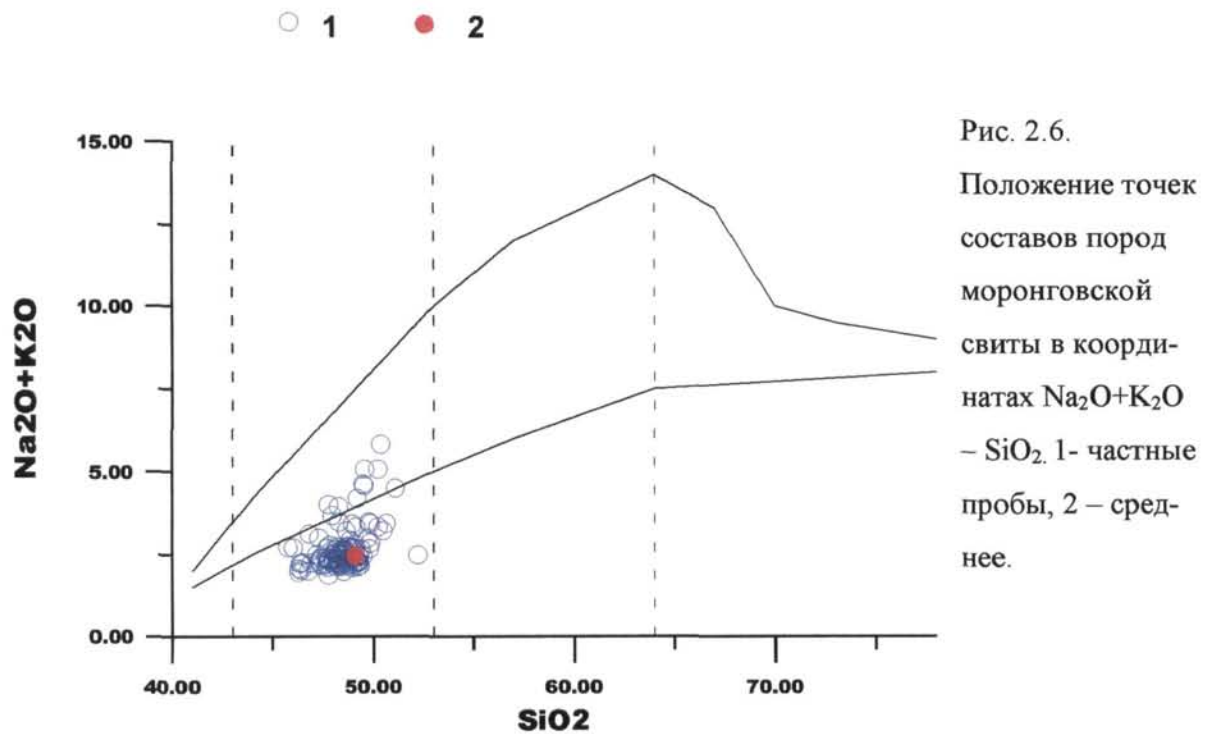
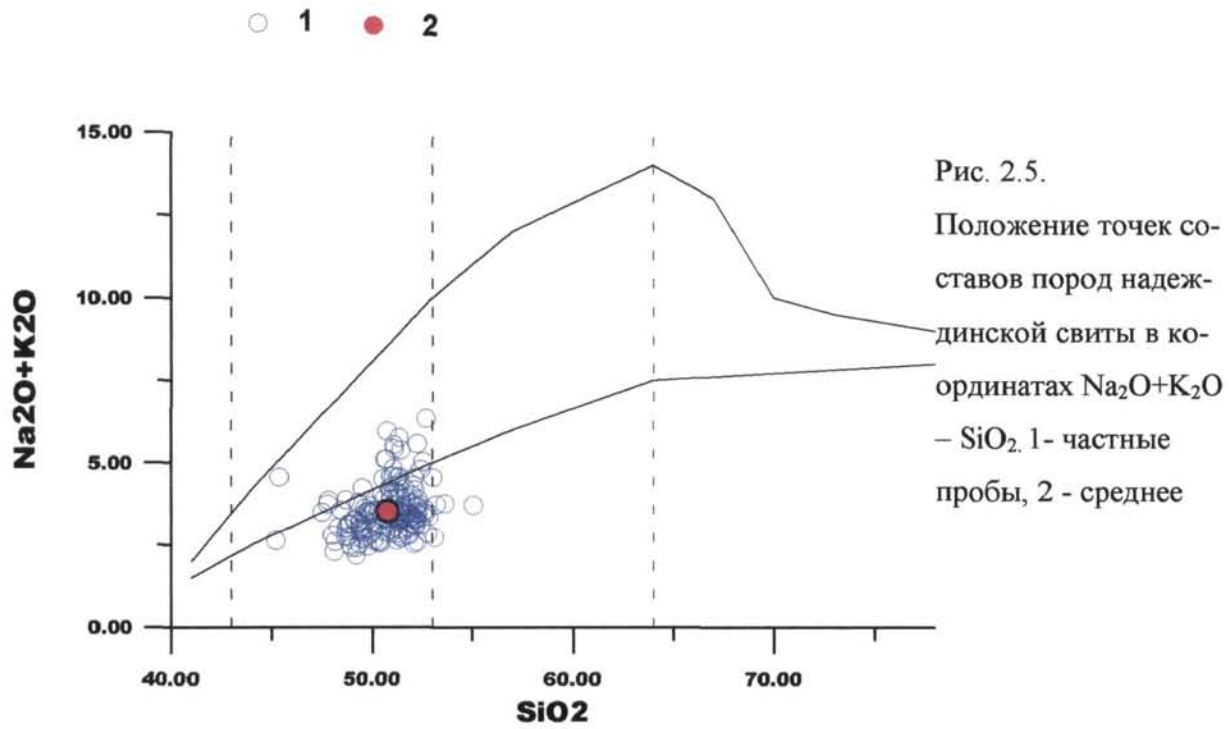
Рис. 2.4. Положение точек составов пород хаканчанской (3) и туклонской (1,2) свит в координатах $\text{Na}_2\text{O}+\text{K}_2\text{O} - \text{SiO}_2$. 1, 3 - частные пробы, 2 – среднее

дения о составах пород свиты приведены в таблице 2.3 и на рис. 2.3. Видно, что значительная часть свиты сложена пикритовыми базальтами, которые проявлены, в основном, в верхней части разреза. Нижняя часть сложена базальтами нормального ряда и, реже, субщелочными. В силу этого породы данной свиты обладают наибольшей изменчивостью как петрогенных, так и редких элементов. Так, содержание кремнезема меняется от 38 до 51 мас.%, MgO - от 7 до 17 мас.%, K₂O - 0,1-1,5 мас.%. Столь же значительные колебания присущи как некогерентным, так и когерентным элементам: Cr – 20-1300, Rb – 1-66, Sr – 20-850, Ba – 30-850 мкг/г.

Хаканчанская свита состоит в основном из туфогенных пород. Мощность свиты составляет от 10 до 300 м. Базальтовые покровы чрезвычайно редки. Породы этой свиты залегают на базальтах *гудчихинской* свиты. В нашей выборке свита представлена единственным образцом обогащенного базальта нормального ряда (см. табл. 2.4 и рис. 2.4).

Туклонская свита, сложенная зеленокаменными и пойкилоофитоинтерсертальными базальтами, распространена в пределах Норильско-Хараелахской, Курейско-Летнинской, Хантайско-Рыбинской и Каменской провинций. Мощность свиты достигает 250 м. По составу породы относятся к толеитовым (нормального ряда) и пикритовым базальтам (табл. 2.4 , 2.4). Соответственно они обладают достаточной изменчивостью: кремнезем – 45-51 мас.%, калий – 0,3-2,8 мас.%. Обращают на себя внимание низкие содержания TiO₂ – во всех типах пород ниже 1%. Как и в породах других свит, наибольшими вариациями обладают подвижные элементы: Rb – 1-57, Sr – 100-300 мкг/г. Из элементов группы железа больше всего изменяются концентрации хрома – 300 -2000 мкг/г.

Максимальная мощность *надеждинской* свиты составляет 570 м. Она сложена порфиоровыми, афировыми и пойкилоофитовыми базальтами с редкими прослоями



туфов. Большая часть вулканитов складывается базальтами нормального ряда (толеитовыми), но несколько более калиевыми (табл. 2.5, рис. 2.5.). Меньшее количество пород относится к базальтам субщелочного ряда. Отдельные образцы попадают в поле андезибазальтов. Соответственно происходит изменение химического состава пород. Из петрогенных элементов самой большой изменчивостью обладает калий. Его содержания меняются от 0,11 (низкокалиевые базальты) до 2,6 мас.%, что соответствует субщелочному базальту. Такие некогерентные элементы, как Rb и Ba, также обладают большой изменчивостью концентраций (4-100 и 100-1300 мкг/г, соответственно).

Моронговская свита. Ее мощность колеблется от 300 до 700 м. В разрезе свиты преобладают афировые базальты, порфиоровые разновидности имеют подчиненное значение. Данные о химическом составе пород приведены в таблице 2.6 и на рис. 2.6. Преобладающее количество проб относится к базальтам нормального ряда, субщелочные базальты занимают подчиненное положение. Это, несомненно, отражается в химическом составе пород. В сравнении с выше перечисленными свитами, вулканиты этой свиты обладают достаточно монотонным составом, что, в общем, выражается в небольшой изменчивости как петрогенных, так и малых элементов. Хотя содержания подвижных элементов, таких как K, Rb и Ba меняются в достаточно широких пределах, большинство базальтов относится к низкокалиевой разновидности (Гладких и др., 1994) с концентрацией K_2O менее 0,3 мас.%. Как будет показано далее, субщелочные базальты занимают нижние части разреза или подошвенные части отдельных потоков.

Породы *мокулаевской свиты* залегают с размывом на отложениях *моронговской свиты*. Мощность свиты колеблется от 400 до 670 м. Структурно вулканиты представлены всеми разновидностями базальтов от афировых до порфиоровых через гло-

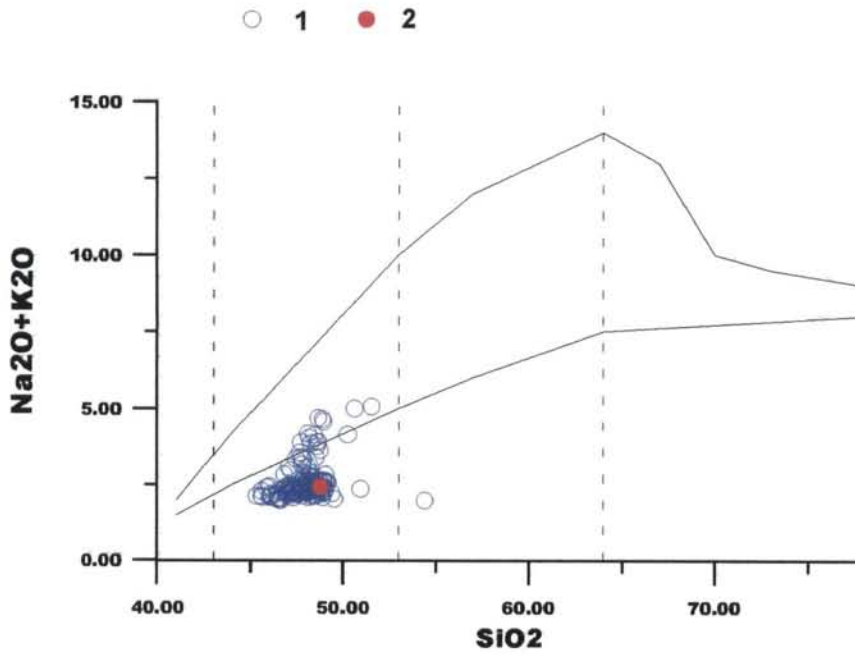


Рис. 2.7.

Положение точек составов пород можулаевской свиты в координатах $\text{Na}_2\text{O}+\text{K}_2\text{O} - \text{SiO}_2$. 1- частные пробы, 2 – среднее

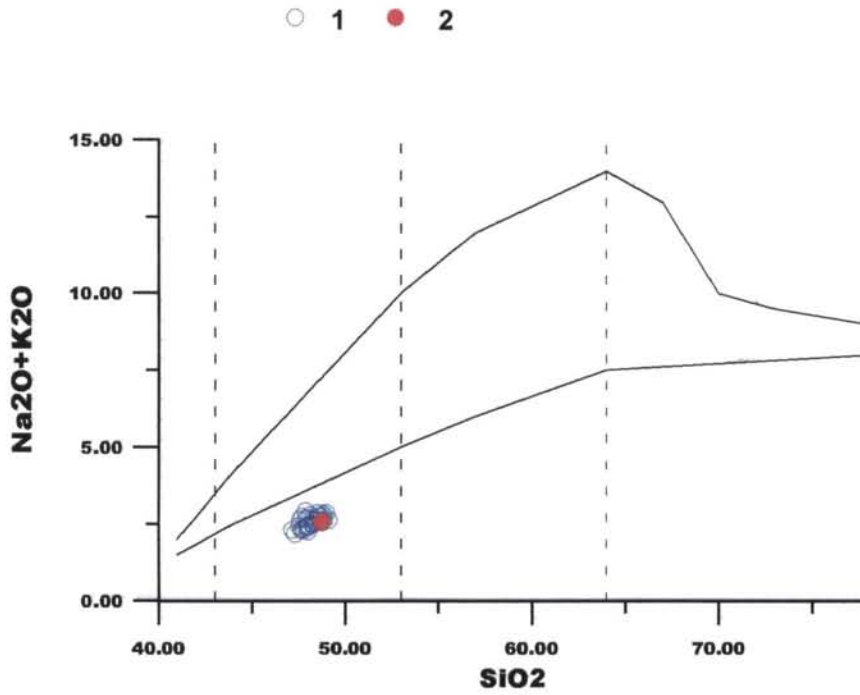


Рис. 2.8.

Положение точек составов пород хараелахской свиты в координатах $\text{Na}_2\text{O}+\text{K}_2\text{O} - \text{SiO}_2$. 1- частные пробы, 2 – среднее

меро- и пойкилоофитовые. По своему химическому составу (см. табл. 2.7, рис.2.7) большая часть базальтов относится к толеитовым, поэтому состав пород меняется незначительно. Наибольшие изменения составов отмечены у подвижных элементов – К, Sr, Ba. Но даже в этих случаях не наблюдается таких колебаний, как в нижележащих свитах и, естественно, наибольшие содержания присущи субщелочным породам. Среди пород разреза много низкокалиевых базальтов, в соответствии с этим и очень низки количества Rb – 2-13 мкг/г.

Хараелахская свита залегает на породах *мокулаевской* свиты. Ее мощность колеблется от 400 до 670 м. Породы представлены афировыми, порфиоровыми, пойкилоофитовыми и гломеропорфиоровыми разностями. Данные о химическом составе приведены в таблице 2.8 и на рис. 2.8. Видно, что все вулканиты относятся к базальтам нормального ряда, большей частью низкокалиевых. В связи с этим они обладают малой вариабельностью как петрогенных, так и редких элементов. Хотя встречаются отдельные пробы с умеренной калиевостью – 0,52 мас.%. Этим объясняется небольшие концентрации и малая изменчивость подвижных элементов: Rb – 3-11 мкг/г; Sr – 140-200 мкг/г; Ba – 60-130 мкг/г.

Породы *кумгинской* свиты развиты локально в пределах *Хараелахской* мульды и согласно перекрывают отложения *хараелахской* свиты. В основном это гломеропорфиоровые разности вулканитов. В основании свиты фиксируется туфогенный горизонт. Мощность свиты колеблется от 160 до 210 м. Химический состав пород дан в таблице 2.9 и продемонстрирован на рис. 2.9. Также как в *хараелахской* свите, базальты представлены в основном низкокалиевыми толеитами. Они имеют малую изменчивость петрогенных и малых элементов.

Самоедская свита, которая объединяет верхнюю часть разреза вулканогенной толщи, согласно залегает на *кумгинской*. Структура пород афировая, порфиоровая,

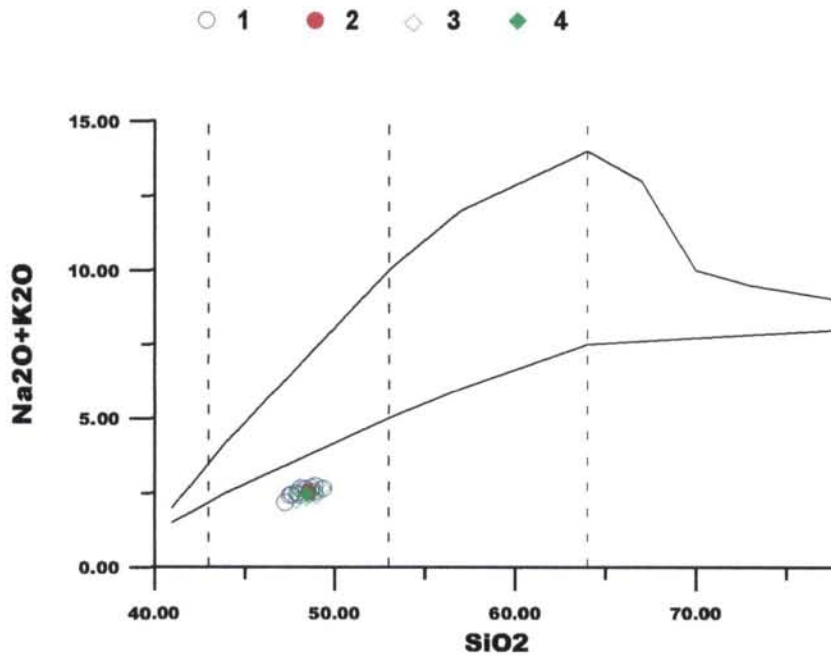


Рис. 2.9.

Положение точек составов пород кумгинской (1,2) и самоедской (3,4) свиты в координатах $\text{Na}_2\text{O}+\text{K}_2\text{O} - \text{SiO}_2$. 1,3- частные пробы, 2,4- среднее (соответственно)

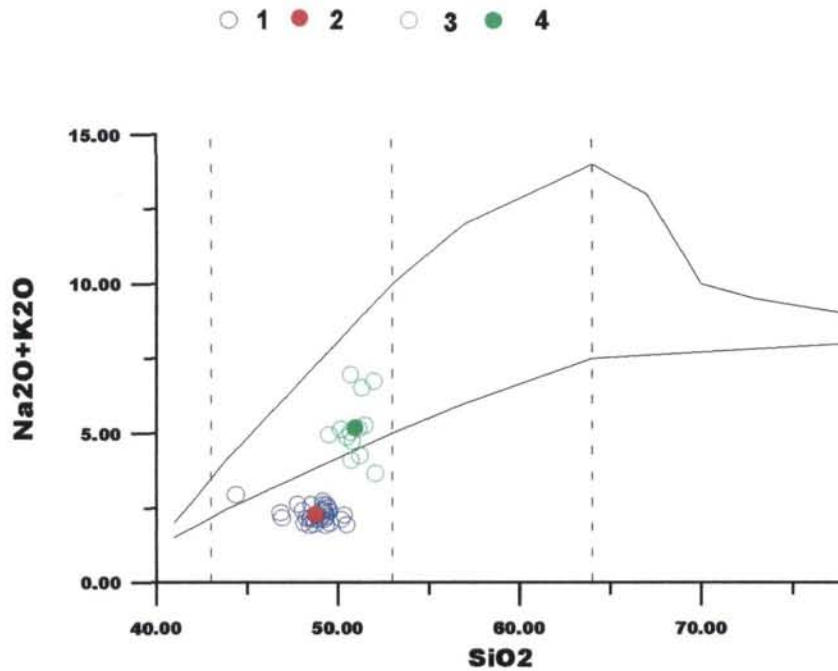


Рис. 2.10.

Положение точек составов пород аянской свиты (1,2) и юряхской толщи (3,4) в координатах $\text{Na}_2\text{O}+\text{K}_2\text{O} - \text{SiO}_2$. 1,3- частные пробы, 2,4- среднее (соответственно)

пойкилоофитовая, реже гломеропорфировая. В основании свиты – туфы. Они также редко встречаются в разрезе. Мощность свиты достигает 700 м. По своему химическому составу все базальты представлены толеитовыми, в основном, низкокалиевыми с малой вариабельностью (табл. 2.10, рис. 2.9). Этим породы самоедской свиты очень напоминают вулканыты нижележащей *кумгинской*.

Центрально-Тунгусский регион

Аянская свита является аналогом *моронговской* и слагается породами с порфировой и пойкилоофитовой структурой. Мощность свиты колеблется от 100 до 700 м. Из данных таблицы 2.11 и рисунка 2.10 видно, что вулканыты, в основном, являются низкокалиевыми толеитовыми базальтами, хотя отмечены и умереннокалиевые. Очень редко наблюдаются пикритобазальты. В связи с этим изменчивость состава пород очень незначительна.

Породы *юряхской* толщи входят в состав *аянской* свиты в качестве ее фациального аналога (Нагайцева и др., 1967; Павлов, 1969) и распространены локально в районе Хантайского озера. Мощность ее меняется от 0 до 150 м. Наиболее полно геология и петрография толщи описана в работе В. В. Рябова и др., 2001. Нами исследованы только I и II покровы, которые не содержат магнетитовых лав (Медведев и др., 1999). Вулканыты представлены афировыми, реже порфировыми, разностями. Большая часть разреза слагается субщелочными базальтами (трахибазальтами), хотя наблюдаются и толеитовые, но высококалиевые (табл. 2.12, рис. 2.10). Породы резко обогащены некогерентными элементами, в первую очередь Rb, Sr, Ba. Отметим, что положение этой толщи является аномальным в разрезе. Причины, которые обусловили это явление, будут рассмотрены ниже.

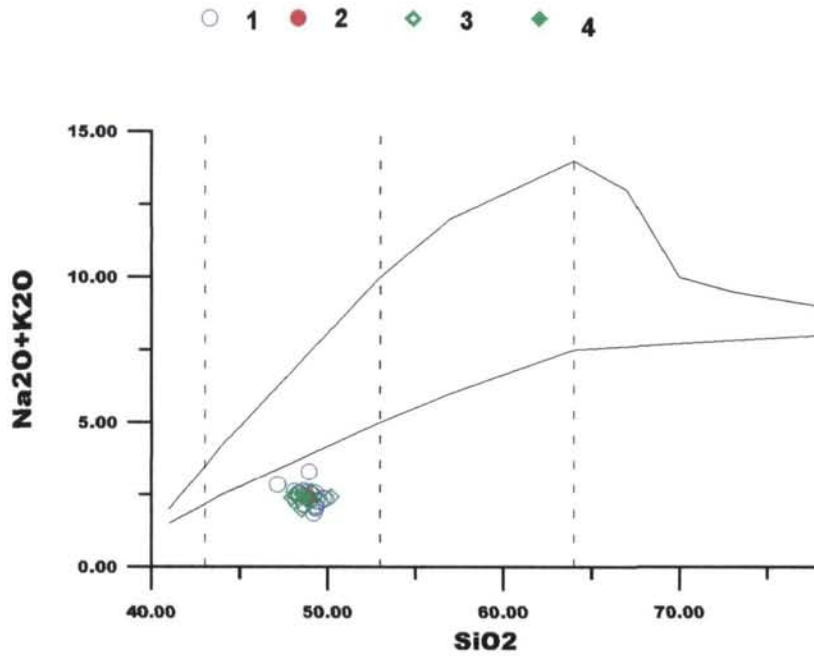


Рис. 2.11.

Положение точек составов пород хоннамакитской (1,2) и неракарской (3,4) свит в координатах $\text{Na}_2\text{O}+\text{K}_2\text{O} - \text{SiO}_2$. 1,3 - частные пробы, 2,4 - среднее (соответственно)

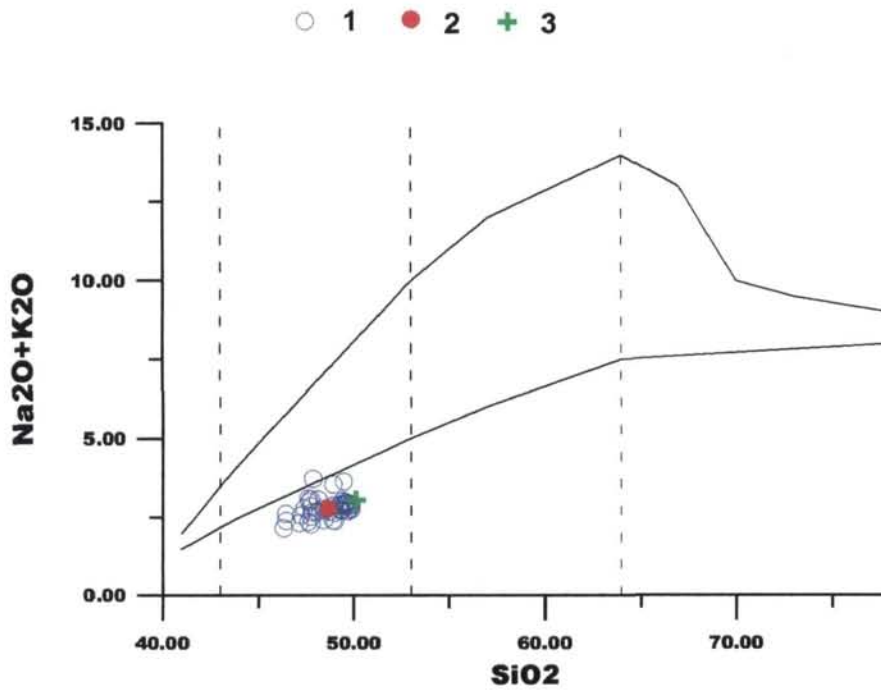


Рис. 2.12.

Положение точек составов пород корвунчанской (1,2) и туточанской (3) свит в координатах $\text{Na}_2\text{O}+\text{K}_2\text{O} - \text{SiO}_2$. 1, 3 - частные пробы, 2 - среднее

Породы *хоннамкитской* свиты залегают на отложениях *аянской* свиты или, как в районе Хантайского озера, *юряхской* толщи. Свита сложена вулканитами преимущественно плагиофировой структуры. Мощность меняется от 150 до 300 м, достигая 600 м на севере Путоранской провинции. Все базальты являются толеитовыми, в основном низкокалиевыми (табл. 2.13, рис. 2.11). Максимальное содержание K_2O в единичных пробах достигает 0,6 мас.%. Так же наблюдается малая вариабельность как когерентных, так и некогерентных элементов.

Нераркарская свита считается аналогом *хараелахской* (Золотухин и др., 1986). Мощность ее достигает 600 м. Породы представлены афировыми, порфировыми и пойкилофитовыми базальтами. По своему химическому составу (табл. 2.14, рис. 2.11) вулканиты относятся к базальтам нормального ряда (толеитовым) и, практически, перекрывают поля составов вышележащей *хоннамакитской* свиты. Породы относятся к низко- и умереннокалиевым базальтам (Гладких и др., 1994), в силу этого в них наблюдаются низкие содержание таких элементов, как Rb, Sr и Ba. Также в вулканитах данной свиты отмечена небольшая изменчивость практически всех остальных элементов.

Туточанская свита считается фациальным аналогом *надеждинской*. Она развита в центральной части Тунгусской синеклизы и представлена, преимущественно, породами туфогенной фации – агломератовыми и пепловыми туфами, туфобрекчиями, туфопесчаниками и туфоалевролитами. Очень редко отмечаются потоки и покровы афировых базальтов. Мощность свиты достигает 200 м. В южном направлении она выклинивается. Нами представлен один образец базальта данной свиты, отобранный из прослоя в туфовом горизонте. По своему химическому составу порода является толеитовым базальтом (см. рис. 2.12 и табл. 2.15), но высококалиевым.

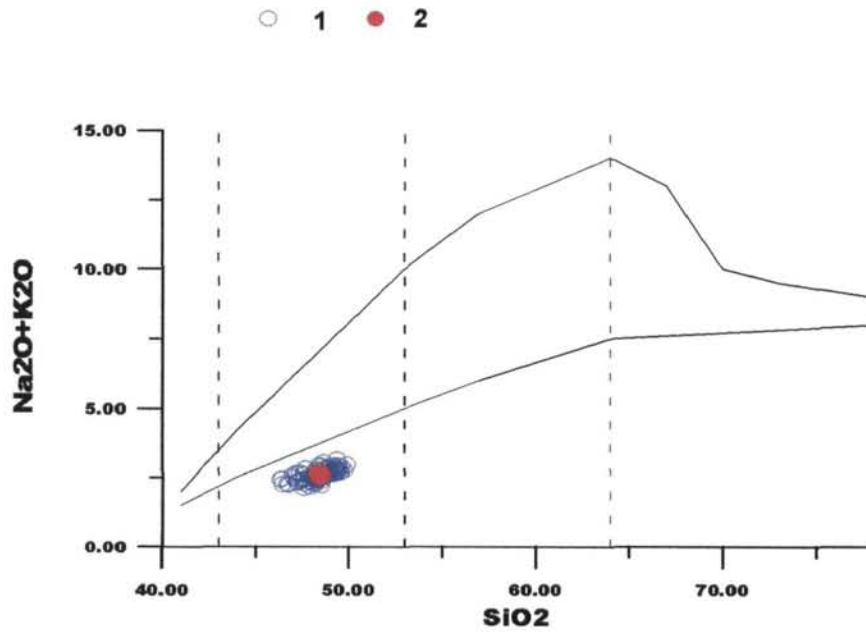


Рис. 2.13.

Положение точек составов пород нидымской свиты в координатах $\text{Na}_2\text{O}+\text{K}_2\text{O} - \text{SiO}_2$. 1 - частные пробы, 2 - среднее

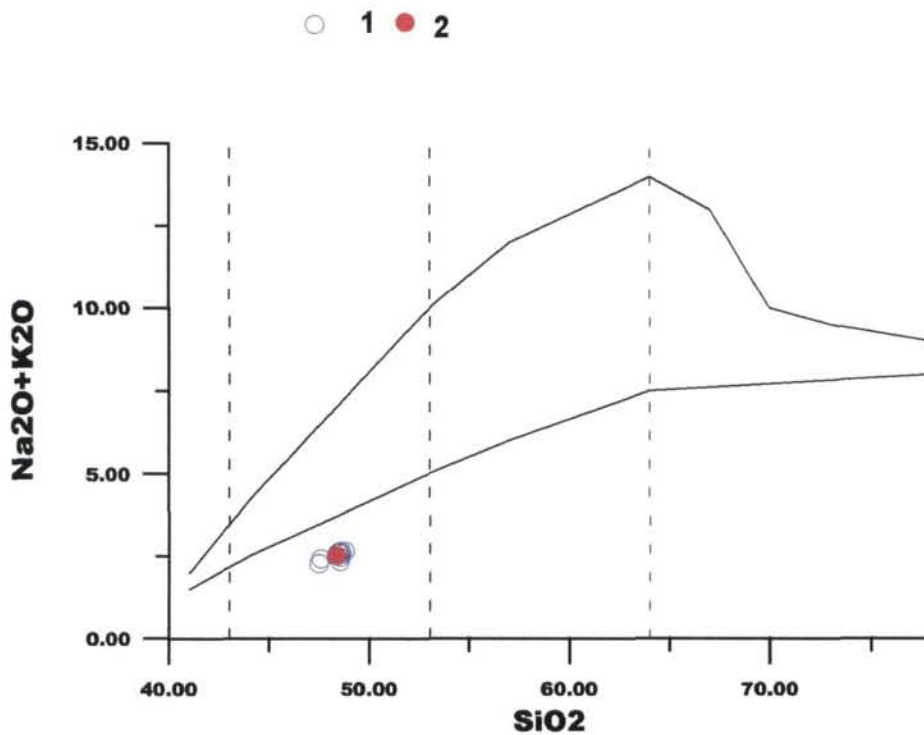


Рис. 2.14.

Положение точек составов пород кочечумской свиты в координатах $\text{Na}_2\text{O}+\text{K}_2\text{O} - \text{SiO}_2$. 1 - частные пробы, 2 - среднее

соответственно наблюдаются повышенные содержания Ва и, особенно, Rb, на фоне пониженных количеств Sr.

Корвунчанская свита достаточно широко распространена на всей территории Тунгусской синеклизы и сложена пирокластическими и осадочно-вулканогенными породами. Туфогенные отложения разделены на две подсвиты: нижнюю – мощностью 150- 300 м, сложенную преимущественно неслоистыми разнообломочными туфами, и верхнюю (мощность от 10 до 250 м), состоящую из слоистых вулканогенно-осадочных пород и пепловых туфов. Лавовые потоки небольшой мощности (первые десятки метров) редко встречаются в верхней части разреза. Нами изучены, в основном, афировые базальты. Очень редко встречаются пироксенфировые разности. По своему химическому составу базальты, практически все, относятся к толеитовым с незначительными вариациями кремнезема (47-50 мас.%), но разной калиевости от низкокалиевых (0,11) до умереннокалиевых (0,65 мас.%) (табл. 2.15, рис. 2.12). Содержание натрия существенно не меняется и составляет 2-3 мас.% Na₂O. В соответствии с изменением количества калия изменяются и концентрации Rb и Sr (4-28 и 160-350 мкг/г). Аналогично ведет себя барий (110-340 мкг/г).

Нидымская свита представлена покровами горошчатых пойкилоофитовых базальтов с резко выраженным зональным строением. Общая мощность пород свиты достигает 400 м. Отдельные потоки разной мощности от 4 до 20 м характеризуются миндалекаменной текстурой. По всей видимости, излияния пород этой свиты происходили в мелководные озера. Минерализация представлена исландским шпатом и цеолитами. Вулканиды имеют состав толеитовых базальтов переменной калиевости – от низкокалиевых (0,11 мас.% K₂O) до умереннокалиевых (0,67 мас.% K₂O) при преобладающем значении низкокалиевых (табл. 2.16, рис. 2.13). В соответствии с этим меняется и содержание легкоподвижных некогерентных

элементов Rb, Sr, Ba (2-12, 120-270, 60-210 мкг/г). Также обращают на себя внимание невысокие концентрации титана (порядка 1,5 мас.% TiO_2) при стабильном содержании кремнезема (48-50 мас.%). На рисунке 2.13 видно, что состав пород варьирует незначительно.

Кочечумская свита считается аналогом *хараелакской*. Породы этой свиты развиты на территории Центрально-Тунгусского региона и являются пойкилоофитовыми и порфировыми базальтами с прослоями туфов. Последние занимают около 1/3 мощности свиты, которая максимально достигает 350м. По своему химическому составу (таблица 2.17, рис. 2.14) базальты являются толеитовыми низкокалиевыми (K_2O – 0,19-0,30 мас.%). Они обладают весьма малой вариабельностью как петрогенных, так и малых элементов.

Северо-Восточный регион

В Маймеча-Котуйской провинции нами детально исследована *онкучанская* свита. Выбор этой свиты обусловлен тем, что слагающие ее породы представлены толеитами, нехарактерными для провинции. Данные о составе других свит региона, в которых преобладают щелочные и ультраосновные-щелочные породы, приведены в соответствующей литературе (см., например, Бутакова, Егоров, 1962; Жук-Почкутов и др., 1965; Гладких и др., 1987; Гладких, 1994 и др.). Свита сложена базальтами преимущественно афировыми, реже микроолигофировой структуры различного состава (табл. 2.18, рис. 2.15). Несмотря на то, что большинство вулканитов имеет состав низкокалиевых толеитов, отмечены отдельные образцы субщелочных и пикритовых базальтов. Соответственно и меняется содержание петрогенных и редких элементов. Как и везде наибольшие вариации свойственны некогерентным элементам (K_2O – 0,14-1,09 мас.%; Rb – 2-20, Sr – 200-370; Ba – 70-1200 мкг/г).

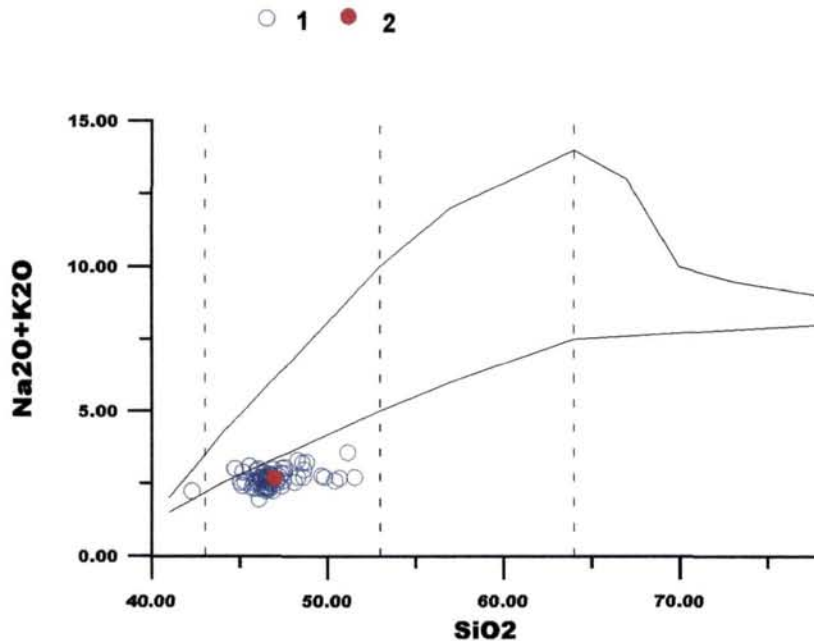


Рис. 2.15.

Положение точек составов пород онкучанской свиты в координатах $\text{Na}_2\text{O}+\text{K}_2\text{O}$ – SiO_2 . 1 – частные пробы, 2 – среднее

Из приведенного выше материала, можно сделать заключение, что вулкани- ты Тунгусской синеклизы представлены толеитовыми (нормального ряда), субще- лочными, пикритовыми базальтами и, реже, андезибазальтами. Исключение состав- ляет Маймеча-Котуйская провинция, где развиты чрезвычайно разнообразные лавы, относящиеся к четырем петрографическим сериям: толеитовой, щелочной оливин- базальтовой, щелочно-базальтоидной и ультраосновной (Гладких, 1994). В данной работе рассмотрены только вулкани- ты толеитовой серии из данной провинции.

Так как базальты распространены на большой площади, выделение (наимено- вание) свит имеет региональный характер. В Норильском районе ранее (Годлевский, 1959; Дараган-Суцев, 1984) выделялось четыре вулканических цикла. Более деталь-

ные петрохимические исследования показали значимые различия в химизме базальтов. Это позволило выделить четыре петрохимических серии вулканитов (Федоренко, 1981). По оценкам разных авторов для Норильского района (Федоренко, 1981) толеитовые базальты составляют 93% разреза вулканической толщи, для плато Путорана (Нестеренко и др., 1991) – около 100%, для бассейна р. Н. Тунгуска (Альмухамедов и др., 1996) – 100%. Для всей выборки анализов, представленных в данной работе, соотношение типов вулканитов следующее: пикритобазальты – 9%, толеитовые – 64%, субщелочные – менее 27% (см. табл. 2.20). В некоторых свитах (см. таблицы) отмечены андезибазальты, составляющие менее 1%. Заметно, что рассмотренные вулканиты обладают довольно широким спектром химического состава. Исследования более позднего времени (Альмухамедов и др., 1999) позволили провести корреляцию свит для всей территории Тунгусской синеклизы. Вариант такой корреляции представлен на рис. 1.4. Согласно этой схеме нами выделено два этапа и шесть циклов магматической активности. Вулканиты первого этапа статистически приурочены к нижним частям разреза и пространственно тяготеют к бортовым структурам погребенных палеорифтовых структур (Альмухамедов и др., 1999). Ранее нами (Альмухамедов, Медведев, 1986) было показано, что наибольшей изменчивостью обладают породы первых трех циклов, которые объединены в первый этап и включают шесть свит.

Вулканиты нижних свит от *ивакинской* до *надеждинской* представлены наиболее изменчивыми породами – от пикритобазальтов до субщелочных. Соответственно в них наблюдаются самые широкие вариации составов, как по петрогенным, так и по малым элементам. Это позволило нам отнести данный этап к инициальному (рифтогенному) (Альмухамедов и др., 1999). Как и в любом правиле, здесь сущест-

вуют исключения. Так, в Маймеча-Котуйской провинции породы рифтогенного этапа отмечены как в основании разреза, так и в его кровле (см. рис. 1.4).

Базальты верхних свит, в основном, являются низкокалиевыми недифференцированными толеитами и отнесены нами к второму этапу – конечному (внерифтовому или покровному). Породы этого этапа наиболее широко распространены на всей территории Тунгусской синеклизы.

В редких случаях наблюдается незакономерная перемежаемость свит, например, *юряхская* толща трахибазальтов, залегающая внутри вулканитов покровного этапа (*хоннамакитская* свита) (Медведев и др., 1999). Так же редко наблюдается обратная картина - в Маймеча-Котуйской провинции низкокалиевые базальты *онкучанской* свиты подстилаются и перекрываются субщелочными и щелочными вулканитами пестрого состава. Такие аномальные разрезы получили название структур сэндвича (Альмухамедов и др., 1999).

Все выше сказанное находит подтверждение в поведении элементов. По содержанию петрогенных элементов отчетливо выделяются две группы пород, которые хорошо коррелируют с этапами магматизма – инициальным (рифтогенным) и конечным (внерифтовым или покровным). Несмотря на большую изменчивость составов, все точки составов изученных пород на диаграмме щелочность - кремнекислотность располагаются в полях пород нормального и субщелочного рядов. (Рис. 2.16). На этой же диаграмме хорошо видно, что составы вулканитов разных этапов образуют отдельные поля. При этом практически все вулканиты покровного этапа располагаются в поле толеитовой серии. Это является еще одним подтверждением правомерности выделения указанных выше этапов.

Аналогичная картина наблюдается и на “стандартной” диаграмме АFМ (рис. 2.17). Здесь точки составов вулканитов образуют два отдельных поля. Видно, что

тренд изменения составов пород рифтогенного этапа располагается вблизи линии эволюции щелочных базальтов гавайского типа, тогда как составы пород покровного

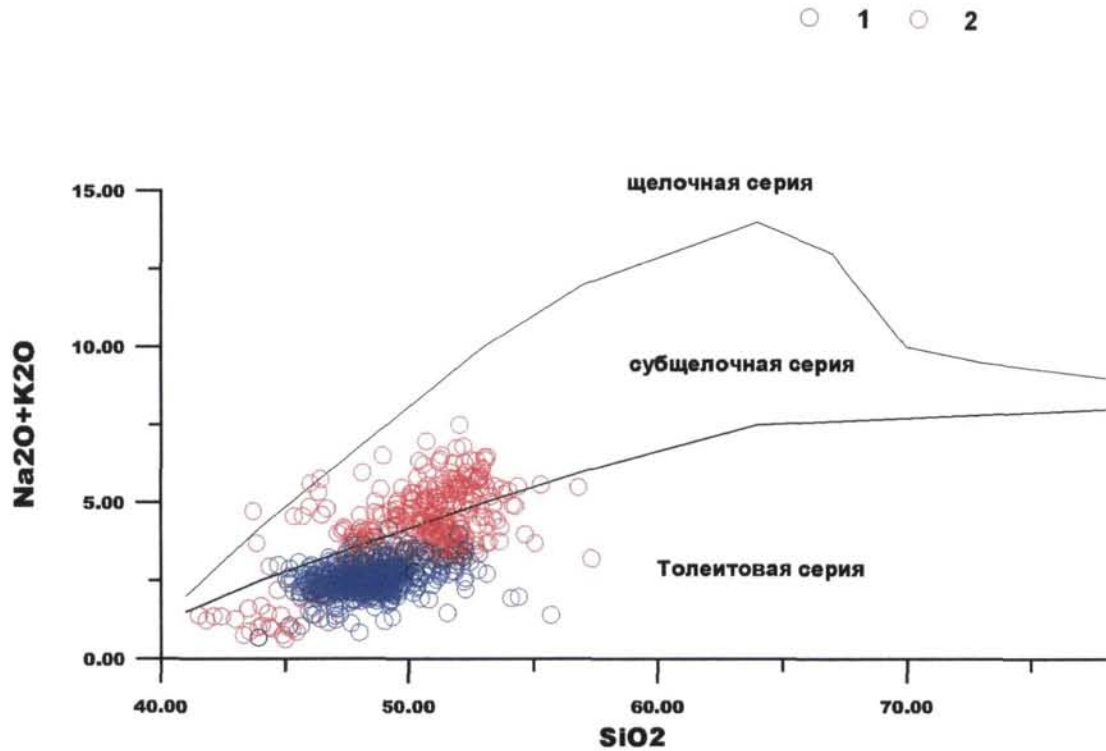


Рис. 2.16.

Положение точек составов пород Тунгусской синеклизы в координатах $\text{Na}_2\text{O} + \text{K}_2\text{O} - \text{SiO}_2$. 1 - вулканиды покровного этапа ($n=684$); 2 - вулканиды рифтогенного этапа ($n=398$).

этапа занимают положение вблизи линии дифференциации толейтовой серии. Подчеркнем, что это еще раз подтверждает правомерность разделения вулканизма Тунгусской синеклизы на два этапа. Соответственно с этим наблюдается различие распределения редких элементов в рифтогенных и покровных базальтах. Первые характеризуются более высокими концентрациями всех некогерентных элементов, со-

держания которых сопоставимо с таковыми в типичных субщелочных базальтах внутриконтинентальных рифтов (Альмухамедов и др., 1998).

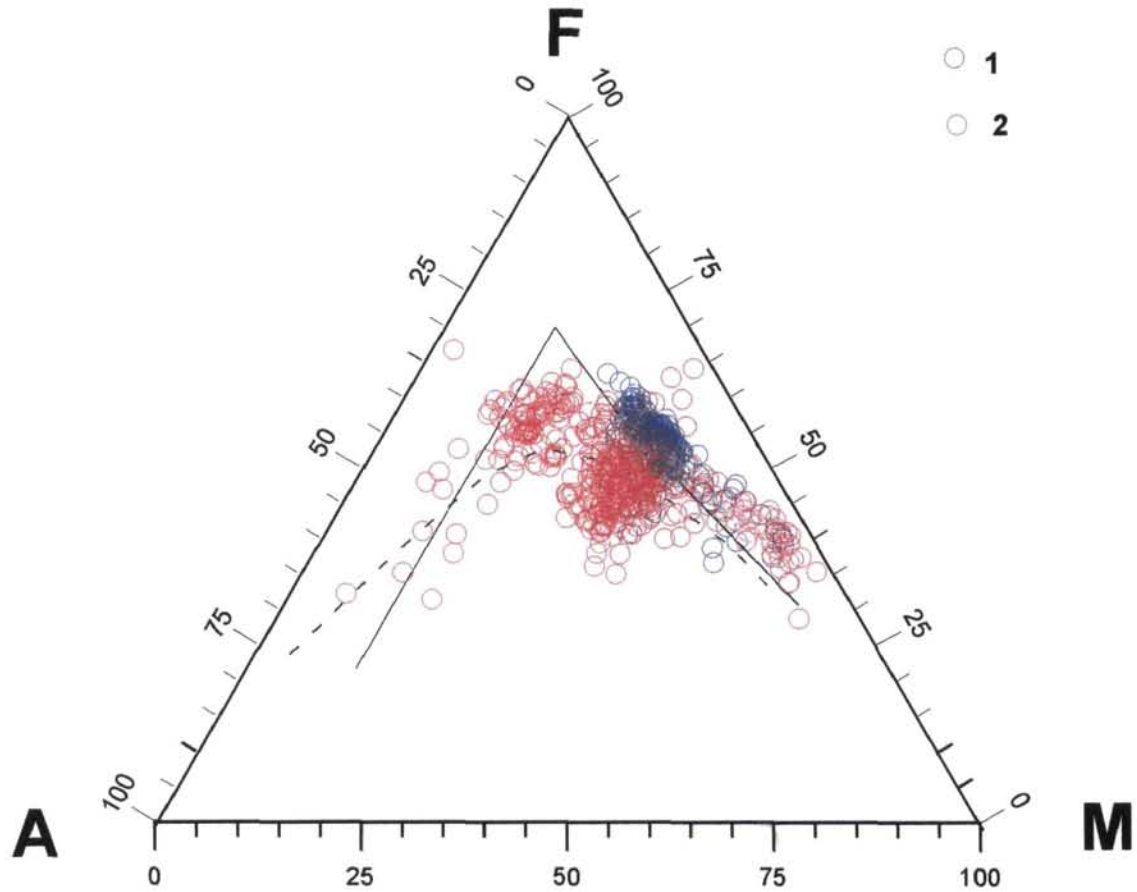


Рис. 2.17.

Положение точек составов пород Тунгусской синеклизы в координатах A-F-M. 1 - вулканиты покровного этапа (n=684); 2 – вулканиты рифтогенного этапа (n=398).

Так, магнезиальные пикритовые базальты содержат резко повышенные содержания хрома и никеля и пониженные стронция, бария, и легких редких земель. Разница между субщелочными и толеитовыми базальтами выражена слабее, но, тем не менее, наблюдается отчетливая разница по калию, рубидию, стронцию, барию (Табл. 2,20). Еще раз подчеркнем, что во всех разрезах Тунгусской синеклизы существует цикличность, которая отражается в составе вулканитов. Для иллюстрации

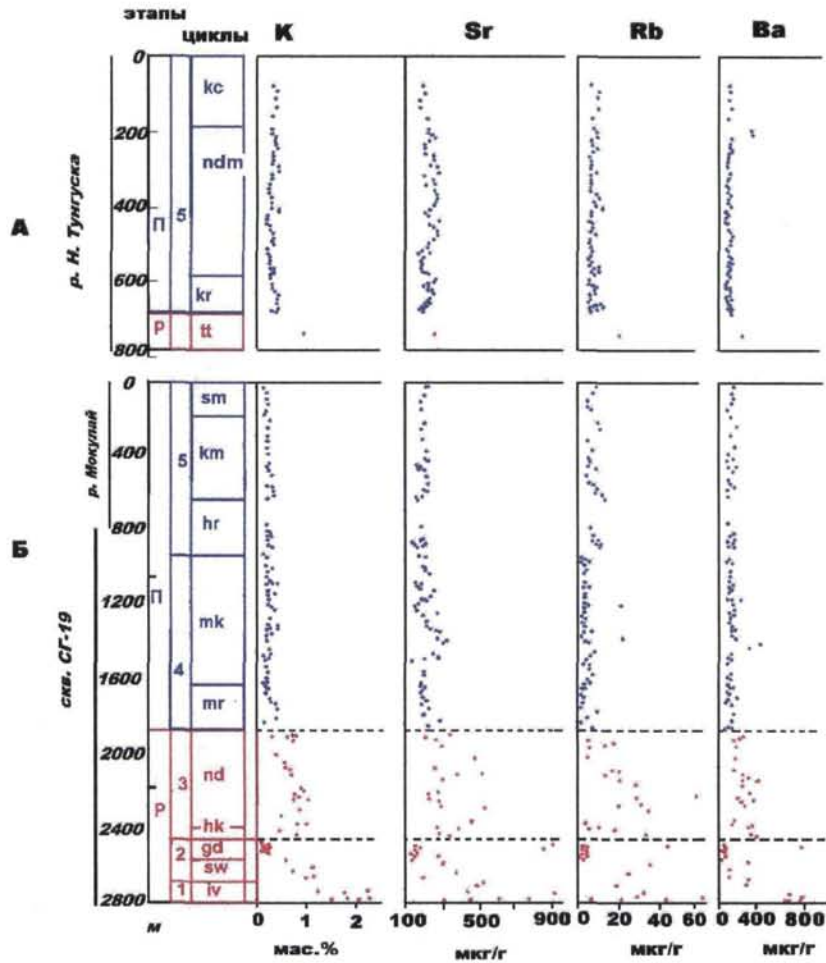


Рис. 2.18. Распределение некоторых характеристических элементов в разрезе лавовой толщи Тунгусской синеклизы. А – р. Нижняя Тунгуска; Б – северо-запад Сибирской платформы. (Р – рифтогенный этап; П – покровный этап). Названия свит см. на рис. 1.4.

этого на рисунке 2.18 приведено распределение наиболее характеристических элементов для двух регионов - Северо-Западного и Центрально-Тунгусского. Отчетливо видно, что вулканиты рифтогенного этапа существенно обогащены К, Sr, Rb, Ba и

другими элементами с относительно большими ионными радиусами по сравнению с покровными базальтами.

Это же подчеркивается распределением редкоземельных элементов, показанным на рис.2.19, где представлены данные по отдельным свитам. Легкие РЗЭ - от La до Sm – имеют заметно повышенные концентрации в свитах рифтогенного этапа.

Исключение составляют вулканиты *гудчихинской* свиты, которая представлена в ос-

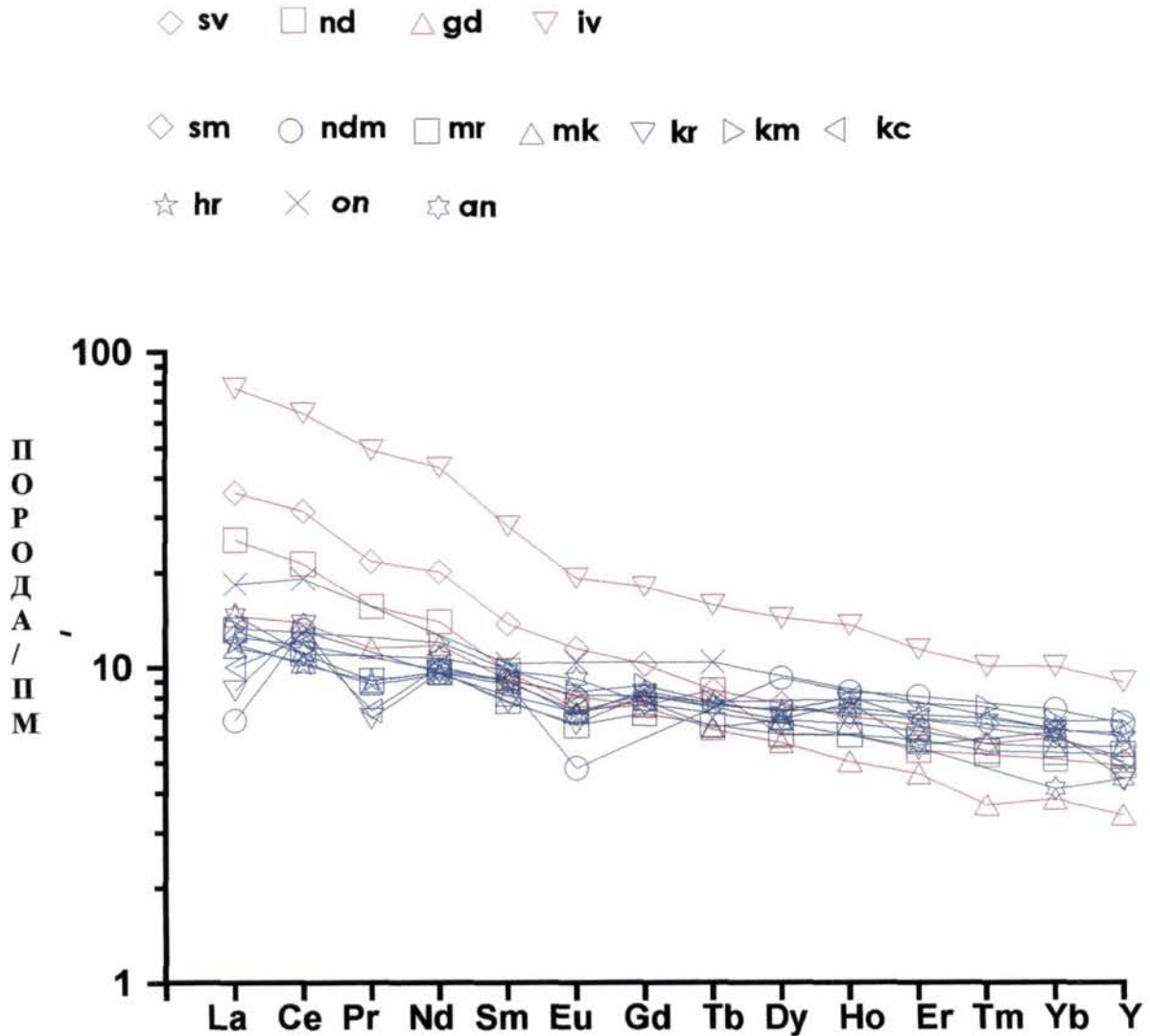


Рис. 2.19. График распределения редкоземельных элементов в породах отдельных свит рифтогенного и покровного этапов, нормированных по примитивной мантии (Рябчиков, 1997). Синим - вулканиты покровного этапа, красным – вулканиты рифтогенного этапа, Названия свит на рис. 1.4.

новном пикритобазальтами.

Наряду с выделенными этапами наблюдаются циклы, понятие о которых остается достаточно неопределенным. Однако, как это установлено статистически (Золотухин и др., 1986), в большинстве случаев, начало каждого цикла характеризуется несколько повышенной щелочностью изливающихся магм.

Наиболее ярко цикличность (см. рис. 2.18) выражена для пород первого и второго цикла, в котором базальты самой ранней – *ивакинской* свиты резко обогащены некогерентными элементами и обеднены когерентными. Для пород последней свиты цикла – *гудчихинской* - наблюдается обратная картина, обогащение когерентными элементами (Cr, Co, Ni) и обеднение некогерентными. Часть элементов (Au, Ag, Sn, Zn) ведут себя индифферентно. Так, для серебра не наблюдается корреляционная зависимость между содержаниями как петрогенных, так и редких элементов. Однозначно устанавливается, что изменение магнезиальности пород, отражающей степень фракционирования родоначальных магм, не влияет на изменение содержания серебра. Наблюдается также отсутствие корреляционных связей между серебром и щелочностью пород. Единственным элементом, поведение которого сходно с поведением серебра, является медь. Для золота в целом такая же картина. Для субщелочных обогащенных базальтах *ивакинской* свиты и наиболее истощенных низкокалийевых толеитов (свиты покровного этапа Северо-Западного региона) содержания золота практически идентичны. В целом такая же закономерность проявляется и для свит верхних циклов, где наиболее истощенные базальты приурочены к заключительным фазам магматизма циклов. Базальты свит, начиная с *моронговской* и выше, в преобладающей массе отвечают низкокалийевым толеитам и приближаются по своему составу к N-MORB, хотя и остаются более “обогащенными” по сравнению с

Таблица 2. 20. Средние составы преобладающих типов пород пермотриасовых вулканитов Сибирской платформы

Компоненты, элементы	Пикритобазальты	Субщелочные базальты	Толейтовые базальты	Компоненты, элементы	Пикритобазальты	Субщелочные базальты	Толейтовые базальты
N	60	338	684	n	60	338	684
SiO ₂	40.32	50.45	48.48	Y	15	27	25
TiO ₂	1.01	1.62	1.34	Zr	81	204	125
Al ₂ O ₃	11.09	14.76	15.12	Nb	7	16	7
FeO*	10.90	11.02	11.47	Pd	7	6	10
MnO	0.16	0.17	0.19	Ag	0.15	0.07	0.10
MgO	14.52	5.96	7.18	Sn	2.5	4.5	2.5
CaO	9.60	8.58	10.89	Cs	2.1	0.6	0.4
Na ₂ O	1.12	2.98	2.24	Ba	105	455	130
K ₂ O	0.31	1.44	0.33	La	5.5	22.2	9.8
P ₂ O ₅	0.09	0.30	0.14	Ce	14.3	48.7	22.2
S	0.01	0.01	0.01	Pr	1.6	6.5	2.9
Ппп	6.37	2.82	2.77	Nd	9.1	25.1	13.5
Сумма	99.71	100.00	99.71	Sm	2.41	5.84	3.75
H ₂ O ⁻	1.82	1.04	1.51	Eu	0.89	1.68	1.20
CO ₂	0.55	0.39	0.07	Gd	2.82	5.70	4.30
Li	16	9	6	Tb	0.44	0.94	0.74
Be	0.85	1.25	0.75	Dy	2.51	6.07	4.57
B	12.4	14.4	5.8	Ho	0.54	1.14	1.02
F	285	535	280	Er	1.36	3.23	2.69
Sc	21	34	28	Tm	0.19	0.42	0.39
V	234	260	335	Yb	1.29	2.75	2.57
Cr	925	150	200	Lu	0.19	0.38	0.36
Co	72	40	50	Hf	1.68	4.03	2.86
Ni	510	100	145	Ta	0.28	0.77	0.47
Cu	112	85	154	Pt	10.9	6.25	9.7
Zn	89	100	110	Pb	2.1	6.4	4.0
As	11	14	15	Th	0.75	2.83	1.62
Rb	9	28	7	U	0.25	0.83	0.52
Sr	200	361	220	⁸⁷ Sr/ ⁸⁶ Sr _(перв.)	0,70657	0,70761	0,70535

Примечания: Содержания главных компонентов даны в мас. %, редкие элементы в мкг/г (ppm), Pd и Pt в мкг/мг (ppb).

Таблица 2.21. Средние составы пород рифтогенного и покровного этапов в сравнении с N-MORB. Данные по рифтогенному этапу даны без учета Маймеча-Котуйской провинции.

	Рифто- генный этап в целом*	Покров- ный этап в целом	N-MORB (Рейкьянес)		Рифто- генный этап в целом*	Покров- ный этап в целом	N-MORB (Рейкьянес)
n	398	684	55	n	398	684	55
SiO ₂	49.78	48.55	49.76	Y	24.5	26.2	21
TiO ₂	1.50	1.36	1.08	Zr	185	115	102
Al ₂ O ₃	14.09	15.30	14.86	Nb	14.7	6.0	1.3
FeO*	10.86	11.93	11.01	Pd	6.40	11.70	-
MnO	0.17	0.20	0.21	Ag	0.08	0.10	-
MgO	7.04	7.14	8.43	Sn	3.1	2.6	1.59
CaO	8.95	11.05	12.12	Cs	1.35	0.34	-
Na ₂ O	2.53	2.20	1.99	Ba	410	115	30
K ₂ O	1.28	0.30	0.07	La	20.5	7.8	2.6
P ₂ O ₅	0.29	0.14	0.08	Ce	44.5	20.9	7.6
Ппп	3.43	2.36	0.34	Pr	5.26	2.09	1.3
S	0.02	0.01	--	Nd	22.7	12.6	7.5
Сумма	100.16	99.71	99.95	Sm	5.12	3.65	2.9
H ₂ O ⁻	1.39	1.42	--	Eu	1.49	1.17	0.9
CO ₂	1.52	0.05	--	Gd	5.01	4.38	3.2
Li	11	5	4.8	Dy	5.06	4.84	5.1
Be	1.45	0.7	0.42	Ho	0.98	1.11	1.1
B	13.6	4.8	11.4	Er	2.75	2.88	3.3
F	590	270	245	Tm	0.37	0.44	-
Sc	29	42	85	Yb	2.42	2.67	3.5
V	240	350	295	Lu	0.34	0.38	0.46
Cr	300	160	370	Hf	3.44	3.17	0.5
Co	43	49	46	Ta	0.66	0.47	0.5
Ni	150	130	136	Pt	6.74	11.79	-
Cu	84	175	137	Pb	6.4	3.7	1.0
Zn	105	120	117	Th	2.4	1.6	-
As	14	15	4.0	U	0.75	0.54	-
Rb	30	5	1.1	⁸⁷ Sr/ ⁸⁶ Sr _(перв.)	0.70673	0.70512	-
Sr	315	205	90				

ними. Данные по средним составам базальтов выделенных этапов приведены в таблице 2.21.

Вулканиды выделенных этапов явно отличаются по содержанию таких характеристических элементов как K, Li, Cr, Rb, Zr, Nb, Ba, легкие редкие земли. Наиболее отчетливо указанные закономерности видны при рассмотрении средних составов пород выделенных этапов (Табл. 2.21). Отмечено, что распределение большинства некогерентных элементов достаточно хорошо коррелирует с калиевой щелочностью, а для когерентных элементов установлена зависимость их содержаний от величины коэффициента фракционирования. Вулканиды Тунгусской синеклизы, в том числе и толеитовые, заметно обогащены по сравнению с базальтами рифтовых зон срединно-океанических хребтов некогерентными элементами (Rb, Sr, Zr, Ba, а также K, Ti, P) и несколько обеднены элементами группы железа. Эта особенность достаточно устойчива и почти не зависит от состава базальтов. Можно отметить, что, например, для бария минимальные содержания в базальтах Тунгусской синеклизы почти в четыре раза выше, чем в N-MORB, для рубидия почти в пять раз и т.д. Известно, что обогащенность некогерентными элементами относительно MORB характерна для внутриплитового магматизма вообще и платформенного в частности (Рис. 2.20).

Указанные закономерности еще больше подчеркиваются поведением редкоземельных элементов. График распределения РЗЭ, нормированных по примитивной мантии (рис.2.21), показывает, что вулканиды Тунгусской синеклизы обогащены легкими лантаноидами. Особенно четко это проявлено для пород рифтогенного этапа. Собственно покровные базальты занимают промежуточное положение между рифтогенными вулканидами и N-MORB. Из этого следует, что даже низкокалиевые базальты Тунгусской синеклизы могут быть отнесены к относительно обогащенным.

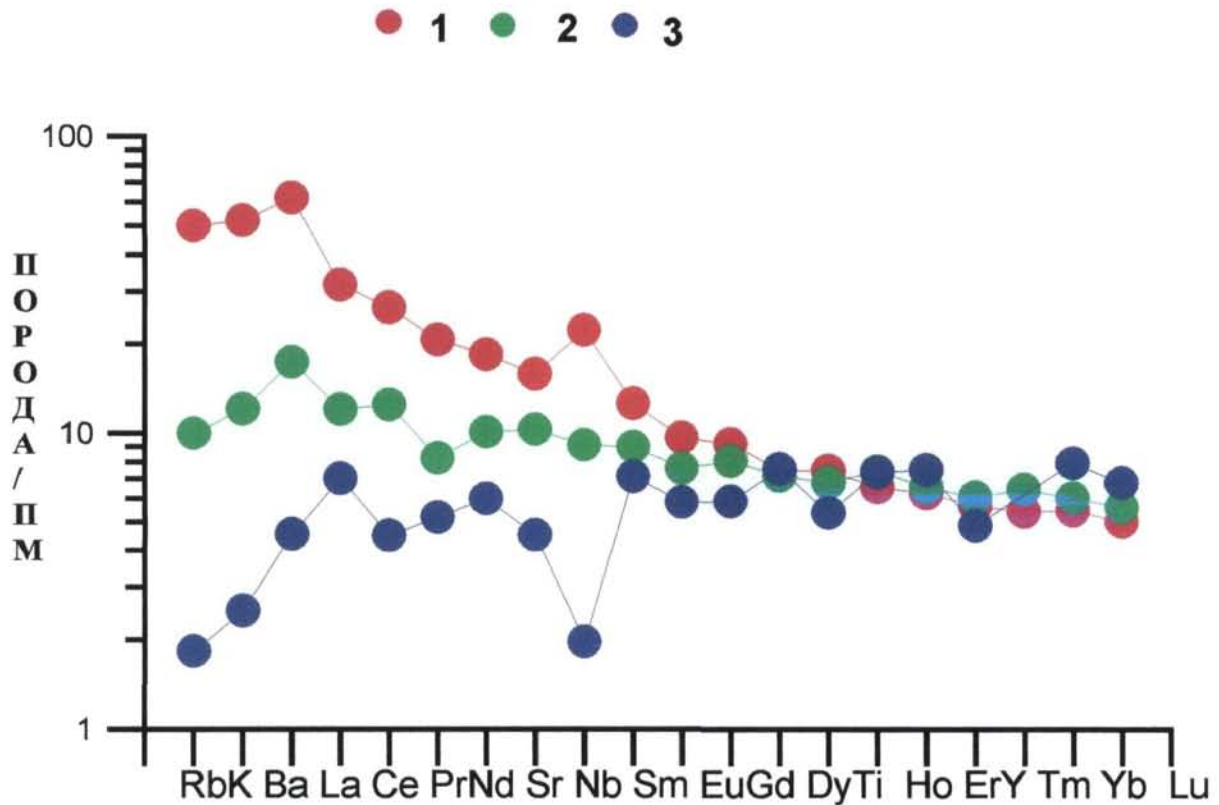


Рис. 2.20. Спайдерграмма некогерентных элементов в породах рифтогенного и покровного этапов вулканитов Тунгусской синеклизы в сравнении с N-MORB (Рейкьянес). Нормировано по примитивной мантии (Рябчиков, 1997). 1 – вулканиты покровного этапа, 2 – вулканиты рифтогенного этапа, 3 – N-MORB (Альмухамедов и др., 1990).

Известно, что для решения петрологических задач, особенно проблем глубинных источников расплавов (De Paolo, Wasserburg, 1979; Hawkesworth et al., 1984; Basu et al., 1991 и др.) применяется комплексная изотопия Sr, Nd и Pb. Не исключением является и проблема генезиса покровных базальтов. В этом отношении Тунгусской синеклизе “не повезло”. Данные по изотопии Nd и Pb по породам данного региона фрагментарны и весьма отрывочны (Sharma et al., 1991, 1992, Lightfoot et al., 1992). Собственных данных автор не имеет. С данными по изотопии стронция

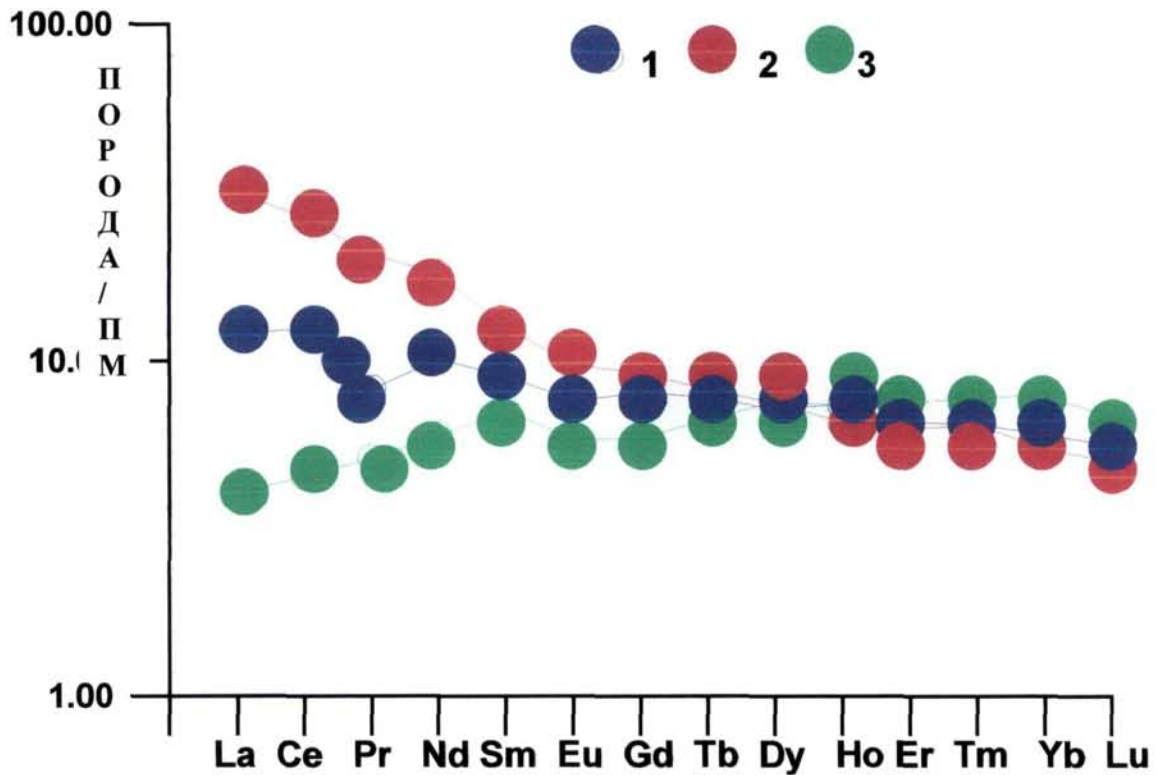


Рис. 2.21. График распределения редкоземельных элементов в породах рифтогенного и покровного этапов, нормированных по примитивной мантии (Рябчиков, 1997), в сравнении с N-MORB. 1 – вулканиты покровного этапа, 2 – вулканиты рифтогенного этапа, 3 – N-MORB (Альмухамедов и др., 1990).

обстоит несколько лучше. Как известно, изотопный состав стронция в вулканических породах дает информацию об источниках происхождения магм и процессах, приводящих к изменению химического и изотопного состава этих источников. Нами суммированы все имеющиеся к настоящему времени данные по стронциевой изотопии, как имеющиеся в литературе, так и собственные. Всего получено около 200 значений стронциевых отношений, половина из них собственные определения. Все данные по изотопному составу стронция из литературных источников взаимно согласованы через рекомендованные величины изотопных стандартов NBS 987 и ВНИИМ-1

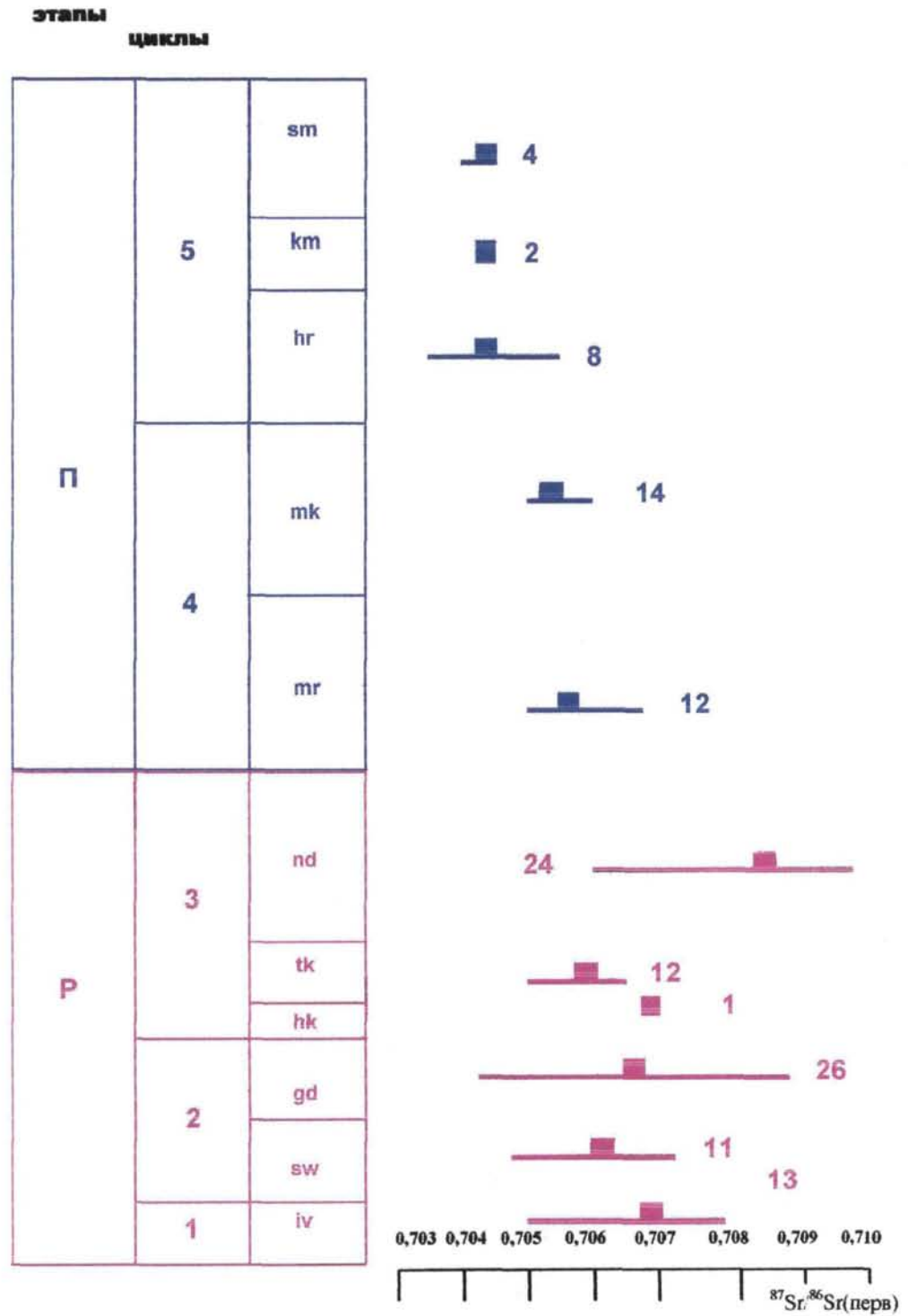


Рис. 2.22. Вариации $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ отношений в разрезе лавовой толщи северо-запада Сибирской платформы (полигон А). Квадраты – средние величины отношений, линии – интервалы их вариаций; цифрами показано количество анализов. Названия свит на рис. 1.4.

(Чернышев и др., 2000) и пересчитаны на возраст 248 млн. лет. Они приведены в таблицах отдельных свит. Согласно сводке (Wedepohl, 1981), среднее отношение $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ в базальтах срединных зон океанов составляет 0,70272 для участков срединных хребтов, базальты которых наиболее обеднены некогерентными элементами (N-MORB), и 0,70311 для участков несколько обогащенных (P-MORB). В базальтах океанических островов $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ отношение достигает 0,7040 и даже 0,7050. На рис. 2.22 показано изменение $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ отношения в наиболее полно изученном разрезе северо-запада Сибирской платформы. Отчетливо видно, что отношения $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ колеблются в пределах 0,70375 – 0,70900. Следовательно, базальты Тунгусской синеклизы достраивают ряд значений $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ отношений - срединные океанические хребты - базальты океанических островов и характеризуются еще бóльшим отношением. Детальный анализ вариаций отношений изотопов стронция показывает, что высокие значения $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ статистически приурочены к нижним частям разреза, где преобладают базальтоиды повышенной щелочности. Это отражается и в практически прямолинейной зависимости $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ отношений от калиевой щелочности (Рис. 2.23). Несколько ранее (Альмухамедов и др., 1992) была показана синхронность вариаций $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ и абсолютных содержаний калия и рубидия – наиболее некогерентных элементов. Рассмотрение изотопов стронция в других районах – плато Путорана (*нераркарская* и *хоннамакитская* свиты: $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ – 0,70463-0,70579) и бассейн р. Нижняя Тунгуска (*кочечумская*, *нидымская* и *корвунчанская* свиты: $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ - 0,70463-0,70638) показывает, что относительная стабильность составов базальтов (см. таблицы) отражается и в стабильности отношений изотопов стронция. Имеющиеся данные по изотопии Sr (рис.2.22) также согласуются с выводом об обогащенном характере сибирских траппов. Эти величины соответствуют хорошо установленной зависимости корреляции изотопных

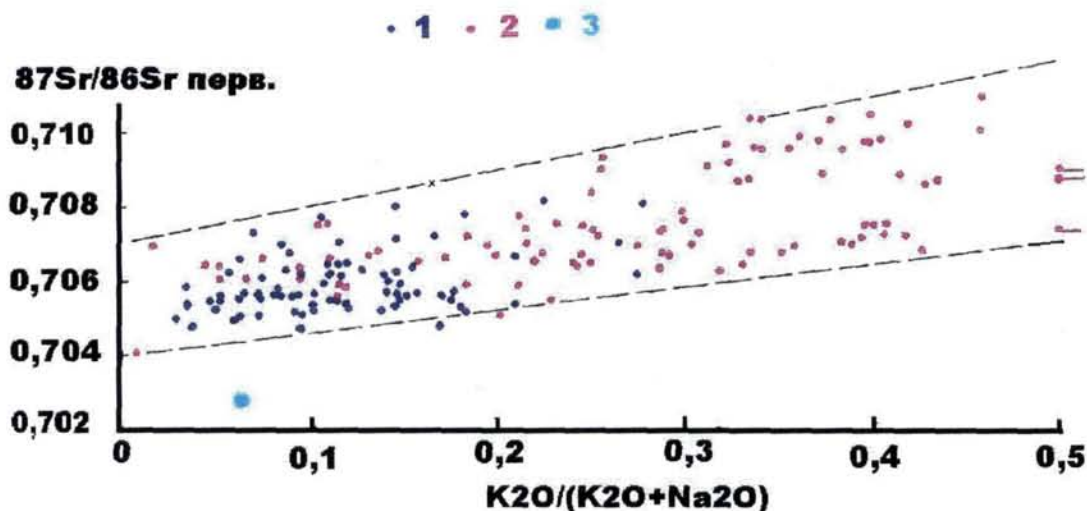


Рис. 2. 23. Взаимосвязь вариаций $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ отношений и калиевой щелочности в базальтах Тунгусской синеклизы. 1 - базальты покровного этапа; 2 – базальты рифтогенного этапа; 3 – низкокальциевые базальты спрединговых зон океанов (Wedepohl, 1981).

характеристик базальтов от степени обогащенности или обедненности их некогерентными элементами. Отметим также, что наибольшие вариации изотопных отношений характерны для пород рифтогенного этапа. Эти же породы обогащены тяжелым изотопом стронция – 0,70656 по сравнению с собственно покровными базальтами ($^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr} = 0,70524$), в которых вариации изотопных отношений незначительны (см. рис.2.22).. Приведенные данные еще раз указывают о наличии двух крупных этапов магматизма на территории Тунгусской синеклизы.

Еще более контрастные различия рифтогенных и покровных базальтов будут выражены, если не учитывать пикритобазальты Норильско-Хараелахской провинции и, напротив, учитывать щелочные вулканы Маймеча-Котуйя. В связи с тем, что

пикритовые базальты (см. табл. 2.20) резко, по сравнению с толеитовыми, обогащены Mg, Cr, Ni и обеднены K_2O , Rb, Sr, Zr, Nb, легкими РЗЭ, расчет средних составов вулканитов первого этапа неизбежно приводит к разубоживанию их некогерентными и, соответственно, обогащению когерентными элементами. Учитывая существенное обогащение щелочных вулканитов Маймеча-Котуйа элементами с большими ионными радиусами (Fedorenko, Czamanske, 1997), контраст между составами базальтоидов выделяемых этапов еще более существенен.

В завершение рассмотрения геологии и вещественного состава базальтов Тунгусской синеклизы посмотрим на возрастной интервал магматизма. Впервые определение абсолютного возраста калий-аргоновым методом была предпринята В. А. Черепановым и Г. А. Мурзиной (1966). В дальнейшем проводились подобные работы многими исследователями (Лебедев, Краковский, 1967; Ненашев, 1970; Масайтис, Лурье, 1974 и др.). Большая сводка по определению абсолютного возраста базальтов приведена в работе В. В. Золотухина и др., 1986. Из этой сводки следует, что магматизм проявлялся в интервале 203 – 297 млн. лет с пиком 250 млн. лет. Это составляет слишком широкий интервал, и, по всей видимости, такая широта связана с особенностями K/Ar метода. За последние годы в литературе появились новые данные абсолютного возраста, определенные более корректным Ar/Ar методом (Renne, Basu, 1991; Darliple et al., 1995; Fitton, Mitchell, 1996; Venkatesan et al., 1997.). Нами обобщены все имеющиеся к настоящему времени данные (рис. 2.24). По большинству приведенных данных выделяется узкий диапазон возрастов – 250,2- 248,2 млн. лет, что соответствует границе пермь – триас. Видно, что по прецизионным определениям интервал магматизма сжат, максимум, до 2 млн. лет, хотя некоторые исследователи уменьшают этот интервал до 800 – 900 (Renne, Basu, 1991) и даже до 600 (Renne et al., 1995) тысяч лет.

Буквально в последний год появились новые данные об абсолютном возрасте вулканитов Тунгусской синеклизы (Kamo et al., 2003), определенном U-Pb методом. Данные этих исследователей практически не отличаются от выше показанных и составляют $250,2 \pm 0,3$ млн. лет (Kamo et al., 1996) для Норильского района. Этими же авторами определен абсолютный возраст вулканитов Маймеча-Котуйя. Он составил $251,7 \pm 0,4$ млн. лет в нижней части разреза и $251,1 \pm 0,3$ млн. лет в верхней. Различия в абсолютных значениях вызваны, вероятно, разными методами определений и не отличаются существенно.

Эти данные, в том числе и наши (Venkatesan et al., 1997) говорят о том, что максимальная продолжительность вулканической деятельности на территории Тунгусской синеклизы не превышала двух миллионов лет. Естественно, что кратковременное, не более 2 млн. лет, массовое излияние вулканического материала ($2-4 \times 10^6$ км³) на дневную поверхность сопровождалось выбросом громадных количеств газов, таких как CO₂, SO₂, F, Cl. Это неизбежно должно было привести к изменению состава атмосферы и, как следствие, биоты. По данным многих исследователей (Feng et al., 2001; Metacalf et al., 2001) на границе перми и триаса вымерло более 90% радилярий и конодонтов.

Таким образом, можно однозначно утверждать, что пермотриасовые вулканиты Сибирской платформы имеют двойственную природу. Среди них выделены вулканиты (инициального) рифтогенного этапа, которые приурочены к плечевым структурам палеорифтовых систем на северо-западе и севере Тунгусской синеклизы, и вулканиты завершающего (внерифтового) этапа, которые названы нами собственно покровными. Породы этого этапа распространены на всей территории синеклизы. Контрастность их весьма существенна (см. табл. 2.21, рис. 2.19 - 2.23).

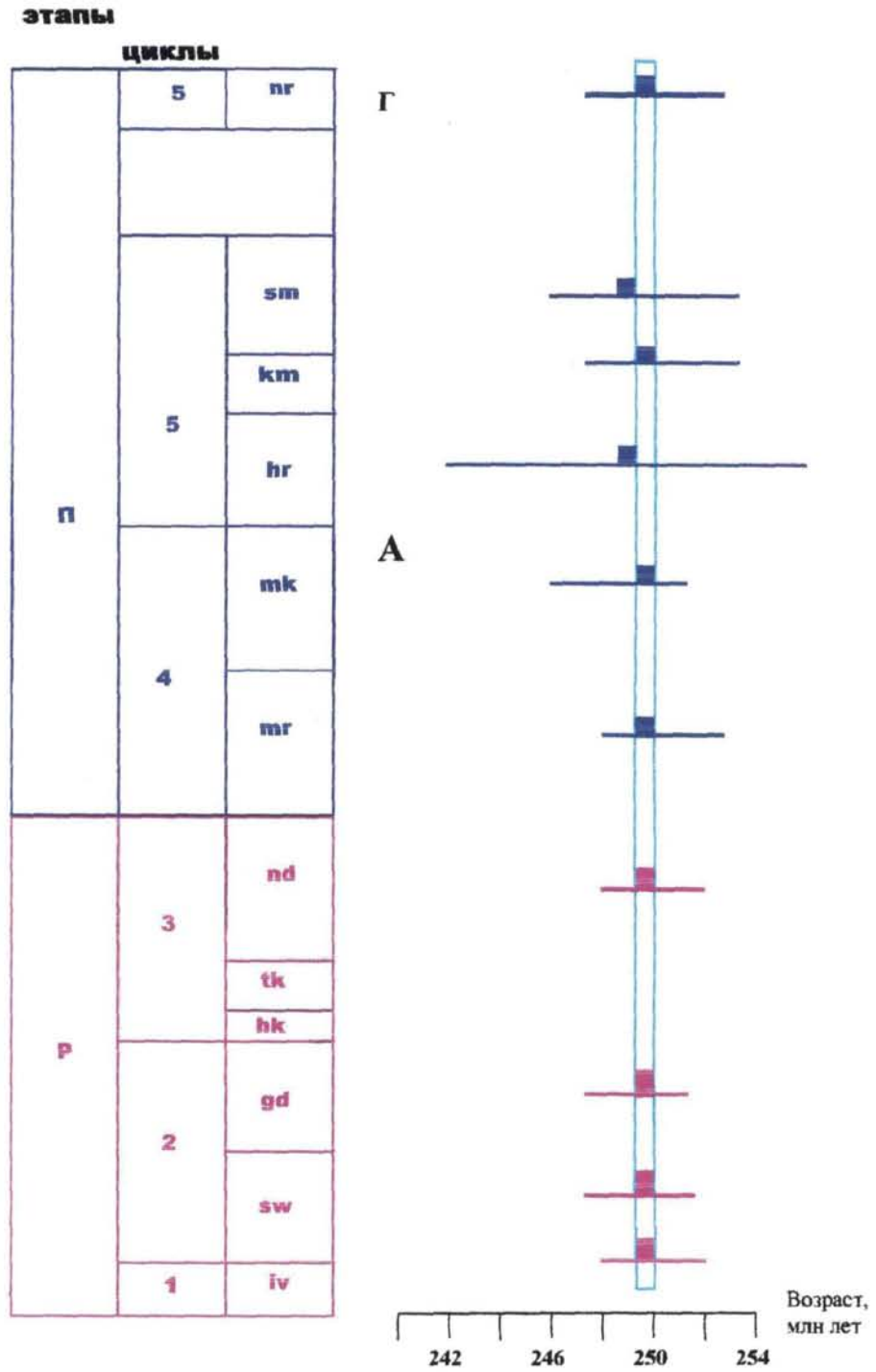


Рис. 2. 24. $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$ возрасты базальтов Тунгусской синеклизы. А – Норильский район, Б – плато Путорана. Наименование свит на рис. 1. 4. По данным Renne, Basu, 1991; Darliple et al., 1995; Fitton, Mitchell, 1996; Venkatesan et al., 1997; Reichow et al., 2002. Вертикальными линиями показана граница перми и триаса (Renne et al., 1995).

Первые являются более щелочными, обогащены всеми некогерентными элементами и сопоставимы с вулканитами базальтовых серий континентов (Гладких и др., 1965; Al'mukhamedov, 1993). Вторые, преимущественно низкокалиевые толеиты, являются типоморфными для большинства провинций покровных базальтов, например, Декана (Альмухамедов, Золотухин, 1991; Альмухамедов и др., 1991).

Все выше сказанное свидетельствует об эволюции вещественного состава базальтового вулканизма на Тунгусской синеклизе во времени. Однако наряду с этим выявляется и пространственная эволюция. Нами показано (Шарапов и др., 2003; Альмухамедов и др., 2004), что на указанной территории выделяются три типа разрезов вулканитов – примитивные (монотонные), нормальные (с периодическим изменением состава) и аномальные (типа сэндвича). Первые из них являются преобладающими для ареала распространения базальтов и сложены преимущественно низкокалиевыми толеитами. Для вторых характерно преобладание в нижних стратиграфических горизонтах дифференцированной серии щелочных и субщелочных разновидностей пород. И, наконец, для третьих отмечена незакономерная перемежаемость пород субщелочной (щелочной) и толеитовой серии. Исследования пространственного распределения различных типов пород показало, что нормальные и аномальные разрезы характерны лишь для северных и северо-западных бортовых окраин Тунгусской синеклизы и приурочены к плечевым частям палеорифтовых структур, тогда как примитивные разрезы занимают большую часть исследованной территории.

Вулканиты рифтогенного этапа, в случае нахождения их с толеитовыми базальтами покровного этапа, статистически приурочены к нижним частям стратиграфических колонок. Однако в редких случаях наблюдается перемежаемость толеитовых и субщелочных базальтов (Альмухамедов и др., 1999; Медведев и др., 1999).

Узкий диапазон абсолютных возрастов различных свит (см. рис.2.24) в пределах Си-

бирской платформы свидетельствует о близко-одновременном формировании базальтов обоих выделяемых этапов вулканической деятельности пермотриаса на территории Тунгусской синеклизы.

Как уже отмечено ранее (см. рис. 1.4), вулканы выделенного нами рифтогенного этапа развиты преимущественно на северо-западе и на севере Тунгусской синеклизы. В силу этого стратиграфические разрезы не являются эквивалентными. Основная часть базальтового плато представлена достаточно монотонной серией низкокальциевых толеитов. Такое положение является типичным для большинства покровных базальтов древних платформ.

Следует отметить, что в базальтах внерифтового (покровного) этапа наблюдается бимодальное распределение минералов-вкрапленников - оливинов и плагиоклазов. В этих минералах свит Центрально-Тунгусского региона наблюдается две генерации оливинов и плагиоклазов, при этом их магнезиальность меняется от Fo_{38} до Fo_{75} , а плагиоклаза – от An_{49} до An_{77} . Более контрастно бимодальность выражена для оливинов. Расчетные нормативные составы оливинов в соответствии с составом базальтов укладываются в диапазон Fo_{44-53} . Вследствие слабой порфириности пород указанных свит расчетные составы оливинов должны не слишком отличаться от таковых для чистых стекло (расплавов). Наблюдаемые оливины второй генерации характеризуются близкими составами (Fo_{45-55}), что позволяет считать их равновесными с изливающимися магмами низкокальциевых базальтов. Оливины же первой генерации (Fo_{65-75}) являются явно неравновесными и должны кристаллизоваться из более магнезиального расплава. Согласно экспериментальным данным (Roeder, Emslie, 1970), такие оливины будут равновесными толеитовым базальтам с содержанием MgO более 10 мас.%, то есть пикритовым. Очевидно, что в данном случае мы имеем дело с интрателлурическими вкрапленниками оливина, которые кристаллизовались в про-

межуточных магматических камерах. Все это, так же как и бимодальность в составе плагиоклазов, позволяет предполагать бóльшую магнезиальность родоначальных расплавов для низкокалийевых базальтов по сравнению с их наблюдаемыми составами.

Именно этим можно объяснить преимущественное развитие толеитовых низкокалийевых базальтов, расплавы которых являются остаточными продуктами дифференциации родоначальных магм в пределах древних платформ.

До сих пор остается нерешенной проблема, которая связана с очень быстрым, в геологических масштабах времени, излиянием базальтовых магм на дневную поверхность или внедрением их в виде даек и силлов в верхние части осадочного чехла. Ранее предполагалось, что массовые излияния расплавов связаны с коллизионными событиями на границах Восточно-Сибирского кратона, которые могли приводить к короблению и массовому растрескиванию коры на всей территории платформы. Это соответствовало широкому возрастному диапазону вулканизма (Золотухин и др., 1986). Однако полученные достоверные Ar/Ar данные по возрастам базальтов Тунгусской синеклизы (см. рис. 2.24) достаточно строго отвечают границе перми и триаса отрицают эту гипотезу ни применительно к Таймырскому, ни к Верхоянскому складчатым поясам (юра).

К настоящему времени наиболее популярной и обоснованной гипотезой о причинах кратковременных и масштабных излияниях базальтовых магм в пределах докембрийских кратонов является гипотеза достаточно резкого изменения скоростей движения литосферных плит. Эти изменение и являются причиной формирования многочисленных и локальных зон раскола жесткой коры кратонов.

Можно утверждать, как это будет показано далее, что Тунгусская синеклиза не является единственной в пределах Северо-Азиатского кратона ареной интенсив-

ной магматической активности на рубеже перми и триаса (Добрецов, 1997). Процессы магмообразования с аналогичными возрастами устанавливаются в пределах Западно-Сибирской плиты (Медведев и др., 2003), Кузбасса (Крук и др., 1999), Забайкалья. Следовательно, достаточно уверенно можно предполагать, что в данном случае мы имеем дело с проявлением суперплюмовой тектоники (Maruyama, 1994; Добрецов, 1997), отголосками которой являются сравнительно локальные ареалы магматизма, которые связаны с отдельными расщепленными головками плюма.

Причины, приведшие к данному явлению, будут детально рассмотрены ниже.

Из всего выше приведенного можно сделать некоторые выводы.

1. На основе детальных геохимических исследований проведена корреляция разрезов лавовой толщи Тунгусской синеклизы в целом. Установлено, что преобладающим по распространенности типом пород являются низкокальциевые толеитовые базальты.

2. В целом пермотриасовый вулканизм Тунгусской синеклизы разделен на два этапа – инициальный (рифтогенный) и завершающий (внерифтовый или собственно покровный). Породы первого из них, существенно обогащенные всеми некогерентными элементами по сравнению с низкокальциевыми толеитами, распространены к плечевым системам палеорифтовых систем. Именно поэтому производные рифтогенного магматизма распространены только на севере и северо-западе Тунгусской синеклизы, так как эти участки находятся в зоне влияния Худосейского и Енисей-Хатангского грабен-рифтов (Нефтегазоносные бассейны..., 1994).

3. Хотя выделяются два этапа магматической активности, вулканические серии этих типов генетически объединяются в рамках парадигмы плюмовой тектоники. Так как пермотриасовые вулканы, преимущественно основного состава, распространены достаточно широко в пределах Северо-Азиатского кратона, следует го-

ворить о суперплюмовой тектонике. Следовательно, формирование ареалов магматизма в отдельных регионах рассматривать как отражение действия расщепленных головок суперплюма.

4. Кратковременность, при чрезвычайно большой интенсивности магматической активности на территории Тунгусской синеклизы, свидетельствуют о формировании промежуточных очагов базальтовых магм, которые изливаются на дневную поверхность при масштабных процессах раскола коры и образовании локальных зон растяжения в пределах жесткого кратона.

Таблица 2.1. (продолжение)

№ пробы	62-6	62-5	UG-3	UG-2	UG-1	62-168	62-167	62-165	62-164
№ п/п	10	11	12	13	14	15	16	17	18
SiO ₂	48,59	50,19	56,84	52,73	52,28	54,18	54,29	54,65	48,29
TiO ₂	2,35	2,37	2,34	2,48	2,76	2,15	2,16	2,10	2,07
Al ₂ O ₃	14,38	14,62	12,95	14,43	18,68	14,27	14,30	13,7	14,43
FeO*	13,71	14,23	11,81	11,65	8,18	10,30	10,50	10,24	10,79
MnO	0,21	0,21	0,16	0,18	0,09	0,14	0,16	0,18	0,15
MgO	4,16	4,13	2,13	3,31	2,19	4,19	4,34	5,20	4,66
CaO	7,62	7,66	4,91	7,19	6,87	7,89	7,91	6,31	7,36
Na ₂ O	3,54	3,51	3,08	3,31	4,19	2,90	2,87	2,51	2,09
K ₂ O	1,88	1,78	2,41	2,37	1,05	2,02	2,01	1,46	1,67
P ₂ O ₅	0,85	0,86	0,97	0,77	0,64	0,31	0,31	0,31	0,31
Ппп	2,40	0,12	2,18	1,38	2,98	1,40	0,87	2,99	7,83
Summa	99,69	99,68	99,78	99,80	99,91	99,75	99,72	99,65	99,65
Li	--	8	26	7	16	8	8	5	7
Be	--	--	1,85	1,85	0,75	2,3	2	1,2	2,8
B	--	--	26	14	26	17	16	7	28
F	--	--	1000	1150	750	1100	1000	580	1200
Sc	12	17	29	31	33	28	38	22	20
V	86	68	87	120	130	140	180	190	180
Cr	24	26	21	46	54	95	110	79	86
Co	24	25	22	34	16	26	27	29	24
Ni	25	42	9	29	33	35	45	28	28
Cu	31	38	23	29	34	65	75	87	68
Zn	--	--	110	150	67	110	96	110	68
Rb	--	38	38	44	18	60	52	23	62
Sr	450	440	110	1200	400	480	430	560	360
Y	--	--	--	--	--	23	--	--	--
Zr	260	200	420	580	240	200	260	340	300
Nb	--	--	--	--	--	13	--	--	--
Pd	--	--	--	--	--	--	--	--	--
Ag	--	--	0,05	0,04	--	0,06	0,03	0,07	0,03
Sn	--	--	3,5	3	2,5	3,7	1,5	2,9	2,6
Ba	570	670	420	420	540	520	450	380	230
Pt	--	--	--	--	--	--	--	--	--
Pb	--	--	8,9	8,3	2,2	8,8	8	10	3,8
⁸⁷ Sr/ ⁸⁶ Sr(нрв)	--	--	--	--	--	0,70612	0,70575	0,70615	0,70571

Таблица 2.1. (продолжение)

№ пробы	2068sg9	2072sg9	2087sg9	2096sg9	1769sg13	1786sg13	1796sg13	1806sg13	1828sg13
№ п/п	28	29	30	31	32	33	34	35	36
SiO ₂	53,08	48,96	52,05	51,91	52,91	52,44	52,49	52,91	50,61
TiO ₂	2,48	2,56	2,44	2,42	2,09	2,31	2,40	2,42	2,35
Al ₂ O ₃	13,76	15,27	14,33	14,21	13,93	13,21	13,53	13,72	14,1
FeO*	12,38	13,99	12,25	13,05	10,53	12,76	12,81	12,31	11,9
MnO	0,25	0,29	0,16	0,19	0,16	0,19	0,21	0,18	0,22
MgO	2,33	4,47	3,65	3,40	4,03	2,74	2,39	2,67	2,47
CaO	6,42	3,17	4,89	7,01	7,80	7,07	6,2	6,60	7,75
Na ₂ O	3,76	4,37	4,21	3,42	2,97	2,84	3,71	3,48	3,31
K ₂ O	2,59	2,12	3,27	2,32	1,55	2,12	2,65	2,62	2,11
P ₂ O ₅	1,04	0,84	0,79	0,77	0,32	1,01	1,05	0,93	0,78
Ппп	1,91	3,92	1,90	1,26	3,69	3,05	2,38	1,94	4,20
Summa	100,00	99,96	99,94	99,96	99,98	99,74	99,82	99,78	99,8
Li	10	28	13	8	7	17	--	9	--
Be	2,5	2,4	2,2	1,6	2,5	3,3	2,3	2,7	1,45
B	13	32	25	16	4,4	12	6,7	8,9	14
F	1100	1300	820	1400	510	880	140	1000	850
Sc	33	28	18	30	26	21	27	26	23
V	180	150	160	160	360	100	120	150	160
Cr	3	24	27	48	80	20	16	19	33
Co	46	37	28	35	38	22	24	27	37
Ni	8,3	31	190	48	40	31	66	19	38
Cu	28	21	28	44	38	46	24	23	26
Zn	180	270	220	140	110	130	130	150	98
Rb	30	31	39	21	38	27	--	53	--
Sr	440	240	270	400	760	455	340	400	330
Y	--	--	--	--	--	--	--	--	--
Zr	470	320	310	390	--	380	440	430	460
Nb	--	--	--	--	--	--	--	--	--
Pd	--	--	--	--	--	--	--	--	--
Ag	0,17	0,06	0,17	0,07	--	0,06	0,06	0,05	0,07
Sn	4,8	4,3	3,6	4,9	3,7	3,7	3,9	4,2	3,7
Ba	1300	1200	760	960	790	1100	1400	1600	770
Pt	--	--	--	--	--	--	--	--	--
Pb	21	22	7,9	12	9,4	14	12	10	15
⁸⁷ Sr/ ⁸⁶ Sr(перв.)	--	--	--	--	--	0,70601	--	0,70709	--

Таблица 2.1. (продолжение)

№ пробы	1838sg13	1846sg13	1869sg13	1953sg13	1942sg19	1946sg19	1955sg19	1983sg19	1987sg19
№ п/п	37	38	39	40	41	42	43	44	45
SiO ₂	51,85	51,44	52,17	46,02	53,31	53,56	52,8	52,20	51,27
TiO ₂	2,36	2,65	2,36	3,40	2,08	2,02	2,41	2,35	2,20
Al ₂ O ₃	14,34	13,90	14,37	14,58	14,25	13,8	13,34	13,95	13,25
FeO*	11,77	12,78	11,98	14,18	10,73	9,31	12,83	12,01	11,43
MnO	0,18	0,17	0,18	0,24	0,19	0,15	0,18	0,24	0,26
MgO	3,60	3,40	3,55	4,53	4,41	3,34	2,65	3,42	3,20
CaO	7,19	7,26	6,48	7,26	6,73	8,26	6,45	5,61	7,14
Na ₂ O	3,27	3,34	3,54	3,19	3,30	2,94	3,46	3,95	3,50
K ₂ O	2,14	2,27	2,31	1,66	1,90	1,48	2,25	2,84	2,88
P ₂ O ₅	0,77	0,92	0,79	1,12	0,32	0,31	1,00	0,79	0,71
Ппп	2,29	1,66	1,69	3,50	2,59	4,62	2,39	2,47	3,99
Summa	99,77	99,78	99,42	99,68	99,81	99,79	99,76	99,83	99,83
Li	--	7	5	--	--	22	--	--	16
Be	2,2	2,1	2,25	--	1,6	1,85	--	--	1,8
B	8,4	5,2	8,4	--	32	34	--	--	48
F	120	2000	800	--	600	600	--	--	1000
Sc	18	26	21	--	21	27,4	--	--	25,5
V	150	140	160	--	220	184	--	--	174
Cr	35	30	41	--	106	100	--	--	50
Co	26	27	27	--	48	26,1	--	--	24,8
Ni	170	35	57	--	48	34,4	--	--	21,7
Cu	45	23	72	--	70	36,6	--	--	24,6
Zn	160	120	190	--	93	110	--	--	130
Rb	--	44	50	--	34	32	--	--	46
Sr	600	400	405	--	860	400	--	--	410
Y	--	--	--	--	31	--	--	--	--
Zr	380	390	440	--	476	275	--	--	426
Nb	--	--	--	--	17	--	--	--	--
Pd	--	--	--	--	--	--	--	--	--
Ag	0,04	0,04	0,1	--	0,18	0,11	--	--	0,13
Sn	3,8	3,4	3,3	--	4,2	3,9	--	--	3,7
Ba	960	1000	1300	--	900	710	--	--	1400
Pt	--	--	--	--	--	--	--	--	--
Pb	9,2	6,9	13	--	42	2,8	--	--	3,3
⁸⁷ Sr/ ⁸⁶ Sr(перв.)	--	0,70624	0,70574	--	0,70630	--	--	--	--

Таблица 2.1. (продолжение)

№ пробы	1996sg19	2001sg19	glubL46	glubL47	sg32-2533	sg32-2543	sg32-2597	sg32-2605	sg32-2616
№ п/п	46	47	48	49	50	51	52	53	54
SiO ₂	51,68	51,73	51,95	47,33	52,96	53,04	50,69	50,42	45,75
TiO ₂	2,43	2,38	2,46	2,39	2,22	2,55	2,48	2,38	3,71
Al ₂ O ₃	14,57	14,09	14,51	15,90	14,58	13,88	14,16	15,49	15,18
FeO*	11,65	12,18	12,40	13,55	11,77	13,78	12,72	13,62	15,41
MnO	0,17	0,18	0,19	0,19	0,19	0,32	0,22	0,32	0,20
MgO	3,33	3,68	0,44	5,30	5,13	2,83	3,7	4,36	4,48
CaO	7,11	7,01	7,15	8,83	5,69	4,89	7,66	5,22	6,92
Na ₂ O	3,63	3,46	3,04	2,94	3,41	2,96	3,29	4,51	3,17
K ₂ O	2,33	2,32	2,40	1,13	2,64	3,48	1,79	1,82	1,39
P ₂ O ₅	0,80	0,75	0,80	0,37	0,36	1,11	0,86	0,77	1,31
Ппп	2,13	1,99	--	--	--	--	--	--	--
Summa	99,83	99,77	95,34	97,93	100,15	100,20	100,46	100,18	100,54
Li	--	2	--	--	--	--	--	--	--
Be	--	1,4	--	--	--	--	--	--	--
B	--	34	--	--	--	--	--	--	--
F	--	1200	--	--	--	--	--	--	--
Sc	--	24,6	--	--	25	24	22	22	23
V	--	160	--	--	--	--	--	--	--
Cr	--	42,8	--	--	96	11	11	11	11
Co	--	25,7	--	--	34	26	26	33	38
Ni	--	34,9	--	--	46	23	32	60	54
Cu	--	32,4	--	--	38	32	32	19	37
Zn	--	130	--	--	101	111	158	112	98
Rb	--	45	47,24	18,89	82	67	25	42	35
Sr	--	280	397,5	452,1	628	446	449	516	367
Y	--	61	--	--	46	57	56	41	55
Zr	--	312	--	--	309	410	422	232	394
Nb	--	26,8	--	--	29	34	34	23	38
Pd	--	--	--	--	5	5	5	5	5
Ag	--	0,08	--	--	--	--	--	--	--
Sn	--	3,3	--	--	--	--	--	--	--
Ba	--	690	--	--	691	1470	929	937	561
Pt	--	--	--	--	5	5	5	5	5
Pb	--	25	--	4,53	5,28	14,26	10,63	3,74	6,42
⁸⁷ Sr/ ⁸⁶ Sr(перв.)	--	0,70573	0,70597	0,70521	0,70725	0,70710	0,70609	0,70757	0,70586

Таблица 2.1. (окончание)

№ пробы	sg32-2622	sg32-2624	2045sg9	2117sg9	N	среднее	Ст. откл.	Мин.	Макс.
№ п/п	55	56	57	59		--	--	--	--
SiO ₂	46,47	46,06	53,69	52,27	59	51,63	2,34	45,75	56,84
TiO ₂	3,79	3,57	2,04	2,38	59	2,45	0,37	2,02	2,17
Al ₂ O ₃	15,45	14,56	15,47	15,15	59	14,23	0,83	12,95	18,68
FeO*	15,24	13,50	9,77	12,01	59	12,26	1,32	8,18	14,41
MnO	0,12	0,24	0,17	0,18	59	0,19	0,04	0,09	0,32
MgO	5,22	3,93	3,49	2,95	59	3,63	0,86	0,44	5,30
CaO	4,39	9,22	8,13	6,89	59	6,90	1,07	3,17	9,22
Na ₂ O	4,50	3,33	2,86	3,48	59	3,73	0,43	2,09	4,51
K ₂ O	1,24	2,27	1,35	2,48	59	2,13	0,48	1,05	3,48
P ₂ O ₅	1,33	1,23	0,31	0,83	53	0,75	0,27	0,29	1,33
Ппп	--	--	2,80	1,40	59	2,06	1,37	0,12	7,83
Summa	100,49	100,38	100,08	100,02	59	99,75	0,66	95,34	100,54
Li	--	--	--	--	38	11	5,5	2	28
Be	--	--	--	--	37	2,04	0,50	0,75	3,30
B	--	--	--	--	37	20	9,8	4,4	48
F	--	--	--	--	37	930	362	120	2000
Sc	24	22	25	25	56	24	5,0	12	38
V	--	--	204	142	49	150	47	68	360
Cr	22	11	92	29	55	46	35	3,0	180
Co	49	38	28	24	56	28	7	16	49
Ni	45	39	36	16	56	40	34	6,0	190
Cu	35	48	33	22	56	44	22	18	130
Zn	70	167	150	163	50	134	37	67	270
Rb	22	51	18,5	48,7	54	45	17	18	83
Sr	261	386	411	384	58	446	156	110	1200
Y	57	59	33,2	50,1	22	46	111	23	61
Zr	402	386	279	377	56	342	79	200	580
Nb	45	44	25,6	31,2	22	30	8	13	45
Pd	5	5	--	--	5	5,0	--	5,0	5,0
Ag	--	--	--	--	34	0,076	0,043	0,30	0,18
Sn	--	--	--	--	37	3,6	0,9	1,5	6,7
Ba	870	1164	--	--	51	812	301	230	1600
Pt	5	5	--	--	18	5,0	--	5,0	5,0
Pb	5,15	7,88	--	--	45	10	6,8	2,2	42
⁸⁷ Sr/ ⁸⁶ Sr(перв.)	0,70649	0,70574	0,70574	--					

Анализы по: 1, 58-61 -Lightfoot et al., 1990; 2 -47 наши данные; 48 - 49 - Sharma et al., 1991; 50 - 57 - Wooden et al., 1993. Здесь и далее, содержания главных компонентов даны в мас.%, редкие элементы в мкг/г (ppm), Pd и Pt в мкг/мг (ppb). Суммарное железо в виде FeO.

Таблица 2.2. Составы пород сыверминской свиты

№ пробы	308-1F	249-1F	197-1F	1931sg9	1991sg9	sg32-2386	sg32-2464	sg32-2515	glubL43
№ п/п	1	2	3	4	5	6	7	8	9
SiO ₂	49,86	51,49	53,74	50,98	52,90	49,16	52,59	51,31	51,8
TiO ₂	1,61	1,57	1,54	1,73	1,43	2,12	1,64	1,76	1,73
Al ₂ O ₃	14,9	14,82	14,54	15,72	16,66	15,59	15,35	15,20	15,13
FeO*	10,25	9,27	9,46	10,43	9,02	11,86	10,08	9,96	9,84
MnO	0,14	0,14	0,16	0,16	0,14	0,16	0,16	0,15	0,15
MgO	5,99	6,12	5,99	6,27	6,31	6,22	7,01	5,81	6,21
CaO	8,48	7,32	6,15	7,69	4,97	9,82	6,72	9,87	6,37
Na ₂ O	3,95	2,36	3,34	2,91	3,66	3,49	3,94	2,77	2,53
K ₂ O	0,74	1,86	2,09	1,10	1,25	0,46	1,33	0,74	3,74
P ₂ O ₅	0,29	0,26	0,23	0,27	0,19	0,32	0,23	0,24	0,24
Ппп	3,90	5,00	2,80	2,80	3,60	--	--	--	--
Summa	100,11	100,21	100,04	100,06	100,13	100,12	100,13	100,30	97,74
Li	--	--	--	--	--	--	--	--	--
Be	--	--	--	--	--	--	--	--	--
B	--	--	--	--	--	--	--	--	--
F	--	--	--	--	--	--	--	--	--
Sc	23	21	22	28	22	29	22	25	--
V	189	170	165	209	167	--	--	--	--
Cr	178	210	210	196	242	164	225	163	--
Co	35	34	33	36	32	41	39	38	--
Ni	41	58	52	43	68	64	111	56	--
Cu	28	30	39	38	34	35	39	31	--
Zn	95	91	94	107	90	36	90	90	--
Rb	13,3	44,7	60	24,7	33,5	11	40	10	--
Sr	170	424	480	400	440	179	493	129	--
Y	23,5	25	26,8	25,2	25,1	36	29	27	--
Zr	187	201	203	177	194	222	215	199	--
Nb	13,4	15,1	16,7	14,8	17,3	19	20	15	--
Pd	--	--	--	--	--	5	5	5	--
Ag	--	--	--	--	--	--	--	--	--
Sn	--	--	--	--	--	--	--	--	--
Ba	303	806	712	--	--	70	388	361	--
Pt	--	--	--	--	--	5	5	5	--
Pb	--	--	--	--	--	1,3	2,44	3,71	--
⁸⁷ Sr/ ⁸⁶ Sr(непр.)	0,70567	0,70570	0,70564	--	--	0,70587	0,70638	0,70546	--

Таблица 2.2 (продолжение)

№ пробы	1893sg	1902sg	1910sg	1639sg13	1644sg13	1658sg13	1664sg	1703sg13	1718sg13
№ п/п	19	19	19	22	23	24	25	26	27
SiO ₂	52,79	51,80	49,53	50,52	50,14	47,44	49,65	50,36	51,27
TiO ₂	1,76	1,72	1,76	1,99	1,93	1,12	1,43	1,56	0,97
Al ₂ O ₃	14,38	14,66	15,00	14,56	14,60	14,90	14,89	15,17	14,62
FeO*	9,04	8,83	9,62	10,40	10,61	11,04	8,78	9,34	9,27
MnO	0,12	0,13	0,15	0,13	0,16	0,22	0,16	0,14	0,15
MgO	5,36	5,35	6,53	5,16	5,90	8,68	6,43	6,50	6,23
CaO	8,31	9,18	7,83	9,25	8,10	7,86	8,41	9,53	11,22
Na ₂ O	2,99	2,75	3,71	3,14	3,20	3,03	3,52	2,72	2,07
K ₂ O	1,29	1,06	1,07	1,27	1,62	1,09	1,06	0,81	1,08
P ₂ O ₅	0,23	0,22	0,23	0,30	0,29	0,13	0,18	0,21	0,12
Ппп	3,6	4,17	4,43	3,11	3,27	4,30	5,35	3,52	2,85
Summa	99,87	99,87	99,86	99,83	99,82	99,81	99,86	99,86	99,85
Li	--	16	--	9	--	--	14	5	16
Be	--	0,9	--	1,35	1,2	1,1	1,2	1,45	0,95
B	--	36	--	14	5,4	2,5	23	3,9	3,7
F	--	280	--	300	340	330	270	240	240
Sc	--	26,6	--	36	30	41	43	23	42
V	--	229	--	280	240	280	260	150	430
Cr	--	256	--	130	240	160	230	260	170
Co	--	37,6	--	44	37	58	49	45	64
Ni	--	81,2	--	180	81	130	100	100	66
Cu	--	53,2	--	74	54	140	58	48	160
Zn	--	77	--	92	91	75	59	94	57
Rb	--	21	--	20	--	--	16	7	13
Sr	--	450	--	735	370	240	800	550	320
Y	--	--	--	--	--	--	--	--	--
Zr	--	274	--	240	250	110	--	200	--
Nb	--	--	--	--	--	--	--	--	--
Pd	--	--	--	--	--	--	--	--	--
Ag	--	0,06	--	0,06	0,03	0,03	--	0,03	--
Sn	--	2,9	--	2	2,2	1,6	1,8	2,6	1,4
Ba	--	330	--	620	500	360	550	420	610
Pt	--	--	--	--	--	--	--	--	--
Pb	--	15	--	6	3,8	1,7	1,9	6,3	3
⁸⁷ Sr/ ⁸⁶ Sr _(непр.)	--	--	--	0,70595	--	--	--	0,70525	--

Таблица 2.2 (продолжение)

№ пробы	1747sg13	1904sg9	1906sg9	1909sg9	1928sg9	1931sg9	1941sg9	1949sg9	1957sg9
№ п/п	28	29	30	31	32	33	34	35	36
SiO ₂	50,98	48,14	51,21	48,66	47,66	50,29	51,84	51,10	51,81
TiO ₂	1,57	1,86	1,95	1,90	1,75	1,86	1,70	1,53	1,61
Al ₂ O ₃	15,55	15,28	14,81	14,34	14,73	15,15	.0015	15,12	14,32
FeO*	9,46	13,21	11,18	10,20	8,42	10,27	9,43	9,28	9,45
MnO	0,15	0,33	0,17	0,15	0,14	0,14	0,16	0,13	0,14
MgO	7,05	6,04	6,35	5,29	3,62	6,76	7,02	7,12	6,81
CaO	6,66	10,41	5,00	7,61	12,37	7,79	5,35	6,36	9,23
Na ₂ O	3,46	2,57	4,96	3,74	2,31	3,05	4,47	3,8	2,96
K ₂ O	1,12	0,46	1,35	1,28	0,41	1,08	1,27	1,38	1,03
P ₂ O ₅	0,22	0,21	0,29	0,28	0,27	0,28	0,23	0,19	0,19
Ппп	3,61	1,56	2,71	6,6	8,49	3,31	3,54	3,97	2,31
Summa	99,83	100,07	99,98	100,05	100,17	99,98	100,01	99,98	99,86
Li	17	6	26	25	37	16	18	18	8
Be	2	0,85	0,9	1,2	1	0,9	1,5	1,6	1,3
B	14	7,6	12	13	6	19	17	11	6,4
F	500	200	720	450	420	340	330	440	360
Sc	28	43	22	32	15	22	32	33	34
V	220	480	290	250	290	330	200	230	280
Cr	300	160	88	85	96	110	160	200	190
Co	49	68	46	48	39	36	47	45	45
Ni	110	150	47	45	69	72	130	120	100
Cu	48	310	43	64	44	45	47	100	68
Zn	80	160	65	87	59	100	89	110	130
Rb	23	5	8	12	3	8	15	11	6
Sr	490	170	190	720	600	470	590	760	430
Y	--	--	0,42	0,02	0,05	0,17	0,25	0,15	0,14
Zr	290	250	260	300	340	410	290	300	320
Nb	--	--	--	--	--	--	--	--	--
Pd	--	--	--	--	--	--	--	--	--
Ag	0,05	0,12	0,06	0,06	0,04	0,07	0,07	0,05	0,07
Sn	2	1,9	1,9	2,4	1,9	2,2	3	2,4	3,4
Ba	420	130	290	770	240	500	760	370	320
Pt	--	--	--	--	--	--	--	--	--
Pb	7	1,7	1,6	2,4	2,5	2,8	2,4	6,1	5,9
⁸⁷ Sr/ ⁸⁶ Sr _(перв.)	0,70615	--	--	--	--	0,70685	--	--	--

Таблица 2.2 (продолжение)

№ пробы	1969sg9	1991sg9	2015sg9	2021sg9	62-196	62-195	62-188	62-183	62-182
№ п/п	37	38	39	40	41	42	43	44	45
SiO ₂	50,49	52,92	50,78	50,71	51,99	51,91	51,87	51,69	52,10
TiO ₂	1,76	1,60	1,59	1,77	1,98	1,99	1,62	1,80	1,74
Al ₂ O ₃	15,87	15,4	14,94	15,45	14,94	14,99	15,34	15,43	15,16
FeO*	9,87	9,39	9,34	9,62	10,32	10,38	9,51	9,66	9,68
MnO	0,16	0,15	0,13	0,13	0,15	0,15	0,13	0,13	0,13
MgO	5,53	6,87	6,49	5,55	6,02	6,14	6,53	5,96	6,07
CaO	9,31	4,69	6,88	9,41	9,69	9,72	9,08	9,11	9,14
Na ₂ O	3,00	4,30	4,06	3,03	2,50	2,48	2,52	2,62	2,70
K ₂ O	1,30	1,17	1,48	1,18	1,01	1,04	1,32	1,41	1,28
P ₂ O ₅	0,23	0,21	0,22	0,24	0,25	0,26	0,19	0,22	0,20
Ппп	2,49	3,29	4,06	2,89	0,94	0,67	1,68	1,75	1,56
Summa	100,01	99,99	99,97	99,98	99,79	99,73	99,79	99,78	99,76
Li	7	21	17	10	8	4	6	5	6
Be	1,1	1,4	1,2	1,1	0,85	0,65	0,95	1,2	0,9
B	8,4	34	48	10	8	7	11	11	7
F	430	480	300	450	310	520	550	600	490
Sc	25	37	34	23	22	26	24	22	22
V	280	280	240	270	160	180	170	220	160
Cr	190	210	200	170	140	150	230	280	290
Co	51	44	49	46	21	29	32	38	38
Ni	110	80	92	98	46	47	140	150	110
Cu	57	65	57	72	68	51	61	95	75
Zn	86	110	96	110	100	100	68	76	88
Rb	23	18	16	14	13	12	48	48	32
Sr	330	580	710	430	440	470	300	490	460
Y	0,7	0,31	0,23	0,33	--	--	--	26	--
Zr	300	320	240	250	140	190	180	250	200
Nb	--	--	--	--	--	--	--	9,4	--
Pd	--	--	--	--	--	--	--	--	--
Ag	0,06	0,18	0,26	0,23	0,13	0,05	0,03	0,06	0,07
Sn	2,5	3,1	2,7	3,7	2,1	2	4	2,7	3,2
Ba	290	410	710	250	540	410	360	250	490
Pt	--	--	--	--	--	--	--	--	--
Pb	5	3,6	5,1	4,9	6,2	4,6	4,6	4,5	5,6
⁸⁷ Sr/ ⁸⁶ Sr(непр.)	--	0,70719	--	--	--	--	--	--	--

Таблица 2.2 (окончание)

№ пробы	62-38	62-37	62-36	62-34	62-26	62-25	62-24	62-22	N	Сред.	Ст. откл.	Мин.	Макс.
№ п/п	66	67	68	69	70	71	72	73					
SiO ₂	53,40	53,85	53,47	51,88	51,92	52,17	52,09	51,68	73	51,25	1,78	47,44	57,36
TiO ₂	1,40	1,48	1,39	1,53	1,65	1,70	1,61	1,64	73	1,68	0,20	0,97	2,12
Al ₂ O ₃	15,28	15,12	14,98	15,30	15,05	14,9	14,58	14,03	73	15,02	0,59	12,27	16,66
FeO*	10,00	9,10	9,92	10,01	10,55	10,84	10,87	10,17	73	10,10	1,09	8,42	13,85
MnO	0,16	0,15	0,15	0,15	0,17	0,15	0,14	0,20	73	0,15	0,03	0,11	0,35
MgO	6,76	6,34	6,25	7,48	7,06	6,74	6,79	6,39	73	6,32	0,79	3,62	8,98
CaO	5,71	6,74	6,17	6,15	5,43	6,69	6,12	5,88	73	7,92	1,78	3,47	12,37
Na ₂ O	3,26	3,09	2,74	3,53	4,61	3,48	3,86	3,79	73	3,16	0,61	2,07	4,96
K ₂ O	1,23	2,18	2,78	1,49	0,99	1,38	1,70	1,49	73	1,26	0,56	0,33	3,74
P ₂ O ₅	0,18	0,19	0,17	0,19	0,20	0,22	0,21	0,22	73	0,22	0,04	0,12	0,36
Ппп	2,34	1,52	1,71	2,06	2,07	1,47	1,81	4,22	68	2,92	1,37	0,51	8,49
Summa	99,72	99,76	99,73	99,77	99,70	99,74	99,78	99,71	73	99,82	0,39	97,74	101,15
Li	15	12	13	--	12	12	12	18	48	14	7	4	37
Be	--	--	--	--	--	--	--	--	41	1,15	0,29	0,65	2,00
B	--	--	--	--	--	--	--	--	41	14,5	10	2,50	48
F	--	--	--	--	--	--	--	--	41	415	114	200	720
Sc	--	18	28	21	30	19	13	22	61	27	6,7	13	43
V	--	150	120	120	140	160	160	160	58	205	71	120	480
Cr	--	250	280	250	240	280	220	180	61	215	56	85	340
Co	--	28	26	22	32	35	29	36	61	40	10	19	68
Ni	--	100	120	140	90	120	110	110	61	95	30	41	180
Cu	--	48	52	28	38	84	54	59	61	71	52	28	310
Zn	--	--	--	--	--	--	--	--	49	90	20	36	160
Rb	24	60	72	--	19	28	38	44	58	28	18	3	77
Sr	480	420	500	310	130	330	310	310	65	430	170	63	800
Y	--	--	--	--	--	--	--	--	23	13	13	0,02	36
Zr	--	150	150	130	140	180	160	180	59	210	64	110	410
Nb	--	--	--	--	--	--	--	--	12	14	5	3,9	20
Pd	--	--	--	--	--	--	--	--	4	5	--	5	5
Ag	--	--	--	--	--	--	--	--	38	0,07	0,05	0,03	0,26
Sn	--	--	--	--	--	--	--	--	41	2,5	0,59	1,4	4,0
Ba	700	1000	1100	480	130	550	340	250	61	435	216	70	1100
Pt	--	--	--	--	--	--	--	--	4	5	--	5	5
Pb	--	--	--	--	--	--	--	--	45	5,2	3,1	1,3	15,5
⁸⁷ Sr/ ⁸⁶ Sr(перв.)	--	--	--	--	--	--	--	--					

Анализы по: 1-3 - Lightfoot et al., 1993; 4-5 - Lightfoot et al., 1990; 6-8 - Wooden et al., 1993; 9-11 - Sharma et al., 1991, 1992; 12-73 - наши данные.

Таблица 2.3. Составы пород гудчихинской свиты

№ пробы	1678sg		1694sg		1705sg		1708sg19		
	329-1F	1650sg19	19	1690sg19	19	1699sg19	1701sg19	19	
№ п/п	1	2	3	4	5	6	7	8	9
SiO ₂	43,58	51,27	47,05	43,87	44,08	49,22	43,00	44,46	38,02
TiO ₂	1,51	0,90	1,83	2,34	1,19	1,54	1,32	1,41	1,15
Al ₂ O ₃	8,11	15,51	11,63	9,95	8,56	10,76	9,49	8,93	7,52
FeO*	14,12	9,13	9,86	11,9	12,11	10,31	12,88	12,58	10,94
MnO	0,23	0,19	0,13	0,22	0,18	0,12	0,13	0,14	0,35
MgO	16,25	7,06	9,65	14,22	18,37	11,41	17,47	15,83	14,33
CaO	7,61	8,43	8,93	6,45	6,76	7,26	5,58	6,97	13,03
Na ₂ O	0,84	3,30	1,53	0,52	0,95	1,69	1,00	0,9	0,77
K ₂ O	0,03	1,72	0,08	3,16	0,10	0,12	0,26	0,06	0,06
P ₂ O ₅	0,15	0,10	0,15	0,19	0,10	0,14	0,11	0,12	0,10
Ппп	8,10	2,28	8,97	6,97	7,40	7,25	8,54	8,44	13,51
Summa	100,53	99,89	99,81	99,79	99,80	99,82	99,78	99,84	99,78
Li	--	4	--	19	--	--	14	--	--
Be	--	0,8	--	0,8	0,7	--	0,8	--	--
B	--	25	--	17	8	--	10	--	--
F	--	460	--	180	230	--	180	--	--
Sc	20	73,2	--	8,8	13	--	10,4	--	--
V	205	266	--	428	226	--	331	--	--
Cr	970	452	--	230	850	--	633	--	--
Co	89	80	--	54,2	75	--	83	--	--
Ni	883	73,2	--	630	1000	--	699	--	--
Cu	134	46,9	--	375	200	--	199	--	--
Zn	100	84	--	77	100	--	100	--	--
Rb	1,3	62	--	47	3	--	7	--	--
Sr	138	310	--	850	130	--	800	--	--
Y	14,9	--	--	--	16	--	--	--	--
Zr	89	204	--	282	103	--	144	--	--
Nb	6,2	--	--	--	5,2	--	--	--	--
Pd	--	--	--	--	--	--	--	--	--
Ag	--	0,02	--	0,12	0,18	--	0,06	--	--
Sn	--	2,7	--	3,4	3	--	2,3	--	--
Ba	31	400	--	850	42	--	77	--	--
Pt	--	--	--	--	--	--	--	--	--
Pb	--	4,2	--	3,5	5,1	--	1,9	--	--
⁸⁷ Sr/ ⁸⁶ Sr _(перв.)	0,70407	0,70738	--	--	0,70602	--	--	--	--

Таблица 2.3 (продолжение)

№ пробы	1733 sg19	1737 sg19	1742sg19	1746sg19	1752sg19	1755 sg19	1758 sg19	1762sg19	1766sg19
№ п/п	19	20	21	22	23	24	25	26	27
SiO ₂	42,14	49,27	44,32	47,17	47,87	41,83	43,94	43,52	49,02
TiO ₂	1,41	1,97	1,48	1,50	1,68	1,25	1,33	1,53	1,22
Al ₂ O ₃	9,92	11,54	9,14	10,23	11,07	8,33	9,45	10,75	8,37
FeO*	12,56	10,96	12,17	10,78	10,33	9,92	12,63	12,31	10,76
MnO	0,15	0,1	0,17	0,13	0,12	0,22	0,16	0,14	0,17
MgO	13,14	10,82	16,89	11,87	9,59	10,30	16,79	13,27	13,36
CaO	8,84	7,28	7,21	7,59	8,56	13,24	6,98	8,69	8,22
Na ₂ O	1,27	1,73	1,35	1,38	1,77	1,06	0,94	1,50	0,84
K ₂ O	0,08	0,13	0,09	0,21	0,10	0,16	0,05	0,10	0,35
P ₂ O ₅	0,12	0,17	0,12	0,15	0,14	0,12	0,11	0,11	0,11
Ппп	9,21	5,77	6,96	8,79	8,58	13,3	7,35	7,87	7,41
Summa	98,84	99,74	99,9	99,8	99,81	99,73	99,73	99,79	99,83
Li	12	--	8	--	12	--	--	9	--
Be	0,8	--	0,7	0,8	0,7	--	--	0,85	--
B	15	--	12	8	14	--	--	11	--
F	250	--	260	360	210	--	--	220	--
Sc	11	--	12,2	12	6,5	--	--	12,3	--
V	275	--	356	180	351	--	--	380	--
Cr	508	--	922	630	429	--	--	714	--
Co	64,4	--	74	66	50,2	--	--	78,7	--
Ni	674	--	936	453	423	--	--	788	--
Cu	90	--	158	170	161	--	--	300	--
Zn	110	--	96	100	84	--	--	90	--
Rb	4	--	3	2	2	--	--	6	--
Sr	140	--	110	250	130	--	--	110	--
Y	--	--	--	17	--	--	--	--	--
Zr	129	--	148	211	143	--	--	172	--
Nb	--	--	--	6,6	--	--	--	--	--
Pd	--	--	--	--	--	--	--	--	--
Ag	0,05	--	0,06	0,17	0,12	--	--	0,1	--
Sn	3,1	--	2,8	2,2	2,8	--	--	2,3	--
Ba	47	--	43	80	50	--	--	45	--
Pt	--	--	--	--	--	--	--	--	--
Pb	3	--	4,8	32	5,6	--	--	7,2	--
⁸⁷ Sr/ ⁸⁶ Sr(перв.)	--	--	--	0,70655	--	--	--	--	--

Таблица 2.3 (продолжение)

№ пробы	1518sg13	1562sg13	1583sg13	1738sg9	1794sg9	1797sg9	1820sg9	1832sg9	1864sg9
№ п/п	37	38	39	40	41	42	43	44	45
SiO ₂	48,63	44,54	41,53	47,31	50,68	49,84	47,35	45,65	50,91
TiO ₂	1,27	1,18	1,37	1,65	1,91	1,71	1,59	1,69	1,92
Al ₂ O ₃	8,61	9,29	10,25	10,81	12,92	11,34	9,88	10,70	15,01
FeO*	11,62	11,71	13,42	11,92	10,17	10,36	11,46	10,91	10,19
MnO	0,15	0,17	0,14	0,19	0,15	0,18	0,16	0,19	0,15
MgO	8,61	16,88	12,68	11,71	8,46	10,37	14,8	8,88	6,14
CaO	11,4	7,71	9,04	9,82	5,29	7,20	7,02	12,22	9,11
Na ₂ O	1,46	1,10	1,22	1,67	2,73	2,90	3,00	1,78	2,96
K ₂ O	0,17	0,65	0,15	0,18	3,7	1,51	1,00	0,13	1,31
P ₂ O ₅	0,10	0,09	0,12	0,14	0,15	0,14	0,12	0,13	0,25
Ппп	7,7	6,43	9,77	4,54	3,79	4,43	5,39	7,65	2,04
Summa	99,75	99,75	99,69	99,94	99,95	99,98	101,77	99,93	99,99
Li	5	8	12	8	6	7	18	8	6
Be	1,1	0,75	1	1,4	0,75	0,85	0,75	0,95	0,9
B	10	5,3	6,7	4,7	55	37	8,9	7,6	10
F	220	190	200	710	240	280	180	310	460
Sc	20	19	8,4	19	25	32	15	14	38
V	380	260	420	310	470	280	430	440	340
Cr	1300	1200	680	440	810	650	610	450	170
Co	90	87	85	80	44	50	84	75	46
Ni	980	870	1100	270	180	480	750	600	54
Cu	180	140	69	220	35	200	260	150	59
Zn	100	110	150	220	87	120	120	110	97
Rb	2	9	4	4	66	32	12	2	8
Sr	200	250	155	220	160	180	280	250	340
Y	--	--	--	--	--	--	--	--	--
Zr	120	90	120	140	210	140	150	150	290
Nb	--	--	--	3,4	--	--	3,6	--	--
Pd	--	--	--	--	--	--	--	--	--
Ag	0,01	0,55	0,05	0,08	0,07	0,25	0,58	0,23	0,05
Sn	2	1,7	3,6	2,8	2,3	2,5	2,6	2,4	2,2
Ba	38	60	38	70	330	180	150	61	380
Pt	--	--	--	--	--	--	--	--	--
Pb	1,8	1,6	1	2,8	3,5	3	2,6	1,7	5,5
⁸⁷ Sr/ ⁸⁶ Sr(перв.)	0,70741	0,70617	--	0,70569	--	0,70641	0,70639	--	--

Таблица 2.3 (продолжение)

№ пробы	62-220	62-214	62-213	62-212A	62-212	62-211	62-209	62-208	62-207
№ п/п	46	47	48	49	50	51	52	53	54
SiO ₂	50,82	44,92	45,48	47,05	50,52	49,89	46,23	48,71	45,01
TiO ₂	0,93	1,12	1,24	1,66	1,92	1,92	1,40	2,12	1,38
Al ₂ O ₃	14,73	7,85	8,58	11,04	12,61	12,36	9,32	10,55	8,49
FeO*	8,89	12,69	12,33	11,34	10,82	10,74	11,67	12,73	12,44
MnO	0,15	0,16	0,16	0,14	0,16	0,15	0,15	0,19	0,17
MgO	6,74	19,40	17,30	11,78	8,39	9,22	15,65	11,30	16,77
CaO	11,67	5,99	6,82	9,69	8,63	8,14	7,96	9,22	7,07
Na ₂ O	1,54	0,50	0,52	1,16	3,35	3,67	0,80	1,41	0,51
K ₂ O	0,35	0,25	0,33	0,08	1,02	0,58	0,60	0,43	0,10
P ₂ O ₅	0,10	0,07	0,09	0,13	0,16	0,14	0,11	0,16	0,10
Ппп	3,88	6,57	6,64	5,57	2,13	2,89	5,79	2,80	7,49
Summa	99,8	99,52	99,49	99,64	99,71	99,70	99,68	99,62	99,53
Li	13	32	23	14	8	6	19	8	28
Be	0,85	0,75	0,65	1,1	0,9	0,9	0,8	1	1
B	5	15	12	10	62	20	10	42	11
F	370	280	300	330	210	380	450	340	230
Sc	25	12	14	11	41	32	11	18	12
V	320	260	260	280	240	320	320	280	440
Cr	280	950	720	590	540	650	880	680	960
Co	44	92	74	48	36	46	66	55	81
Ni	69	1000	750	440	280	460	700	630	900
Cu	100	400	200	180	250	250	100	260	200
Zn	--	--	--	--	--	--	--	--	--
Rb	4	8	8	8	17	24	8	8	6
Sr	310	44	160	180	140	260	49	280	38
Y	17	--	--	--	19	--	--	--	--
Zr	150	110	100	110	120	140	94	120	55
Nb	5,6	1,4	--	--	2,9	--	2,2	--	--
Pd	--	--	--	--	--	--	--	--	--
Ag	0,05	0,07	0,06	0,13	0,06	0,16	0,5	0,06	0,09
Sn	1,6	3,6	1,2	1,4	1,9	1,7	1,8	2,3	1,1
Ba	230	59	130	48	180	170	80	110	100
Pt	--	--	--	--	--	--	--	--	--
Pb	4,8	1,6	1	3,7	2,2	2,9	1	1,6	1
⁸⁷ Sr/ ⁸⁶ Sr _(перв.)	0,70570	--	--	0,70591	--	--	--	0,70720	--

Таблица 2.3 (продолжение)

№ пробы	62-81	62-79	62-75	62-74	62-72	62-70	62-67	glubL42	sg32-2245
№ п/п	64	65	66	67	68	69	70	71	72
SiO ₂	49,28	49,13	45,3	43,35	50,17	49,40	050,3	44,38	46,75
TiO ₂	1,23	1,24	1,26	1,25	1,09	1,84	1,83	1,68	1,38
Al ₂ O ₃	16,22	15,84	9,47	8,73	15,59	15,28	15,28	7,81	8,42
FeO*	10,05	10,09	12,55	12,27	11,01	11,18	11,36	14,00	13,75
MnO	0,16	0,16	0,15	0,15	0,18	0,15	0,17	0,19	0,20
MgO	7,59	7,98	14,75	14,87	7,61	6,38	6,38	18,26	17,57
CaO	10,1	10,26	8,24	8,91	11,10	10,46	10,19	7,40	7,69
Na ₂ O	2,32	2,39	0,83	0,66	2,00	2,63	2,64	0,89	1,06
K ₂ O	0,9	0,93	0,11	0,08	0,63	0,65	0,79	0,12	0,09
P ₂ O ₅	0,14	0,13	0,08	0,09	0,12	0,20	0,21	0,13	0,12
Ппп	1,8	1,33	6,87	9,22	0,24	1,56	0,61	--	--
Summa	99,79	99,48	99,61	99,58	99,74	99,73	99,76	94,86	100,61
Li	5	--	18	16	14	4	4	--	--
Be	--	--	1	0,65	0,6	--	--	--	--
B	--	--	6	8	8	--	--	--	--
F	--	--	300	270	330	--	--	--	--
Sc	17	--	12	11	32	25	49	--	23
V	220	--	280	380	220	220	190	--	--
Cr	230	--	780	770	310	290	280	--	847
Co	44	--	72	68	47	45	46	--	93
Ni	140	--	700	820	150	77	82	--	1031
Cu	71	--	140	220	160	100	85	--	122
Zn	--	--	110	100	78	--	--	--	119
Rb	16	--	25	12	28	8	17	3,16	13
Sr	490	360	51	76	210	530	450	221,2	150
Y	--	--	--	--	--	--	--	--	24
Zr	130	--	96	95	87	140	160	--	92
Nb	--	--	--	--	--	--	--	--	16
Pd	--	--	--	--	--	--	--	--	8,7
Ag	--	--	0,08	0,1	0,11	--	--	--	--
Sn	--	--	4,3	1,6	1,2	--	--	--	--
Ba	290	310	90	56	150	260	200	--	35
Pt	--	--	--	--	--	--	--	--	14,1
Pb	--	--	2,5	1,5	2,2	--	--	2,9	0,61
⁸⁷ Sr/ ⁸⁶ Sr(перв.)	--	--	--	--	--	--	--	0,70325	0,70570

Таблица 2.3 (продолжение)

№ пробы	sg32-2275	sg32-2301	sg32-2328	sg32-2332	sg32-2357	sg32-2375	1761sg9	1790sg9	1821sg9
№ п/п	73	74	75	76	77	78	79	80	81
SiO ₂	48,25	45,97	47,69	46,45	50,04	49,30	45,14	48,28	48,81
TiO ₂	1,57	1,35	1,41	1,44	2,34	1,36	1,16	1,43	2,05
Al ₂ O ₃	10,81	9,22	9,76	9,95	13,81	17,84	9,23	11,23	10,77
FeO*	12,86	13,06	12,87	13,51	12,68	9,19	12,94	10,79	11,65
MnO	0,17	0,18	0,17	0,17	0,21	0,14	0,20	0,19	0,19
MgO	13,66	12,5	16,61	15,52	6,96	6,58	17,45	13,26	13,01
CaO	7,5	11,47	7,77	7,43	8,00	9,82	6,60	7,99	6,87
Na ₂ O	2,88	1,36	1,07	1,20	3,71	3,38	0,61	1,90	0,91
K ₂ O	0,05	0,17	0,05	0,07	0,84	1,36	0,39	0,46	1,60
P ₂ O ₅	0,14	0,13	0,12	0,13	0,22	0,17	0,08	0,09	0,12
Ппп	--	--	--	--	--	--	6,60	4,60	4,20
Summa	100,39	100,98	100,45	99,63	100,2	100,1	100,4	100,22	100,18
Li	--	--	--	--	--	--	--	--	--
Be	--	--	--	--	--	--	--	--	--
B	--	--	--	--	--	--	--	--	--
F	--	--	--	--	--	--	--	--	--
Sc	26	23	25	24	25	23	26	28	27
V	--	--	--	--	--	--	211	253	275
Cr	828	880	721	741	95	255	850	800	475
Co	70	80	83	80	46	41	79	52	58
Ni	634	825	764	818	147	103	775	490	490
Cu	153	125	56	105	103	69	72	106	64
Zn	116	110	112	113	137	79	145	112	100
Rb	4	6	6	5	27	42	7,1	9,3	22,4
Sr	187	187	140	172	379	937	218	181	395
Y	19	25	15	24	36	23	12,4	14,8	16,7
Zr	99	91	80	101	162	112	66	81	104
Nb	12	14	4	23	18	10	5	6,4	8,9
Pd	9,9	7,5	9,8	7,3	2,8	5	--	--	--
Ag	--	--	--	--	--	--	--	--	--
Sn	--	--	--	--	--	--	--	--	--
Ba	27	57	19	34	221	375	--	--	--
Pt	11,8	9,6	14	12	6,1	5	--	--	--
Pb	1,24	1,44	1,08	0,66	1,89	1,87	--	--	--
⁸⁷ Sr/ ⁸⁶ Sr _(непр.)	0,70674	0,70617	0,70602	0,70609	0,70640	0,70677	0,70655	0,70691	0,70664

Таблица 2.3 (окончание)

№ пробы	1841sg9	1862sg9	1887sg9	N	Сред.	Ст. откл	Мин.	Макс.
№ п/п	82	83	84					
SiO ₂	50,91	51,77	47,98	84	47,28	2,81	38,02	51,77
TiO ₂	2,24	1,83	1,44	84	1,50	0,35	0,90	2,34
Al ₂ O ₃	13,67	15,4	19,22	84	11,90	3,01	7,52	19,92
FeO*	11,51	10,15	8,80	84	11,11	1,38	8,35	14,12
MnO	0,20	0,15	0,13	82	1,17	0,03	0,10	0,35
MgO	7,43	5,61	6,34	84	11,10	3,99	5,48	19,40
CaO	6,16	8,98	10,21	84	8,82	1,80	5,29	13,24
Na ₂ O	3,92	2,60	2,57	84	1,85	0,94	0,50	4,05
K ₂ O	0,06	0,75	0,65	84	0,53	0,62	0,03	3,70
P ₂ O ₅	0,19	0,22	0,13	84	0,14	0,05	0,07	0,31
Ппп	2,80	2,60	2,60	77	5,70	2,92	0,24	13,51
Summa	99,09	100,06	100,07	84	99,80	0,66	94,86	101,77
Li	--	--	--	45	12	8,1	1,0	44
Be	--	--	--	42	0,85	0,18	0,45	1,40
B	--	--	--	42	15,6	14,4	3,0	62
F	--	--	--	42	300	111	140	710
Sc	32	28	25	59	22	11	6,5	73
V	326	215	176	52	290	76	151	470
Cr	322	211	270	59	560	295	21	1300
Co	44	33	36	59	61	19	28	93
Ni	126	42	76	59	485	341	42	1100
Cu	139	21	62	59	145	79	21	400
Zn	116	84	77	47	100	27	68	220
Rb	23,2	13,8	12,9	62	15	14	1,3	66
Sr	196	378	455	62	275	185	38	937
Y	21,9	24,4	17,5	24	20	5	12,4	36
Zr	138	200	94	59	130	45	55	290
Nb	11,8	17,3	7,6	27	9	5	1,4	23
Pd	--	--	--	8	7,3	2,4	2,8	9,9
Ag	--	--	--	42	0,12	0,12	0,01	0,58
Sn	--	--	--	42	2,3	0,8	1,0	4,4
Ba	--	--	--	55	165	151	19	850
Pt	--	--	--	8	10,4	3,4	5,0	14,1
Pb	--	--	--	49	3,4	4,4	0,61	32
⁸⁷ Sr/ ⁸⁶ Sr _(перв.)	0,70646	0,70621	0,70468					

Анализы по: 1 – Lightfoot et al., 1993; 2-70 – наши данные; 71 – Sharma et al., 1991, 1992; 72-78 – Wooden et al., 1993; 79-84 – Lightfoot et al., 1990.

Таблица 2.4. Химический состав пород хаканчанской и туклонской свит

№ пробы	sg32- 2226	525-1F	512-1F	484-1F	454-1F	377-1F	1F-32	1F-30	1F-27
№ п/п	1	2	3	4	5	6	7	8	9
SiO ₂	48,77	45,2	45,66	48,17	47,76	48,77	46,99	47,23	48,36
TiO ₂	0,83	0,43	0,68	0,88	0,87	0,82	0,78	0,72	0,92
Al ₂ O ₃	13,96	12,27	10,75	15,64	15,34	15,11	11,98	12,58	15,19
FeO*	9,34	10,00	11,25	9,63	9,20	9,80	11,59	11,15	10,19
MnO	0,21	0,18	0,18	0,18	0,15	0,18	0,18	0,18	0,17
MgO	6,55	15,26	15,76	8,24	8,24	8,97	16,47	16,31	8,91
CaO	9,57	11,01	8,81	11,27	11,96	10,21	9,02	9,3	11,39
Na ₂ O	2,09	0,88	0,74	1,54	1,75	2,76	1,27	1,09	1,83
K ₂ O	1,78	0,18	0,30	0,50	0,13	0,36	0,40	0,31	0,19
P ₂ O ₅	0,12	0,05	0,05	0,08	0,08	0,08	0,08	0,09	0,11
Ппп	--	4,70	5,90	4,00	4,70	3,00	--	--	--
Summa	101,32	100,16	100,08	100,13	100,18	100,06	100,18	100,16	100,41
Li	--	--	--	--	--	--	--	--	--
Be	--	--	--	--	--	--	--	--	--
B	--	--	--	--	--	--	--	--	--
F	--	--	--	--	--	--	--	--	--
Sc	25	7	7	29	30	32	29	30	34
V	--	153	177	223	213	236	--	--	--
Cr	366	850	900	383	310	386	581	831	387
Co	40	71	73	48	44	47	83	82	52
Ni	135	259	298	103	87	101	365	383	157
Cu	126	44	61	97	86	110	76	56	101
Zn	114	60	69	66	67	72	75	73	51
Rb	57	4,7	8,7	4,9	0,8	6,3	12	13	3
Sr	215	140	127	256	266	265	175	138	270
Y	29	8,1	11,3	14,9	14,5	16,3	12	16	17
Zr	114	29	50	67	58	61	58	57	75
Nb	14	1,1	2,2	2,9	2,6	2,8	8	11	6
Pd	7,9	--	--	--	--	--	6,8	6,3	9,3
Ag	--	--	--	--	--	--	--	--	--
Sn	--	--	--	--	--	--	--	--	--
Ba	326	100	124	223	135	125	127	116	208
Pt	6,5	--	--	--	--	--	10,6	12,9	9,3
Pb	6,94	--	--	--	--	--	0,81	0,8	1,43
⁸⁷ Sr/ ⁸⁶ Sr _(перв.)	0,70721	0,70620	0,70594	0,70614	0,70608	0,70562	0,70562	0,70552	0,70600

Таблица 2.4. (окончание)

№ пробы	1F-25	1F-22	Mik-1	GlubL39	GlubL40	GlubL41	N	Сред.	Ст.откл.	Мин.	Макс.
№ п/п	10	11	12	13	14	15					
SiO ₂	48,09	49,71	51,56	46,12	47,66	48,24	15	47,82	1,57	45,20	51,56
TiO ₂	0,90	0,92	0,39	0,40	0,95	1,06	15	0,77	0,21	0,39	1,06
Al ₂ O ₃	15,27	15,64	9,17	18,62	14,69	15,25	15	14,11	2,36	9,17	8,62
FeO*	9,81	10,10	6,37	8,58	10,98	10,32	15	9,93	1,27	6,37	11,59
MnO	0,16	0,17	0,14	0,12	0,17	0,21	15	0,17	0,02	0,12	0,21
MgO	8,53	9,47	13,42	10,75	9,01	7,67	15	11,22	3,29	7,67	16,47
CaO	12,41	10,77	16,85	10,84	11,54	12,05	15	11,25	1,89	8,81	16,85
Na ₂ O	1,74	2,41	0,85	1,40	1,56	1,66	15	1,53	0,55	0,74	2,76
K ₂ O	0,10	0,33	0,61	0,23	0,22	0,25	15	0,29	0,14	0,10	0,61
P ₂ O ₅	0,10	0,08	0,05	0,06	0,09	0,10	15	0,08	0,02	0,05	0,11
Ппп	--	--	--	--	--	--	6	4,46	0,95	3,00	5,90
Summa	100,43	100,07	100,06	97,12	96,87	96,81	15	99,84	1,34	96,81	100,43
Li	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
Be	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
B	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
F	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
Sc	37	38	58	--	--	--	12	30	13	7,0	58
V	--	--	--	--	--	--	6	200	30	153	236
Cr	318	395	2337	--	--	--	12	690	560	310	2337
Co	50	52	40	--	--	--	12	58	14	40	83
Ni	133	158	56	--	--	--	12	190	110	56	383
Cu	100	127	21	--	--	--	12	80	30	21	127
Zn	72	87	51	--	--	--	12	68	10	51	87
Rb	3	14	12	4,33	--	9,38	14	7,5	4,2	0,8	14
Sr	275	276	290	272,3	--	224,8	14	230	58	127	290
Y	21	24	12	--	--	--	12	15	4	8,1	24
Zr	69	67	37	--	--	--	12	57	13	29	75
Nb	10	11	6	--	--	--	12	6	3,5	1,1	11
Pd	9,3	13,5	5	--	--	--	7	8,4	2,8	5,0	13,5
Ag	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
Sn	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
Ba	148	101	136	--	--	--	12	140	38	100	223
Pt	7,3	8,9	5	--	--	--	7	9,0	2,5	5,0	12,9
Pb	1,76	1,26	0,91	--	--	--	7	1,2	0,4	0,8	1,76
⁸⁷ Sr/ ⁸⁶ Sr _(перв.)	0,70590	0,70525	0,70832	0,70562	--	0,70540					

1 – хаканчанская свита; 2-14 – туклонская свита. Анализы по: 1, 7-12 – Wooden et al., 1993; 13-15 – Sharma et al., 1991, 1992.

Таблица 2.5. Химический состав пород надеждинской свиты.

№ пробы	820-1F	751-1F	666-1F	565-1F	МК-46	МК-48	МК-62	МК-54	1185sg9
№ п/п	1	2	3	4	5	6	7	8	9
SiO ₂	50,43	52,59	50,55	52,21	49,40	50,69	52,25	51,34	49,67
TiO ₂	1,35	1,05	0,98	0,87	0,96	1,08	1,14	1,00	1,06
Al ₂ O ₃	15,22	15,41	15,32	15,33	15,61	15,59	14,8	15,22	15,32
FeO*	10,74	9,75	9,31	8,81	10,11	10,31	10,32	9,63	10,45
MnO	0,19	0,16	0,2	0,16	0,17	0,15	0,15	0,16	0,18
MgO	6,96	5,79	6,53	6,71	6,40	6,10	6,00	6,79	6,20
CaO	11,04	10,04	9,01	10,68	11,59	10,52	10,22	10,84	11,15
Na ₂ O	1,77	2,52	1,88	2,06	2,38	2,40	2,16	2,05	2,56
K ₂ O	0,76	0,96	2,61	0,99	0,79	0,86	1,09	0,69	1,04
P ₂ O ₅	0,15	0,13	0,12	0,11	0,18	0,13	0,13	0,11	0,20
Ппп	1,40	1,60	03,6	2,10	2,25	2,08	1,60	2,06	2,20
Summa	100,01	100,00	100,11	100,03	99,84	99,91	99,86	99,89	100,03
Li	--	--	--	--	7	5	8	8	6
Be	--	--	--	--	1,1	1	1,1	1	1,2
B	--	--	--	--	2	6,2	3,7	2,9	3,1
F	--	--	--	--	280	290	320	340	470
Sc	32	30	29	30	31	23	33	25	49
V	243	213	214	203	220	210	190	220	360
Cr	145	60	63	235	100	34	30	85	88
Co	45	40	39	39	49	49	43	43	57
Ni	79	33	12	35	86	65	38	56	100
Cu	108	56	9	42	58	99	110	78	95
Zn	88	86	98	74	110	110	99	91	100
Rb	21,2	20,3	92,4	28,2	13	17	6	8	22
Sr	200	338	519	238	290	300	250	250	290
Y	22,3	21,9	20,2	19,6	--	--	--	--	--
Zr	108	128	116	119	130	200	180	210	210
Nb	6,5	8,6	7,3	7,2	--	--	--	--	--
Pd	--	--	--	--	--	--	--	--	--
Ag	--	--	--	--	0,08	0,13	0,1	0,06	0,08
Sn	--	--	--	--	1,7	2,9	2,8	2,2	1,6
Ba	237	375	1295	278	180	300	260	260	270
Pt	--	--	--	--	--	--	--	--	--
Pb	--	--	--	--	3,3	4,9	5,7	4,1	4,9
⁸⁷ Sr/ ⁸⁶ Sr _(непр.)	0,70648	0,70818	0,70706	0,70789	--	--	--	--	--

Таблица 2.5 (продолжение)

№ пробы	1634sg9	1677sg9	1696sg9	1710sg9	1300sg9	1312sg9	1337sg9	1373sg9	1476sg9
№ п/п	19	20	21	22	23	24	25	26	27
SiO ₂	52,11	51,13	51,8	51,70	49,37	49,22	55,08	52,85	51,26
TiO ₂	0,98	0,99	0,98	0,99	1,08	1,12	1,07	1,01	0,96
Al ₂ O ₃	15,18	15,54	15,44	15,28	17,24	16,18	15,3	15,65	17,51
FeO*	8,71	9,15	9,36	9,73	10,46	10,94	9,47	10,03	9,34
MnO	0,18	0,15	0,15	0,16	0,17	0,19	0,16	0,16	0,15
MgO	6,86	6,62	6,84	6,89	6,73	6,18	5,24	5,84	6,35
CaO	8,88	11,03	10,89	10,86	10,75	10,99	8,50	10,01	10,08
Na ₂ O	3,05	2,45	2,36	2,42	2,00	1,73	2,54	2,13	2,05
K ₂ O	1,47	1,23	1,08	1,02	0,50	0,44	1,15	1,22	1,20
P ₂ O ₅	0,12	0,12	0,12	0,12	0,12	0,11	0,11	0,10	0,09
Ппп	2,52	1,61	1,02	0,88	1,60	3,00	1,40	1,00	1,00
Summa	100,06	100,02	100,04	100,05	100,02	100,1	100,02	100	99,99
Li	22	10	9	4	--	--	--	--	--
Be	1,3	0,7	0,75	0,75	--	--	--	--	--
B	11	4,4	4,6	4,2	--	--	--	--	--
F	540	270	350	250	--	--	--	--	--
Sc	64	38	70	62	35	30	30	33	32
V	300	310	290	250	251	209	212	224	213
Cr	180	99	180	190	153	38	38	62	142
Co	46	51	57	52	39	37	40	37	37
Ni	34	53	66	54	79	47	45	54	38
Cu	43	88	120	65	113	100	115	88	69
Zn	70	74	87	92	98	93	121	103	92
Rb	23	18	22	20	7,7	4,8	28,5	28	35,5
Sr	360	240	280	210	239	321	405	262	234
Y	--	--	--	--	22,3	25,3	25,5	23,8	22
Zr	160	250	220	250	107	143	139	140	127
Nb	--	--	--	--	7	10,7	10,3	10,3	8,9
Pd	--	--	--	--	--	--	--	--	--
Ag	0,11	0,09	0,08	0,19	--	--	--	--	--
Sn	1,8	1,6	1,9	2,1	--	--	--	--	--
Ba	680	260	230	170	--	--	--	--	--
Pt	--	--	--	--	--	--	--	--	--
Pb	4,2	5,1	5,1	4,4	--	--	--	--	--
⁸⁷ Sr/ ⁸⁶ Sr(перв.)	--	--	--	--	0,70728	--	0,70830	0,70872	--

Таблица 2.5 (продолжение)

№ пробы	1491sg9	1498sg9	1546sg9	1591sg9	1644sg9	1709sg9	915sg13	918sg13	921sg13
№ п/п	28	29	30	31	32	33	34	35	36
SiO ₂	49,78	49,54	49,41	52,56	51,80	52,16	50,86	50,03	49,86
TiO ₂	0,81	0,97	0,91	0,93	0,90	0,93	1,01	1,02	1,03
Al ₂ O ₃	15,92	16,08	20,86	15,68	15,54	16,25	15,56	15,61	15,67
FeO*	9,04	8,91	8,72	8,86	8,63	9,20	9,40	10,59	10,71
MnO	0,14	0,15	0,14	0,15	0,16	0,16	0,23	0,16	0,18
MgO	6,42	5,71	5,94	5,36	6,38	6,29	6,56	5,86	6,01
CaO	11,25	11,5	9,79	8,63	9,89	10,83	9,55	11,45	11,29
Na ₂ O	2,59	2,56	2,01	3,13	2,41	2,05	2,85	2,46	2,51
K ₂ O	0,13	0,11	0,96	1,89	0,39	1,04	1,36	0,99	0,97
P ₂ O ₅	0,08	0,08	0,07	0,10	0,07	0,09	0,20	0,20	0,2
Плп	4,00	4,60	1,20	2,80	4,00	1,00	2,24	1,49	1,42
Summa	100,16	100,21	100,01	100,09	100,17	100,00	99,82	99,86	99,85
Li	--	--	--	--	--	--	--	6	7
Be	--	--	--	--	--	--	0,85	1,3	1,1
B	--	--	--	--	--	--	12	4	3,9
F	--	--	--	--	--	--	320	400	500
Sc	31	30	30	33	32	32	56	57	85
V	225	212	207	218	215	211	220	360	350
Cr	86	74	116	121	244	194	130	100	120
Co	35	36	34	33	33	39	47	57	85
Ni	22	15	24	33	23	38	100	95	120
Cu	27	47	27	46	53	46	47	140	140
Zn	77	80	81	94	85	94	77	86	97
Rb	3,7	2,4	19,3	52,4	9,2	29,9	--	28	16
Sr	52	49	273	435	113	264	380	270	300
Y	18,5	21,3	20,9	23	20,1	20,9	--	--	--
Zr	103	114	115	134	116	124	150	--	--
Nb	7,1	8,1	9,1	10,4	9,3	8,4	--	--	--
Pd	--	--	--	--	--	--	--	--	--
Ag	--	--	--	--	--	--	0,04	--	--
Sn	--	--	--	--	--	--	1,5	1,7	2,2
Ba	--	--	--	--	--	--	590	390	450
Pt	--	--	--	--	--	--	--	--	--
Pb	--	--	--	--	--	--	3,9	3,2	4
⁸⁷ Sr/ ⁸⁶ Sr _(перм.)	0,70895	--	0,70883	0,70847	0,70838	0,70838	--	--	--

Таблица 2.5 (продолжение)

№ пробы	923sg13	925sg13	926sg13	932sg13	943sg13	961sg13	969sg13	983sg13	993sg13	1003sg13
№ п/п	37	38	39	40	41	42	43	44	45	46
SiO ₂	49,82	50,36	49,64	50,82	49,92	49,15	49,35	47,81	47,85	48,80
TiO ₂	1,01	1,03	1,05	1,00	1,00	0,99	0,97	0,95	0,98	1,00
Al ₂ O ₃	15,82	15,66	15,70	15,66	15,52	15,64	15,45	15,75	16,02	15,7
FeO*	10,42	10,61	10,56	9,40	10,42	9,40	9,78	9,36	9,88	10,37
MnO	0,19	0,18	0,19	0,17	0,18	0,17	0,20	0,17	0,17	0,17
MgO	5,81	6,00	5,85	5,91	6,28	6,78	6,15	6,09	7,02	6,40
CaO	11,31	11,26	11,46	11,65	11,04	11,08	11,18	11,52	10,40	11,49
Na ₂ O	2,53	2,56	2,46	2,31	2,46	2,51	2,59	2,84	2,90	2,27
K ₂ O	0,98	0,97	0,98	0,94	0,97	0,71	1,18	0,88	0,93	0,84
P ₂ O ₅	0,20	0,20	0,20	0,20	0,19	0,19	0,19	0,20	0,19	0,19
Ппп	1,76	1,05	1,76	1,83	1,89	3,17	2,83	4,29	3,52	2,63
Summa	99,85	99,88	99,85	99,89	99,87	99,79	99,87	99,86	99,86	99,86
Li	--	--	6	--	--	--	--	--	--	6
Be	1	--	1,3	1,1	0,6	0,65	0,85	0,8	--	1,3
B	2,9	--	3,3	2,7	2	2,6	2,4	6,9	--	2,5
F	400	--	340	300	370	300	350	300	--	250
Sc	45	--	56	36	41	33	54	38	--	65
V	270	--	390	230	330	340	220	290	--	420
Cr	110	--	88	96	94	160	170	150	--	130
Co	56	--	51	42	52	50	50	46	--	57
Ni	140	--	110	100	130	120	130	130	--	110
Cu	130	--	52	59	68	51	100	64	--	120
Zn	100	--	81	89	78	82	69	67	--	91
Rb	--	--	18	--	--	--	--	--	--	6
Sr	340	--	260	310	270	310	310	180	--	290
Y	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
Zr	160	--	--	140	160	160	140	130	--	--
Nb	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
Pd	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
Ag	0,09	--	--	0,04	0,04	0,05	0,06	0,03	--	--
Sn	2	--	2	1,9	1,6	1,8	1,5	1,3	--	1,9
Ba	450	--	260	280	320	270	480	470	--	330
Pt	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
Pb	5,6	--	3,3	3,4	5,9	2,8	3	2,7	--	2,9
⁸⁷ Sr/ ⁸⁶ Sr(пер.)	--	--	--	--	--	--	--	--	0,70703	--

Таблица 2.5 (продолжение)

№ пробы	1038sg13	1084sg13	1098sg13	1120sg13	1137sg13	1151sg13	1152sg13	1183sg13	1194sg13	1197sg13
№ п/п	47	48	49	50	51	52	53	54	55	56
SiO ₂	49,24	51,35	52,68	50,94	51,65	50,99	50,65	45,38	51,44	52,16
TiO ₂	1,14	1,10	1,11	1,10	1,01	0,98	1,00	1,10	0,98	1,00
Al ₂ O ₃	14,88	14,92	14,35	14,77	14,89	14,98	15,28	16,36	14,94	15,26
FeO*	11,01	10,19	10,31	10,13	9,25	9,46	8,9	10,39	9,39	9,69
MnO	0,15	0,16	0,16	0,20	0,18	0,14	0,17	0,21	0,17	0,15
MgO	6,53	6,18	5,66	6,30	6,87	6,40	7,45	7,23	6,88	6,86
CaO	11,85	10,05	9,81	7,83	8,75	10,37	0,86	9,55	9,49	10,64
Na ₂ O	2,03	2,35	2,38	3,17	2,61	2,46	2,78	2,87	2,63	2,36
K ₂ O	0,37	1,17	1,06	1,41	1,58	0,93	2,31	1,68	1,76	0,91
P ₂ O ₅	0,14	0,13	0,13	0,13	0,11	0,11	0,12	0,14	0,12	0,12
Ппп	2,50	2,26	2,17	3,85	2,96	3,05	3,34	5,00	2,05	0,73
Summa	99,84	99,86	99,82	99,83	99,86	99,87	92,86	99,91	99,85	99,88
Li	5	8	11	10	12	9	--	--	13	12
Be	1	1,4	0,9	1,5	1,1	1	1,5	--	0,95	1,3
B	2	3,2	5,6	9,7	7,1	11	8,9	--	2,9	3
F	300	400	360	250	260	400	230	--	280	400
Sc	58	71	54	83	50	41	48	--	42	48
V	460	560	440	460	370	360	280	--	240	310
Cr	120	43	28	54	120	120	160	--	160	140
Co	35	51	47	55	57	58	53	--	51	58
Ni	93	48	40	53	69	64	81	--	1600	65
Cu	130	74	68	60	98	110	39	--	280	69
Zn	86	73	92	93	94	97	74	--	72	74
Rb	4	10	17	16	25	18	--	--	39	8
Sr	210	300	290	210	370	400	500	--	310	280
Y	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
Zr	--	--	--	--	--	--	180	--	140	--
Nb	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
Pd	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
Ag	--	--	--	--	--	--	0,03	--	0,31	--
Sn	1,8	1,7	2,1	1,8	1,9	1,6	2	--	2	1,9
Ba	210	400	520	810	650	380	1200	--	590	290
Pt	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
Pb	2,7	7	5,2	1,6	7,5	5,3	2,3	--	55	4,7
⁸⁷ Sr/ ⁸⁶ Sr(перв.)	--	--	--	--	--	--	--	--	0,70898	--

Таблица 2.5 (продолжение)

№ пробы	1201sg 13	1218sg 13	1229sg 13	1239sg 13	1287sg13	1314sg13	1331sg 13	1120sg1 9	1126sg1 9	1130sg1 9
№ п/п	57	58	59	60	61	62	63	68	69	70
SiO ₂	51,46	52,70	52,26	51,93	51,73	52,32	52,37	48,15	48,88	50,16
TiO ₂	1,00	0,99	0,98	1,00	1,00	1,00	1,03	1,28	0,95	0,98
Al ₂ O ₃	15,28	15,13	15,12	15,22	15,16	15,16	15,16	15,08	15,02	15,72
FeO*	9,41	9,6	9,54	9,53	9,28	9,20	9,34	10,74	10,64	9,99
MnO	0,17	0,16	0,16	0,16	0,16	0,14	0,15	0,19	0,17	0,17
MgO	6,90	6,68	6,68	6,81	6,45	6,40	6,05	6,22	6,46	6,03
CaO	10,99	10,47	10,51	10,44	10,07	9,55	9,77	11,32	11,29	11,22
Na ₂ O	2,52	2,39	2,54	2,06	2,63	2,61	2,52	2,24	2,23	2,56
K ₂ O	0,97	1,16	1,09	1,27	1,29	1,26	1,2	0,34	0,86	0,94
P ₂ O ₅	0,12	0,12	0,12	0,12	0,13	0,13	0,12	0,14	0,18	0,19
Ппп	1,07	0,50	0,91	1,34	1,99	2,11	2,17	3,98	3,04	1,90
Summa	99,89	99,9	99,91	99,88	99,89	99,88	99,88	99,68	99,72	99,86
Li	--	--	--	--	--	12	13	4	--	4
Be	0,95	0,95	1,1	--	1,05	1,4	1,5	0,5	--	1,1
B	2,4	3,7	3,4	--	6,8	3	6,7	21	--	9
F	480	420	520	--	420	350	340	270	--	50
Sc	41	40	51	--	50	54	47	40,1	--	37
V	230	180	210	--	320	260	350	220	--	266
Cr	160	140	170	--	150	150	99	138	--	104,5
Co	46	46	48	--	54	43	43	47,4	--	41,6
Ni	68	130	410	--	150	110	24	123	--	82,3
Cu	46	110	110	--	77	36	32	165	--	131
Zn	100	74	80	--	94	71	66	85	--	84
Rb	--	--	--	--	--	19	22	6	--	20
Sr	260	180	190	--	320	380	350	170	--	230
Y	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
Zr	170	160	180	--	210	180	--	126	--	138
Nb	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
Pd	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
Ag	0,03	0,07	0,08	--	0,04	0,04	--	0,08	--	0,04
Sn	2	2,2	2,1	--	1,7	1,7	1,6	3,7	--	4,9
Ba	270	290	220	--	430	350	430	150	--	230
Pt	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
Pb	5,8	9,7	11	--	6,8	3,9	3,3	14	--	4,9
⁸⁷ Sr/ ⁸⁶ Sr(пер.)	--	--	--	0,70900	--	0,70887	--	--	--	--

Таблица 2.5 (продолжение)

№ пробы	1135sg19	1157sg19	1366sg13	1422sg13	1434sg13	1466sg13	1160sg19	1164sg19
№ п/п	71	72	64	65	66	67	73	74
SiO ₂	50,67	48,71	52,05	49,53	51,31	51,94	49,52	49,75
TiO ₂	1,02	0,92	0,97	0,97	0,97	0,98	0,95	0,96
Al ₂ O ₃	15,56	16,02	15,16	15,43	15,23	15,33	15,1	15,61
FeO*	10,37	10,2	9,08	9,03	9,12	9,25	9,92	9,4
MnO	0,16	0,16	0,17	0,18	0,15	0,14	0,21	0,17
MgO	5,07	6,11	6,53	7,8	6,92	6,79	6,13	6,19
CaO	11,45	11,6	8,68	8,96	11,02	10,41	11,9	11,42
Na ₂ O	2,47	2,33	2,63	2,33	2,05	2,12	2,27	2,38
K ₂ O	0,97	0,66	1,67	1,89	0,78	0,99	0,76	0,83
P ₂ O ₅	0,19	0,18	0,12	0,13	0,13	0,12	0,18	0,17
Ппп	1,79	2,91	2,82	3,62	2,22	1,81	2,96	2,92
Summa	99,72	099,8	99,88	99,87	99,90	99,88	99,90	99,80
Li	--	--	11	--	--	9	4	--
Be	--	--	1,3	0,85	1,25	1,2	0,75	--
B	--	--	6,4	4,1	2,6	5	6	--
F	--	--	540	480	300	350	320	--
Sc	--	--	46	48	27	60	18	--
V	--	--	340	290	260	360	287	--
Cr	--	--	160	230	150	260	113	--
Co	--	--	48	47	42	56	64	--
Ni	--	--	32	72	59	72	95	--
Cu	--	--	36	42	62	180	152	--
Zn	--	--	71	130	69	81	93	--
Rb	--	--	42	--	--	9	5	--
Sr	--	--	440	260	220	270	250	--
Y	--	--	--	--	--	--	26	--
Zr	--	--	--	150	140	--	160	--
Nb	--	--	--	--	--	--	6,4	--
Pd	--	--	--	--	--	--	--	--
Ag	--	--	--	0,04	0,04	--	0,08	--
Sn	--	--	1,5	1,9	1,8	1,6	16	--
Ba	--	--	670	860	220	360	190	--
Pt	--	--	--	--	--	--	--	--
Pb	--	--	2	1	3,8	4,7	15	--
⁸⁷ Sr/ ⁸⁶ Sr(непр.)	--	--	--	--	--	--	0,70618	--

Таблица 2.5 (продолжение)

№ пробы	1170sg	1183sg	1187sg	1205sg	1209sg	1213sg	1218sg	1230sg	1263sg	1268sg
	19	19	19	19	19	19	19	19	19	19
№ п/п	75	76	77	78	79	80	81	82	83	84
SiO ₂	48,83	48,33	48,04	48,92	48,91	49,79	49,36	48,70	52,79	51,52
TiO ₂	0,90	0,92	0,93	1,13	1,13	1,16	1,14	1,10	1,05	1,09
Al ₂ O ₃	15,33	15,76	15,68	14,84	14,76	14,97	14,76	14,06	14,36	14,45
FeO*	11,13	9,75	9,58	10,3	11,55	10,56	9,76	10,37	9,9	10,29
MnO	0,14	0,21	0,15	0,15	0,14	0,16	0,17	0,17	0,14	0,15
MgO	6,16	6,29	5,95	6,98	7,97	6,43	6,71	6,41	5,16	6,56
CaO	11,35	12,4	12,31	11,68	8,87	11,62	11,94	10,21	10,25	10,19
Na ₂ O	2,04	2,27	2,04	1,99	2,91	2,03	2,04	3,45	2,07	2,04
K ₂ O	0,69	0,74	0,73	0,48	0,22	0,41	0,47	0,40	0,76	0,65
P ₂ O ₅	0,17	0,17	0,18	0,13	0,14	0,14	0,14	0,14	0,12	0,13
Ппп	3,07	3,03	4,25	3,17	3,20	2,52	3,37	4,8	3,26	2,79
Summa	99,81	99,87	99,84	99,77	99,8	99,79	99,86	99,81	99,86	99,86
Li	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
Be	--	--	--	--	--	--	--	0,8	--	--
B	--	--	--	--	--	--	--	9	--	--
F	--	--	--	--	--	--	--	560	--	--
Sc	--	--	--	--	--	--	--	32	--	--
V	--	--	--	--	--	--	--	320	--	--
Cr	--	--	--	--	--	--	--	182	--	--
Co	--	--	--	--	--	--	--	48	--	--
Ni	--	--	--	--	--	--	--	103	--	--
Cu	--	--	--	--	--	--	--	180	--	--
Zn	--	--	--	--	--	--	--	80	--	--
Rb	--	--	--	--	--	--	--	5	--	--
Sr	--	--	--	--	--	--	--	430	--	--
Y	--	--	--	--	--	--	--	25	--	--
Zr	--	--	--	--	--	--	--	169	--	--
Nb	--	--	--	--	--	--	--	5	--	--
Pd	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
Ag	--	--	--	--	--	--	--	0,18	--	--
Sn	--	--	--	--	--	--	--	2,1	--	--
Ba	--	--	--	--	--	--	--	160	--	--
Pt	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
Pb	--	--	--	--	--	--	--	23	--	--
⁸⁷ Sr/ ⁸⁶ Sr(нера.)	--	--	--	--	--	--	--	0,70738	--	--

Таблица 2.5 (продолжение)

№ пробы	1272sg19	1276sg19	1293sg19	1306sg19	1315sg19	1319sg19	1325sg 19	1337sg19	1343sg 19
№ п/п	85	86	87	88	89	90	91	92	93
SiO ₂	51,14	50,93	51,59	50,50	49,15	51,43	49,43	50,95	52,15
TiO ₂	1,07	1,08	1,05	1,04	0,96	1,01	1,02	0,96	0,97
Al ₂ O ₃	14,34	14,39	14,3	14,57	15,41	15,03	15,75	14,84	14,11
FeO*	10,2	9,99	10,16	10,53	9,89	8,85	10,08	8,53	9,11
MnO	0,14	0,14	0,15	0,13	0,12	0,12	0,11	0,16	0,13
MgO	5,66	5,36	5,92	6,02	6,80	6,31	6,33	6,02	6,27
CaO	10,9	11,24	9,35	9,09	9,84	9,05	10,19	13,27	8,75
Na ₂ O	2,16	1,98	2,93	3,05	2,43	2,54	2,07	2,14	2,78
K ₂ O	0,85	0,84	0,76	0,96	0,84	1,47	0,88	0,79	1,37
P ₂ O ₅	0,13	0,13	0,13	0,12	0,11	0,12	0,13	0,12	0,12
Ппп	3,27	3,78	3,52	3,85	4,49	3,95	3,87	2,03	4,12
Summa	99,86	99,86	99,86	99,86	100,04	99,88	99,86	99,81	99,88
Li	--	5	--	--	--	12	--	15	--
Be	--	1,3	--	--	0,9	0,75	--	0,8	--
B	--	16	--	--	12	24	--	23	--
F	--	320	--	--	380	410	--	280	--
Sc	--	32,5	--	--	24	22,4	--	35	--
V	--	205	--	--	230	424	--	258	--
Cr	--	63,2	--	--	152	153	--	98	--
Co	--	41,6	--	--	48	81	--	58	--
Ni	--	45,7	--	--	65	63,2	--	45	--
Cu	--	129	--	--	100	93	--	72,6	--
Zn	--	81	--	--	82	77	--	130	--
Rb	--	18	--	--	12	21	--	30	--
Sr	--	210	--	--	340	470	--	260	--
Y	--	--	--	--	17	--	--	--	--
Zr	--	153	--	--	200	235	--	142	--
Nb	--	--	--	--	9,3	--	--	--	--
Pd	--	--	--	--	--	--	--	--	--
Ag	--	0,04	--	--	0,15	0,09	--	0,26	--
Sn	--	4	--	--	1,6	2,7	--	2,7	--
Ba	--	180	--	--	290	440	--	250	--
Pt	--	--	--	--	--	--	--	--	--
Pb	--	8,7	--	--	11	28	--	83	--
⁸⁷ Sr/ ⁸⁶ Sr(перв.)	--	--	--	--	0,70886	--	--	--	--

Таблица 2.5 (продолжение)

№ пробы	1570sg	1576sg	1584sg	1587sg19	1601sg	1603sg19	1607sg	1610sg	1614sg	1619sg
	19	19	19		19		19	19	19	19
№ п/п	123	124	125	126	127	128	129	130	131	132
SiO ₂	48,11	51,62	51,28	50,71	52,01	50,62	51,26	51,20	51,23	51,90
TiO ₂	1,00	0,95	0,97	0,88	1,00	0,94	0,98	0,94	0,98	1,00
Al ₂ O ₃	15,51	15,14	15,1	15,11	15,48	15,16	14,65	15,44	14,78	15,08
FeO*	9,95	8,35	8,6	9,14	8,68	9,48	9,76	9,30	9,46	9,32
MnO	0,11	0,13	0,12	0,13	0,14	0,16	0,12	0,16	0,16	0,13
MgO	8,05	5,99	6,09	6,79	6,79	7,55	7,40	7,05	7,20	6,90
CaO	10,12	11,27	11,41	11,07	9,92	10,00	7,99	10,63	10,02	10,44
Na ₂ O	1,86	2,2	2,17	2,14	2,72	2,87	3,30	2,30	2,72	2,13
K ₂ O	0,42	1,10	1,03	0,72	1,26	1,01	1,24	1,05	1,20	0,86
P ₂ O ₅	0,12	0,12	0,12	0,11	0,13	0,11	0,12	0,11	0,12	0,12
Ппп	4,61	3,06	2,99	3,11	1,78	1,96	3,04	1,73	2,03	2,03
Summa	99,86	99,93	99,88	99,91	99,91	99,86	99,86	99,91	99,9	99,91
Li	--	--	6	--	--	14	--	--	--	--
Be	--	--	0,65	0,75	--	0,75	--	--	--	--
B	--	--	12	6	--	13	--	--	--	--
F	--	--	220	300	--	280	--	--	--	--
Sc	--	--	52,6	30	--	55,1	--	--	--	--
V	--	--	330	255	--	267	--	--	--	--
Cr	--	--	327	250	--	282	--	--	--	--
Co	--	--	78	40	--	61,8	--	--	--	--
Ni	--	--	50,6	100	--	54	--	--	--	--
Cu	--	--	127	45	--	105	--	--	--	--
Zn	--	--	56	79	--	63	--	--	--	--
Rb	--	--	12	5	--	21	--	--	--	--
Sr	--	--	240	250	--	350	--	--	--	--
Y	--	--	--	17	--	--	--	--	--	--
Zr	--	--	252	190	--	263	--	--	--	--
Nb	--	--	--	4	--	--	--	--	--	--
Pd	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
Ag	--	--	0,02	0,06	--	0,03	--	--	--	--
Sn	--	--	1,9	1,3	--	6	--	--	--	--
Ba	--	--	360	170	--	310	--	--	--	--
Pt	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
Pb	--	--	3,3	9,4	--	5,9	--	--	--	--
⁸⁷ Sr/ ⁸⁶ Sr(перн.)	--	--	--	0,70805	--	--	--	--	--	--

Таблица 2.5 (продолжение)

№ пробы	1624sg1	1626sg	1629sg	1632sg	1637sg	1640sg	1646sg	sg32-1701	sg32-1782	sg32-1838
№ п/п	133	134	135	136	137	138	139	140	141	142
SiO ₂	51,49	52,72	51,37	51,09	51,12	50,72	51,45	49,52	49,96	52,31
TiO ₂	1,00	0,97	0,95	0,96	0,93	0,89	0,93	0,96	1,13	1,08
Al ₂ O ₃	15,19	14,3	13,75	14,69	14,70	14,44	14,79	15,49	15,16	14,92
FeO*	9,00	8,45	10,75	10,02	9,11	9,58	9,49	10,57	10,61	10,17
MnO	0,16	0,15	0,17	0,15	0,15	0,15	0,15	0,17	0,20	0,17
MgO	6,68	7,86	6,09	7,63	7,13	6,76	7,24	6,49	6,81	6,36
CaO	10,7	5,85	8,11	6,49	8,29	8,83	7,55	11,92	11,6	10,48
Na ₂ O	2,47	4,97	5,23	4,41	3,51	4,43	4,39	2,29	2,21	2,26
K ₂ O	1,16	1,36	0,52	1,12	1,90	0,67	0,98	0,57	0,61	1,16
P ₂ O ₅	0,12	0,13	0,10	0,11	0,10	0,10	0,11	0,22	0,17	0,14
Ппп	1,91	3,13	2,90	3,19	2,98	3,34	2,81	--	--	--
Summa	99,88	99,89	99,64	99,86	99,92	99,91	99,89	100,27	100,22	100,13
Li	7	--	--	--	--	--	--	--	--	--
Be	0,65	--	--	--	--	--	--	--	--	--
B	12	--	--	--	--	--	--	--	--	--
F	450	--	--	--	--	--	--	--	--	--
Sc	33,6	--	--	--	--	--	--	35	36	32
V	300	--	--	--	--	--	--	--	--	--
Cr	285	--	--	--	--	--	--	116	93	26
Co	64,3	--	--	--	--	--	--	41	46	43
Ni	57	--	--	--	--	--	--	108	104	50
Cu	153	--	--	--	--	--	--	30	135	81
Zn	65	--	--	--	--	--	--	106	69	92
Rb	36	--	--	--	--	--	--	11	13	23
Sr	260	--	--	--	--	--	--	322	249	250
Y	--	--	--	--	--	--	--	33	31	28
Zr	219	--	--	--	--	--	--	119	133	141
Nb	--	--	--	--	--	--	--	12	14	12
Pd	--	--	--	--	--	--	--	2	8,5	5
Ag	0,05	--	--	--	--	--	--	--	--	--
Sn	2,1	--	--	--	--	--	--	--	--	--
Ba	350	--	--	--	--	--	--	296	223	321
Pt	--	--	--	--	--	--	--	2,1	8,1	5
Pb	3,7	--	--	--	--	--	--	3,4	3,11	5,7
⁸⁷ Sr/ ⁸⁶ Sr(перв.)	--	--	--	--	--	--	--	0,70624	0,70643	0,70851

Таблица 2.5 (продолжение)

№ пробы	sg32-1970	sg32-1982	sg32-2069	sg32-2144	sg32-2149	sg32-2215	glubL35	glubL36	glubL37
№ п/п	143	144	145	146	147	148	149	150	151
SiO ₂	52,05	51,06	53,24	52,44	51,92	53,05	48,69	51,3	50,05
TiO ₂	0,95	0,89	0,98	0,90	0,95	0,91	1,19	1,18	1,33
Al ₂ O ₃	14,89	15,12	15,17	14,87	15,24	15,13	14,65	14,68	14,23
FeO*	9,69	9,57	9,6	9,38	9,67	9,26	11,44	11,94	12,01
MnO	0,16	0,17	0,17	0,17	0,16	0,16	0,2	0,18	0,21
MgO	6,67	7,27	6,33	7,45	7,13	6,77	7,14	5,88	6,35
CaO	10,58	10,56	9,94	8,84	10,67	9,33	11,00	9,99	11,07
Na ₂ O	2,21	2,47	2,3	2,77	2,29	2,73	2,03	2,36	2,1
K ₂ O	1,12	2,10	1,41	2,01	1,13	1,81	0,69	1,03	0,78
P ₂ O ₅	0,13	0,11	0,14	0,12	0,12	0,12	0,14	0,16	0,17
Ппп	--	--	--	--	--	--	--	--	--
Summa	100,19	100,08	100,08	100,13	100,07	99,18	97,17	98,7	98,3
Li	--	--	--	--	--	--	--	--	--
Be	--	--	--	--	--	--	--	--	--
B	--	--	--	--	--	--	--	--	--
F	--	--	--	--	--	--	--	--	--
Sc	30	30	30	32	33	32	--	--	--
V	--	--	--	--	--	--	--	--	--
Cr	106	72	127	247	172	268	--	--	--
Co	41	40	38	40	42	41	--	--	--
Ni	53	24	24	41	54	76	--	--	--
Cu	75	10	26	31	56	103	--	--	--
Zn	84	90	93	89	92	84	--	--	--
Rb	37	88	38	61	29	62	14,29	--	21,61
Sr	239	402	262	337	271	335	216,9	--	200,6
Y	27	19	30	25	28	21	--	--	--
Zr	130	109	142	131	131	124	--	--	--
Nb	15	4	14	13	12	7	--	--	--
Pd	5	5	5	5	5	3	--	--	--
Ag	--	--	--	--	--	--	--	--	--
Sn	--	--	--	--	--	--	--	--	--
Ba	285	762	380	884	353	376	--	--	--
Pt	5	5	5	0,7	5	5,2	--	--	--
Pb	4,94	2,13	12,37	2,01	5	3,83	--	--	--
⁸⁷ Sr/ ⁸⁶ Sr _(непр.)	0,70871	0,70863	0,70872	0,70817	0,70742	0,70767	0,70645	--	0,70575

Таблица 2.5 (окончание)

№ пробы	glubL38	N	Сред.	Ст. Откл.	Мин.	Макс.
№ п/п	152					
SiO ₂	53,66	152	50,79	1,49	45,21	55,08
TiO ₂	1,10	152	1,01	0,09	0,81	1,40
Al ₂ O ₃	15,06	152	15,20	0,72	13,75	20,86
FeO*	10,97	152	9,76	0,78	7,77	12,30
MnO	0,17	152	0,16	0,02	0,11	0,23
MgO	6,00	152	6,57	0,59	5,07	8,13
CaO	9,90	152	10,18	1,46	0,86	13,27
Na ₂ O	2,34	152	2,49	0,55	1,73	5,23
K ₂ O	1,40	152	1,02	0,44	0,07	2,61
P ₂ O ₅	0,12	152	0,13	0,03	0,07	0,22
Ппп	--	140	2,70	1,08	0,50	5,00
Summa	100,72	152	99,84	0,65	92,86	100,72
Li	--	51	9,3	5,2	4,0	34
Be	--	68	1,0	0,2	0,5	1,8
B	--	68	8,65	8,60	2,00	50
F	--	68	355	97	50	560
Sc	--	93	41	14	17,5	85
V	--	84	290	77	180	560
Cr	--	93	130	64	26	334
Co	--	92	49	12	33	115
Ni	--	93	90	166	12	1600
Cu	--	92	85	48	9,0	280
Zn	--	93	85	16	7,6	130
Rb	41,55	82	23	18	2,4	92,4
Sr	233,9	96	280	83	49	519
Y	--	36	24	4	17	33
Zr	--	81	160	38	103	263
Nb	--	35	9	2,6	4,0	15
Pd	--	10	4,8	1,7	2,0	8,5
Ag	--	54	0,08	0,07	0,01	0,31
Sn	--	68	2,5	1,9	1,3	16
Ba	--	81	365	215	100	1295
Pt	--	10	4,6	1,9	0,7	8,1
Pb	9,12	79	7,3	11	1,0	83
⁸⁷ Sr/ ⁸⁶ Sr _(перв.)	0,70867					

Анализы по: 1-4 – Lightfoot et al., 1993; 5-22 - наши данные; 23-32 - Lightfoot et al., 1990; 34-139 - наши данные; 140-148 – Wooden et al., 1993; 149-152 – Sharma et al., 1991, 1992.

Таблица 2.6. Химический состав пород моронговской свиты.

№ пробы	МК-41	1133sg9	788sg9	819sg9	864sg9	947sg9	1012sg9	1036sg9	1109sg9
№ п/п	1	2	3	4	5	6	7	8	9
SiO ₂	50,65	49,29	49,17	48,77	48,75	48,68	49,01	48,26	49,81
TiO ₂	1,05	1,10	1,12	1,13	1,11	1,10	1,13	1,11	1,28
Al ₂ O ₃	15,97	15,26	16,82	17,02	16,16	16,96	16,22	17,28	16,39
FeO*	10,4	10,9	10,97	10,46	11,45	10,84	11,09	11,19	11,37
MnO	0,17	0,18	0,19	0,17	0,2	0,18	0,19	0,19	0,18
MgO	6,20	7,60	7,19	7,17	7,17	7,24	7,21	6,96	5,81
CaO	11,44	11,79	11,41	11,45	10,88	11,07	11,14	10,98	11,38
Na ₂ O	2,39	2,05	1,99	1,91	1,93	1,87	2,05	1,98	2,03
K ₂ O	1,02	0,41	0,25	0,24	0,46	0,35	0,28	0,20	0,62
P ₂ O ₅	0,19	0,12	0,1	0,11	0,12	0,12	0,11	0,10	0,13
Ппп	0,16	1,31	0,80	1,60	1,80	1,60	1,60	1,80	1,00
Summa	99,64	100,01	100,01	100,03	100,03	100,01	100,03	100,05	100,00
Li	8	3	--	--	--	--	--	--	--
Be	1	0,5	--	--	--	--	--	--	--
B	2	2	--	--	--	--	--	--	--
F	520	290	--	--	--	--	--	--	--
Sc	36	52	38	37	35	31	38	38	41
V	180	400	270	261	248	219	285	275	297
Cr	68	78	175	225	153	130	207	192	172
Co	45	85	41	40	47	42	42	42	40
Ni	83	130	97	115	113	104	108	96	51
Cu	71	160	125	110	134	121	154	100	126
Zn	89	110	96	91	104	96	99	99	103
Rb	13	3	9,1	1,9	9,5	3,7	2,2	1,6	9,8
Sr	310	150	230	198	197	204	203	214	198
Y	--	--	21,9	21,4	23,4	22,5	22,6	23,7	25,4
Zr	120	170	90	82	97	88	91	102	110
Nb	--	--	5,1	4,7	5,4	5,1	4,9	5,5	6,7
Pd	--	--	--	--	--	--	--	--	--
Ag	0,15	0,16	--	--	--	--	--	--	--
Sn	1,4	1,8	--	--	--	--	--	--	--
Ba	230	90	--	--	--	--	--	--	--
Pt	--	--	--	--	--	--	--	--	--
Pb	4	2,7	--	--	--	--	--	--	--
⁸⁷ Sr/ ⁸⁶ Sr _(непр.)	--	--	0,70577	0,70533	--	--	0,70515	--	--

Таблица 2.6 (продолжение)

№ пробы	1129sg9	1151sg9	1160sg9	1271sg9	591sg13	599sg13	609sg13	617sg13	619sg13
№ п/п	10	11	12	13	14	15	16	17	18
SiO ₂	49,24	49,49	49,28	49,73	48,62	46,03	47,78	48,58	47,39
TiO ₂	0,99	1,04	1,01	0,84	1,16	1,16	1,18	1,20	1,15
Al ₂ O ₃	15,69	15,45	16,24	17,71	15,28	15,48	15,12	15,54	15,13
FeO*	11,03	11,02	10,11	9,65	10,90	11,26	10,51	10,84	10,99
MnO	0,17	0,18	0,16	0,17	0,18	0,17	0,19	0,19	0,17
MgO	7,25	7,04	6,96	6,09	7,4	8,45	8,78	7,17	7,03
CaO	11,10	11,48	11,37	10,83	11,28	10,65	8,00	11,65	11,73
Na ₂ O	1,78	1,91	1,92	2,06	2,14	2,07	3,58	2,21	2,14
K ₂ O	0,32	0,51	0,31	0,91	0,48	0,61	0,40	0,28	0,23
P ₂ O ₅	0,09	0,11	0,1	0,14	0,14	0,14	0,14	0,14	0,14
Ппп	2,40	01,8	2,60	1,90	2,24	3,79	4,18	2,05	3,73
Summa	100,06	100,03	100,06	100,03	99,82	99,81	99,86	99,85	99,83
Li	--	--	--	--	--	--	--	2	--
Be	--	--	--	--	0,85	0,85	0,6	0,6	1
B	--	--	--	--	3,2	3,8	4,6	10,8	3,3
F	--	--	--	--	200	100	240	290	220
Sc	37	37	38	--	57	58	46	36	44
V	253	254	256	--	290	280	410	320	480
Cr	100	148	115	--	160	140	150	110	170
Co	45	41	42	--	63	60	61	58	59
Ni	91	80	93	--	260	150	140	140	210
Cu	92	124	81	--	200	170	170	180	160
Zn	94	96	92	--	97	91	96	110	98
Rb	3,5	6,8	2,1	20,7	--	--	--	3	--
Sr	194	212	222	301	210	250	280	240	260
Y	20,4	23,4	23,1	24	--	--	--	--	--
Zr	83	109	95	104	130	120	130	110	130
Nb	4,9	6,1	5,9	7,6	--	--	--	--	--
Pd	--	--	--	--	--	--	--	--	--
Ag	--	--	--	--	0,08	0,05	0,03	0,23	0,08
Sn	--	--	--	--	2	2,4	1,7	1,8	2,2
Ba	--	--	--	--	100	140	100	90	100
Pt	--	--	--	--	--	--	--	--	--
Pb	--	--	--	--	2,3	2,3	1,5	2,2	2
⁸⁷ Sr/ ⁸⁶ Sr(перн.)	0,70624	0,70622	--	--	--	--	--	--	--

Таблица 2.6 (продолжение)

№ пробы	987sg19	994sg19	999sg19	1002sg19	1010sg19	1015sg19	1020sg19	1027sg19	1032sg19
№ п/п	82	83	84	85	86	87	88	89	90
SiO ₂	48,47	48,53	51,10	46,36	49,21	48,97	49,24	49,14	48,37
TiO ₂	1,22	1,08	1,30	1,33	1,17	1,22	1,23	1,08	1,09
Al ₂ O ₃	14,87	14,31	13,49	15,72	14,14	14,62	14,64	15,06	15,11
FeO*	11,58	9,79	10,96	12,14	11,79	11,24	11,38	10,38	10,60
MnO	0,21	0,14	0,19	0,23	0,22	0,17	0,19	0,17	0,19
MgO	7,67	8,78	7,11	5,84	7,76	6,82	6,89	7,16	7,25
CaO	10,87	10,88	8,31	12,36	7,65	12,00	11,92	10,49	12,16
Na ₂ O	2,07	1,80	4,18	2,09	3,62	2,00	2,04	3,11	1,96
K ₂ O	0,45	0,15	0,3	0,11	0,55	0,16	0,18	0,19	0,14
P ₂ O ₅	0,15	0,11	0,16	0,14	0,14	0,14	0,14	0,12	0,12
Пипп	2,29	4,42	2,76	3,48	3,55	2,50	1,99	2,96	2,85
Summa	99,85	99,99	99,86	99,8	99,8	99,84	99,84	99,86	99,84
Li	--	--	11	--	--	--	2	--	--
Be	--	--	0,65	--	--	--	0,8	--	--
B	--	--	8	--	--	--	6	--	--
F	--	--	340	--	--	--	250	--	--
Sc	--	--	52,7	--	--	--	49,5	--	--
V	--	--	366	--	--	--	397	--	--
Cr	--	--	179	--	--	--	214	--	--
Co	--	--	45,9	--	--	--	46,7	--	--
Ni	--	--	69,3	--	--	--	86,2	--	--
Cu	--	--	122	--	--	--	205	--	--
Zn	--	--	86	--	--	--	83	--	--
Rb	--	--	4	--	--	--	2	--	--
Sr	--	--	180	--	--	--	250	--	--
Y	--	--	--	--	--	--	26	--	--
Zr	--	--	164	--	--	--	155	--	--
Nb	--	--	--	--	--	--	5,5	--	--
Pd	--	--	--	--	--	--	--	--	--
Ag	--	--	0,09	--	--	--	0,06	--	--
Sn	--	--	2,9	--	--	--	12	--	--
Ba	--	--	170	--	--	--	110	--	--
Pt	--	--	--	--	--	--	--	--	--
Pb	--	--	7,2	--	--	--	21	--	--
⁸⁷ Sr/ ⁸⁶ Sr(перв.)	--	--	--	--	--	--	0,70614	--	--

Таблица 2.6 (продолжение)

№ пробы	1100sg19	1104sg19	1109sg19	1114sg19	sg32-1311	sg32-1415	sg32-1528	sg32-1645	glubL32
№ п/п	100	101	102	103	104	105	106	107	108
SiO ₂	48,65	49,8	49,87	50,23	49,14	49,31	49,40	48,28	47,68
TiO ₂	1,03	0,98	0,97	0,94	1,08	1,18	1,23	1,07	1,19
Al ₂ O ₃	14,38	15,49	15,83	15,93	15,23	15,56	15,31	15,19	15,35
FeO*	12,1	10,09	9,99	10	10,99	11,58	11,72	10,58	12,09
MnO	0,16	0,17	0,17	0,16	0,18	0,20	0,19	0,18	0,20
MgO	6,92	6,18	6,02	5,98	7,76	7,36	7,45	7,33	7,22
CaO	10,29	11,04	11,42	11,41	12,08	11,66	11,43	11,97	11,14
Na ₂ O	2,22	2,53	2,49	2,40	2,00	2,07	2,17	1,96	1,97
K ₂ O	0,97	0,92	0,92	0,9	0,38	0,36	0,47	0,24	0,42
P ₂ O ₅	0,19	0,18	0,18	0,18	0,14	0,14	0,15	0,14	0,14
Ппп	2,88	2,47	1,89	1,72	--	--	--	--	--
Summa	99,79	99,85	99,75	99,85	100,16	100,08	100,08	100,49	97,4
Li	5	--	--	--	--	--	--	--	--
Be	0,8	--	--	--	--	--	--	--	--
B	11	--	--	--	--	--	--	--	--
F	900	--	--	--	--	--	--	--	--
Sc	30,4	--	--	--	38	39	39	34	--
V	222	--	--	--	--	--	--	--	--
Cr	84,4	--	--	--	191	126	162	75	--
Co	35,3	--	--	--	48	51	49	46	--
Ni	94,7	--	--	--	148	142	140	115	--
Cu	192	--	--	--	98	142	64	69	--
Zn	86	--	--	--	105	87	101	106	--
Rb	16	--	--	--	9	7	12	4	5,88
Sr	310	--	--	--	205	216	205	229	207,9
Y	--	--	--	--	25	31	35	26	--
Zr	145	--	--	--	85	103	108	108	--
Nb	--	--	--	--	10	8	8	7	--
Pd	--	--	--	--	9,6	13,4	10	3,2	--
Ag	0,07	--	--	--	--	--	--	--	--
Sn	9,8	--	--	--	--	--	--	--	--
Ba	250	--	--	--	144	146	152	158	--
Pt	--	--	--	--	11,3	15,4	11,3	7,7	--
Pb	7,1	--	--	--	1,55	2,49	2,12	2,54	7
⁸⁷ Sr/ ⁸⁶ Sr(перв.)	--	--	--	--	0,70509	0,70518	0,70503	0,70624	0,70512

Таблица 2.6 (окончание)

№ пробы	glubL33	glubL34	mrsr	N	Сред.	Ст.откл.	Мин.	Макс
№ п/п	109	110	111					
SiO ₂	48,64	49,87	49,72	111	48,50	1,08	45,76	52,24
TiO ₂	1,17	1,34	1,13	111	1,15	0,11	0,84	1,95
Al ₂ O ₃	15,11	13,89	15,70	111	15,18	0,67	13,49	17,71
FeO*	11,51	12,02	11,74	111	11,06	0,58	9,00	12,84
MnO	0,19	0,23	0,18	111	0,19	0,02	0,13	0,27
MgO	7,24	6,62	7,38	111	7,29	0,58	5,63	8,81
CaO	11,17	11,07	11,54	111	10,90	1,30	5,86	12,36
Na ₂ O	1,86	2,1	2,03	111	2,24	0,50	1,73	4,34
K ₂ O	0,37	0,72	0,31	111	0,42	0,42	0,10	3,79
P ₂ O ₅	0,15	0,16	0,12	111	0,14	0,02	0,09	0,29
Ппп	--	--	--	103	2,88	0,97	0,16	5,72
Summa	97,41	98,02	--	111	98,99	9,48	98,50	100,49
Li	--	--	--	27	5	2	2,0	13
Be	--	--	--	42	0,75	0,23	0,35	1,50
B	--	--	--	42	6,0	7,0	2,0	45
F	--	--	--	42	280	137	100	900
Sc	--	--	45	56	42	9	20,6	62
V	--	--	354	53	340	89	180	600
Cr	--	--	88	57	165	47	68	287
Co	--	--	51	57	55	10	35	85
Ni	--	--	109	57	150	95	51	670
Cu	--	--	227	57	155	69	43	560
Zn	--	--	133	57	95	9	73	130
Rb	3,69	--	4,1	42	5,5	4	1,0	20,7
Sr	202,7	--	242	60	220	56	150	420
Y	--	--	24,9	20	25	3	20	35
Zr	--	--	96	54	130	32	82	270
Nb	--	--	4,0	21	7,5	5,7	4,7	31
Pd	--	--	--	5	9,05	3,9	3,2	13,4
Ag	--	--	--	34	0,10	0,09	0,02	0,50
Sn	--	--	--	42	3,7	3,1	1,4	14
Ba	--	--	96	47	120	41	55	250
Pt	--	--	--	5	11,4	2,7	7,7	15,4
Pb	--	--	908	46	6,3	7,6	1,0	38
⁸⁷ Sr/ ⁸⁶ Sr _(пер.)	0,70508	--	--					

Анализы по: 1-2 – наши данные; 3-13 – Lightfoot et al., 1990; 14-103 – наши данные; 104-107 – Wooden et al., 1993; 108-110 – Sharma et al., 1991, 1992; 111 – среднее из 16 анализов - Гладких и др., 1992.

Таблица 2.7. Химический состав пород мокулаевской свиты.

№ пробы	МК-19В	МК-24А	МК-25	МК-27	МК-29	МК-31	МК-33	sg32-719	sg32-799
№ п/п	1	2	3	4	5	6	7	8	9
SiO ₂	48,25	48,05	48,51	48,30	47,14	48,46	49,19	46,13	48,81
TiO ₂	1,28	1,32	1,25	1,39	1,33	1,20	1,19	1,31	1,42
Al ₂ O ₃	15,39	15,12	15,15	15,53	15,29	15,43	15,45	15,85	15,29
FeO*	11,65	11,96	11,20	12,10	11,50	10,75	11,50	12,48	12,42
MnO	0,18	0,19	0,18	0,19	0,17	0,18	0,19	0,21	0,20
MgO	7,27	7,03	7,27	7,25	6,54	7,30	7,47	7,11	6,70
CaO	11,18	11,26	11,59	10,79	11,16	11,18	11,41	11,66	10,80
Na ₂ O	2,36	2,76	2,24	2,27	2,25	2,25	2,29	2,02	2,26
K ₂ O	0,18	0,28	0,18	0,3	0,18	0,48	0,27	0,11	0,29
P ₂ O ₅	0,13	0,15	0,13	0,14	0,18	0,14	0,14	0,15	0,17
Ппп	1,96	1,74	2,13	1,55	3,14	2,48	0,75	--	--
Summa	99,83	99,86	99,83	99,81	98,1	99,85	99,85	100,55	100,26
Li	3	4	3	4	2	4	4	--	--
Be	0,4	0,4	0,55	0,7	0,6	0,8	0,65	--	--
B	3,2	3,4	2	2	2	2,1	2,6	--	--
F	210	280	210	230	180	240	250	--	--
Sc	57	41	41	73	63	46	39	40	37
V	370	380	370	420	320	260	460	--	--
Cr	230	120	170	170	200	110	120	131	71
Co	67	59	62	64	66	56	71	53	50
Ni	190	150	170	220	180	130	150	155	137
Cu	210	310	190	230	130	160	150	148	147
Zn	110	130	120	140	140	120	100	91	73
Rb	4	2	4	4	4	9	4	2	5
Sr	170	220	200	180	180	200	210	178	204
Y	--	--	--	--	--	--	--	31	27
Zr	150	130	130	170	140	130	160	105	114
Nb	--	2,8	--	3,7	--	--	--	13	14
Pd	--	--	--	--	--	--	--	10,6	10,4
Ag	0,17	0,19	0,13	0,55	0,14	0,24	0,44	--	--
Sn	2,5	2,3	2,1	2,5	2,8	1,8	1,9	--	--
Ba	80	80	75	120	100	120	130	68	145
Pt	--	--	--	--	--	--	--	11,6	11,4
Pb	1,3	1,8	1,8	1,8	2,1	2	2	1,49	1,82
⁸⁷ Sr/ ⁸⁶ Sr _(перв.)	--	--	--	--	--	--	--	0,70509	0,70516

Таблица 2.7 (продолжение)

№ пробы	sg32-1070	sg32-1203	sg32-1255	85,6sg9	294,5sg9	367sg9	414sg9	449sg9	502sg9
№ п/п	10	11	12	13	14	15	15	17	18
SiO ₂	48,12	49,07	48,89	48,39	47,82	48,12	48,50	48,34	49,40
TiO ₂	1,22	1,19	1,19	1,33	1,27	1,19	1,22	1,22	1,22
Al ₂ O ₃	15,29	15,2	15,11	16,45	15,37	17,48	17,21	15,96	16,34
FeO*	11,67	11,57	11,43	11,87	11,84	11,08	11,25	11,66	11,36
MnO	0,19	0,18	0,20	0,18	0,21	0,20	0,18	0,20	0,19
MgO	6,65	6,69	6,97	6,85	7,18	6,77	6,81	6,59	6,68
CaO	12,34	12,14	12,27	11,04	10,88	11,35	10,65	11,59	11,67
Na ₂ O	1,98	2,13	2,07	2,17	2,03	1,95	1,97	1,98	2,04
K ₂ O	0,10	0,22	0,12	0,23	0,37	0,17	0,75	0,22	0,20
P ₂ O ₅	0,16	0,16	0,15	0,10	0,12	0,11	0,09	0,09	0,10
Ппп	--	--	--	1,40	3,00	1,60	1,40	2,20	0,80
Summa	100,39	100,22	100,25	100,01	100,09	100,02	100,03	100,05	100
Li	--	--	--	--	--	--	--	--	--
Be	--	--	--	--	--	--	--	--	--
B	--	--	--	--	--	--	--	--	--
F	--	--	--	--	--	--	--	--	--
Sc	37	39	37	--	--	--	--	--	--
V	--	--	--	36	35	36	39	36	38
Cr	119	112	105	262	251	260	280	267	277
Co	47	50	48	206	194	192	216	180	196
Ni	113	122	132	44	44	45	46	46	41
Cu	151	124	136	123	109	110	134	80	85
Zn	93	75	84	215	76	137	146	151	143
Rb	4	4	5	--	--	--	--	--	--
Sr	215	228	222	228	243	237	214	230	232
Y	23	26	25	165	183	223	240	208	216
Zr	93	96	93	24,9	23,9	21,7	22,2	23,9	23,1
Nb	4	9	5	93	84	92	87	92	98
Pd	10,4	11,4	11,4	4,3	4,3	4,5	4,4	4,6	4,4
Ag	--	--	--	--	--	--	--	--	--
Sn	--	--	--	--	--	--	--	--	--
Ba	90	124	86	--	--	--	--	--	--
Pt	11,5	10,4	9,9	--	--	--	--	--	--
Pb	1,65	1,99	2,07	--	--	--	--	--	--
⁸⁷ Sr/ ⁸⁶ Sr(нрв.)	0,70527	0,70540	0,70541	--	0,70530	--	0,70598	--	--

Таблица 2.7 (продолжение)

№ пробы	557sg9	636,5sg9	683sg9	289sg9	355sg9	386sg9	389sg9	21sg13	35sg13
№ п/п	19	20	21	22	23	24	25	26	27
SiO ₂	48,99	48,35	48,89	48,34	48,07	48,13	48,22	47,96	47,37
TiO ₂	1,11	1,18	1,15	1,34	1,23	1,31	1,26	1,44	1,45
Al ₂ O ₃	16,32	15,54	16,46	15,43	15,14	15,21	14,99	15,33	15,23
FeO*	11,16	11,19	11,1	11,65	11,31	11,57	11,58	12,08	12,14
MnO	0,19	0,18	0,19	0,20	0,18	0,18	0,17	0,20	0,20
MgO	7,05	6,46	6,88	7,16	7,32	6,96	7,12	7,21	6,36
CaO	11,05	11,99	11,77	11,3	11,64	11,53	11,44	11,05	10,91
Na ₂ O	2,19	1,93	1,90	2,17	2,06	2,18	2,78	2,17	2,18
K ₂ O	0,36	0,18	0,17	0,23	0,17	0,21	0,29	0,36	0,11
P ₂ O ₅	0,10	0,10	0,11	0,14	0,13	0,14	0,14	0,15	0,15
Ппп	1,2	3	1,4	2,02	2,76	2,57	2,07	1,85	3,71
Summa	99,72	100,1	100,02	99,98	100,01	99,99	100,06	99,81	99,81
Li	--	--	--	2	2	3	2	6	3
Be	--	--	--	0,9	0,7	1	0,9	0,95	1,2
B	--	--	--	2,1	2	2	4,6	2,4	2,3
F	--	--	--	260	330	320	250	520	250
Sc	38	35	37	41	48	36	43	44	41
V	268	251	270	330	260	330	390	400	600
Cr	144	146	156	180	160	140	160	120	94
Co	42	43	46	70	50	71	66	63	62
Ni	107	101	98	160	120	140	150	140	150
Cu	141	129	134	180	210	160	160	52	190
Zn	99	99	115	120	97	95	99	100	100
Rb	6,2	5,4	5	2	2	4	2	5	1
Sr	206	224	221	150	160	160	170	190	180
Y	21,8	22,5	22,8	--	--	--	--	--	--
Zr	85	102	86	140	110	150	130	--	--
Nb	4,3	4,7	4,8	--	--	--	--	--	--
Pd	--	--	--	--	--	--	--	--	--
Ag	--	--	--	0,15	0,39	0,17	0,14	0,01	--
Sn	--	--	--	2,4	2,2	1,8	2,1	1,8	2
Ba	--	--	--	100	90	90	100	180	140
Pt	--	--	--	--	--	--	--	--	--
Pb	--	--	--	1,7	1,8	2	1,6	5,6	2,4
⁸⁷ Sr/ ⁸⁶ Sr(перв.)	0,70569	0,70551	--	--	--	--	--	--	--

Таблица 2.7 (продолжение)

№ пробы	189sg13	195sg13	204sg13	246sg13	290sg13	297sg13	306sg13	309sg13	317sg13
№ п/п	37	38	39	40	41	42	43	44	45
SiO ₂	48,23	48,06	47,80	48,09	47,9	47,73	47,53	48,45	46,83
TiO ₂	1,26	1,32	1,41	1,25	1,28	1,29	1,18	1,21	1,22
Al ₂ O ₃	15,26	15,32	14,91	15,05	14,74	14,83	15,36	15,33	16,17
FeO*	11,59	11,86	11,86	11,57	11,35	11,73	10,63	11,34	10,78
MnO	0,18	0,19	0,20	0,19	0,20	0,19	0,22	0,19	0,21
MgO	7,22	6,77	7,06	7,05	7,04	6,81	6,7	6,71	6,87
CaO	10,79	10,73	10,27	11,44	11,60	11,69	12,17	11,94	10,82
Na ₂ O	2,24	2,24	2,56	2,18	2,47	2,22	1,99	2,21	2,56
K ₂ O	0,63	0,79	0,59	0,25	0,27	0,36	0,18	0,17	0,26
P ₂ O ₅	0,14	0,15	0,15	0,14	0,14	0,14	0,13	0,15	0,14
ППП	2,30	2,41	3,01	2,61	2,84	2,81	3,73	2,15	3,94
Summa	99,84	99,84	99,82	99,82	99,83	99,8	99,82	99,85	99,80
Li	5	6	5	3	--	--	3	3	--
Be	0,8	0,95	0,9	0,6	0,8	0,85	0,5	1	0,5
B	2,1	2	4,4	2	2,6	2,8	3,1	2,7	2,7
F	340	240	280	190	150	200	100	120	170
Sc	24	50	68	58	32	35	40	44	410
V	320	420	500	450	390	430	350	420	24
Cr	83	140	180	180	160	180	220	130	170
Co	37	57	58	58	55	56	51	49	58
Ni	69	120	130	130	140	140	130	92	140
Cu	160	150	130	140	140	120	150	200	170
Zn	80	84	91	76	120	110	110	110	95
Rb	5	13	12	1	--	--	4	2	--
Sr	210	240	530	190	270	270	215	190	460
Y	--	--	--	--	--	--	--	--	--
Zr	--	--	--	--	98	130	110	--	130
Nb	--	--	--	--	--	--	--	--	--
Pd	--	--	--	--	--	--	--	--	--
Ag	--	--	--	--	0,08	0,06	0,09	--	0,09
Sn	1,6	1,5	1,8	1,8	2,5	1,9	1,9	2,1	2,4
Ba	200	190	360	190	75	110	69	80	89
Pt	--	--	--	--	--	--	--	--	--
Pb	1,8	1,6	2,6	2,1	1,9	3,7	9,8	2,4	1,5
⁸⁷ Sr/ ⁸⁶ Sr _(перв.)	--	--	--	--	--	--	0,70534	--	--

Таблица 2.7 (продолжение)

№ пробы	348sg19	358sg19	366sg19	372sg19	375sg19	378sg19	383sg19	388sg19	394sg19
№ п/п	100	101	102	103	104	105	106	107	108
SiO ₂	47,34	45,63	47,41	47,07	46,67	48,75	45,36	47,84	48,41
TiO ₂	1,20	1,26	1,28	1,19	1,23	1,23	1,24	1,24	1,12
Al ₂ O ₃	14,44	15,06	15,05	14,11	14,91	14,17	14,33	14,63	14,11
FeO*	12,08	11,64	10,84	11,82	11,51	11,11	13,93	11,97	11,10
MnO	0,19	0,17	0,20	0,19	0,21	0,18	0,20	0,18	0,19
MgO	8,10	7,41	7,42	9,37	7,66	7,44	7,89	7,23	7,68
CaO	10,2	11,56	11,58	8,91	11,3	9,05	10,89	11,20	7,98
Na ₂ O	1,95	1,83	2,24	2,77	1,86	2,60	1,90	2,04	2,89
K ₂ O	0,49	0,26	0,16	0,29	0,13	1,01	0,22	0,21	1,22
P ₂ O ₅	0,13	0,14	0,14	0,12	0,13	0,13	0,15	0,13	0,12
Ппп	3,68	4,84	3,51	3,97	4,12	4,13	3,95	3,15	5,00
Summa	99,80	99,80	99,83	99,81	99,73	99,8	100,06	99,82	99,82
Li	--	--	--	--	--	8	--	--	--
Be	--	--	--	--	0,75	0,4	--	--	--
B	--	--	--	--	4	6	--	--	--
F	--	--	--	--	260	200	--	--	--
Sc	--	--	--	--	16	27,9	--	--	--
V	--	--	--	--	324	337	350	--	--
Cr	--	--	--	--	137	198	470	--	--
Co	--	--	--	--	48	48,1	46	--	--
Ni	--	--	--	--	130	123	130	--	--
Cu	--	--	--	--	70	175	190	--	--
Zn	--	--	--	--	110	52	100	--	--
Rb	--	--	--	--	2	22	5	--	--
Sr	--	--	--	--	200	150	180	--	--
Y	--	--	--	--	21	--	--	--	--
Zr	--	--	--	--	159	140	--	--	--
Nb	--	--	--	--	3,2	--	--	--	--
Pd	--	--	--	--	--	--	--	--	--
Ag	--	--	--	--	0,5	0,03	--	--	--
Sn	--	--	--	--	2,4	1,9	--	--	--
Ba	--	--	--	--	80	230	110	--	--
Pt	--	--	--	--	--	--	--	--	--
Pb	--	--	--	--	5,8	4,3	--	--	--
⁸⁷ Sr/ ⁸⁶ Sr(непр.)	--	--	--	--	0,70522	--	--	--	--

Таблица 2.7 (продолжение)

№ пробы	452sg19	456sg19	460sg19	464sg19	468sg19	472sg19	476sg19	483sg19	486sg19
№ п/п	118	119	120	121	122	123	124	125	126
SiO ₂	47,11	48,26	48,01	48,64	46,41	47,67	46,06	47,8	49,01
TiO ₂	1,11	1,21	1,20	1,21	1,22	1,10	1,22	1,26	1,23
Al ₂ O ₃	15,48	15,3	15,35	14,48	15,29	14,79	15,55	15,45	15,49
FeO*	10,94	11,32	11,64	11,01	11,34	11,17	11,67	10,16	10,31
MnO	0,18	0,17	0,17	0,20	0,19	0,19	0,18	0,20	0,18
MgO	7,10	6,88	6,68	6,74	7,18	8,12	6,57	6,97	6,75
CaO	11,63	11,79	11,66	8,22	11,97	9,04	12,46	12,18	11,98
Na ₂ O	1,95	2,29	2,13	3,24	1,87	2,76	1,89	2,11	2,12
K ₂ O	0,19	0,18	0,19	1,43	0,16	0,77	0,20	0,12	0,16
P ₂ O ₅	0,13	0,13	0,13	0,13	0,14	0,12	0,13	0,13	0,13
III	3,99	2,29	2,61	4,42	4,06	4,11	3,88	3,47	2,36
Summa	99,81	99,82	99,77	99,72	99,83	99,84	99,81	99,85	99,72
Li	--	--	4	--	--	--	--	--	--
Be	--	0,8	0,5	--	--	--	--	--	--
B	--	3	8	--	--	--	--	--	--
F	--	340	200	--	--	--	--	--	--
Sc	--	32	35,4	--	--	--	--	--	--
V	--	320	351	--	--	--	--	--	--
Cr	--	189	216	--	--	--	--	--	--
Co	--	43	55	--	--	--	--	--	--
Ni	--	93	123	--	--	--	--	--	--
Cu	--	81	115	--	--	--	--	--	--
Zn	--	180	93	--	--	--	--	--	--
Rb	--	3	2	--	--	--	--	--	--
Sr	--	240	170	--	--	--	--	--	--
Y	--	40	--	--	--	--	--	--	--
Zr	--	117	158	--	--	--	--	--	--
Nb	--	3,8	--	--	--	--	--	--	--
Pd	--	--	--	--	--	--	--	--	--
Ag	--	2	0,09	--	--	--	--	--	--
Sn	--	1,5	2	--	--	--	--	--	--
Ba	--	140	120	--	--	--	--	--	--
Pt	--	--	--	--	--	--	--	--	--
Pb	--	790	15	--	--	--	--	--	--
⁸⁷ Sr/ ⁸⁶ Sr(непр.)	--	0,70548	--	--	--	--	--	--	--

Таблица 2.7 (продолжение)

№ пробы	635sg19	646sg19	650sg19	656sg19	662sg19	666sg19	677sg19	682sg19	685sg19
№ п/п	153	154	155	156	157	158	159	160	161
SiO ₂	47,67	49,14	48,76	48,96	48,54	46,59	48,66	48,62	48,59
TiO ₂	1,16	1,21	1,19	1,19	1,16	1,22	1,19	1,22	1,19
Al ₂ O ₃	15,55	15,01	15,06	14,95	14,86	14,97	14,61	14,65	14,71
FeO*	10,69	11,41	10,87	11,26	11,28	11,42	11,16	11,37	11,58
MnO	0,17	0,18	0,19	0,18	0,18	0,18	0,22	0,19	0,18
MgO	6,7	7,16	7,39	7,15	7,18	7,91	8,38	7,35	7,22
CaO	11,94	11,49	11,61	11,56	11,43	11,84	8,86	11,45	11,79
Na ₂ O	2,18	2,20	2,17	2,16	2,38	1,86	2,94	2,14	2,07
K ₂ O	0,14	0,33	0,26	0,24	0,24	0,12	0,95	0,19	0,18
P ₂ O ₅	0,14	0,14	0,13	0,13	0,13	0,13	0,13	0,14	0,13
Ппп	3,49	1,56	2,17	2,05	2,49	3,55	2,74	2,51	2,18
Summa	99,83	99,83	99,8	99,83	99,87	99,79	99,84	99,83	99,82
Li	--	--	--	--	5	--	--	5	--
Be	--	--	--	--	0,9	--	--	0,55	--
B	--	--	--	--	10	--	--	6	--
F	--	--	--	--	150	--	--	190	--
Sc	--	--	--	--	41,1	--	--	44,2	--
V	--	--	--	--	292	--	--	350	--
Cr	--	--	--	--	181	--	--	196	--
Co	--	--	--	--	54,8	--	--	79	--
Ni	--	--	--	--	112	--	--	160	--
Cu	--	--	--	--	110	--	--	160	--
Zn	--	--	--	--	79	--	--	85	--
Rb	--	--	--	--	5	--	--	2	--
Sr	--	--	--	--	210	--	--	240	--
Y	--	--	--	--	--	--	--	--	--
Zr	--	--	--	--	100	--	--	160	--
Nb	--	--	--	--	--	--	--	3,3	--
Pd	--	--	--	--	--	--	--	--	--
Ag	--	--	--	--	--	--	--	--	--
Sn	--	--	--	--	--	--	--	--	--
Ba	--	--	--	--	120	--	--	96	--
Pt	--	--	--	--	--	--	--	--	--
Pb	--	--	--	--	18	--	--	6,8	--
⁸⁷ Sr/ ⁸⁶ Sr(перв.)	--	--	--	--	--	--	--	0,70547	--

Таблица 2.7 (окончание)

№ пробы	692sg19	686sg19	700sg19	mksr	N	Средн.	Ст.откл.	Мин.	Макс.
№ п/п	162	163	164	165					
SiO ₂	48,99	48,85	48,34	49,49	165	47,99	1,10	45,36	54,42
TiO ₂	1,17	1,20	1,19	1,20	165	1,25	0,08	1,00	1,46
Al ₂ O ₃	15,07	14,92	14,79	15,91	165	15,05	0,66	12,21	17,48
FeO*	11,19	10,98	11,61	11,79	165	11,38	0,55	9,61	13,93
MnO	0,17	0,19	0,21	0,19	165	0,19	0,01	0,16	0,24
MgO	7,3	7,34	7,47	7,21	165	7,20	0,53	5,53	9,75
CaO	11,83	11,84	11,42	11,54	165	11,01	1,06	7,03	12,46
Na ₂ O	2,07	2,03	2,08	2,07	165	2,24	0,41	1,75	4,32
K ₂ O	0,16	0,16	0,31	0,20	165	0,34	0,29	0,10	1,72
P ₂ O ₅	0,13	0,13	0,13	0,13	165	0,14	0,01	0,09	0,18
Ппп	1,75	2,19	2,27	--	161	3,09	1,05	0,75	5,57
Summa	99,83	99,83	99,82	--	165	99,82	0,32	96,78	101,07
Li	--	2	--	--	55	4,3	2,04	2,0	12
Be	--	0,5	--	--	79	0,73	0,2	0,40	1,40
B	--	7	--	--	79	4,45	3,82	2,00	32
F	--	280	--	--	80	230	78	100	520
Sc	--	31,1	--	45	94	45	39	12,4	410
V	--	282	230	354	91	355	78	24	600
Cr	--	150	170	88	96	165	53	71	470
Co	--	50,6	41	51	96	55	8	37	79
Ni	--	125	80	109	96	150	108	69	930
Cu	--	106	110	227	96	160	52	35	351
Zn	--	79	80	183	96	100	20	52	220
Rb	--	1	6	4,1	72	4,2	3,8	1,0	23
Sr	--	160	100	242	96	225	81	2,0	540
Y	--	--	--	24,2	23	30	20	20	120
Zr	--	137	--	94	78	125	25	84	205
Nb	--	--	--	3,8	26	11	27	2,8	144
Pd	--	--	--	--	6	10,8	0,4	10,4	11,4
Ag	--	0,03	--	--	63	0,17	0,28	0,01	2,00
Sn	--	34	--	--	77	3,6	7,9	1,0	59
Ba	--	90	120	94	87	135	87	50	510
Pt	--	--	--	--	6	10,9	0,7	9,9	11,6
Pb	--	14	--	9,8	85	16	87	1,0	790
⁸⁷ Sr/ ⁸⁶ Sr(перв.)	--	--	--	--					

Анализы по: 1-7 – наши данные; 8-12 – Wooden et al., 1993; 13-25 - Lightfoot et al., 1990; 29-164 – наши данные; 165 – среднее из 39 - Гладких и др., 1992.

Таблица 2.8. Химический состав пород хараелахской свиты.

№ пробы	МК-10А	МК-11	МК-64	МК-12	МК-61	МК-12В	МК-14	МК-15	МК-17
№ п/п	1	2	3	4	5	6	7	8	9
SiO ₂	47,64	47,89	47,71	47,88	48,77	48,54	48,24	48,33	48,70
TiO ₂	1,31	1,36	1,35	1,37	1,40	1,41	1,36	1,40	1,43
Al ₂ O ₃	15,51	15,31	15,22	15,51	15,41	15,46	15,27	15,44	15,54
FeO*	11,69	12,56	12,14	12,11	12,4	12,18	12,34	12,43	12,36
MnO	0,19	0,20	0,2	0,19	0,19	0,19	0,20	0,20	0,19
MgO	7,47	7,28	7,64	7,48	7,38	7,03	6,57	6,87	7,01
CaO	11,38	10,7	10,66	10,89	10,89	10,8	11,17	11,08	10,99
Na ₂ O	2,16	2,43	2,21	2,27	2,38	2,41	2,29	2,42	2,4
K ₂ O	0,16	0,48	0,52	0,39	0,40	0,43	0,19	0,21	0,24
P ₂ O ₅	0,13	0,13	0,13	0,14	0,14	0,15	0,14	0,15	0,14
Ппп	2,20	1,52	2,05	1,62	0,48	1,21	2,03	1,28	0,81
Summa	99,84	99,86	99,83	99,85	99,84	99,81	99,8	99,81	99,81
Li	3	5	5	4	4	3	3	4	5
Be	0,6	0,75	0,7	0,6	0,55	0,8	0,75	0,7	0,65
B	3,2	2	2,2	2	2	2	2	3,1	2,8
F	200	250	230	280	220	280	180	290	--
Sc	58	45	64	42	63	54	50	51	56
V	350	480	360	380	340	410	450	440	390
Cr	140	140	190	160	140	130	110	120	100
Co	57	59	58	56	52	51	55	54	59
Ni	160	160	170	170	150	160	120	160	160
Cu	160	170	180	150	160	170	240	200	200
Zn	140	91	110	80	92	100	110	130	120
Rb	3	6	8	6	10	11	3	5	8
Sr	200	180	190	170	140	140	170	180	170
Y	--	--	--	--	--	--	--	--	--
Zr	150	190	140	150	140	200	160	180	170
Nb	3,5	--	--	--	--	3,9	--	1,3	--
Pd	--	--	--	--	--	--	--	--	--
Ag	0,17	0,08	0,1	0,08	0,08	0,9	0,14	0,27	0,11
Sn	2,3	1,2	2,2	1,5	1,8	2	2,4	2,6	2,5
Ba	60	90	110	90	85	63	100	100	130
Pt	--	--	--	--	--	--	--	--	--
Pb	1,7	2,1	1,6	1,1	1,2	1,5	1,4	1,6	1,6
⁸⁷ Sr/ ⁸⁶ Sr(непр.)	--	--	--	--	0,70375	--	--	--	--

Таблица 2.8 (продолжение)

№ пробы	МК-17А	54sg9	57sg9	60sg9	70sg9	85sg9	100sg9	125sg9	180sg9
№ п/п	10	11	12	13	14	15	16	17	18
SiO ₂	48,71	48,01	47,78	48,01	47,3	48,07	48,28	47,59	47,17
TiO ₂	1,44	1,31	1,33	1,36	1,34	1,35	1,34	1,41	1,34
Al ₂ O ₃	15,39	15,68	15,41	15,57	15,17	15,23	15,24	15,2	15,36
FeO*	12,44	11,71	12,2	12,18	11,74	12,23	12,15	12,34	12,68
MnO	0,20	0,18	0,20	0,20	0,18	0,19	0,20	0,20	0,20
MgO	7,14	7,05	7,61	7,22	7,15	7,34	7,19	7,22	7,09
CaO	10,85	11,27	11,36	11,24	11,51	11,4	11,1	10,64	11,11
Na ₂ O	2,3	2,13	2,14	2,21	2,06	2,18	2,26	2,27	2,14
K ₂ O	0,44	0,12	0,13	0,23	0,11	0,21	0,20	0,36	0,16
P ₂ O ₅	0,14	0,12	0,13	0,14	0,13	0,13	0,13	0,14	0,13
Ппп	0,77	2,48	1,7	1,62	3,27	1,65	1,93	2,62	2,57
Summa	99,82	100,06	99,99	99,98	99,96	99,98	100,02	99,99	99,95
Li	5	3	3	3	3	3	4	5	3
Be	0,7	0,65	0,75	0,55	0,6	0,6	0,45	0,65	0,5
B	2,3	2	2,4	2	2	2	2	2	2,3
F	180	180	160	735	200	120	260	180	220
Sc	66	47	54	53	36	46	74	52	48
V	410	370	320	400	510	590	380	430	420
Cr	120	140	130	140	130	140	140	110	130
Co	65	60	57	63	62	67	53	60	59
Ni	150	180	170	240	180	210	170	160	190
Cu	210	160	240	240	170	200	190	190	210
Zn	120	96	120	130	110	120	110	100	120
Rb	9	2	2	2	4	4	3	6	2
Sr	170	200	160	150	150	140	160	140	150
Y	--	--	--	--	--	--	--	--	--
Zr	200	150	160	170	190	200	180	190	180
Nb	--	--	--	--	--	3	--	--	--
Pd	--	--	--	--	--	--	--	--	--
Ag	0,15	0,18	0,4	0,19	0,58	0,13	0,11	0,26	0,48
Sn	3	2,3	2,8	2,7	2	2	2,1	1,8	3,4
Ba	110	110	57	86	45	74	76	75	69
Pt	--	--	--	--	--	--	--	--	--
Pb	1,8	2,2	1,8	1,7	1,2	1,4	1	1,5	1,8
⁸⁷ Sr/ ⁸⁶ Sr(перв.)	--	--	--	--	--	0,70451	--	--	--

Таблица 2.8 (продолжение)

№ пробы	224sg9	232sg9	254sg9	268sg9	sg32-87	sg32-196	sg32-260	sg32-524	sg32-670
№ п/п	19	20	21	22	23	24	25	26	27
SiO ₂	47,73	47,96	47,86	48,02	48,85	47,66	48,01	48,39	49,1
TiO ₂	1,35	1,33	1,36	1,38	1,57	1,56	1,30	1,31	1,40
Al ₂ O ₃	15,32	15,16	15,25	15,26	15,16	14,7	15,29	15,59	15,32
FeO*	11,76	12,02	12,06	11,94	12,55	12,65	12,3	11,93	12,4
MnO	0,18	0,18	0,20	0,19	0,19	0,22	0,21	0,20	0,20
MgO	6,87	7,33	7,23	7,05	6,71	6,45	7,67	7,46	7,35
CaO	11,25	11,18	11,24	11,25	11,16	11,22	11,22	10,9	10,85
Na ₂ O	2,17	2,22	2,20	2,26	2,30	2,15	2,04	2,10	2,22
K ₂ O	0,19	0,20	0,19	0,19	0,51	0,14	0,41	0,47	0,39
P ₂ O ₅	0,14	0,14	0,14	0,14	0,21	0,2	0,15	0,16	0,15
Ппп	3,01	2,25	2,25	2,31	--	--	--	--	--
Summa	99,97	99,97	99,98	99,99	100,15	100,59	100,23	100,24	100,09
Li	2	3	3	3	--	--	--	--	--
Be	0,65	0,6	0,65	0,5	--	--	--	--	--
B	2	2	2,9	2	--	--	--	--	--
F	270	140	160	170	--	--	--	--	--
Sc	30	45	47	62	38	37	39	36	37
V	400	430	410	440	--	--	--	--	--
Cr	160	170	180	180	112	70	164	160	123
Co	61	62	53	62	50	48	54	53	50
Ni	170	170	150	180	122	116	164	176	137
Cu	190	440	200	200	170	180	128	135	166
Zn	120	150	150	130	93	77	86	98	75
Rb	2	4	3	3	9	6	10	8	7
Sr	200	200	180	160	190	186	164	178	180
Y	--	--	--	--	38	32	29	27	36
Zr	150	160	180	200	132	133	98	101	104
Nb	--	3,4	--	--	8	11	13	10	7
Pd	--	--	--	--	14,5	16,9	10,4	13,5	17,4
Ag	0,19	0,24	0,3	0,18	--	--	--	--	--
Sn	1,9	2,5	3,4	2,2	--	--	--	--	--
Ba	94	75	100	110	163	84	141	112	123
Pt	--	--	--	--	14,5	13,7	11,4	10,4	13,3
Pb	1,2	1,5	2,2	2	2,53	2,8	1,25	1,54	1,61
⁸⁷ Sr/ ⁸⁶ Sr(непа.)	--	--	--	--	0,70473	0,70460	0,70416	0,70465	0,70462

Таблица 2.8 (продолжение)

№ пробы	43sg19	48sg19	50sg19	54sg19	61sg19	65sg19	70sg19	74sg19	80sg19
№ п/п	28	29	30	31	32	33	34	35	36
SiO ₂	48	47,52	48,03	48,28	48,77	48,84	48,16	48,55	48,28
TiO ₂	1,46	1,31	1,39	1,38	1,4	1,41	1,38	1,41	1,43
Al ₂ O ₃	15,75	15,29	15,18	15,33	15,17	15,42	15,14	15,4	15,23
FeO*	11,44	14	12,47	12,02	12,6	12,32	12,62	12,03	12,31
MnO	0,19	0,20	0,20	0,20	0,20	0,20	0,19	0,19	0,22
MgO	6,00	6,48	6,84	7,01	6,98	7,24	7,13	6,95	6,62
CaO	11,21	10,79	10,91	10,99	10,88	10,83	10,55	10,62	10,85
Na ₂ O	2,36	2,16	2,24	2,26	2,30	2,38	2,39	2,33	2,29
K ₂ O	0,31	0,26	0,19	0,23	0,24	0,22	0,39	0,40	0,40
P ₂ O ₅	0,15	0,13	0,14	0,14	0,14	0,14	0,14	0,14	0,14
Ппп	2,97	1,60	2,22	1,90	1,10	0,76	1,73	1,71	2,02
Summa	99,84	99,74	99,81	99,74	99,78	99,76	99,82	99,73	99,79
Li	2	--	--	7	--	--	--	8	--
Be	0,75	--	--	0,75	--	--	0,6	0,75	--
B	7	--	--	7	--	--	4	8	--
F	130	--	--	190	--	--	220	150	--
Sc	26,3	--	--	30,9	--	--	38	49,6	--
V	366	--	--	367	--	--	300	356	--
Cr	168	--	--	176	--	--	149	189	--
Co	56	--	--	53	--	--	49	54,5	--
Ni	152	--	--	151	--	--	137	150	--
Cu	148	--	--	167	--	--	150	145	--
Zn	120	--	--	79	--	--	200	110	--
Rb	4	--	--	8	--	--	8	8	--
Sr	110	--	--	130	--	--	190	140	--
Y	--	--	--	--	--	--	19	--	--
Zr	169	--	--	138	--	--	134	130	--
Nb	--	--	--	--	--	--	4	--	--
Pd	--	--	--	--	--	--	--	--	--
Ag	0,12	--	--	0,06	--	--	0,26	0,09	--
Sn	2,5	--	--	1,7	--	--	1,9	2,3	--
Ba	110	--	--	95	--	--	150	130	--
Pt	--	--	--	--	--	--	--	--	--
Pb	14	--	--	5,6	--	--	53	8,5	--
⁸⁷ Sr/ ⁸⁶ Sr(перв.)	--	--	--	--	--	--	0,70521	--	--

Таблица 2.8 (окончание)

№ пробы	86sg19	93sg19	hrsr	N	Средн.	Ст.откл.	Мин.	Макс.
№ п/п	37	38	39					
SiO ₂	48,98	48,63	49,36	39	48,17	0,47	47,17	49,10
TiO ₂	1,43	1,40	1,33	39	1,38	0,06	1,30	1,57
Al ₂ O ₃	15,18	15,26	15,74	39	15,34	0,18	14,70	15,75
FeO*	12,95	12,43	12,41	39	12,28	0,42	11,44	14,00
MnO	0,21	0,20	0,20	39	0,20	0,01	0,18	0,22
MgO	7,03	7,22	7,05	39	7,09	0,35	6,00	7,67
CaO	10,66	10,67	10,94	39	11,01	0,25	10,55	11,51
Na ₂ O	2,39	2,33	2,34	39	2,26	0,10	2,04	2,43
K ₂ O	0,46	0,41	0,25	39	0,29	0,12	0,11	0,52
P ₂ O ₅	0,14	0,14	0,14	39	0,14	0,02	0,12	0,21
Ппп	0,4	1,09	--	34	1,79	0,71	0,40	3,27
Summa	99,83	99,78	--	39	99,92	0,17	99,73	100,59
Li	--	--	--	26	3,8	1,4	2,0	8,0
Be	--	--	--	27	0,65	0,09	0,45	0,80
B	--	--	--	27	2,90	1,69	2,00	8,00
F	--	--	--	26	225	114	120	735
Sc	--	--	48	32	48	11	26,3	74
V	--	--	385	27	405	59	300	590
Cr	--	--	122	32	140	27	70	190
Co	--	--	48	32	57	5	48	67
Ni	--	--	90	32	160	24	116	240
Cu	--	--	212	32	190	54	128	440
Zn	--	--	146	32	110	25	75	200
Rb	--	--	4,3	32	5,6	2,7	2,0	11
Sr	--	--	222	32	165	23	110	200
Y	--	--	26,2	10	30	5	19	38
Zr	--	--	98	32	160	29	98	200
Nb	--	--	3,8	14	6	3	1,3	13
Pd	--	--	--	6	14,5	2,6	10,4	17,4
Ag	--	--	--	27	0,23	0,18	0,06	0,90
Sn	--	--	--	27	2,3	0,5	1,2	3,4
Ba	--	--	91	32	97	27	45	163
Pt	--	--	--	6	12,7	1,5	10,4	14,5
Pb	--	--	3,6	32	4,1	9,3	1,0	53
⁸⁷ Sr/ ⁸⁶ Sr _(перв.)	--	--	--					

Анализы по: 1-32 – наши данные; 23-27 – Wooden et al., 1993; 28-38 – наши данные;
39 – среднее из 20 – Гладких и др., 1992.

Таблица 2.9 (окончание)

№ пробы	МК-8А	15F-36	sg32-54	kmsr	N	Сред.	Ст. откл.	Мин.	Макс.
№ п/п	10	11	12	13					
SiO ₂	47,90	48,71	49,38	48,88	13	48,29	0,63	47,26	49,68
TiO ₂	1,32	1,49	1,54	1,49	13	1,41	0,09	1,29	1,58
Al ₂ O ₃	15,19	15,12	15,54	15,35	13	15,29	0,21	14,78	15,54
FeO*	11,94	12,28	12,28	13,15	13	12,24	0,32	11,77	12,76
MnO	0,19	0,21	0,21	0,21	13	0,19	0,01	0,17	0,21
MgO	7,22	6,5	6,49	7,07	13	7,04	0,35	6,49	7,57
CaO	10,98	11,27	11,35	11,22	13	10,98	0,22	10,66	11,35
Na ₂ O	2,25	2,29	2,37	2,26	13	2,54	0,10	1,99	2,38
K ₂ O	0,22	0,24	0,25	0,23	13	0,26	0,08	0,15	0,42
P ₂ O ₅	0,14	0,21	0,21	0,17	13	0,15	0,03	0,12	0,21
Ппп	2,48	--	--	--	11	1,88	0,75	0,71	3,15
Summa	99,83	100,28	100,06	--	13	99,87	0,14	99,78	100,28
Li	3	--	--	--	11	4,2	1,1	3,0	6,0
Be	0,95	--	--	--	11	0,75	0,14	0,50	0,95
B	2	--	--	--	11	2,28	0,53	2,00	3,60
F	180	--	--	--	11	175	32	120	250
Sc	49	38	36	46	13	41	7,6	27	52
V	370	--	--	342	11	390	37	320	470
Cr	120	100	113	101	13	120	17	84	150
Co	61	48	46	40	13	57	8	46	72
Ni	140	106	103	85	13	140	22	103	180
Cu	160	130	11	228	13	165	53	11	230
Zn	100	87	75	146	13	110	16	75	130
Rb	2	9	8	4,7	13	5	2,8	2,0	9,0
Sr	190	195	205	224	13	175	19	140	205
Y	--	32	38	29,4	7	30	3	27,1	38
Zr	140	128	133	110	13	145	30	90	210
Nb	5	8	12	4,06	11	5,3	2,5	3,5	12
Pd	--	11,4	17,5	--	3	14,45	3,1	11,4	17,5
Ag	0,15	--	--	--	11	0,13	0,04	0,08	0,21
Sn	2,4	--	--	2,24	11	2,2	0,22	1,8	2,6
Ba	130	130	140	87	13	113	32	60	160
Pt	--	11,4	12,3	11,85	3	11,85	0,45	11,4	12,3
Pb	2,3	2,33	2,46	3,47	13	1,7	0,4	1,0	2,46
⁸⁷ Sr/ ⁸⁶ Sr(перв.)	--	0,70468	0,70469	--					

Анализы по: 1-10 – наши данные; 11-12 – Wooden et al., 1993; 13 – среднее из 5 – Гладких и др., 1992.

Таблица 2.10. Химический состав пород самоедской свиты.

№ пробы	МК-1	МК-1А	МК-1В	МК-2	16F-19	16F-17	16F-2	smsr
№ п/п	1	2	3	4	5	6	7	8
SiO ₂	47,99	48,66	47,98	47,88	49	49,3	48,44	49,04
TiO ₂	1,38	1,41	1,4	1,3	1,44	1,36	1,36	1,49
Al ₂ O ₃	15,53	15,64	15,58	15,39	15,03	14,96	15,1	15,73
FeO*	11,86	12,15	12,33	11,81	12,34	11,94	11,95	12,72
MnO	0,2	0,18	0,19	0,19	0,21	0,2	0,21	0,20
MgO	7,43	6,63	7,04	7,24	7,23	7,28	7,54	6,51
CaO	10,69	11,26	11,26	11,13	11,46	11,1	11,45	11,19
Na ₂ O	2,13	2,28	2,27	2,11	2,23	2,09	2,12	2,38
K ₂ O	0,46	0,16	0,15	0,14	0,18	0,55	0,22	0,21
P ₂ O ₅	0,13	0,14	0,14	0,13	0,17	0,16	0,18	0,16
Ппп	2,04	1,6	1,46	2,5	--	--	--	--
Summa	99,84	100,11	99,8	99,82	100,11	100,16	100,24	--
Li	5	3	3	4	--	--	--	--
Be	0,45	0,65	0,7	0,25	--	--	--	--
B	2	2,5	2,8	2	--	--	--	--
F	310	160	220	180	--	--	--	--
Sc	27	41	51	35	38	37	38	44
V	370	410	500	410	--	--	--	366
Cr	130	120	140	160	182	181	216	93
Co	51	58	54	54	51	51	51	48
Ni	160	130	150	170	126	145	146	86
Cu	100	230	270	180	107	178	159	263
Zn	100	140	140	92	78	98	81	151
Rb	6	2	2	4	8	10	4	3,5
Sr	190	160	170	160	194	201	181	228
Y	--	--	--	--	33	28	29	26,1
Zr	150	150	180	150	113	106	117	112
Nb	2,5	3,3	3,4	5,5	10	8	8	4,05
Pd	--	--	--	--	9,9	9,3	9,7	--
Ag	0,07	0,14	0,13	0,07	--	--	--	--
Sn	1,8	2,7	2,9	1,6	--	--	--	--
Ba	120	100	60	50	120	149	124	96
Pt	--	--	--	--	12,4	13,5	10,3	--
Pb	1,2	2,9	1,8	1,5	1,9	1,7	1,74	5,3
⁸⁷ Sr/ ⁸⁶ Sr _(непр.)	--	0,70485	--	--	0,70463	0,70473	0,70487	--

Таблица 2.10. (окончание)

№ пробы	N	Средн.	Ст.откл	Мин.	Макс.
№ п/п					
SiO ₂	8	48,46	0,51	47,88	49,30
TiO ₂	8	1,40	0,04	1,30	1,44
Al ₂ O ₃	8	15,32	0,26	14,96	15,64
FeO*	8	12,05	0,20	11,81	12,34
MnO	8	0,20	0,01	0,18	0,21
MgO	8	7,20	0,28	6,63	7,54
CaO	8	11,19	0,24	10,69	11,64
Na ₂ O	8	2,18	0,08	2,09	2,28
K ₂ O	8	0,27	0,16	0,14	0,55
P ₂ O ₅	8	0,15	0,02	0,13	0,18
Ппп	5	1,90	0,41	1,46	2,50
Summa	8	100,01	0,17	99,80	100,24
Li	5	3,85	0,83	3	5
Be	5	0,51	0,18	0,25	0,70
B	5	2,33	0,34	2,00	2,80
F	5	215	57	160	310
Sc	8	38	6	27	51
V	5	420	47	370	500
Cr	8	160	31	120	216
Co	8	53	2	51	58
Ni	8	145	14	126	170
Cu	8	175	56	100	270
Zn	8	105	23	78	140
Rb	8	5	3	2,0	10
Sr	8	180	15	160	201
Y	7	30	2	28	33
Zr	8	138	24	106	180
Nb	8	6	3	2,5	10
Pd	4	9,6	0,3	9,3	9,9
Ag	5	0,10	0,03	0,07	0,14
Sn	5	2,3	0,6	1,6	2,9
Ba	8	105	33	50	149
Pt	4	12,1	1,3	10,3	13,5
Pb	8	1,8	0,5	1,2	2,9
⁸⁷ Sr/ ⁸⁶ Sr(перв.)					

Анализы по:
1-4 – наши
данные; 5-7
– Wooden et
al., 1993; 8 –
среднее из 8
– Гладких и
др., 1992.

Таблица 2.11. Химический состав пород аянской свиты.

№ пробы	AyanR ayanR12	AyanR 13	AyanR 14	AyanR 15	ayanR16	ayanR17	ayanR18	ayanR19	AyanR 20
№ п/п	1	2	3	4	5	6	7	8	9
SiO ₂	50,49	48,04	48,72	49,55	49	50,2	48,12	44,39	48,43
TiO ₂	1,07	1,39	1,22	1,08	1,14	1,06	1,06	4,30	1,17
Al ₂ O ₃	15,56	14,7	14,97	15,44	15,17	15,28	15,46	8,92	15,55
FeO*	11,00	12,84	11,65	11,38	11,6	11,27	12,3	13,64	11,15
MnO	0,18	0,2	0,2	0,18	0,18	0,18	0,18	0,18	0,18
MgO	7,48	7,04	7,09	7,33	7,66	7,15	7,73	13,11	7,08
CaO	12,02	11,4	12,97	11,95	11,5	11,8	11,51	9,94	12,39
Na ₂ O	1,72	2,18	1,80	1,83	1,91	1,85	1,69	1,47	1,69
K ₂ O	0,20	0,22	0,13	0,14	0,19	0,25	0,29	1,46	0,20
P ₂ O ₅	0,09	0,15	0,11	0,10	0,11	0,09	0,10	0,42	0,10
Ппп	--	--	--	--	--	--	--	--	--
Summa	99,81	98,16	98,86	98,98	98,46	99,13	98,44	97,83	97,94
Li	--	--	--	--	--	--	--	--	--
Be	--	--	--	--	--	--	--	--	--
B	--	--	--	--	--	--	--	--	--
F	--	--	--	--	--	--	--	--	--
Sc	--	--	--	--	--	--	--	--	--
V	--	--	--	--	--	--	--	--	--
Cr	--	--	--	--	--	--	--	--	--
Co	--	--	--	--	--	--	--	--	--
Ni	--	--	--	--	--	--	--	--	--
Cu	--	--	--	--	--	--	--	--	--
Zn	--	--	--	--	--	--	--	--	--
Rb	--	--	--	4,86	1,88	--	3,17	24,09	5,26
Sr	--	--	--	179,3	178,1	--	191,2	631,5	204,9
Y	--	--	--	--	--	--	--	--	--
Zr	--	--	--	--	--	--	--	--	--
Nb	--	--	--	--	--	--	--	--	--
Pd	--	--	--	--	--	--	--	--	--
Ag	--	--	--	--	--	--	--	--	--
Sn	--	--	--	--	--	--	--	--	--
Ba	--	--	--	--	--	--	--	--	--
Pt	--	--	--	--	--	--	--	--	--
Pb	--	--	--	2,3	1,53	3,16	2,12	3,98	2,7
⁸⁷ Sr/ ⁸⁶ Sr(нрв.)	0,70595	0,70519	0,70502	0,70518	0,70497	0,70605	0,70514	0,70404	0,70578

Таблица 2.11 (продолжение)

№ пробы	sobacL25	sobacL26	sobacL27	kotuiR30	kotuiR31	БК16	БК17	БК51a	БК72
№ п/п	10	11	12	13	14	15	16	17	18
SiO ₂	46,92	48,26	48,46	49,33	50,35	46,84	47,77	49,26	49,30
TiO ₂	1,15	1,08	1,13	1,12	0,98	1,25	1,36	1,11	1,11
Al ₂ O ₃	15,07	15,66	15,00	15,25	14,88	15,24	15,07	15,52	14,63
FeO*	11,14	11,32	12,26	11,26	10,2	11,32	12,08	10,77	11,57
MnO	0,20	0,23	0,19	0,18	0,16	0,21	0,19	0,18	0,2
MgO	7,35	7,42	6,96	7,87	7,46	6,41	7,05	6,44	6,92
CaO	11,47	11,2	11,5	11,75	11,78	11,66	10,5	11,33	10,8
Na ₂ O	1,94	1,76	1,89	1,69	1,70	2,18	2,35	1,93	2,05
K ₂ O	0,22	0,38	0,24	0,20	0,55	0,15	0,26	0,17	0,24
P ₂ O ₅	0,15	0,15	0,12	0,13	0,12	0,12	0,13	0,13	0,14
Ппп	--	--	--	--	--	3,68	2,46	1,88	2,02
Summa	95,61	97,46	97,75	98,78	98,18	100,15	99,88	99,91	100,05
Li	--	--	--	--	--	4	4	4	4
Be	--	--	--	--	--	0,42	0,8	0,55	0,75
B	--	--	--	--	--	10	8	5	5
F	--	--	--	--	--	250	330	400	200
Sc	--	--	--	--	--	25	63	40	26
V	--	--	--	--	--	270	385	224	240
Cr	--	--	--	--	--	92,5	170	134	148
Co	--	--	--	--	--	47,1	53,1	46	53
Ni	--	--	--	--	--	96	116	88,8	110
Cu	--	--	--	--	--	172	190	193	256
Zn	--	--	--	--	--	110	95	110	110
Rb	--	--	--	--	7,89	9	4	0,5	0,5
Sr	--	--	--	--	229,3	250	210	230	220
Y	--	--	--	--	--	--	26	21	--
Zr	--	--	--	--	--	90	120	80	100
Nb	--	--	--	--	--	--	--	--	--
Pd	--	--	--	--	--	--	--	--	--
Ag	--	--	--	--	--	0,09	0,07	0,07	0,16
Sn	--	--	--	--	--	2,3	1,5	2	1,5
Ba	--	--	--	--	--	100	130	100	150
Pt	--	--	--	--	--	--	--	--	--
Pb	--	--	--	--	4,43	3,1	2,6	1	1
⁸⁷ Sr/ ⁸⁶ Sr(перв.)	--	--	0,70579	0,70523	0,70762	--	--	--	--

Таблица 2.11 (окончание)

№ пробы	БК78а	БК79а	БК80	БК81а	БК93	БК96	N	Средн.	Ст.откл.	Мин.	Макс.
№ п/п	28	29	30	31	32	33					
SiO ₂	48,84	49,2	49,44	48,54	49,2	49,18	33	48,76	1,11	44,39	50,49
TiO ₂	1,34	1,26	1,26	1,24	1,16	1,24	33	1,28	0,54	0,98	4,30
Al ₂ O ₃	15,34	15,52	15,43	15,52	15,34	15,7	33	15,09	1,13	8,92	15,79
FeO*	10,57	11,24	11,37	11,46	11,4	11,3	33	11,40	0,64	10,20	13,64
MnO	0,17	0,20	0,20	0,19	0,20	0,18	33	0,19	0,02	0,16	0,23
MgO	7,40	6,63	6,72	7,3	6,92	6,72	33	7,16	1,13	6,15	13,11
CaO	10,67	10,53	10,53	9,87	10,13	10,13	33	11,11	0,71	9,87	12,79
Na ₂ O	2,05	2,13	2,19	2,13	2,13	2,21	33	1,97	0,20	1,47	2,35
K ₂ O	0,19	0,47	0,30	0,47	0,33	0,50	33	0,30	0,23	0,13	1,46
P ₂ O ₅	0,15	0,14	0,16	0,15	0,15	0,15	33	0,14	0,05	0,09	0,42
Ппп	1,91	1,37	1,26	1,89	1,7	1,41	20	1,99	0,56	1,26	3,68
Summa	99,96	99,68	99,61	99,62	99,44	99,72	33	99,09	0,97	65,61	100,15
Li	5	5	6	5	4	2	20	4	1	2	6
Be	0,5	0,85	0,35	0,7	0,85	0,65	20	0,65	0,16	0,35	0,85
B	7	7	12	12	9	9	20	8,95	2,25	5,00	17
F	280	340	320	220	580	450	20	310	134	5,2	600
Sc	50	21	24	40	32	27	20	35	10	21	63
V	350	467	363	303	264	224	20	305	72	202	467
Cr	149	222	171	168	190	163	20	155	29	92,5	222
Co	56,7	62,5	54,5	56	55,2	51,2	20	55	5	46	64
Ni	110	136	106	128	143	118	20	105	19	60,3	143
Cu	154	195	135	282	324	190	20	190	56	106	324
Zn	100	120	100	100	110	93	20	100	12	60	120
Rb	0,8	11	4	2	1	9	26	4,4	5	0,4	24
Sr	200	200	220	230	190	170	26	225	85	170	631
Y	--	24	--	--	--	--	6	22	3	18	26
Zr	100	110	100	100	110	100	20	100	14	64	122
Nb	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
Pd	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
Ag	0,05	0,08	0,05	0,07	0,05	0,05	20	0,07	0,03	0,05	0,16
Sn	1,5	1,9	1,5	2,1	2	1,9	20	1,8	0,3	1,5	2,5
Ba	130	150	150	180	140	150	20	130	28	55	180
Pt	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
Pb	1	1	1	1	1	1	27	1,7	1,0	1,0	4,43
⁸⁷ Sr/ ⁸⁶ Sr(перв.)	--	--	--	--	--	--					

Анализы по: 1-14 – Sharma et al., 1991, 1992; 15-33 – наши данные.

Таблица 2.12 (продолжение)

№ пробы	hg162b	hg170	hg181	hg182	N	Средн.	Ст.откл.	Мин.	Макс.
№ п/п	10	11	12	13					
SiO ₂	51,98	50,49	50,71	50,69	13	50,95	0,68	49,51	52,06
TiO ₂	2,54	2,26	2,33	2,24	13	2,28	0,09	2,15	2,54
Al ₂ O ₃	14,93	13,78	13,83	14,05	13	14,00	0,43	13,16	14,93
FeO*	13,49	13,98	12,07	13,59	13	13,54	0,60	12,07	14,33
MnO	--	--	--	--	--	--	--	--	--
MgO	3,42	3,74	4,10	3,92	13	3,88	0,32	3,42	4,53
CaO	4,80	8,8	7,81	8,43	13	7,80	1,17	4,80	9,58
Na ₂ O	4,62	2,87	4,61	3,02	13	3,22	1,19	0,81	5,87
K ₂ O	2,11	1,98	2,34	2,00	13	1,95	0,49	0,64	2,83
P ₂ O ₅	0,61	0,53	0,58	0,55	13	0,56	0,03	0,53	0,61
Ппп	3,22	2,23	2,76	2,3	13	2,76	0,65	1,44	3,70
Summa	101,72	100,66	101,14	100,79	13	101,14	0,64	99,79	102,19
Li	8	14	7	12	13	11	2	7	16
Be	1,8	1,8	2	1,85	13	2,3	0,7	1,3	3,7
F	1500	1000	960	900	13	965	276	650	1500
B	7,6	12	11	9,8	13	9,5	2,2	5,2	13
Sc	34	37	32	40	13	33	7	20	50
V	280	350	360	240	13	295	54	170	360
Cr	30	160	100	64	13	70	55	30	220
Co	18	20	32	24	13	22	4	14	32
Ni	14	49	32	27	13	28	11	14	55
Cu	43	53	36	34	13	40	9	25	58
Zn	75	210	60	100	13	135	60	58	240
Rb	34	40	44	36	13	36	9	11	48
Sr	330	390	370	400	13	345	62	230	420
Y	--	--	--	--	--	--	--	--	--
Zr	305	261	285	268	13	275	13	261	305
Nb	30	20	23	21	13	23	3	20	30
Pd	--	--	--	--	--	--	--	--	--
Ag	--	--	0,09	--	3	0,06	0,03	0,03	0,09
Sn	4,4	4	3,7	5,2	13	4,4	0,7	3,2	5,4
Ba	720	770	940	650	13	630	141	420	940
Pt	--	--	--	--	--	--	--	--	--
Pb	6,6	8,1	6,5	7,87	13	7,6	2,8	1,2	12
⁸⁷ Sr/ ⁸⁶ Sr(перв.)	--	--	--	--					

Анализы наши, образцы для исследований любезно предоставлены В. В. Рябовым.

Таблица 2.13. Химический состав пород хоннамакитской свиты.

№ пробы	ayanL7	AyanL8	ayanR9	ayanR1 0	AyanR 11	SobacL 23	hg85	hg89	hg93	hg101a
№ п/п	1	2	3	4	5	6	13	14	15	16
SiO ₂	49,36	48,74	48,72	48,67	49,81	48,19	49,32	49,60	49,20	48,12
TiO ₂	1,25	1,29	1,30	1,20	1,32	1,37	1,33	1,26	1,37	1,22
Al ₂ O ₃	15,06	15,46	15,32	15,02	15,27	15,54	15,55	15,32	15,19	15,61
FeO*	11,88	11,92	11,79	11,75	12,34	12,43	11,29	11,19	12,02	12,26
MnO	0,20	0,21	0,19	0,2	0,19	0,19	--	--	--	--
MgO	7,47	6,96	7,44	7,08	7,13	7,06	7,36	7,92	7,30	7,56
CaO	11,38	11,11	10,98	11,68	10,95	10,92	11,61	11,08	10,92	11,19
Na ₂ O	1,82	1,98	1,90	1,94	2,01	1,97	1,85	1,77	1,92	2,48
K ₂ O	0,20	0,46	0,25	0,20	0,35	0,32	0,27	0,48	0,56	0,12
P ₂ O ₅	0,10	0,11	0,11	0,11	0,11	0,15	0,13	0,12	0,12	0,09
Ппп	--	--	--	--	--	--	2,42	2,32	0,96	1,75
Summa	98,72	98,24	98,00	97,85	99,48	98,14	101,13	101,06	99,56	100,40
Li	--	--	--	--	--	--	4	6	10	8
Be	--	--	--	--	--	--	0,5	0,6	0,9	0,65
B	--	--	--	--	--	--	4,7	4,4	5,1	5
F	--	--	--	--	--	--	280	350	330	230
Sc	--	--	--	--	--	--	45	31	22	51
V	--	--	--	--	--	--	700	250	300	190
Cr	--	--	--	--	--	--	160	170	170	250
Co	--	--	--	--	--	--	42	34	30	32
Ni	--	--	--	--	--	--	160	120	140	170
Cu	--	--	--	--	--	--	110	190	160	40
Zn	--	--	--	--	--	--	110	83	120	63
Rb	2,97	7,94	--	--	4,66	--	3	10	12	2
Sr	195,3	215	--	--	193,9	--	230	220	200	200
Y	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
Zr	--	--	--	--	--	--	90	87	89	69
Nb	--	--	--	--	--	--	7	7	6	4
Pd	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
Ag	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
Sn	--	--	--	--	--	--	2,4	2,1	2,1	1,6
Ba	--	--	--	--	--	--	160	170	160	90
Pt	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
Pb	2,38	9,1	--	--	2,53	--	4,4	4,1	4,1	2,2
⁸⁷ Sr/ ⁸⁶ Sr _(непр.)	0,70509	0,70521	--	--	0,70511	0,70531	--	--	--	--

Таблица 2.13 (окончание)

№ пробы	hg105	hg108m	hg108x	hg111	N	Средн.	Ст.откл.	Мин.	Макс.
№ п/п	17	18	19	20					
SiO ₂	49,33	47,18	48,99	48,77	20	48,95	0,63	47,18	49,92
TiO ₂	1,44	1,41	1,45	1,46	20	1,31	0,09	1,13	1,46
Al ₂ O ₃	15,6	15,36	15,97	15,26	20	15,42	0,22	15,02	15,97
FeO*	11,75	9,57	9,98	12,15	20	11,49	0,81	9,57	12,43
MnO	--	--	--	--	9	0,20	0,01	0,19	0,21
MgO	6,83	7,08	6,10	7,47	20	7,20	0,37	6,10	7,92
CaO	11,03	13,46	12,2	10,86	20	11,41	0,61	10,84	13,46
Na ₂ O	1,94	2,71	3,17	2,18	20	2,07	0,35	1,67	3,17
K ₂ O	0,61	0,13	0,12	0,37	20	0,32	0,14	0,12	0,61
P ₂ O ₅	0,13	0,04	0,10	0,13	20	0,12	0,02	0,04	0,15
Ппп	2,90	2,62	2,62	0,90	13	2,02	0,67	0,90	2,90
Summa	101,56	99,56	100,70	99,55	20	99,63	1,19	97,85	101,56
Li	5	11	12	7	13	7	3	4	12
Be	0,55	0,65	0,75	0,35	13	0,65	0,17	0,35	0,95
B	3,7	9,6	9,5	6,5	13	5,98	1,89	3,70	9,60
F	550	260	500	380	13	330	98	230	550
Sc	40	44	50	40	13	42	8	22	52
V	560	230	400	350	13	355	140	190	700
Cr	250	200	280	240	13	210	38	160	280
Co	34	18	27	37	13	35	7	18	44
Ni	110	110	130	140	13	140	21	110	180
Cu	200	34	57	180	13	130	55	34	200
Zn	110	43	340	79	13	115	72	43	340
Rb	14	3	2	8	16	6	4	2	14
Sr	230	220	200	190	16	210	14	190	230
Y	--	--	--	--	--	--	--	--	--
Zr	89	88	93	95	13	85	7	69	98
Nb	4	6	8	4	13	7	4	3	21
Pd	--	--	--	--	--	--	--	--	--
Ag	--	--	0,05	--	13	0,06	0,02	0,05	0,08
Sn	2,2	1,4	1,8	1,9	13	2,1	0,4	1,4	3,0
Ba	140	100	120	130	13	140	33	90	200
Pt	--	--	--	--	--	--	--	--	--
Pb	3,1	3	6,2	2,8	16	4,2	1,8	2,2	9,1
⁸⁷ Sr/ ⁸⁶ Sr(перв.)	--	--	--	--					

Анализы по: 1-8 – Sharma et al., 1991, 1993; 9-20 – наши данные, пробы любезно представлены В. В. Рябовым.

Таблица 2. 14. Химический состав пород нераркарской свиты.

№ пробы	ayanL1	ayanL2	ayanL3	ayanL4	ayanL5	ayanL6	sobacL21	sobacL22	kotuiR28
№ п/п	1	2	3	4	5	6	7	8	9
SiO ₂	48,53	47,96	48,91	48,12	48,12	50,21	48,58	49,1	49,15
TiO ₂	1,32	1,28	1,42	1,60	1,30	1,34	1,52	1,50	1,32
Al ₂ O ₃	15,11	15,42	15,10	15,09	15,25	15,23	15,38	15,10	15,52
FeO*	12,48	11,81	12,13	12,59	11,72	12,23	12,45	12,78	11,60
MnO	0,20	0,20	0,20	0,20	0,20	0,20	0,20	0,20	0,18
MgO	7,35	7,74	7,28	6,25	7,60	7,72	5,89	6,70	7,57
CaO	11,5	10,63	11,22	11,42	10,59	11,04	10,92	10,7	10,68
Na ₂ O	1,86	1,73	1,98	2,16	2,02	2,04	2,12	2,08	1,86
K ₂ O	0,12	0,66	0,31	0,36	0,44	0,38	0,35	0,54	0,44
P ₂ O ₅	0,11	0,09	0,13	0,17	0,13	0,11	0,19	0,19	0,14
Ппп	--	--	--	--	--	--	--	--	--
Summa	98,58	97,52	98,68	97,96	97,37	100,50	97,60	98,89	98,46
Li	--	--	--	--	--	--	--	--	--
Be	--	--	--	--	--	--	--	--	--
B	--	--	--	--	--	--	--	--	--
F	--	--	--	--	--	--	--	--	--
Sc	--	--	--	--	--	--	--	--	--
V	--	--	--	--	--	--	--	--	--
Cr	--	--	--	--	--	--	--	--	--
Co	--	--	--	--	--	--	--	--	--
Ni	--	--	--	--	--	--	--	--	--
Cu	--	--	--	--	--	--	--	--	--
Zn	--	--	--	--	--	--	--	--	--
Rb	1,93	10,17	3,65	--	--	5,72	--	--	--
Sr	153,7	176,1	168,9	--	--	171,3	--	--	--
Y	--	--	--	--	--	--	--	--	--
Zr	--	--	--	--	--	--	--	--	--
Nb	--	--	--	--	--	--	--	--	--
Pd	--	--	--	--	--	--	--	--	--
Ag	--	--	--	--	--	--	--	--	--
Sn	--	--	--	--	--	--	--	--	--
Ba	--	--	--	--	--	--	--	--	--
Pt	--	--	--	--	--	--	--	--	--
Pb	1,73	3	--	--	--	2,07	--	--	--
⁸⁷ Sr/ ⁸⁶ Sr(перв.)	0,70576	0,70493	0,70463	0,70508	--	--	0,70463	--	0,70515

Таблица 2. 14 (продолжение)

№ пробы	N	Средн.	Ст.откл.	Мин.	Макс.
№ п/п					
SiO ₂	9	48,74	0,66	47,96	50,21
TiO ₂	9	1,40	0,11	1,28	1,60
Al ₂ O ₃	9	15,24	0,15	15,09	15,52
FeO*	9	12,20	0,39	11,60	12,78
MnO	9	0,20	0,01	0,18	0,21
MgO	9	7,12	0,64	5,89	7,74
CaO	9	10,97	0,33	10,59	11,50
Na ₂ O	9	1,98	0,13	1,73	2,16
K ₂ O	9	0,40	0,14	0,12	0,66
P ₂ O ₅	9	0,14	0,03	0,09	0,19
Ппп	--	--	--	--	--
Summa	9	98,40	0,91	97,37	100,50
Li	--	--	--	--	--
Be	--	--	--	--	--
B	--	--	--	--	--
F	--	--	--	--	--
Sc	--	--	--	--	--
V	--	--	--	--	--
Cr	--	--	--	--	--
Co	--	--	--	--	--
Ni	--	--	--	--	--
Cu	--	--	--	--	--
Zn	--	--	--	--	--
Rb	5	5	3	1,93	10,17
Sr	5	165	8	153	176
Y	--	--	--	--	--
Zr	--	--	--	--	--
Nb	--	--	--	--	--
Pd	--	--	--	--	--
Ag	--	--	--	--	--
Sn	--	--	--	--	--
Ba	--	--	--	--	--
Pt	--	--	--	--	--
Pb	4	2,27	0,5	1,73	3,00
⁸⁷ Sr/ ⁸⁶ Sr(перв.)					

Анализы по:
Sharma et al.,
1991, 1992.

Таблица 2.15 (продолжение)

№ пробы	91-20	91-21kr	91-21	91-22kr	91-22	91-23kr	91-23	91-24kr	91-24
№ п/п	10	11	12	13	14	15	16	17	18
SiO ₂	47,16	46,46	47,23	47,78	48,91	49,83	49,66	47,62	48,15
TiO ₂	1,50	1,56	1,50	1,39	1,33	1,43	1,34	1,41	1,34
Al ₂ O ₃	16,15	16,19	16,34	14,96	15,22	15,42	15,29	15,07	15,07
FeO*	12,20	12,62	12,91	11,96	11,88	12,85	11,99	11,86	11,76
MnO	0,32	0,25	0,24	0,19	0,21	0,20	0,22	0,21	0,23
MgO	5,44	4,93	4,54	7,21	7,34	7,4	7,23	7,86	7,82
CaO	11,73	11,69	11,54	10,76	10,65	10,59	10,36	9,4	9,27
Na ₂ O	2,15	2,17	2,28	2,13	2,26	2,45	2,51	2,32	2,30
K ₂ O	0,15	0,2	0,27	0,13	0,13	0,40	0,39	0,76	0,75
P ₂ O ₅	0,14	0,16	0,14	0,14	0,12	0,15	0,13	0,14	0,13
Ппп	2,89	3,57	2,87	3,15	2,20	0,45	0,65	3,18	2,90
Summa	100,03	100,01	100,06	99,99	100,44	101,37	99,97	100,01	99,91
Li	--	7	--	8	--	7	--	19	--
Be	--	0,65	--	0,4	--	0,55	--	0,4	--
B	--	5,8	--	2	--	2	--	3,1	--
F	--	200	--	300	--	200	--	250	--
Sc	40,3	42	45,9	44	37	30	42,5	23	42,3
V	318,9	260	317,2	280	271,6	240	294,8	280	300,2
Cr	159,1	110	169,4	120	145,7	110	160,3	98	160,3
Co	--	57	--	50	--	45	--	41	--
Ni	140	160	140,6	140	128,8	140	127,3	130	130,5
Cu	188,7	210	189,2	180	160,1	210	156,9	81	76,8
Zn	114,4	220	109,6	180	100	170	108,7	190	102,5
Rb	1,5	2	3,3	2	3,1	3	4,1	7	8,8
Sr	240,4	220	225,5	190	214,4	160	209,1	190	224,1
Y	31,7	--	31,4	--	28,6	20	29,5	--	28,2
Zr	110,2	180	109,7	180	98,3	85	104,8	100	100,8
Nb	5,3	--	5,1	--	4,8	5,6	5,3	--	4,6
Pd	--	--	--	--	--	--	--	--	--
Ag	--	0,05	--	0,05	--	0,06	--	0,05	--
Sn	--	2,8	--	2,6	--	2,5	--	3,4	--
Ba	59,6	75	52,3	75	64,2	100	126,5	640	567,7
Pt	--	--	--	--	--	--	--	--	--
Pb	1,6	1,7	3,6	1,5	3	2,1	1,8	4,4	4,5
⁸⁷ Sr/ ⁸⁶ Sr _(непр.)	--	--	--	--	--	--	0,70589	--	--

Таблица 2.15 (продолжение)

№ пробы	C1/128,0k	C1/143,0k	C1/148,0k	C1/174,0k	C1/228,0k	C1/243,0k	tt
№ п/п	43	44	45	46	47	48	49
SiO ₂	47,76	47,88	47,67	49,69	49,21	49,01	50.12
TiO ₂	1,56	1,55	1,61	1,30	1,14	1,01	1.11
Al ₂ O ₃	14,78	15,06	15,24	14,76	14,85	14,7	15.43
FeO*	13,22	12,73	12,49	11,46	11,54	10,14	9.78
MnO	0,22	0,25	0,26	0,18	0,18	0,16	0.19
MgO	7,43	6,47	6,6	6,93	7,34	7,46	6.73
CaO	10,19	9,13	10,53	11,11	11,06	11,95	11.61
Na ₂ O	2,45	2,88	2,32	2,21	2,20	2,07	2.19
K ₂ O	0,61	0,83	0,66	0,48	0,56	0,30	0.85
P ₂ O ₅	0,17	0,17	0,17	0,14	0,12	0,12	0.13
Ппп	1,41	2,82	2,27	1,58	1,61	2,94	1.72
Summa	100,01	99,97	100,01	100,02	99,99	100,02	99.86
Li	11	13	9	4	4	6	7
Be	0,9	0,75	1,1	0,95	0,75	0,55	0.50
B	23	14	19	17	19	3,9	5.2
F	270	355	275	210	155	215	450
Sc	48	28	52	47	59	46	49
V	220	210	300	270	320	220	320
Cr	220	120	240	120	220	90	77
Co	40	32	48	43	53	43	49
Ni	160	120	130	98	140	74	76
Cu	120	140	220	170	210	160	88
Zn	220	53	92	160	180	160	120
Rb	12	28	26	10	8	4	21
Sr	220	280	180	280	220	300	220
Y	--	--	--	--	--	--	--
Zr	100	100	100	110	80	90	180
Nb	--	--	--	--	--	--	--
Pd	--	--	--	--	--	--	--
Ag	0,05	0,05	0,08	0,04	0,1	0,02	--
Sn	2,9	1,9	3,8	3,7	5,2	2,5	--
Ba	210	340	260	230	240	280	280
Pt	--	--	--	--	--	--	--
Pb	4,2	1,7	0,8	5	3,5	3,6	3.9
⁸⁷ Sr/ ⁸⁶ Sr(перв.)	--	--	--	--	--	--	--

Таблица 2.15 (окончание)

№ пробы	N	Сред.	Ст.откл.	Мин.	Макс.
№ п/п					
SiO ₂	48	48,66	0,99	46,33	49,90
TiO ₂	48	1,41	0,11	1,01	1,61
Al ₂ O ₃	48	15,32	0,40	14,70	16,77
FeO*	48	12,11	0,55	10,14	13,22
MnO	48	0,21	0,03	0,15	0,32
MgO	48	6,93	0,75	4,54	7,86
CaO	48	10,68	0,70	8,85	11,95
Na ₂ O	48	2,40	0,23	1,98	3,32
K ₂ O	48	0,37	0,17	0,11	0,83
P ₂ O ₅	48	0,15	0,02	0,12	0,19
Ппп	48	1,70	1,05	0,02	4,05
Summa	4	100,21	0,30	99,40	101,37
Li	48	8	5	4	20
Be	32	0,65	0,20	0,30	1,25
B	32	7,20	5,50	2,00	23
F	32	270	78	150	440
Sc	48	40	10	20	66
V	48	300	50	200	440
Cr	48	160	50	90	286
Co	48	50	10	32	81
Ni	48	125	20	74	190
Cu	48	170	76	24	520
Zn	48	140	59	52	350
Rb	48	6	5	1,5	28
Sr	48	220	44	140	361
Y	21	30	5	20	45
Zr	48	135	53	78	315
Nb	20	5	0,5	3,2	5,6
Pd	--	--	--	--	--
Ag	32	0,08	0,05	0,02	0,21
Sn	32	2,9	1,1	1,0	6,7
Ba	48	145	112	49	640
Pt	--	--	--	--	--
Pb	48	2,5	1,2	0,5	5,0
⁸⁷ Sr/ ⁸⁶ Sr(перв.)					

Анализы: наши данные. 1-48 – корвунчанская свита, 49 – тугочанская свита. Образцы 43-48 любезно предоставлены В. В Золотухиным.

Таблица 2.16. (Продолжение)

№ пробы	37	38	39	40	41	42	43	44	45
№ п/п	98-41nd	98-48	91-49nd	91-49	91-50nd	91-50	91-51nd	91-51	91-52nd
SiO ₂	49,02	49,16	48,30	49,13	47,70	48,43	48,67	49,41	47,95
TiO ₂	1,41	1,31	1,57	1,49	1,66	1,59	1,69	1,62	1,33
Al ₂ O ₃	15,23	15,09	14,97	15,11	14,68	14,58	14,98	15,03	16,10
FeO*	12,06	11,67	12,55	12,30	12,72	12,63	13,09	12,77	10,75
MnO	0,20	0,20	0,2	0,21	0,20	0,21	0,21	0,22	0,21
MgO	7,44	7,36	6,89	6,97	6,29	6,30	6,19	6,23	6,59
CaO	10,92	10,61	10,92	10,63	10,30	10,12	10,51	10,32	11,30
Na ₂ O	2,42	2,40	2,31	2,43	2,38	2,47	2,58	2,62	2,05
K ₂ O	0,22	0,22	0,17	0,18	0,43	0,46	0,46	0,52	0,11
P ₂ O ₅	0,14	0,13	0,14	0,13	0,18	0,16	0,18	0,17	0,11
Ппп	0,78	1,50	1,80	1,84	3,26	2,36	1,23	1,56	3,31
Summa	100,04	99,83	100,02	100,61	100,00	99,51	100,00	100,67	99,98
Li	10	--	6	--	7	--	7	--	7
Be	0,3	--	0,3	--	1,0	--	0,7	--	0,7
B	5,8	--	6,1	--	5,2	--	8,1	--	2
F	300	--	200	--	500	--	300	--	250
Sc	33	38,1	26	46,5	26	39	46	38,1	44
V	370	292,5	320	311,6	500	312,4	400	319,7	400
Cr	190	170,6	170	165,7	62	118,6	94	117,4	150
Co	50	--	57	--	46	--	50	--	48
Ni	160	117,8	150	122,5	110	84,9	110	80,7	160
Cu	210	156,4	260	195,9	240	186,1	250	198,5	200
Zn	150	99,3	170	104	170	107,2	170	110,3	160
Rb	8	12,4	4	7,7	5	7,6	9	12,5	2
Sr	230	218,9	220	218,5	210	196,7	190	199,4	150
Y	--	27,8	--	31	--	33	--	33,9	--
Zr	140	97,8	100	102,8	160	115,8	150	120,6	150
Nb	--	5,5	--	4,7	--	4,7	--	5,9	--
Pd	--	--	--	--	--	--	--	--	--
Ag	0,08	--	0,08	--	0,09	--	0,09	--	0,06
Sn	2,9	--	3	--	3,4	--	3,2	--	2,9
Ba	83	107,7	85	89	100	141,9	105	143,5	46
Pt	--	--	--	--	--	--	--	--	--
Pb	1,7	3,3	2,7	0,6	2,2	2,5	2	0,3	0,8
⁸⁷ Sr/ ⁸⁶ Sr(пер.)	--	--	--	--	--	--	--	0,70535	--

Таблица 2.16. (Продолжение)

№ пробы	91-52	91-53nd	91-53	91-54nd	91-54	91-55nd	91-55	91-56nd	91-56
№ п/п	46	47	48	49	50	51	52	53	54
SiO ₂	48,29	47,27	48,13	46,8	48,57	48,42	49,17	48,09	48,7
TiO ₂	1,23	1,29	1,23	1,36	1,24	1,47	1,37	1,41	1,32
Al ₂ O ₃	16,33	15,39	15,78	15,12	15,87	15,06	15,24	15,13	15,19
FeO*	10,89	11,28	11,36	11,76	11,64	12,56	12,05	12,03	11,79
MnO	0,23	0,17	0,18	0,18	0,18	0,21	0,21	0,20	0,21
MgO	7,00	6,73	6,93	6,42	7,13	6,97	7,16	6,63	6,88
CaO	11,01	11,33	10,97	11,19	10,56	11,13	11,00	11,23	11,08
Na ₂ O	2,24	2,20	2,19	2,12	2,28	2,36	2,48	2,30	2,34
K ₂ O	0,10	0,10	0,09	0,10	0,09	0,18	0,17	0,22	0,27
P ₂ O ₅	0,11	0,12	0,1	0,13	0,11	0,14	0,12	0,14	0,12
Ппп	2,76	3,93	2,65	4,63	3,09	1,92	1,94	2,43	2,33
Summa	100,36	99,99	99,8	100,00	100,95	100,62	101,10	100,00	100,41
Li	--	7	--	8	--	7	--	5	--
Be	--	0,55	--	0,35	--	0,75	--	0,5	--
B	--	5,4	--	12	--	10	--	11	--
F	--	200	--	200	--	250	--	350	--
Sc	39,9	44	39,1	31	40,3	34	39,4	47	43,5
V	287,8	310	262,7	270	287,1	200	296	330	292,5
Cr	225,4	130	207,1	130	172,3	110	166,2	120	179,5
Co	--	49	--	48	--	52	--	68	--
Ni	155	150	152,3	140	136,5	100	122,6	120	128,7
Cu	164,8	200	158,3	240	160,3	210	175,4	270	169,2
Zn	93,2	140	91,9	180	92,7	160	101,3	200	99,8
Rb	0,7	2	1,3	2	1,6	3	5,1	3	4,8
Sr	170,7	190	178,7	250	218,6	190	197,1	220	217,8
Y	27,5	--	26,7	--	26,7	--	29,6	--	28,3
Zr	85,5	130	85	83	88,8	100	98	160	92,4
Nb	3,7	--	3,5	--	3,6	--	4,7	--	4,5
Pd	--	--	--	--	--	--	--	--	--
Ag	--	0,06	--	0,07	--	0,06	--	0,06	--
Sn	--	2,4	--	2,9	--	2	--	2,9	--
Ba	43,9	40	39,1	41	41,9	75	82,5	83	73,7
Pt	--	--	--	--	--	--	--	--	--
Pb	0,1	1,5	3,4	0,8	1,4	1,8	1,8	3,2	2,2
⁸⁷ Sr/ ⁸⁶ Sr(перв.)	--	--	0,70532	--	--	--	0,70722	--	--

Таблица 2.16. (Продолжение)

№ пробы	91-71nd	91-71	91-72nd	91-72	91-73nd	91-73	91-74nd	91-74	91-75nd
№ п/п	73	74	75	76	77	78	79	80	81
SiO ₂	48,03	48,88	48,91	49,36	49,03	49,27	46,44	47,98	48,72
TiO ₂	1,53	1,43	1,62	1,52	1,64	1,57	1,42	1,36	1,50
Al ₂ O ₃	15,21	15,44	14,84	14,73	14,94	14,9	14,93	15,38	15,00
FeO*	12,42	12,72	13,23	12,74	12,9	12,47	12,00	11,83	12,02
MnO	0,19	0,20	0,21	0,23	0,21	0,22	0,21	0,22	0,20
MgO	6,94	7,11	6,74	6,83	6,82	6,62	6,74	6,90	6,40
CaO	10,69	10,35	10,73	10,52	10,75	10,5	10,83	10,81	10,83
Na ₂ O	2,33	2,44	2,37	2,44	2,43	2,50	2,13	2,23	2,29
K ₂ O	0,22	0,21	0,51	0,43	0,42	0,43	0,11	0,11	0,21
P ₂ O ₅	0,16	0,15	0,16	0,14	0,15	0,14	0,13	0,12	0,15
Ппп	2,10	2,22	0,52	1,37	0,53	1,26	4,87	2,89	2,49
Summa	100,01	101,35	100,05	100,51	100,03	100,08	100,00	100,02	100,00
Li	5	--	5	--	4	--	7	--	5
Be	0,75	--	0,7	--	0,75	--	0,55	--	0,25
B	6,6	--	8,4	--	12	--	6,6	--	13
F	300	--	400	--	450	--	250	--	350
Sc	27	33,2	39	42,8	36	40,6	26	38,1	27
V	250	297,8	300	309	300	322,2	300	296,2	310
Cr	87	127,7	110	154,9	130	160	86	170,6	92
Co	38	--	39	--	34	--	41	--	42
Ni	120	120,9	110	108,9	110	111,6	140	134,3	130
Cu	310	179,1	200	197,5	120	88,5	310	174,7	300
Zn	350	103,2	230	109,8	240	104,6	310	95,5	250
Rb	2	2,8	8	12,3	8	12,3	2	1,3	3
Sr	160	199,3	150	190,7	190	196,5	200	240,9	160
Y	--	31,8	--	33,8	30	32,7	28,4	28,4	--
Zr	120	109,2	140	109,9	190	111	120	94,2	120
Nb	--	5,2	--	5	4,6	5,3	4,6	4,6	--
Pd	--	--	--	--	--	--	--	--	--
Ag	0,1	--	0,08	--	0,04	--	0,1	--	0,1
Sn	4,4	--	3,5	--	3,6	--	4,2	--	3,9
Ba	130	100,1	115	110,3	100	108,8	56	43,6	95
Pt	--	--	--	--	--	--	--	--	--
Pb	2,5	1,5	1,4	1,5	0,8	3,1	0,8	2	1,6
⁸⁷ Sr/ ⁸⁶ Sr(перв.)	--	0,70510	--	--	--	0,70589	--	--	--

Таблица 2.16. (окончание)

№ пробы	HT447-1nd	HT448-1nd	HT448-3nd	N	Сред.	Ст.откл.	Мин.	Макс.
№ п/п	91	92	93					
SiO ₂	49,94	48,92	48,57	93	48,46	0,79	46,33	49,94
TiO ₂	1,26	1,38	1,28	93	1,41	0,11	1,16	1,69
Al ₂ O ₃	15,28	15,52	15,31	93	15,21	0,29	14,22	16,33
FeO*	12,8	11,76	11,58	93	12,11	0,58	10,75	13,92
MnO	0,21	0,19	0,20	93	0,20	0,03	0,17	0,34
MgO	6,99	6,08	7,02	93	6,97	0,45	5,45	7,81
CaO	10,02	11,10	11,42	93	10,83	0,36	9,96	12,08
Na ₂ O	2,29	2,23	2,12	93	2,33	0,12	2,00	2,62
K ₂ O	0,67	0,48	0,49	93	0,26	0,13	0,09	0,67
P ₂ O ₅	0,13	0,14	0,12	93	0,14	0,02	0,10	0,18
Ппп	0,24	2,00	1,73	93	2,06	1,17	0,08	5,01
Summa	100,03	99,99	100,02	93	100,13	0,39	97,90	101,35
Li	8	8	8	53	6	2	4	13
Be	1,1	0,9	0,6	53	0,60	0,24	0,25	1,30
B	7,1	15	6,4	53	7,00	4,94	2,00	23
F	400	185	170	53	285	84	145	500
Sc	57	37	64	93	40	9	15	68
V	360	410	290	93	300	51	200	500
Cr	320	220	260	93	170	73	62	690
Co	58	55	47	53	45	7	34	68
Ni	150	130	130	93	130	20	75	230
Cu	220	190	160	93	205	66	70,9	470
Zn	170	160	150	93	145	57	42	350
Rb	12	9	10	93	5	3	0,7	12,5
Sr	260	270	260	93	195	30	120	280
Y	--	--	--	45	30	2	24	35
Zr	100	90	80	93	112	28	77	200
Nb	--	--	--	45	5	0,6	3,4	6
Pd	--	--	--	--	--	--	--	--
Ag	0,11	0,05	0,02	53	0,07	0,02	0,02	0,13
Sn	4,1	2,4	2,3	52	3,3	0,9	1,8	6,4
Ba	160	160	170	93	100	52	34,1	357
Pt	--	--	--	--	--	--	--	--
Pb	5,2	4,1	1,9	93	1,8	0,9	0,1	5,2
⁸⁷ Sr/ ⁸⁶ Sr(перв.)	--	--	--					

Анализы: наши данные. Образцы 85-93 любезно предоставлены В. В Золотухиным.

Таблица 2.17. Химический состав пород кочечумской свиты.

№ пробы	91-41к	91-41	91-42к	91-42	91-43к	91-43	91-44к	91-44	91-45к	91-45
№ п/п	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
SiO ₂	47,49	48,54	48,50	48,59	48,44	48,80	48,48	48,64	47,60	48,55
TiO ₂	1,26	1,19	1,43	1,34	1,44	1,34	1,37	1,30	1,45	1,35
Al ₂ O ₃	15,11	15,36	15,33	15,20	15,23	15,23	15,59	15,47	15,12	15,18
FeO*	11,76	11,38	12,45	11,75	12,5	11,8	11,99	11,56	11,71	11,86
MnO	0,20	0,20	0,20	0,20	0,20	0,20	0,19	0,20	0,20	0,21
MgO	7,89	8,13	7,62	7,55	7,53	7,52	7,78	7,69	6,66	6,89
CaO	11,01	10,77	11,19	10,94	11,20	10,95	11,25	10,98	11,05	10,88
Na ₂ O	2,07	2,15	2,31	2,32	2,32	2,34	2,37	2,32	2,27	2,32
K ₂ O	0,19	0,18	0,29	0,32	0,28	0,30	0,25	0,24	0,14	0,14
P ₂ O ₅	0,12	0,1	0,15	0,14	0,15	0,14	0,14	0,13	0,14	0,13
Ппп	2,77	2,12	0,4	1,28	0,47	1,35	0,43	1,36	3,49	2,69
Summa	100,06	100,30	100,07	99,82	100,04	100,16	100,04	100,08	100,02	100,38
Li	5	--	7	--	7	--	7	--	5	--
Be	0,35	--	0,35	--	0,4	--	0,4	--	0,4	--
B	2	--	2	--	2,3	--	2,4	--	2,9	--
F	200	--	200	--	350	--	500	--	400	--
Sc	55	41,9	34	35,6	28	36,8	30	36,7	48	37,7
V	380	275,1	380	286,7	400	296,5	350	275,5	420	289,9
Cr	250	205,4	180	205,4	180	212	180	199,3	160	164
Co	65	--	45	--	48	--	40	--	51	--
Ni	200	142	150	122,8	160	121,3	160	129	150	126,9
Cu	81	86,1	150	160,5	210	160,5	150	155,5	240	172,8
Zn	160	89,7	190	98,8	180	100,8	150	94,5	200	99,8
Rb	2	3,1	7	10,7	6	10	6	9,4	2	2,7
Sr	150	162,7	160	184,2	140	180,1	140	184,9	180	183,3
Y	--	26,6	21	28,4	28	29,1	--	28	--	28,7
Zr	160	82,5	165	96,1	155	99,3	99	96,1	160	96,5
Nb	--	3,8	5,4	4,1	3,5	5	--	4,5	--	4,5
Pd	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
Ag	0,03	--	0,1	--	0,05	--	0,04	--	0,08	--
Sn	3,1	--	0,8	--	2,7	--	2,3	--	3	--
Ba	70	75	93	126,6	84	93,1	90	94,2	60	68,6
Pt	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
Pb	0,8	1,8	0,8	1,9	1,8	2,1	1,5	2,2	1,6	3
⁸⁷ Sr/ ⁸⁶ Sr _(перв.)	--	--	--	0,70605	--	0,70732	--	0,70520	--	0,70520

Таблица 2.17 (окончание)

№ пробы	N	Сред.	Ст.откл.	Мин.	Макс.
№ п/п					
SiO ₂	10	48,36	0,42	47,49	48,80
TiO ₂	10	1,38	0,08	1,19	1,45
Al ₂ O ₃	10	15,28	0,15	15,11	15,59
FeO*	10	11,88	0,34	11,38	12,50
MnO	10	0,20	0,01	0,19	0,21
MgO	10	7,53	0,42	6,66	8,13
CaO	10	11,02	0,15	10,77	11,25
Na ₂ O	10	2,28	0,09	2,07	2,37
K ₂ O	10	0,23	0,06	0,14	0,32
P ₂ O ₅	10	0,13	0,01	0,10	0,15
Ппп	10	1,64	0,40	3,49	
Summa	10	100,10	0,15	99,82	100,38
Li	6	6	0,9	5	7
Be	6	0,38	0,02	0,35	0,40
B	6	2,32	0,33	2,00	2,90
F	6	330	113	200	500
Sc	10	40	8	28	55
V	10	335	53	275	420
Cr	10	195	25	160	250
Co	6	50	8	40	65
Ni	10	145	22	121	200
Cu	10	155	45	81	240
Zn	10	135	41	89	200
Rb	10	6	3	2	11
Sr	10	165	17	140	185
Y	8	27	3	21	29
Zr	10	120	32	82	165
Nb	8	4,4	0,61	3,5	5,4
Pd	--	--	--	--	--
Ag	6	0,06	0,03	0,03	0,10
Sn	6	2,4	0,8	0,8	3,1
Ba	10	85	17	60	127
Pt	--	--	--	--	--
Pb	10	1,75	0,62	0,8	3,0
⁸⁷ Sr/ ⁸⁶ Sr(перв.)					

Анализы:
наши дан-
ные.

Таблица 2.18. (окончание)

№ пробы	N	Средн.	Ст. откл.	Мин.	Макс.
SiO ₂	63	47,01	1,57	42,29	51,60
TiO ₂	63	1,52	0,27	1,26	2,90
Al ₂ O ₃	63	14,93	0,42	13,75	15,56
FeO*	63	11,93	0,89	10,66	14,31
MnO	63	0,20	0,03	0,12	0,29
MgO	63	6,86	0,69	5,33	8,26
CaO	63	10,78	0,66	9,16	13,07
Na ₂ O	63	2,36	0,33	1,79	4,11
K ₂ O	63	0,31	0,21	0,13	1,09
P ₂ O ₅	63	0,16	0,06	0,12	0,50
Ппп	57	4,98	1,73	2,43	12,64
Summa	64	100,53	0,51	99,91	103,58
Li	57	5	1	2	9
Be	57	1,30	0,36	0,70	2,85
B	57	2,95	1,10	1,80	5,70
F	57	345	9	180	730
Sc	64	43	18	13	100
V	57	440	117	280	700
Cr	64	215	63	92	350
Co	64	45	8	30	67
Ni	64	155	42	78	300
Cu	57	125	41	49	230
Zn	57	105	21	54	170
Rb	64	5	4	2	20
Sr	64	230	48	140	370
Y	10	16	8	9	32
Zr	64	85	23	60	190
Nb	10	10	2	4,8	13
Pd	--	--	--	--	--
Ag	57	0,06	0,02	0,03	0,11
Sn	57	2,1	0,6	1,1	3,8
Ba	64	140	154	70	1300
Pt	--	--	--	--	--
Pb	57	2,9	1,3	1,2	8,0
⁸⁷ Sr/ ⁸⁶ Sr(перв.)					

Анализы: 1-56 наши данные, пробы предоставлены Ю. Р. Васильевым; 57-63 - данные Гладких (1994).

Таблица 2. 19. Содержание редкоземельных элементов, Та, Нф, Тh и U в вулканитах Тунгусской синеклизы.

свита	iv	iv	iv	iv	iv	iv	iv	iv	iv
№ пробы	128-1F	62-168	62-157	1942sg19	2001sg19	sg32-2533	sg32-2543	sg32-2597	sg32-2605
№ п/п	1	2	3	4	5	6	7	8	9
La	49,13	36	39	49	97	45,5	61,9	50,7	38,6
Ce	113,5	70	96	89	185	92,8	134	111	92,1
Pr	12,75	8	15	12	22	--	--	--	--
Nd	55,21	34	42	44	110	43,1	66,2	56,5	47,6
Sm	11,68	10	15	5,8	20	8,3	13,65	11,72	10,44
Eu	2,4	2,4	2,8	2,4	4,9	2,26	3,86	3,52	2,64
Gd	10,6	6,8	12	--	2,3	7,69	12,6	11,61	9,99
Tb	1,58	--	--	--	--	1,24	1,89	1,73	1,41
Dy	9,14	6,5	11	8,2	17	--	--	--	--
Ho	1,78	1,3	2,3	--	--	1,58	2,36	2,19	1,69
Er	4,67	3,8	5,6	3,7	8	--	--	--	--
Tm	0,66	--	--	--	--	0,59	0,77	0,75	0,63
Yb	4,25	4,2	5,8	3,6	6,4	3,7	4,73	4,6	3,84
Lu	0,61	0,55	0,58	0,45	0,77	0,52	0,67	0,65	0,54
Hf	9,13	--	3	7	10	6,91	8,6	8,56	5,39
Ta	1,47	--	0,5	1,7	1,3	1,53	1,81	1,67	1,33
Th	--	--	--	--	--	5,84	7,2	4,87	3,64
U	--	--	--	--	--	1,56	1,82	1,27	1,16
Свита	iv	iv	iv	iv	iv	iv	iv	iv	sw
№ пробы	sg32-2616	sg32-2622	sg32-2624	2045sg9	2059sg9	2117sg9	2136sg9	2200sg9	308-1F
№ п/п	10	11	12	13	14	15	16	17	18
La	53,5	51,5	50,7	34,86	59,13	48,67	40,69	51,95	20,87
Ce	121	119	109	73,48	132,1	107,9	90,05	115,5	46,34
Pr	--	--	--	8,32	13,69	12,28	10,47	12,64	5,5
Nd	57,7	56,6	52,6	35,97	69,1	57,9	47,18	56,01	24,3
Sm	11,65	11,53	10,39	7,65	14,4	11,84	10,08	11,23	5,56
Eu	2,93	2,74	2,95	2,18	4,04	3,49	2,72	2,87	1,8
Gd	10,39	10,59	9,51	7,4	12,14	11,46	10,05	9,74	5,04
Tb	1,53	1,56	1,49	1,22	1,79	1,76	1,52	1,56	0,77
Dy	--	--	--	6,82	9,72	10,06	8,52	8,54	4,71
Ho	2,04	1,98	1,99	1,32	1,99	2,06	1,66	1,77	0,95
Er	--	--	--	3,61	4,96	5,31	4,65	4,66	2,39

Таблица 2.19 (продолжение)									
Свита	iv	iv	iv	iv	iv	iv	iv	iv	sw
№ пробы	sg32-2616	sg32-2622	sg32-2624	2045sg9	2059sg9	2117sg9	2136sg9	2200sg9	308-1F
№ п/п	10	11	12	13	14	15	16	17	18
Tm	0,77	0,81	0,75	0,5	0,69	0,7	0,63	0,66	0,34
Yb	4,78	4,84	4,48	3,22	4,36	4,65	3,57	4,3	2,23
Lu	0,7	0,71	0,65	0,41	0,64	0,63	0,54	0,68	0,33
Hf	7,84	7,9	7,1	7	9	9,1	6,16	7,61	4,3
Ta	2,41	2,51	2,25	1,39	1,67	1,46	1,23	2,04	0,67
Th	6,31	6,23	5,79	5,74	6,64	4,82	4,22	6,82	2,2
U	3,24	2,27	2,32	1,49	1,71	1,22	0,91	3,24	0,57
свита	sw	sw	sw	sw	sw	sw	sw	sw	sw
№ пробы	249-1F	197-1F	1931sg9	1991sg9	sg32-2386	sg32-2464	sg32-2515	62-183	62-179
№ п/п	19	20	21	22	23	24	25	26	27
La	22,48	25,73	22,64	18,71	25,8	26,4	22	27	23
Ce	51,43	56,62	50,37	46,79	49	52,9	48	58	48
Pr	6	6,55	5,8	5,2	--	--	--	4,5	4,4
Nd	24,9	27,26	26,04	26,16	24,8	26,2	24,5	30	23
Sm	5,65	5,96	5,84	5,94	5,74	5,64	5,37	5,4	5,4
Eu	1,77	1,78	1,95	1,72	1,87	1,72	1,81	2,5	1,3
Gd	5,22	5,6	5,4	5,13	5,73	5,55	5,71	6,6	5,7
Tb	0,8	0,9	0,83	0,8	0,88	0,87	0,87	--	--
Dy	4,87	5,25	4,62	5,02	--	--	--	7,1	4,6
Ho	0,99	1,02	0,95	0,99	1,16	1,09	1,14	1,3	0,83
Er	2,35	2,77	2,56	2,68	--	--	--	4,2	3,1
Tm	0,36	0,39	0,34	0,35	0,44	0,43	0,43	--	--
Yb	2,3	2,53	2,22	2,36	2,62	2,45	2,53	3,6	3,3
Lu	0,35	0,38	0,3	0,34	0,38	0,35	0,35	0,33	0,29
Hf	5	5,29	4,66	5,08	4,5	4,5	4,37	3,2	0,5
Ta	0,85	0,96	0,78	0,91	0,78	0,94	0,86	0,5	0,5
Th	3,41	--	2,08	3,49	2,44	3,64	3,15	--	--
U	0,94	--	0,46	0,88	0,6	0,97	0,81	--	--
свита	sw	gd	gd	gd	gd	gd	gd	gd	gd
№ пробы	62-173	329-1F	1694sg19	1746sg19	1840sg19	62-220	62-212	62-209	sg32-2245
№ п/п	28	29	30	31	32	33	34	35	36
La	22	5,94	5,3	8,2	17	16	10	6,5	6,74
Ce	70	16,24	18	20	37	36	26	16	18,3
Pr	6,2	2,31	1,5	2,2	3,8	4,7	2,6	1,8	--

Таблица 2.19 (продолжение)									
свита	sw	gd	gd	gd	gd	gd	gd	gd	gd
№ пробы	62-173	329-1F	1694sg19	1746sg19	1840sg19	62-220	62-212	62-209	sg32-2245
№ п/п	28	29	30	31	32	33	34	35	36
Nd	20	11,51	13	--	17	19	17	14	12,05
Sm	4,8	3,25	2,6	2	6,4	4	4,3	2,6	3,21
Eu	1,2	1,09	1,1	1,4	0,8	1	1,4	1,3	1,03
Gd	5,7	3,37	3	4	6,6	3,1	5,6	3	3,61
Tb	--	0,51	--	--	--	--	--	--	0,55
Dy	5,3	3,07	3	4	5,6	4	5,5	3,2	--
Ho	1	0,59	0,55	0,65	1,1	0,73	0,96	--	0,69
Er	3	1,38	1,2	1,6	2,4	2,5	3,1	2,4	--
Tm	--	0,2	--	--	--	--	--	--	0,24
Yb	3	1,18	1,2	1,5	1,9	3,1	2,7	1,9	1,39
Lu	0,32	0,17	0,2	0,25	0,2	0,29	0,37	0,26	0,19
Hf	0,5	2,46	2	3,7	6	3,5	1,2	0,6	2,14
Ta	0,5	0,36	0,4	0,6	1	0,4	0,5	0,5	0,4
Th	--	0,58	--	--	--	--	--	--	0,86
U	--	0,17	--	--	--	--	--	--	0,39
свита	gd	gd	gd	gd	gd	gd	gd	gd	gd
№ пробы	sg32-2275	sg32-2301	sg32-2328	sg32-2332	sg32-2357	sg32-2375	1761sg9	1790sg9	1821sg9
№ п/п	37	38	39	40	41	42	43	44	45
La	6,96	6,94	6,71	6,74	12,31	9,18	4,97	6,11	8,94
Ce	20	16,8	18	18,3	30,7	20,5	13,02	15,99	21,56
Pr	--	--	--	--	--	--	1,81	2,1	2,83
Nd	13,66	12,21	11,3	13,08	19,1	13,11	9,07	10,74	14,52
Sm	3,85	3,43	3,25	3,4	5,12	3,32	2,44	3,02	3,86
Eu	1,25	1,08	1,12	1,11	1,79	1,3	0,87	1,1	1,3
Gd	4,1	3,82	3,44	3,75	5,58	3,25	2,88	3,38	4,26
Tb	0,62	0,56	0,56	0,57	0,88	0,58	0,45	0,53	0,67
Dy	--	--	--	--	--	--	2,63	2,99	3,58
Ho	0,73	0,68	0,7	0,63	1,04	0,68	0,5	0,61	0,71
Er	--	--	--	--	--	--	1,37	1,59	1,91
Tm	--	0,23	0,24	--	0,36	0,26	0,17	0,19	0,23
Yb	1,54	1,38	1,41	1,38	2,13	1,54	1,04	1,25	1,56
Lu	0,21	0,19	0,2	0,19	0,3	0,22	0,12	0,17	0,23
Hf	2,54	2,17	2,13	2,17	3,69	2,35	1,91	2,41	2,9
Ta	0,48	0,4	0,39	0,44	0,75	0,41	0,3	0,4	0,57
Th	1,17	0,93	0,91	0,94	1,98	0,66	0,87	0,96	1,17

Таблица 2.19 (продолжение)									
свита	gd	gd	gd	gd	gd	gd	gd	gd	gd
№ пробы	sg32-2275	sg32-2301	sg32-2328	sg32-2332	sg32-2357	sg32-2375	1761sg9	1790sg9	1821sg9
№ п/п	37	38	39	40	41	42	43	44	45
U	0,47	0,34	0,37	0,34	0,43	0,16	0,32	0,38	0,44
свита	gd	gd	gd	hk	tk	tk	tk	tk	tk
№ пробы	1841sg9	1862sg9	1887sg9	sg32-2226	525-1F	512-1F	484-1F	454-1F	377-1F
№ п/п	46	47	48	49	50	51	52	53	54
La	10,86	23,63	9,31	18,9	2,63	4,54	6,16	5,9	4,91
Ce	26,84	50,8	21,68	36	6,06	10,34	14,48	13,19	11,27
Pr	3,66	5,95	2,7	--	0,83	1,34	1,76	1,63	1,51
Nd	18,79	26,9	13,1	17,5	3,94	6,28	8,04	7,99	7,33
Sm	4,61	6,26	3,47	3,84	1,12	1,85	2,32	2,15	3,21
Eu	1,65	1,92	1,39	1	0,5	0,71	0,88	0,86	0,86
Gd	5,36	5,99	3,78	3,98	1,4	2,2	2,67	2,59	2,73
Tb	0,86	0,9	0,61	0,61	0,21	0,32	0,39	0,42	0,43
Dy	4,94	4,76	3,45	--	1,47	2,13	2,74	2,83	2,92
Ho	0,93	0,98	0,7	0,76	0,3	0,46	0,6	0,57	0,63
Er	2,45	2,54	1,81	--	0,85	1,29	1,61	1,65	1,68
Tm	0,31	0,36	0,26	0,32	0,11	0,18	0,24	0,25	0,25
Yb	1,97	2,2	1,59	2	0,81	1,17	1,56	1,52	1,66
Lu	0,26	0,33	0,24	0,3	0,12	0,18	0,26	0,23	0,23
Hf	3,88	5	2,47	2,41	0,78	1,37	1,79	1,71	1,78
Ta	0,68	0,82	0,41	0,42	0,07	0,12	0,18	0,57	0,17
Th	1,58	1,9	0,76	6,94	0,32	0,52	0,78	0,57	0,63
U	0,44	0,43	0,19	2,82	0,08	0,12	0,18	0,14	0,16
свита	tk	tk	tk	tk	tk	tk	nd	nd	nd
№ пробы	1F-32	1F-30	1F-27	1F-25	1F-22	Mik-1	820-1F	751-1F	666-1F
№ п/п	55	56	57	58	59	60	61	62	63
La	4,8	5,13	7,06	6,37	5,06	4,68	12,55	18,3	15,79
Ce	11,41	11,87	17,6	15,36	12,07	10,97	27,86	39,31	34,41
Pr	--	--	--	--	--	--	3,38	4,72	3,71
Nd	6,88	7,55	8,83	8,63	8,08	6,82	14,47	18,52	15,93
Sm	1,94	2,02	2,56	2,46	2,33	1,81	3,79	4,1	3,52
Eu	0,71	0,74	0,93	1,01	0,9	0,54	1,15	1,1	1
Gd	2,37	2,43	2,92	2,85	2,77	1,99	3,84	4,2	3,75
Tb	0,39	0,39	0,48	0,47	0,49	0,29	0,64	0,62	0,59
Dy	--	--	--	--	--	--	4,33	3,9	3,86
Ho	0,52	0,55	0,65	0,63	0,7	0,42	0,87	0,87	0,76

Таблица 2.19 (продолжение)									
свита	tk	tk	tk	tk	tk	tk	nd	nd	nd
№ пробы	1F-32	1F-30	1F-27	1F-25	1F-22	Mik-1	820-1F	751-1F	666-1F
№ п/п	55	56	57	58	59	60	61	62	63
Er	--	--	--	--	--	--	2,46	2,23	2,19
Tm	--	0,23	--	0,27	0,29	--	0,36	0,32	0,32
Yb	1,41	1,42	1,69	1,75	1,83	1,12	2,45	2,2	2,15
Lu	0,21	0,21	0,25	0,27	0,27	0,16	0,34	0,32	0,32
Hf	1,36	1,4	1,6	1,55	1,53	0,82	2,93	3,6	3,15
Ta	0,15	0,17	0,2	0,18	0,17	0,12	0,4	0,54	0,48
Th	0,53	0,53	0,68	0,6	0,65	0,6	--	3,37	2,96
U	0,15	0,21	0,2	0,12	0,14	0,21	--	0,87	0,79
свита	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd
№ пробы	565-1F	1300sg9	1312sg9	1337sg9	1373sg9	1476sg9	1491sg9	1498sg9	1546sg9
№ п/п	64	65	66	67	68	69	70	71	72
La	16,19	12,03	18,93	17,01	18,58	16,91	14,04	16,88	17,15
Ce	35,91	26,57	40,17	38,76	40,73	36,5	29,93	34,71	35,19
Pr	4,12	3,15	4,03	3,86	4,49	3,56	3,35	3,89	4,09
Nd	16,32	13,96	19,54	19,1	19,78	17,25	14,3	16,8	17,23
Sm	3,8	3,51	4,46	4,28	4,46	3,82	3,23	3,85	3,7
Eu	1,05	1,03	1,29	1,16	1,23	1,11	1,02	1,11	1,02
Gd	3,74	4,19	4,33	4,4	4,29	3,97	3,38	4,17	3,88
Tb	0,56	0,71	0,75	0,74	0,74	0,68	0,58	0,66	0,63
Dy	3,65	4,4	4,52	4,25	4,68	3,96	3,44	3,85	3,92
Ho	0,78	0,92	0,95	0,98	0,98	0,83	0,73	0,84	0,84
Er	2,02	2,71	2,64	2,56	2,72	2,36	2,05	2,41	2,38
Tm	0,29	0,38	0,41	0,39	0,38	0,35	0,29	0,33	0,34
Yb	1,98	2,42	2,44	2,57	2,49	2,08	1,9	2,03	2,19
Lu	0,3	0,36	0,38	0,38	0,38	0,31	0,27	0,3	0,32
Hf	3,06	2,91	3,81	3,6	3,77	3,26	2,71	3,19	3,11
Ta	0,45	0,41	0,57	0,61	0,54	0,51	0,4	0,43	0,63
Th	2,42	1,98	2,88	3,56	3,46	3,04	2,51	2,7	3,72
U	0,57	0,69	0,86	0,97	0,92	0,83	0,74	0,78	1,04
свита	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd
№ пробы	1591sg9	1644sg9	1709sg9	1160sg19	1230sg19	1315sg19	1480sg19	1587sg19	sg32-1701
№ п/п	73	74	75	76	77	78	79	80	81
La	19,18	15,47	16,3	16	15	16	19	18	14,46
Ce	39,98	35,05	35,53	39	37	35	35	34	32,3
Pr	4,58	3,96	3,46	4,1	3,8	4,1	5,2	3,7	--
Nd	19,67	16,3	17,37	20	16	19	18	18	16,02

Таблица 2.19 (продолжение)									
свита	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd
№ пробы	1591sg9	1644sg9	1709sg9	1160sg19	1230sg19	1315sg19	1480sg19	1587sg19	sg32-1701
№ п/п	73	74	75	76	77	78	79	80	81
Sm	4,24	3,67	3,81	3,7	4	4,6	4,7	3,9	3,75
Eu	1,17	0,98	1,17	1,1	1,6	1,1	1,5	1	1,06
Gd	4,22	4,01	3,77	4,8	4,5	4,2	--	5,1	3,99
Tb	0,73	0,64	0,62	--	--	--	5,3	--	0,65
Dy	4,37	3,67	3,8	5,1	4,5	3,5	4,7	3,9	--
Ho	0,92	0,84	0,83	1,1	1,1	0,83	1,1	1	1
Er	2,57	2,3	2,23	3,1	2,6	1,8	2,4	2	--
Tm	0,36	0,33	0,34	--	--	--	--	--	0,47
Yb	2,32	2,16	2,06	3,1	1,9	1,7	2,1	1,9	3,05
Lu	0,35	0,33	0,29	0,4	0,35	0,24	0,32	0,23	0,46
Hf	3,69	3,26	3,26	2,2	2,5	3	--	2	2,59
Ta	0,6	0,52	0,46	0,5	0,6	1	--	0,5	0,4
Th	3,68	3,73	2,64	--	--	--	--	--	2,11
U	0,97	0,88	0,68	--	--	--	--	--	1,08
свита	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	mr
№ пробы	sg32-1782	sg32-1838	sg32-1970	sg32-1982	sg32-2069	sg32-2144	sg32-2149	sg32-2215	788sg9
№ п/п	82	83	84	85	86	87	88	89	90
La	13,15	18,8	17,1	16,7	19,9	16,6	16,9	16,28	7,62
Ce	28,9	41,1	37,3	34,7	44,1	34	34,3	37,3	16,94
Pr	--	--	--	--	--	--	--	--	2,2
Nd	15,64	18,8	17,6	17	20,8	15,69	17,8	18,1	10,75
Sm	3,98	4,54	4,03	3,8	4,6	3,52	3,91	3,96	2,99
Eu	1,13	1,18	1,07	1,04	1,16	1,06	1,12	1,07	1,07
Gd	4,51	4,77	3,95	3,82	4,63	3,84	3,75	3,74	3,88
Tb	0,72	0,73	0,65	0,6	0,7	0,61	0,63	0,6	0,65
Dy	--	--	--	--	--	--	--	--	4,25
Ho	0,99	1,12	0,93	0,79	0,99	0,78	0,88	0,84	0,85
Er	--	--	--	--	--	--	--	--	2,58
Tm	0,43	0,42	0,37	--	--	0,31	0,36	0,34	0,35
Yb	2,72	2,57	2,3	1,99	2,5	1,99	2,25	2,12	2,35
Lu	0,38	0,38	0,35	0,3	0,36	0,31	0,33	0,31	0,34
Hf	2,83	3,44	3,07	2,61	3,28	2,8	2,89	2,97	2,42
Ta	0,42	0,58	0,5	0,43	0,63	0,46	0,46	0,46	0,35
Th	2,14	3,5	3,18	2,81	3,84	3,06	2,93	2,89	1,1
U	0,86	1,11	0,99	0,82	1,14	0,75	0,67	0,71	0,43

Таблица 2.19 (продолжение)									
свита	mr	mr	mr	mr	mr	mr	mr	mr	mr
№ пробы	91	92	93	94	95	96	97	98	99
№ п/п	819sg9	864sg9	947sg9	1012sg9	1036sg9	1109sg9	1129sg9	1151sg9	1160sg9
La	6,66	7,64	7,38	7,17	8,09	10,19	8,78	10,25	9,92
Ce	15,51	18,34	17,74	16,71	18,08	23,63	20,3	23,54	22,24
Pr	2,04	1,97	1,9	2,26	2,41	2,62	2,13	2,42	2,47
Nd	10,51	10,89	10,33	10,83	11,74	14,08	10,97	13,66	13,06
Sm	2,99	3,18	2,9	3,08	0,24	3,69	2,82	3,39	3,41
Eu	1,05	1,03	1,04	1,13	1,08	1,18	0,9	1,14	1,01
Gd	3,36	3,62	3,68	4,08	4,02	4,14	3,32	3,65	3,6
Tb	0,63	0,63	0,63	0,68	0,7	0,68	0,59	0,63	0,61
Dy	4,18	4,1	3,79	4,36	4,31	4,25	3,57	4,11	3,88
Ho	0,91	0,9	0,87	0,92	0,94	0,94	0,76	0,85	0,83
Er	2,6	2,53	2,44	2,81	2,73	2,53	2,16	2,51	2,43
Tm	0,35	0,37	0,35	0,38	0,4	0,4	0,32	0,34	0,33
Yb	2,47	2,28	2,17	2,49	2,67	2,46	1,93	2,24	2,17
Lu	0,37	0,34	0,34	0,39	0,41	0,38	0,32	0,37	0,32
Hf	2,31	2,61	2,37	2,45	2,75	2,9	2,23	2,81	2,64
Ta	0,34	0,3	0,28	0,28	0,33	0,4	0,26	0,33	0,34
Th	1	1,12	1,07	1,02	1,22	1,93	1,31	1,64	1,78
U	0,43	0,47	0,46	0,38	0,46	0,71	0,48	0,55	0,63
свита	mr	mr	mr	mr	mr	mr	mr	mr	mk
№ пробы	1271sg9	920sg19	1020sg19	sg32-1311	sg32-1415	sg32-1528	sg32-1645	mrsr	sg32-719
№ п/п	100	101	102	103	104	105	106	107	108
La	13,28	8	11	6,51	8,38	8,9	10,73	8,06	7,7
Ce	28,22	17	28	16,3	19,8	20,7	24,5	16,6	19,6
Pr	3,21	1,6	2,8	--	--	--	--	--	--
Nd	13,8	10	15	10,09	12,67	12,72	14,37	--	12,81
Sm	3,3	3,3	4,2	2,98	3,44	3,43	3,57	3,24	3,59
Eu	1,07	0,56	0,92	1,02	1,13	1,15	1,09	1,06	1,23
Gd	4,02	4,9	4,4	3,57	3,81	4,06	3,94	--	3,94
Tb	0,7	--	--	0,62	0,66	0,7	0,64	0,65	0,67
Dy	4,23	4,5	4,4	--	--	--	--	--	--
Ho	0,93	1,1	0,86	0,91	0,99	1,04	0,89	--	1,00
Er	2,86	2,9	2,6	--	--	--	--	--	--
Tm	0,44	--	--	0,37	0,42	0,43	0,36	--	0,43
Yb	2,67	2,2	2	2,33	2,66	2,75	2,2	2,38	2,75
Lu	0,43	0,27	0,3	0,34	0,38	0,4	0,33	0,36	0,42
Hf	2,65	2,9	4	2,01	2,44	2,43	2,42	3,1	2,52

Таблица 2.19 (продолжение)									
свита	mr	mr	mr	mr	mr	mr	mr	mr	mk
№ пробы	1271sg9	920sg19	1020sg19	sg32-1311	sg32-1415	sg32-1528	sg32-1645	mrsr	sg32-719
№ п/п	100	101	102	103	104	105	106	107	108
Ta	0,43	0,3	1	0,26	0,3	0,29	0,34	--	0,28
Th	1,87	--	--	0,89	1,23	1,25	1,73	1,9	1,01
U	0,96	--	--	0,42	0,5	0,49	0,67	0,73	0,36
свита	mk	mk	mk	mk	mk	mk	mk	mk	mk
№ пробы	sg32-799	sg32-1070	sg32-1203	sg32-1255	85,6sg9	294,5sg9	367sg9	414sg9	449sg9
№ п/п	109	110	11	112	113	114	115	116	117
La	8,46	7,23	7,91	7,45	5,54	6,68	7,13	6,96	7,15
Ce	21,2	18,1	19,9	18,1	14,39	16,57	16,88	16,56	17
Pr	--	--	--	--	1,91	1,89	1,91	2,18	2
Nd	13,19	12,46	12,76	11,67	10,47	11,06	10,84	11,15	11,14
Sm	3,87	3,42	3,52	3,31	3,34	3,25	3,2	2,95	3,46
Eu	1,25	1,1	1,14	1,06	1,07	1,13	1,09	1,11	1,15
Gd	4,6	3,93	4,15	3,69	4,17	3,76	3,8	3,86	3,72
Tb	0,72	0,61	0,67	0,59	0,68	0,64	0,63	0,65	0,64
Dy	--	--	--	--	4,72	3,99	3,92	4,22	3,98
Ho	1,03	0,86	0,95	0,86	1,01	0,86	0,84	0,9	0,88
Er	--	--	--	--	2,95	2,36	2,46	2,61	2,46
Tm	0,44	0,41	0,41	0,38	0,43	0,34	0,36	0,39	0,38
Yb	2,73	2,46	2,56	2,4	2,65	2,29	2,15	2,29	2,42
Lu	0,42	0,36	0,37	0,35	0,38	0,34	0,35	0,36	0,37
Hf	2,71	2,25	2,36	2,22	2,47	2,36	2,46	2,42	2,47
Ta	0,3	0,27	0,29	0,27	0,24	0,24	0,26	0,26	0,25
Th	1,11	1,65	1,09	1,05	0,75	0,9	0,93	1,01	0,91
U	0,4	0,99	0,43	0,49	0,25	0,34	0,35	0,35	0,34
свита	mk	mk	mk	mk	mk	mk	mk	mk	hr
№ пробы	502sg9	557sg9	636,5sg9	683sg9	375sg19	456sg19	539sg19	mksr	sg32-87
№ п/п	118	119	120	121	122	123	124	125	126
La	6,63	7,22	7,27	7,26	8,7	14	8,5	7,20	10,34
Ce	15,69	16,54	17,3	17,84	22	27	21	16,2	25,2
Pr	1,86	2,18	2,28	2,06	2,2	3,3	2,9	--	--
Nd	10,69	11,26	11,55	11,35	12	20	10	--	15,4
Sm	3,24	3,04	3,26	3,17	3	4,2	3,7	3,23	4,21
Eu	1,1	1,11	1,12	1,13	1,1	1,9	1,2	1,04	1,37
Gd	3,61	3,74	3,7	2,76	5,5	8,7	4,6	--	5,25
Tb	0,64	0,66	0,66	0,61	--	--	--	0,63	0,88
Dy	3,96	4,21	4,34	3,87	4,9	8	4,8	4,59	--

Таблица 2.19 (окончание)

свита	kč	kč	kč	on	on	on	on
№ пробы	91-43	91-44	91-45	g1	g3	g4	g8
№ п/п	199	200	201	202	203	204	205
La	5,4	3,4	7,8	11,1	12,4	11	13,2
Ce	27,6	21,8	21,2	32	34,01	28	34
Pr	--	--	--	--	--	--	--
Nd	15,5	10,3	15,2	--	--	--	--
Sm	--	--	--	3,7	4,5	4,2	4,3
Eu	--	--	--	1,8	1,4	1,6	1,6
Gd	--	--	--	--	--	--	--
Tb	--	--	--	0,9	1	1	1,2
Dy	--	--	--	--	--	--	--
Ho	--	--	--	--	--	--	--
Er	--	--	--	--	--	--	--
Tm	--	--	--	--	--	--	--
Yb	--	--	--	2,5	2,7	3,2	2,9
Lu	--	--	--	--	--	--	--
Hf	--	--	--	2,4	1,8	2,3	1,7
Ta	--	--	--	1,1	1,2	1,2	1,2
Th	1,8	1,2	1,6	2,4	2,1	2,7	2,7
U	--	--	--	--	--	--	--

Глава 3. ГЕОЛОГИЧЕСКИЙ ОЧЕРК ЗАПАДНО-СИБИРСКОЙ ПЛИТЫ

Геологии Западно-Сибирской плиты, также как и Сибирской платформы, посвящено множество работ, например (Журавлев, 1986; Нефтегазоносные..., вып. 2, 1994; Казанский и др., 2000 и др.), поэтому здесь приводится только краткий геологический очерк.

По современным представлениям Западно-Сибирская низменность в тектоническом отношении является плитой, входящей в состав северной части Урало-Монгольской эпигерцинской платформы, сформировавшейся в мезозое на месте Урало-Монгольского рифейско-палеозойского подвижного пояса. Складчатые комплексы раннего кембрия, рифея и палеозоя выходят на дневную поверхность по периферии плиты, образуя щиты, хребты и кряжи. На самой плите они погружены и перекрыты чехлом мезозойско-кайнозойских отложений.

Фундамент является гетерогенным сооружением, в котором выделяется ряд разновозрастных складчатых систем. Всего в строении фундамента выделяется пять крупных разновозрастных блоков (Сурков, Смирнов, 2003). Это Уральский и Центрально-Западносибирский – герциниды, Казахстано-Салымский – каледониды, Алтае-Саянский – салаириды, Енисейский – байкалиды. Наиболее развиты в фундаменте складчатые системы герцинского возраста (Сурков и др., 1982). Кроме этого в фундаменте выделяются рифтогенные структуры триасового возраста, между которыми расположены приподнятые блоки фундамента.

В строении фундамента Западно-Сибирской плиты принимают участие как магматические, так и осадочные породы. Докембрийские отложения (предположительно), представленные кварцитами, доломитами и кристаллосланцами, вскрыты скважинами глубокого бурения в восточной части плиты (Нефтегазоносные бассейны..., Вып. 2, 1994). В центральной части также обнаружены позднепротерозойские

ортогнейсы и гнейсовидные граниты с возрастом 1000 – 1100 млн. лет (Геологическое строение СССР, 1968).

Палеозой.

Палеозойские породы пользуются достаточно широким распространением.

Среди магматических образований на северо-западе обнаружены измененные основные эффузивы. Осадочные образования *кембрия* обнаружены на востоке плиты. Они представлены карбонатными породами, переслаивающимися с соленосными отложениями. Эти образования являются аналогами одновозрастных свит Сибирской платформы (Конторович и др., 1999; Елкин и др., 2001). *Ордовикские* магматические образования известны на прилегающей к Уралу территории. Здесь интрузивный магматизм представлен двумя комплексами: ультраосновных-основных пород и гранитов (Геологическое строение СССР, 1968). Осадочные породы *ордовикской* системы вскрыты редкими скважинами в Чулымо-Енисейском (водорослевые темно-серые известняки с прослоями алевролитов), в Варьеганском (грубозернистые терригенные красноцветные породы с прослоями известняков) и Нюрольском (известняки, известняковые алевролиты, аргиллиты и песчаники) районах (Нефтегазоносные бассейны..., Вып. 2, 1994). Отложения *силурийской* системы вскрыты в Нюрольском районе. Они имеют общую мощность до 700 м и состоят из доломитизированными известняками с прослоями песчаников и аргиллитов, терригенными породами с линзами известняков, базальтами, аргиллитами, мергелями и известняками (Нефтегазоносные бассейны..., 1994). *Девонский* комплекс наиболее разнообразен по литологии и условиям осадконакопления. Он имеет суммарную мощность порядка 4000 м. Породы всех трех свит комплекса представлены, в основном, известняками склоновых формаций. Цвет пород от белого до черного. Реже встречаются мергели и алевролиты. В среднем отделе *девона* обнаружены небольшие прослои эффузивов.

Возраст этих образований определен в интервале 340-410 млн. лет (Геологическое строение СССР, 1968). В западной части плиты скважинами глубокого бурения обнаружены гипербазиты, базиты и граниты с возрастом порядка 400 млн. лет. *Каменноугольная* и *пермская* системы представлены всеми отделами. Общая мощность карбоновых отложений достигает 3000 м. В основном это известняки и аргиллиты, которые широко развиты в нижнем и среднем отделе. Верхний отдел *карбона* и *пермскую* систему слагают конгломераты, гравелиты, брекчии, аргиллиты и эффузивы липаритового и андезитового составов (нижняя часть разреза), а также красные цветные терригенные алевролиты, аргиллиты, песчаники и гравелиты (верхняя часть разреза) (Нефтегазоносные бассейны..., Вып.2, 1994). В пределах этих систем встречаются дайки порфиритов основного состава, граниты и риолиты с возрастом от 330 до 260 млн. лет (Геологическое строение СССР, 1968).

Мезозой.

Триасовая система.

Показано (Сурков и др., 1984), что триасовый период играл особую роль в развитии северного полушария Земли. Начавшаяся деструкция коры в раннем мезозое в пределах суперконтинента Пангея II привела к образованию обширной сети континентальных рифтовых систем. Эти процессы на границе перми и триаса сформировали Арктико-Северо-Атлантическую рифтовую мегасистему (Нефтегазоносные бассейны..., вып. 2, 1994), над которой в мезозое образовалась серия современных осадочных бассейнов. Крупнейшим из них является Западно-Сибирский (Рис. 3.1) (Сурков и др., 1982). В центральной части Западно-Сибирской плиты выделены узкие линейные отрицательные структурные зоны. В гравитационных и магнитных полях они характеризуются интенсивными положительными аномалиями. В рельефе фундамента они выражены глубокими грабен-рифтами, выполненными вулка-

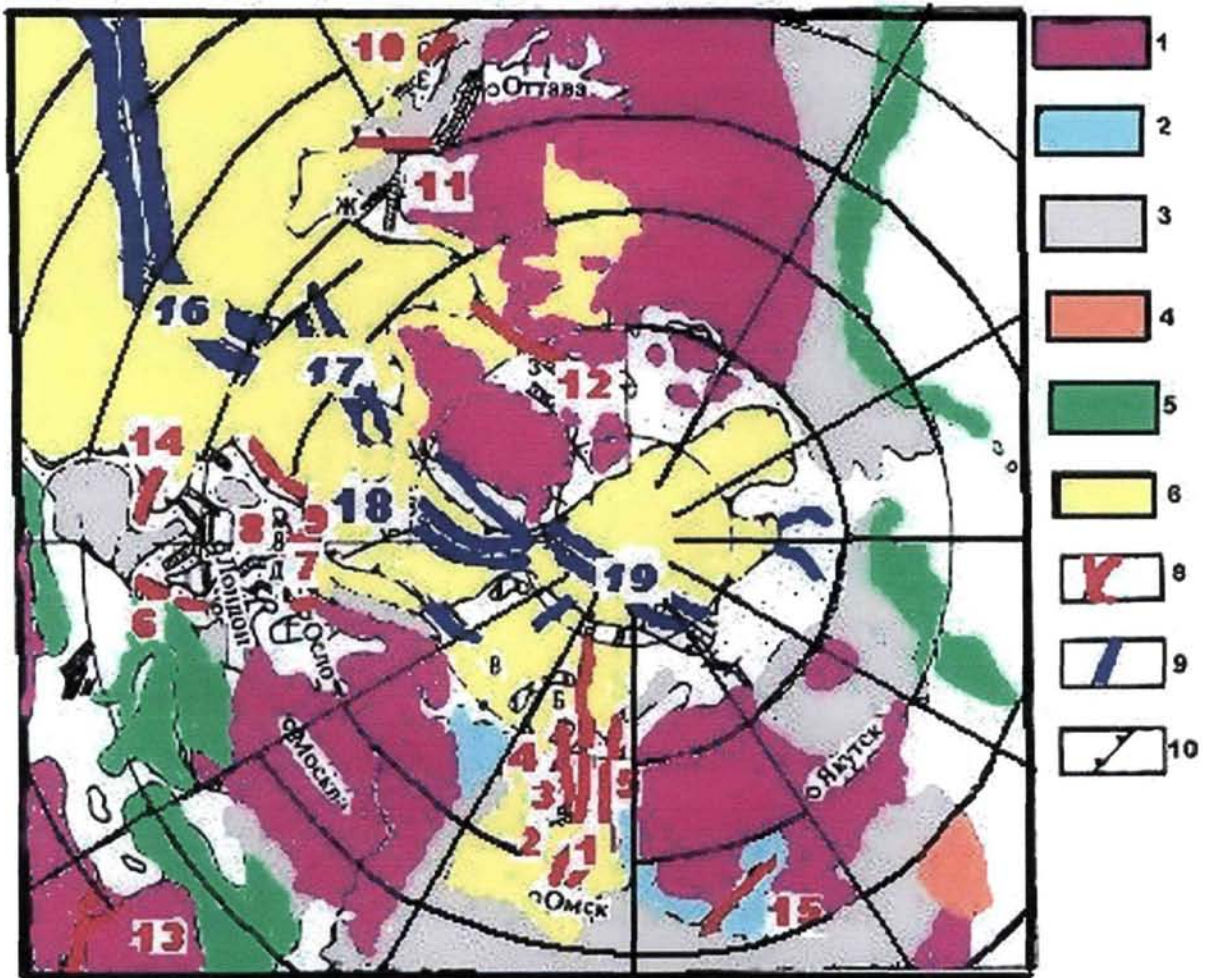


Рис. 3. 1. Схема Арктико-Северо-Атлантической рифтовой мегасистемы (Нефтегазоносные бассейны..., Вып.2, 1994).

Области складчатости: 1- докарельской и карельской, 2 – байкальской, 3 – палеозойской, 4 – мезозойской, 5 – кайнозойской; 6 – мезозойско-кайнозойские осадочные бассейны (А – Западно-Сибирский, Б – Карский, В – Баренцовоморский, Г – Норвежский, Д – Североморский, Е – Хаттерас, Ж – Ньюфаундлендский, З – Баффиноморский); 8 – палеорифты; 9 – срединно-океанические хребты и современные рифты; 10 – тектонический уступ континентального склона. Рифты: 1 – Колтогоро-Уренгойский, 2 – Аганский, 3 – Худутгейский, 4 – Ямальский, 5 – Худосейский, 6 – Рено-Рейнский, 7 – Осло, 8 – Центральный, 9 – Викинг, 10 – Флоридский, 11 – Св. Лаврентия, 12 – пролива Девиса и моря Баффина, 13 – Красноморский, 14 – Бискайский, 15 – Байкальский. Срединно-океанические хребты: 16 – Ирландия, 17 – Рейкьянес, 18 – Мона, 19 – Гаккеля.

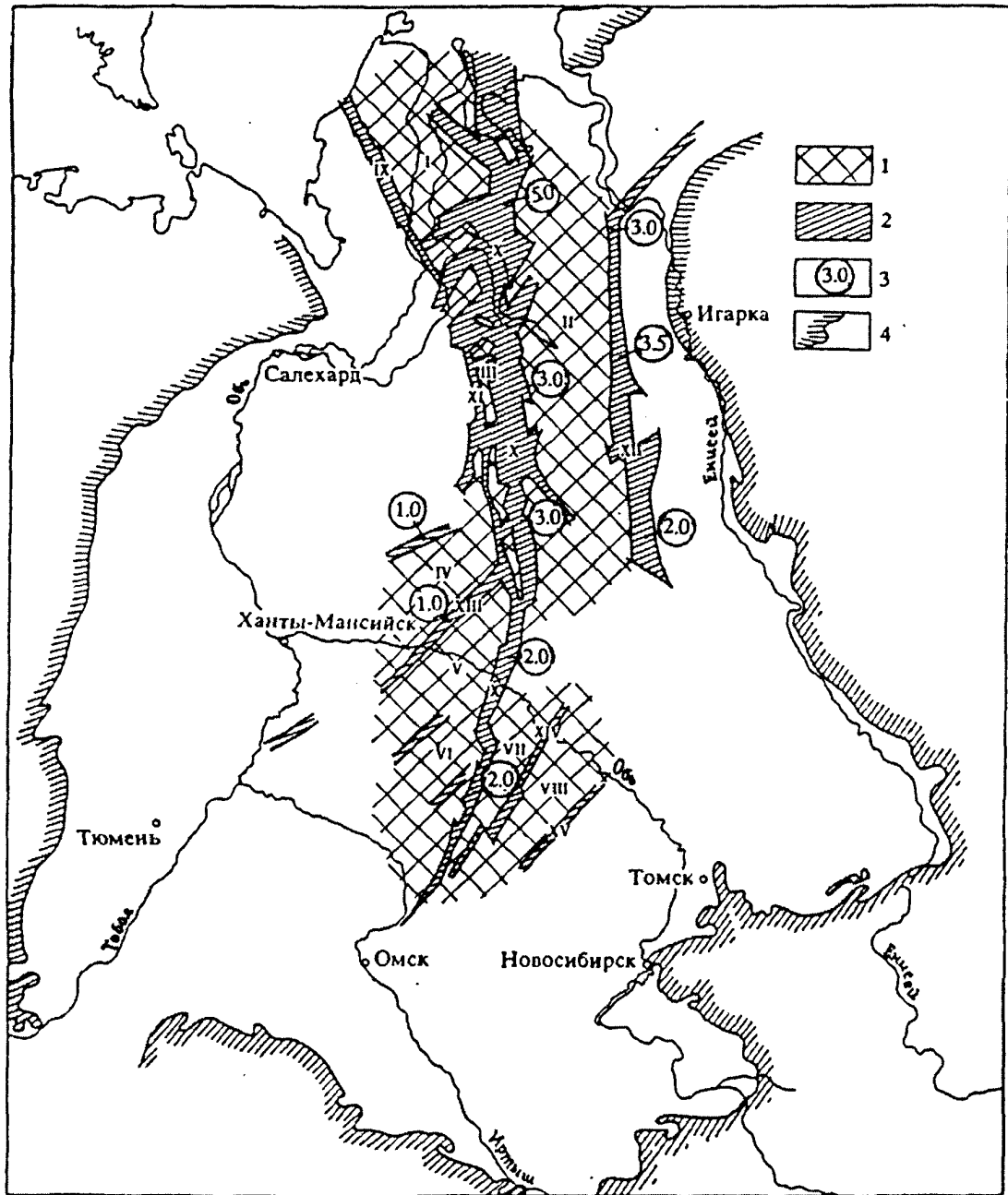


Рис. 3.2. Схема триасовой рифтовой системы Западно-Сибирской плиты (Нефтегазоносные бассейны..., Вып.2, 1994).

1 – межрифтовые поднятия, 2 – триасовые грабен-рифты, 3 – мощность грабенового комплекса, км, 4 – граница распространения мезозойско-кайнозойского платформенного чехла. Межрифтовые поднятия: I – Северо-Ямальское, II – Красноселькупское, III – Уренгойское, IV – Сургутское, V – Нижневартовское, VI – Каймысовское, VII – Алесандровско-Васьюганское, VIII – Сенькино-Пудинское; грабен-рифты: IX – Ямальский, X – Колтогоро-Уренгойский, XI – Худуттейский, XII – Худосейский, XIII – Аганский, XIV – Усть-Тымский, XV – Чузикский.

ногенно-осадочными породами. Рифтовая система Западной Сибири представлена веерообразной сетью глубоких грабен-рифтов, между которыми располагаются поднятые блоки фундамента (Рис.3.2). В пределах этих грабенов (погребенных рифтов) было пройдено ряд скважин. Самая глубокая – СГ-6, пробуренная в пределах Колтогорско-Уренгойского грабен-рифта, прошла по вулканитам около 1000 м и остановлена в пределах базальтовой толщи. Также не осуществлен выход из вулканогенно-осадочной толщи и другими глубокими скважинами (Никольская-1 – пройдено по вулканитам 1374 м) и другими. Некоторыми исследователями (Сурков, Смирнов, 2003) в строении грабенов выделяется два комплекса (снизу-вверх): собственно рифтовый, представленный вулканическими породами преимущественно основного состава, и грабеновый, который слагается вулканогенно-осадочными, большей частью осадочными, образованиями. Четкой границы между комплексами не наблюдается. Самый крупный Колтогорско-Уренгойский грабен-рифт протягивается примерно на 1800 км от г. Омск до побережья Карского моря. В морфологии поверхности фундамента он выглядит четким линейным прогибом. Ширина рифта меняется от 10 км на юге до 100 км на севере. Доюрские комплексы в нем погружены на глубины от 0,5-1 км на юге до 8-9 км на севере. На востоке плиты располагается Худосейский грабен, который, к сожалению, мало изучен сейсмическими методами. Худуттейский и Ямальский грабен-рифты объединяются в единую структуру, которая по размерам значительно уступает Колтогорско-Уренгойскому. В рельефе фундамента эта структура выделяется нечетко, образуя небольшие впадины и прогибы глубиной 0,5 – 1,5 км. На юге плиты количество грабен-рифтовых структур увеличивается, но все они меньшего размера. Здесь выделяются Аганский, Усть-Тымский и Чузикский грабен-рифты.

Наиболее полный разрез триаса вскрыт Тюменской сверхглубокой скважиной (СГ-6) достигшей глубины 7502 м, которой в интервале 6424-7502,2 м разбурена осадочно-вулканогенная толща (Казанский и др., 2000). (Рис. 3.3). Тюменскими геологами здесь в составе туринской серии выделяют коротчаевскую, а в составе тампейской – хадырьяхскую и пурскую свиты. В разрезе коротчаевской свиты по скважине СГ-6 преобладают эффузивы, среди которых обнаружены туфовые горизонты. Эффузивные породы составляют от 80 до 90% мощности разреза. Некоторыми исследователями (Сурков и др., 1993), эти эффузивы отнесены к базальтам. Формирование пород происходило в несколько этапов: магматический, постмагматический, гидротермальный и гипергенный (Казанский и др., 1995). Продуктами магматического этапа были лавы и туфы, занимающие подчиненное положение. Гидротермальный процесс выражен в проявлении в разрезе горизонтов эпидот-кварцевых и гематит-хлорит-цеолитовых пород. По всей видимости, в перерывах вулканической деятельности в условиях влажного климата формировались коры выветривания типа железистых кирас и латеритных покровов. Такой горизонт вскрыт скважиной СГ-6 на глубине 6567 м.

Вулканогенно-осадочный комплекс также был вскрыт рядом других скважин (Журавлев, 1986, Сурков, Смирнов, 2003 и др.). Мощность вулканогенно-осадочного комплекса достаточно велика и до сих пор не определена. Можно отметить, что по ряду скважин (Никольская-1, Саймовская-1) пройдено более 1700 метров по вулканитам и не достигнут выход из данного комплекса (Сурков, Смирнов, 2003).

Юрская система. Отложения нижней юры залегают трансгрессивно на подстилающих доюрских образованиях. Они распространены сплошным плащом на значительной части Западно-Сибирской плиты. В их составе выделяется три свиты.

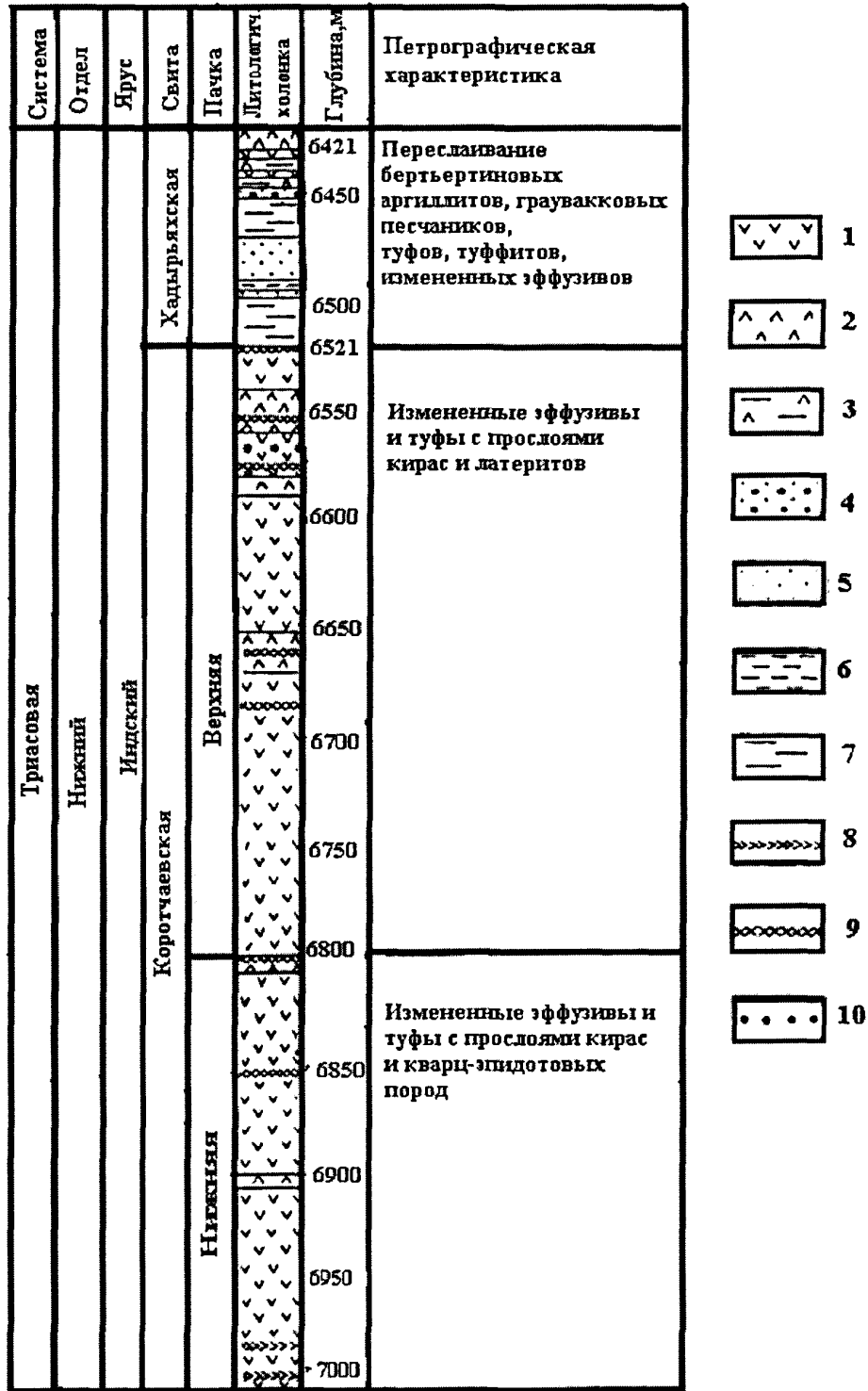


Рис. 3.3. Геологический разрез отложений триаса по скважине. СГ-6: 1 – эффузивы; 2 – туфы; 3 – туффиты; 4 – песчаники с гравием; 5 – песчаники; 6 – алевролиты; 7 – аргиллиты; 8 – кварц-эпидотовые породы; 9 – кирасы; 10 – латериты (Нефтегазоносные..., вып. 2, 1994).

Самая нижняя - *зимняя* распространена в северной части и выполнена морскими глинами с прослоями алевролитов, песчаников и гравелитов. Общая мощность достигает 600 м. Выше лежащие *береговая* и *макаровская* свиты сложены грубозернистыми песчаниками, пелитами, конгломератами с подчиненными прослоями глин и углей. Более распространенные отложения плинсбаха и тоара представлены осадочными образованиями, имеющими, как правило, двучленное строение. В основании залегают грубообломочные и песчано-алевролитовые породы с отдельными прослоями и пластами глин.

Средняя *юра* также включает ряд свит и объединяет отложения в основном морского происхождения. Породы представлены алевролитами, песчаниками с прослоями алевролитов, глин и углей. Мощность образований средней *юры* достигает более 1 км.

Отложения верхнего отдела *юры* залегают трансгрессивно на ниже залегающих свитах. В разных районах Западно-Сибирской плиты свиты имеют собственные названия. Это был этап первой крупной мезозойской трансгрессии, в результате которой сформировался огромный морской бассейн. В это время накапливались биогенные осадки с довольно большим количеством глинистого материала. Только в основании свит наблюдаются грубообломочные породы с фауной. Выше по разрезу залегают аргилитоподобные глины. Почти все отложения данного возраста нефтеносны. Общая мощность отложений юрской системы достигает двух км (скв. СГ-6).

Отложения *меловой* системы, составляющие мощность более трех километров, широко развиты на всей территории Западно-Сибирской плиты. На протяжении этого времени наблюдалось уменьшение бассейна, в котором происходило интенсивное, иногда, лавинообразное осадконакопление (Шпильман и др., 1993). При

этом наблюдалось неоднократное кратковременное увеличение бассейна, при котором накапливались достаточно глубоководные осадки (Конторович и др., 1971; Конторович, Трофимук, 1976). В связи с этим отложения свит представлены разнообразным набором пород – от песчаников до глин.

Вышележащие палеогеновые и неогеновые осадки, имеющие мощность до полукилометра, слагаются аргилитами, глинами и песчаниками.

Особо выделяется роль *триасового* (точнее эпохи границы *пермь-триас*) периода в рифтогенезе и, как следствие, вулканизма. Именно к этому времени приурочен массовый вулканизм на Сибирской платформе (Альмухамедов и др., 1996) и широкое площадное развитие вулканогенно-осадочных пород в Западной Сибири (Сурков и др., 1982). В связи с этим ключевыми объектами для нас интерес являются породы рифтового комплекса, представленного вулканитами.

До настоящего времени считалось (Журавлев, 1986; Нестеров и др., 1995; Бенина, 1996), что пермтриасовые вулканиты Западной Сибири представлены низкокальциевыми базальтами, которые аналогичны породам покровного этапа трапповой формации Сибирской платформы. Хотя некоторые исследователи предполагали наличие пород типа MORB (Кременецкий, Гладких, 1997), что связывалось с существованием Палеообского океана (Аплонов, 1986).

Нашими исследованиями установлено, что вулканогенный комплекс Западно-Сибирской плиты представлен широким спектром эффузивных пород – от базальтов до риолитов (Альмухамедов и др., 1998; Альмухамедов и др., 2000^а; Альмухамедов и др., 2000^б; Медведев и др., 2002; Медведев и др., 2003^а). Практически во всех опробованных скважинах вулканиты представлены одним типом пород, и только в одной из исследованных скважин (Бахилловская - 123) наблюдается совместное нахождение различных вулканитов различного типа (базальтов и фонолитов). В остальных слу-

чаях взаимоотношения эффузивов не установлены, что существенно затрудняет интерпретацию полученных данных.

Изучению геохимического состава вулканитов посвящено сравнительно небольшое количество работ (Альмухамедов и др., 1998; Альмухамедов и др., 1999; Альмухамедов и др., 2000^а; Альмухамедов, 2000^б; Бебенина, 1996; Журавлев, 1986; Кременецкий, Гладких, 1997; Казанский и др., 2000; Медведев и др., 2002; Медведев и др., 2003^а). Это связано, с одной стороны, с ограниченностью фактографического материала, с другой - с большой степенью изменения первичных минеральных парагенезисов пород (Альмухамедов и др., 1998). На наш взгляд, помочь продвинуться в решении проблемы геодинамической природы пермотриасового магматизма Западной Сибири может детальное изучение геохимического состава, особенно вулканогенных пород. Самая полная сводка по вещественному составу сделана нами (Медведев и др., 2003^а), которая будет подробно освещена далее.

В заключение сделаем некоторые выводы.

В фундаменте Западно-Сибирской плиты выделяются пять крупных разновозрастных блоков, разделенные рифтогенными структурами пермотриасового возраста.

Рифтовая система Западной Сибири представлена веерообразной сетью глубоких грабен-рифтов, между которыми располагаются приподнятые блоки фундамента.

В строении грабен-рифтов выделяются два комплекса – рифтовый и грабенный. Первый из них выполнен вулканическими породами преимущественно основного состава, а второй – вулканогенно-осадочными образованиями.

Объектами для наших исследований послужили вулканогенные породы пермотриасового возраста.

Данные о вещественном составе вулканитов Западно-Сибирской плиты представлены в следующей главе.

Глава 4. ВЕЩЕСТВЕННЫЙ СОСТАВ ПЕРМОТРИАСОВЫХ ВУЛКАНИТОВ ЗАПАДНОЙ СИБИРИ

В отличие от довольно хорошо изученных как в петрографическом, так и в петрохимическом отношении базальтоидов Тунгусской синеклизы, сведения о петрографии и химизме вулканитов Западно-Сибирской плиты достаточно скудны (см. гл.3). Поэтому в данной главе приводятся наиболее полные к настоящему времени данные по вещественному составу исследованных пород, которые являются авторскими.

Информация о погребенных вулканитах Западной Сибири получена по данным опробования 46 скважин структурного и разведочного бурения. Из них, по геологическим данным, 7 скважин вскрыли вулканические породы карбонового и девонского возраста. В 39 скважинах отобраны образцы пермотриасовых вулканитов. Нами рассматриваются вулканиты только пермотриасового возраста. Расположение скважин показано на рис. 4.1. Из рисунка можно видеть, что скважины расположены как в рифтовых долинах (грабен-рифтах), так и на межрифтовых поднятиях. Вулканогенно-осадочная толща доюрского основания встречена на глубинах от 2000 до 6500 метров. Мощность осадочного чехла увеличивается к северу. Нами получены образцы керна с глубин от 2000 до более чем 7000 метров. Предварительно следует отметить, что в абсолютном большинстве скважин вулканогенно-осадочная толща не пробурена на всю мощность. Кроме того, необходимо отметить, что в большинстве случаев отбор керна проводился секционнно, поэтому фактографический материал довольно скуден. Наиболее полные разрезы пермотриасовых вулканитов вскрыты в Тюменской сверхглубокой СГ-6 и Пермьяковской-66 скважинах. Однако породы из скважины СГ-6 очень сильно изменены (Новый этап..., 1994) и оказались практически непригодными для дальнейшего изучения. Так из 40 образцов скважины СГ-6,

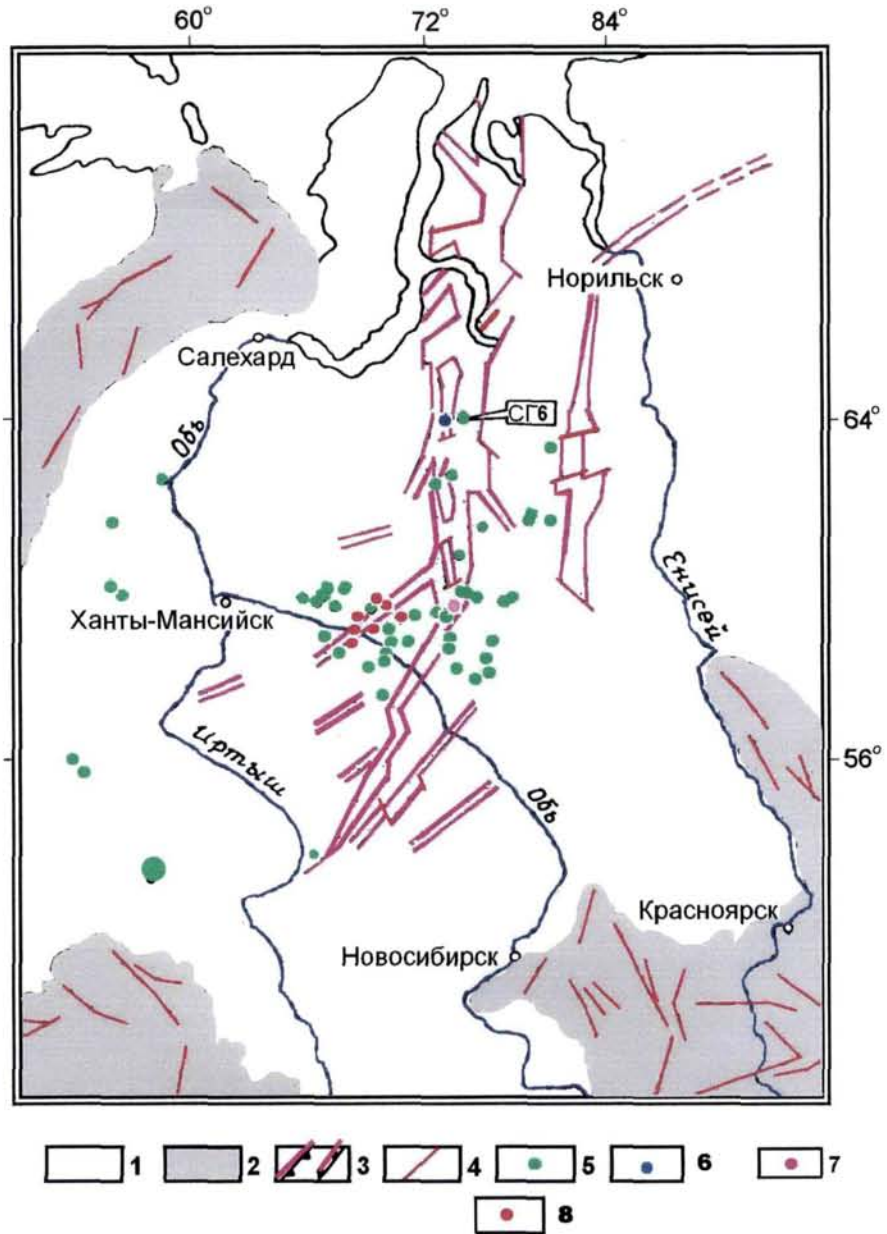


Рис. 4.1. Схема триасовых рифтовых систем Западно-Сибирской плиты (Нефтегазовые..., вып. 2, 1994) и местоположение скважин, вскрывших вулканиты (Медведев и др., 2003^a). 1- осадочный и вулканогенный чехол фанерозоя; 2 – складчатые пояса и выступы докембрийского фундамента; 3 – проекция на дневную поверхность выявленных и прогнозируемых грабен-рифтовых структур доюрского основания Западно-Сибирской плиты; 4 – основные тектонические нарушения; 5-7 – скважины, вскрывшие вулканогенные комплексы триаса: 5 – базальты и андезибазальты, 6 – шошониты, 7 – фонолиты, 8 - кислые эффузивы (риодациты и риолиты)

Таблица 4.1

Некоторые характеристики наиболее типичных образцов пермотриасовых вулканитов Западной Сибири

№ п/п	№№ образца	Скважина	Глубина отбора образца, м	Порода	Структура породы	Минералы-вкрапленники	Степень вторичного изменения
1	2	3	4	5	6	7	8
1	97-71	Бахилловская 123	3552,6	Базальт	Порфировая	Пироксен	Средняя
2	96-15	Ярайнерская 18	4074,0	Базальт	Порфировая	Плагиоклаз	Слабая
3	95-36	Тагринская 90	4251,7	Базальт	Пойкилоофитовая	Пироксен, плагиоклаз	Слабая
4	97-13	Пермяковская 66	2866,3	Базальт	Пойкилоофитовая	Пироксен, плагиоклаз	Слабая
5	95-13	Ярайнерская 18	3201,5	Базальт	Пойкилоофитовая	Пироксен, плагиоклаз	Средняя
6	97-45	Пермяковская 66	2985,5	Базальт	Пойкилоофитовая	Пироксен, плагиоклаз	Средняя
7	97-62	Саем-Тахская 800	4297,7	Базальт	Пойкилоофитовая	Пироксен, плагиоклаз	Средняя
8	97-40	Пермяковская 66	2983,0	Базальт	Пойкилоофитовая	Пироксен, плагиоклаз	Слабая
9	97-61В	Саем-Тахская 800	4292,6	Базальт	Пойкилоофитовая	Пироксен, плагиоклаз	Средняя
10	97-39	Пермяковская 66	2981,0	Базальт	Пойкилоофитовая	Пироксен, плагиоклаз	Слабая
11	97-26	Пермяковская 66	2959,0	Базальт	Пойкилоофитовая	Пироксен, плагиоклаз	Слабая
12	97-27	Пермяковская 66	2980,6	Базальт	Пойкилоофитовая	Пироксен, плагиоклаз	Слабая
13	97-96	Хохряковская 56	2797,4	Базальт	Порфировая	Плагиоклаз, пироксен, оливин	Слабая
14	97-28	Пермяковская 66	2980,2	Базальт	Пойкилоофитовая	Пироксен, плагиоклаз	Слабая
15	95-56	Хохряковская 58	2797,2	Базальт	Порфировая	Плагиоклаз, оливин	Слабая
16	95-18	Быстринская 135	2904,8	Базальт	Пойкилоофитовая	Пироксен, плагиоклаз	Слабая
17	97-66	Бахилловская 123	3377,4	Фонолит	Порфировая	Калишпат, плагиоклаз, нефелин	Средняя
18	97-67	Бахилловская 123	3376,6	Фонолит	Порфировая	Калишпат, плагиоклаз, нефелин	Средняя
19	97-65	Бахилловская 123	3372,8	Фонолит	Порфировая	Калишпат, плагиоклаз, нефелин	Средняя
20	97-64	Бахилловская 123	3373,6	Фонолит	Порфировая	Калишпат, плагиоклаз, нефелин	Средняя
21	414-28	Уренгойская 414	5385,0	Щошонит	Порфировая	Плагиоклаз, пироксен	Слабая

Таблица 1 (окончание)

1	2	3	4	5	6	7	8
22	414-20	Уренгойская 414	5430,0	Шошонит	Порфировая	Плагиоклаз, пироксен	Слабая
23	414-25	Уренгойская 414	5415,0	Шошонит	Порфировая	Плагиоклаз, пироксен	Слабая
24	414-10А	Уренгойская 414	5408,0	Шошонит	Порфировая	Плагиоклаз, пироксен	Слабая
25	414-21	Уренгойская 414	5398,0	Шошонит	Порфировая	Плагиоклаз, пироксен	Слабая
26	98-9	Лас-Еганская 152	3199,6	Риодацит	Порфировая	Кислый плагиоклаз	Слабая
27	98-8	Нивагальская 209	3320,0	Риодацит	Порфировая	Кварц, кислый плагиоклаз	Слабая
28	98-12	Лас-Еганская 151	3459,0	Риодацит	Порфировая	Кварц, кислый плагиоклаз	Слабая
29	95-60	Ключевая 172	3697,4	Риолит	Порфировая	Кварц, кислый плагиоклаз	Слабая
30	98-6	Нивагальская 209	3206,0	Риолит	Порфировая	Кварц, кислый плагиоклаз	Слабая
31	96-3	Тюменская сверхглубокая 6	7006,4	Базальт	Порфировая	Реликты пироксена и плагиоклаза	Сильная

имеющихся в нашей коллекции, только один (96-3) был включен в итоговую выборку.

В доюрском вулканогенном комплексе Западной Сибири нашими исследованиями выявлено наличие, по крайней мере, четырех групп погребенных вулканитов. Это базальты и андезибазальты, составляющие >80% всех изученных образцов, шошониты, фонолиты и кислые породы – риолиты и риодациты. Общие характеристики исследованных образцов приведены в табл. 4.1. В отличие от вулканитов Тунгусской синеклизы, где проведены детальные петрографические описания (см. гл.2), вулканические породы Западной Сибири ранее нигде практически не рассмотрены. В связи с этим в данной главе более детально рассмотрены петрографические особенности данных пород.

Темно-серые до черных базальты обладают порфировыми, реже афировыми структурами. Достаточно часто встречаются миндалекаменные разности. Как пра-

вило, миндалины выполнены халцедон-карбонатным, хлорит-халцедон-карбонатным агрегатами, либо заполнены глинистым веществом. В порфировых разностях базальтов вкрапленники представлены преимущественно плагиоклазом, реже плагиоклазом и моноклинным пироксеном или тройным парагенезисом с оливином (рис.4.2). В тех образцах, где есть оливины, они образуют две генерации Fo_{45-48} и Fo_{56-60} . Пироксены обладают достаточно однообразным и стабильным составом $Wo_{41-48}En_{21-31}Fs_{21-12}$. Плагиоклаз имеет состав андезин-лабрадор от An_{33} до An_{65} , при этом наблюдается два пика составов – заметно преобладает более основной (An_{55-65}), и реже встречаемый относительно кислый плагиоклаз (An_{33-35}). Основная масса как порфировых, так и афировых базальтов слагается теми же минералами и достаточно редко раскристаллизованным стеклом в переменных количествах. Реже встречающиеся базальты с микродолеритовой структурой имеют также аналогичный минеральный состав.

Андезибазальты, встреченные только в одной скважине (Северо-Поточная - 111), представлены темно-серыми массивными афировыми и плагиофировыми разностями. В порфировых породах вкрапленники сложены плагиоклазом. Основная масса состоит из плагиоклаза, пироксена, рудного минерала и, очень редко, раскристаллизованного стекла.

Значительная часть базальтов изменена в разной степени вторичными процессами. Пироксены замещаются амфиболом и (или) хлоритом, оливины - боулингитом или иддингситом. Плагиоклазы достаточно часто альбитизированы и пелитизированы. Также наблюдается карбонатизация, как площадная, так и по прожилкам. Особенно сильно изменены базальты из скважины СГ-6 (Казанский и др., 1995), где от первичной породы остаются только реликты. По проведенным нами рентгеноструктурным исследованиям, большинство образцов этой скважины сложены аг-



Рис. 4.2. Pl-,Ol, Px-порфировый базальт. Обр. 95-56, скв. Хохряковская-58, глубина отбора 2797,2 м, увеличение 30х, николи +, (Pl – плагиоклаз, Ol – оливин, Px – пироксен).

регатами кварца, альбита, хлорита, ильменита, карбонатов и цеолитов. В связи с этим пришлось применить специальную методику отбора и очистки проб, о чем будет сказано ниже. Степень вторичных изменений в селектированных для дальней-

ших геохимических исследований пробах незначительная, и она выражается в слабостью пелитизации и серицитизации плагиоклазов, хлоритизации и эпидотизации темноцветных минералов, боулингитизации оливина, а также девитрификации остаточного стекла.

Степень изменения андезибазальтов средняя и заключается, аналогично базальтам, в пелитизации и серицитизации плагиоклазов, хлоритизации и эпидотизации темноцветных минералов. Кроме того, в изученных образцах наблюдаются новообразованные выделения кварца, как по основной массе, так и по порфировым выделениям плагиоклаза.

Вторая, гораздо реже встречающаяся, группа вулканитов отнесена нами к шошонитам. Шошониты встречены в скважине Уренгойская-414, которая расположена примерно в 50 км к западу от скважины СГ-6. Здесь, в интервале 5258-5500 (забой) м, вскрыта вулканогенная толща доюрского поднятия (Уренгойский межрифтовый блок), расположенного между Худуттейским и Колтогоро-Уренгойским грабен-рифтами. В изученной части толщи (242 м) наблюдается перемежаемость лавовых потоков, вулканических туфов и, реже, лавобрекчий. Выделено более 10 лавовых потоков, мощностью до 35 м. Наиболее мощные из них слабо дифференцированы и существенно раскристаллизованы в центральных частях. Изученные образцы характеризуются массивной текстурой и порфировой или, реже, афировой структурами. Вкрапленники, размером 4-5 мм, представлены моноклинным пироксеном и плагиоклазом. Их количество варьирует в незначительных пределах – 10-20 об. %. Вкрапленники отмечаются как в виде мономинеральных, так и полиминеральных гломеропорфировых сростков, образующих фрагменты пойкилоофитовой структуры. Степень вторичных изменений вкрапленников незначительна. Пироксены частично замещены по трещинам спайности и реже по границам зерен эпидот-

хлоритовым агрегатом, плагиоклазы замутнены и слегка сосюритизированы. Основная мелкозернистая масса состоит из тех же минералов, магнетита, плохо диагностируемого калиевого полевого шпата и редко витрифицированного стекла. Иногда отмечаются также небольшие по размеру миндалины, выполненные смесью глинистых минералов и хлорита. В центре некоторых из них присутствуют агрегаты мелкозернистого кальцита. Малая вариабельность состава вкрапленников (по оптическим данным) и отсутствие в них зональности подтверждаются результатами микрозондового анализа. Моноклинные пироксены отвечают салит-авгитам и колеблются в минимальном составе в весьма незначительном диапазоне $-\text{Wo}_{40-51}\text{En}_{36-43}\text{Fs}_{11-18}$. Содержания других компонентов не превышают стандартных для моноклинных пироксенов салит-авгитового ряда. Плагиоклазы являются чистыми альбитами ($\text{An}_{0.25-4.40}$). Повышенные содержания стронция и бария в них (до 3300 и 3900 соответственно) свидетельствуют об их первичной магматической природе, так как наличие включений калиевого полевого шпата в альбите, по крайней мере, по данным электронно-микрозондового анализа, не обнаружено. Сканирование основной массы подтвердило наличие в ней микролитов калиевого полевого шпата.

Достаточно редко встречающиеся высококалиевые вулканы, относимые нами к фонолитам, отмечены в керне скважины Бахилловская - 123, расположенной в центральной части Западной Сибири в пределах Пермьковско-Хохряковской группы нефтяных месторождений Колтогоро-Уренгойского грабен-рифта, погребенного под юрско-меловым чехлом, (Нефтегазоносные ..., вып.2, 1994). Скважиной вскрыт разрез доюрского комплекса в интервале 3303 – 3585 (забой) м. Он представлен вулканогенными, вулканогенно-осадочными и осадочными породами. Комплекс условно разделен на две пачки – верхнюю (до глубины 3464 м) и нижнюю. Верхняя пачка

сложена фанолиитами, а нижняя - базальтами, описанными выше. Взаимоотношение базальтов с фанолиитами вышележащей пачки не установлено в связи с секционным отбором керна. Можно, однако, предполагать согласное залегание выделенных пачек комплекса, которые разделяются горизонтом магматической брекчии, вскрытой в интервале 3471-3475 м и осадочными образованиями. По внешнему виду вулканиты верхней пачки - коричнево-серые до темно-серых, массивные, реже трахитоидные породы с большим (до 45%) количеством порфировых вкрапленников, размером 4- 10 мм. Они представлены калиевым полевым шпатом, плагиоклазом, калийсодержащим нефелином, и, реже, эгирином. Все минералы, как и в базальтах, в достаточной степени изменены. По эгирину развивается хлорит-эпидотовый агрегат, лейкократовые минералы серицитизированы и карбонатизированы. Основная масса мелкозернистая, полнокристаллическая, она сложена плагиоклазом, калиевым полевым шпатом, реликтами пироксена, рудным минералом. Очень редко наблюдаются зерна апатита. Изменение основной массы выражается в сосюритизации, хлоритизации, эпидотизации и карбонатизации. Отмеченные изменения, относящиеся к автометасоматическим, по всей видимости, не оказывают существенного влияния на геохимические особенности пород.

К четвертой группе пород относятся кислые вулканиты – риодациты и риолиты. Они отмечены в кернах семи скважин - Ключевой - 172, Северо-Поточной - 142, Нивагальской - 209, Лас-Еганской - 151 и 152, Сюрпризная –87 и Тюменская - 283. Скважины пространственно сопряжены со средней частью Аганского грабен-рифта, проекция которого на современную поверхность располагается в среднем течении р. Оби (Нефтегазоносные ..., вып.2, 1994). Реальная мощность разреза с кислыми эффузивами не установлена, однако по данным керна скважин, она достигает 790 м (скв. Лас-Еганская - 151). Изученные вулканиты - плотные породы зеленовато-

серого и коричневатого-серого цвета, характеризуются массивной текстурой и порфировой структурой. Вкрапленники представлены овальными выделениями кварца, размером до 2 мм, иногда с резорбированными краями, альбитом с характерными полисинтетическими двойниками, серицитизированным ортоклазом, амфиболом, практически нацело замещенным вторичными эпидотом и хлоритом, и магнетитом. В некоторых образцах очень редко наблюдаются мелкие зерна монацита и циркона. Общее количество порфировых вкрапленников, среди которых преобладает кварц, не превышает 10 об. %. Основная масса состоит из мелкозернистого, слегка ожеженного агрегата вторичных минералов (кварц, серицит, хлорит, карбонат, гидрокислы железа и др.), развивающегося, по всей видимости, по стеклу. Отмеченные вторичные изменения не нарушают структуры пород и являются, очевидно, аутометасоматическими.

Как указывалось выше, сложность исследований заключалась в большой степени изменения первичного состава пород. Тем не менее, авторам удалось собрать выборку относительно “свежих” пород, сохранивших первичный минеральный состав. Контроль за “качеством” образцов, включенных в выборку, осуществлялся предварительными макро- и микроскопическими исследованиями. В отдельных случаях проводилась дополнительная “чистка” образцов (выпиливание миндалин, прожилков и т.д.). У авторов нет уверенности, что минеральные фазы, выполняющие миндалины, имеют магматическую природу. Скорее всего, они являются постмагматическими и ряд элементов в них (K, Rb, Ba, Sr и др.) могут быть дополнительно привнесены в систему (см., например, Годовиков и др., 1987). Таким способом было просмотрено более 200 проб и для аналитических исследований было отобрано 100 образцов. Для построения графиков использована выборка из 78 анализов. Материалы по химизму

вулканитов являются авторскими и получены в Институте геохимии СО РАН одними и теми же методами (см. введение), что позволяет более корректно вести сравнительный анализ.

Данные о химическом и редкоэлементном, в том числе и изотопном, составах исследованных вулканитов приведены в таблицах 4.2, 4.3, 4.4, 4.5 и отражены на рисунках 4.3 – 4.6.

Как было нами показано ранее, базальты относятся примерно в равной мере к оливин- и кварц-нормативным базальтам, что соответствует субщелочной и толеитовой сериям (см. рис.4.3). Содержания главных породообразующих элементов в породах, даже с учетом вариаций по индивидуальным образцам, типичны для субщелочных и толеитовых, обогащенных некогерентными элементами относительно не только N-MORB, но также низкокалиевых толеитов древних платформ, например, Сибирской. Это выражается в повышенных содержаниях в них щелочей, при преобладании Na_2O над K_2O , и пониженных - кальция, что свойственно субщелочным базальтам континентов. В породах также наблюдается существенное обогащение большинством подвижных редких элементов (см. табл. 4.2). Обращают на себя внимание относительно высокие концентрации п.п.п., что связано, вероятнее всего, с наличием в породах остаточных обводненных стекол. Достаточно высокая степень дифференцированности базальтов, подчеркивается вариациями содержаний MgO в них (3,5 – 11,5 мас.%, по совокупности данных), а также других петрогенных компонентов. На это показывает и AFM-диаграмма (рис. 4.4), где точки составов пород достаточно строго приурочены к субщелочному тренду дифференциации базальтовых магм. Это же подчеркивается и характером распределения редких земель (см. рис. 4.5), согласно которому все составы базальтов образуют единый ряд при сопос-

Таблица 4.2. Химический состав базальтов и андезибазальтов Западной Сибири

№ пробы	01-1	96-3	97-12	95-48	95-50	95-22	95-11	95-35	95-21	95-16	97-71
№ п/п	1	2	3	4	4	6	7	8	9	10	11
H (м)	3376,1	7006,4	2869,7	3005,4	2644,0	3511,8	2888,5	3626,0	3102,5	4086,5	3552,6
SiO ₂	43,05	43,47	44,34	46,11	46,15	46,19	46,60	46,67	46,72	46,87	47,12
TiO ₂	2,024	2,04	1,325	0,30	1,02	1,12	1,03	0,68	1,00	0,97	0,696
Al ₂ O ₃	12,61	17,32	16,30	21,56	16,58	16,66	16,68	16,75	15,25	16,08	15,84
Fe ₂ O ₃	2,98	6,19	4,867	1,03	1,37	1,72	1,48	1,52	1,31	1,62	3,434
FeO	7,25	7,81	7,090	5,54	7,39	9,28	7,43	8,22	7,04	8,75	6,37
MnO	0,112	0,30	0,137	0,12	0,17	0,11	0,21	0,15	0,14	0,18	0,213
MgO	10,21	9,97	4,787	7,33	4,27	5,40	7,12	11,47	5,37	8,36	9,801
CaO	7,84	2,42	10,116	10,92	9,97	5,21	9,23	9,67	11,95	7,58	11,45
Na ₂ O	3,21	3,84	2,75	2,18	2,61	2,83	2,45	2,18	2,14	3,17	2,073
K ₂ O	0,693	1,03	1,185	1,02	0,66	0,76	0,23	0,31	0,17	0,81	0,786
P ₂ O ₅	0,512	0,36	0,478	0,05	0,44	0,22	0,24	0,13	0,24	0,21	0,152
Ппп	8,53	5,57	5,71	4,03	9,39	10,84	7,50	2,25	8,65	5,48	2,81
Summa	99,021	100,32	100,085	100,19	100,02	99,98	100,20	100,90	99,99	100,08	100,34
CO ₂	4,82	--	4,01	--	--	--	--	--	--	--	0,53
Li	42	24	10	13	10	9	5	5	4	12	9
Be	5,00	1,0	2,30	0,45	1,25	1,50	1,00	0,55	1,35	0,95	1,15
B	18,0	4,3	7,6	--	--	--	--	--	--	--	8,7
F	1100	600	490	270	700	580	570	400	630	450	160
Sc	34	39,3	18	30	39	39	21	48	31	21	18
V	280	111,9	260	150	140	250	480	260	260	400	240
Cr	490	243,6	5	140	20	130	96	520	500	100	320
Co	54	48	31	40	26	20	37	72	31	38	42
Ni	440	100,8	57	200	48	80	80	100	130	130	280
Cu	52	95,3	23	52	49	45	27	38	44	63	71
Zn	170	150,8	190	52	130	110	65	120	110	80	120
Rb	16	11,8	17	16	10	20	4	4	2	8	19
Sr	708	111,9	820	600	1100	200	330	300	380	420	345
Y	14	30,3	37,5	10,9	31	--	--	16,8	25,2	33,3	24,8
Zr	139	108,7	146	50	160	170	110	70	140	120	88
Nb	53	10,2	5	2	7	9	10	8	8	7	5
Ag	0,07	0,08	0,07	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03	0,04	0,04	0,09

Таблица 4.2. (продолжение)

№ пробы	95-15	97-24	95-36	95-49	97-13	95-19	95-17	97-63	95-13	97-25	95-12
№ п/п	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22
H (м)	4074,0	2955,8	4251,7	3102,2	2866,3	3085,2	4099,5	4303,6	3201,5	2961,3	2887,4
SiO ₂	47,13	47,15	47,29	47,67	47,75	47,92	47,94	48,087	48,32	48,53	48,71
TiO ₂	0,84	1,061	0,92	1,20	1,322	1,10	1,25	0,959	1,25	1,023	0,75
Al ₂ O ₃	17,42	16,74	16,14	16,44	16,94	15,49	15,18	16,57	15,33	16,76	14,59
Fe ₂ O ₃	1,47	3,723	1,57	1,62	4,167	1,25	1,87	3,956	1,86	4,045	1,49
FeO	7,93	5,84	8,46	8,74	6,20	6,74	10,10	6,55	10,01	5,21	8,02
MnO	0,17	0,166	0,17	0,17	0,148	0,18	0,20	0,183	0,20	0,159	0,07
MgO	8,14	4,922	7,68	5,91	3,963	5,83	7,00	6,787	6,66	4,569	8,10
CaO	7,51	9,862	9,65	9,44	8,749	6,03	10,07	8,991	10,13	10,035	5,82
Na ₂ O	2,99	3,251	2,33	2,39	2,866	3,18	3,00	3,439	2,92	3,27	1,86
K ₂ O	0,83	1,185	0,59	0,43	1,111	0,29	0,58	0,359	0,55	1,187	0,64
P ₂ O ₅	0,18	0,338	0,21	0,31	0,467	0,28	0,15	0,225	0,16	0,337	0,13
Ппп	5,19	5,91	5,03	5,81	6,47	11,67	2,66	4,14	2,74	5,18	9,81
Summa	99,80	100,148	100,04	100,13	100,153	99,96	100,00	100,246	100,13	100,305	99,99
CO ₂	--	4,29	--	--	4,47	--	--	0,31	--	3,55	--
Li	9	13	8	9	8	10	6	12	7	13	8
Be	1,15	4,70	1,10	0,65	1,60	1,00	0,95	1,50	0,65	3,80	0,90
B	--	5,4	--	--	9,3	--	--	8,9	--	9,5	--
F	530	1300	400	700	760	430	500	360	630	800	530
Sc	21	61	20	50	36	32	38	29	60	44	30
V	440	230	460	250	220	240	400	440	380	230	400
Cr	84	84	120	100	60	230	200	160	180	62	190
Co	33	35	50	46	35	22	38	38	44	41	29
Ni	130	67	250	160	46	100	87	110	90	130	94
Cu	53	32	87	98	26	48	78	29	93	25	50
Zn	66	170	110	94	130	90	72	100	95	150	100
Rb	11	54	5	5	17	7	7	4	11	52	21
Sr	530	820	420	490	830	120	320	760	330	670	470
Y	25,5	49,5	26,8	33,4	31,6	--	30,9	30	30,5	--	--
Zr	86	115	100	110	147	140	80	104	81	105	100
Nb	5,5	16	4,6	4	8	9	4	5	5,5	17	6
Ag	0,05	0,10	0,17	0,08	0,05	0,05	0,05	0,09	0,06	0,09	0,04
Sn	2,0	6,5	2,4	1,8	2,7	2,8	2,5	2,0	3,4	5,2	1,8

Таблица 4.2. (продолжение)

№ пробы	95-40	97-97	97-45	97-62	97-40	97-60	97-61В	97-11	97-61
№ п/п	23	24	25	26	27	28	29	30	31
H (м)	3809,5	2797,1	2985,5	4297,9	2983,0	4288,6	4292,6	2860,3	4292,8
SiO ₂	48,77	48,84	48,99	49,03	49,12	49,18	49,22	49,29	49,41
TiO ₂	1,11	1,181	1,033	0,951	1,069	1,254	0,971	1,497	1,248
Al ₂ O ₃	15,19	15,63	17,15	16,32	17,09	15,42	16,20	16,80	15,70
Fe ₂ O ₃	1,52	3,423	4,312	3,99	3,378	6,057	3,556	2,10	5,456
FeO	8,18	7,27	6,20	6,73	6,02	5,48	7,09	9,61	6,02
MnO	0,13	0,206	0,162	0,192	0,136	0,167	0,192	0,075	0,162
MgO	4,89	4,195	5,661	7,382	5,098	6,374	6,975	5,199	5,879
CaO	9,03	9,057	8,933	7,208	9,041	6,437	6,417	3,609	6,984
Na ₂ O	2,59	3,166	3,338	3,818	3,407	4,005	3,623	3,323	3,946
K ₂ O	0,80	1,277	1,243	0,881	1,345	1,62	1,692	1,146	1,68
P ₂ O ₅	0,41	0,462	0,331	0,224	0,338	0,333	0,228	0,55	0,334
Ппп	7,54	4,83	3,09	3,50	7,17	4,02	3,82	6,73	3,50
Summa	100,16	99,537	100,443	100,226	100,212	100,347	99,984	99,929	100,319
CO ₂	--	4,35	2,58	0,24	3,17	0,48	0,34	2,55	0,16
Li	4	8	17	11	12	10	11	4	9
Be	2,50	2,50	4,10	1,40	4,10	2,30	1,45	2,00	1,70
B	--	4,4	7,8	9,8	6,6	6,1	6,2	13	8,5
F	750	970	820	270	1150	250	250	470	240
Sc	50	42	54	46	53	28	49	54	35
V	250	130	250	300	350	330	210	270	300
Cr	71	50	83	200	67	3	160	3	3
Co	23	27	54	47	39	41	37	44	39
Ni	74	63	170	130	160	37	86	81	10
Cu	44	19	36	27	25	24	35	34	21
Zn	150	110	140	110	140	150	140	180	140
Rb	6	22	48	11	58	20	40	15	21
Sr	620	800	710	790	770	760	850	220	795
Y	37,1	34,9	41,8	32,9	46,3	38,8	28,4	36,6	--
Zr	130	117	109	88	121	136	94	169	131
Nb	8	7	13	5	18	8	5	12	5
Ag	0,04	0,05	0,10	0,08	0,09	0,06	0,10	0,10	0,07
Sn	3,1	1,9	6,3	2,0	6,7	2,6	2,1	3,2	2,7

Таблица 4.2. (продолжение)

№ пробы	97-60А	97-39	95-37	97-26	97-27	97-96	00-4	97-28	95-56
№ п/п	32	33	34	35	36	37	38	39	40
H (м)	4288,7	2981,0	4339,0	2959,0	2980,6	2797,4	3954,0	2980,2	2797,2
SiO ₂	49,44	49,45	49,48	49,51	49,53	49,55	49,55	49,61	49,62
TiO ₂	1,262	1,043	0,88	1,097	1,058	1,199	0,943	1,054	1,17
Al ₂ O ₃	15,47	16,56	16,55	17,24	16,60	15,91	16,60	16,69	15,66
Fe ₂ O ₃	5,501	3,167	1,47	5,834	3,401	2,834	4,92	3,967	1,63
FeO	5,84	7,27	7,95	6,20	7,00	6,91	5,65	6,55	8,80
MnO	0,172	0,16	0,17	0,055	0,153	0,18	0,081	0,161	0,20
MgO	6,412	5,706	7,51	6,134	5,645	4,424	3,987	6,021	5,62
CaO	6,234	8,79	8,29	6,064	8,755	9,454	5,357	8,577	8,83
Na ₂ O	3,99	3,366	2,89	2,61	3,326	3,146	2,24	3,326	3,05
K ₂ O	1,774	1,327	0,69	0,571	1,347	1,316	0,483	1,339	1,34
P ₂ O ₅	0,33	0,333	0,23	0,348	0,339	0,487	0,20	0,343	0,45
Птт	3,80	3,01	3,85	4,80	3,06	4,82	9,67	2,67	3,71
Summa	100,225	100,182	99,96	100,463	100,274	100,23	99,681	100,308	100,80
CO ₂	0,45	2,58	--	1,29	2,16	5,05	3,08	1,57	--
Li	11	15	8	13	16	9	18	17	7
Be	2,40	5,00	1,30	4,50	4,90	1,85	--	4,70	2,30
B	7,7	7,9	--	8,2	11	4,8	8,5	13	--
F	300	1800	540	100	1500	930	--	1100	750
Sc	55	40	31	41	28	28	37	75	30
V	350	500	500	180	280	150	130	290	200
Cr	3	66	100	70	63	12	400	80	52
Co	38	70	46	39	43	36	30	44	31
Ni	31	240	300	98	140	64	150	150	55
Cu	19	24	100	35	19	33	66	26	39
Zn	140	140	87	130	140	170	200	150	110
Rb	21	56	8,8	24	30	22	13	58	23
Sr	780	610	449	530	570	900	180	610	700
Y	39,3	51,9	28,2	34,8	41,5	37,9	19	43,3	30,2
Zr	134	111	107	111	116	130	101	120	125
Nb	5	17	3,2	18	19	6	5	17	5,3
Ag	0,10	0,09	0,06	0,06	0,08	0,06	0,30	0,09	0,04
Sn	2,1	7,1	1,9	5,0	6,0	3,6	3,2	6,4	2,9

Ba	1035	520	235	470	540	855	150	500	800
La	22,29	17,79	13,33	22,0	22,0	28,16	--	25,0	35,0
Ce	51,58	40,56	31,57	40,0	39,0	61,82	--	46,0	70,0
Pr	5,90	4,82	3,42	4,70	6,90	1,29	--	7,20	7,20
Nd	25,23	24,32	15,61	22,0	24,0	28,63	--	27,0	32,0
Sm	6,26	6,60	4,10	5,30	5,50	7,06	--	6,10	7,10
Eu	1,81	1,48	1,13	1,50	3,00	1,95	--	1,90	1,90
Gd	5,85	5,91	3,91	6,40	7,10	5,90	--	7,80	6,10
Tb	--	--	--	--	--	--	--	--	0,92
Dy	6,20	6,73	3,95	6,30	7,60	5,67	--	9,40	5,20
Ho	--	1,50	--	1,20	1,10	0,97	--	1,50	1,20
Er	3,34	4,47	2,30	3,90	5,00	3,25	--	5,90	2,90
Tm	--	--	--	--	--	--	--	--	0,49
Yb	3,57	4,66	2,45	3,90	5,20	3,00	--	6,20	3,20
Lu	0,55	0,77	0,36	0,64	0,71	0,46	--	0,95	0,53
Hf	--	--	--	--	--	--	--	--	4,4
Pb	5,6	11	3,1	9,2	12	8,8	6,1	12	9,3
Th	--	--	--	--	--	--	--	--	2,3
U	--	--	--	--	--	--	--	--	2,3
$^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}_{(\text{непр.})}$	--	--	--	--	--	--	--	0,70253	0,70468

Таблица 4.2. (продолжение)

№ пробы	95-58	95-51	95-18	97-7	95-39	95-38	01-3	97-23	97-84
№ п/п	41	42	43	44	45	46	47	48	49
H (м)	2940,2	3669,0	2904,8	2838,4	3797,7	3795,3	3994,0	2949,8	3200,3
SiO ₂	49,91	50,13	51,35	51,59	51,66	51,73	53,24	53,89	55,11
TiO ₂	1,45	1,22	0,87	1,162	1,28	1,21	1,168	1,057	1,742
Al ₂ O ₃	14,92	15,67	16,03	17,30	15,30	15,91	18,55	17,11	12,79
Fe ₂ O ₃	2,15	1,43	1,16	3,701	1,64	1,50	5,93	2,88	1,711
FeO	11,59	7,72	6,26	5,66	8,84	8,12	3,15	5,48	9,61
MnO	0,19	0,12	0,06	0,103	0,18	0,16	0,03	0,115	0,174
MgO	4,67	8,95	7,10	3,251	5,46	5,68	3,954	2,928	1,633
CaO	6,99	5,10	8,02	7,036	6,66	6,29	1,035	7,610	4,994
Na ₂ O	4,13	2,63	2,95	3,441	3,19	4,04	2,09	3,02	1,433
K ₂ O	1,44	0,35	1,01	0,466	2,01	1,51	2,982	0,936	3,491
P ₂ O ₅	0,28	0,34	0,24	0,434	0,48	0,44	0,335	0,332	0,558
Ппп	2,35	6,35	4,97	6,16	3,29	3,44	7,06	4,79	6,72
Summa	100,07	100,01	100,02	100,306	99,99	100,03	99,524	100,157	99,966
CO ₂	--	--	--	3,46	--	--	4,82	3,27	4,96
Li	8	6	4	12	10	8	42	18	38
Be	1,75	1,75	0,60	1,30	1,65	1,80	5,00	4,20	3,90
B	--	--	--	6,8	--	--	18,0	6,8	8,5
F	400	670	550	650	900	700	1100	960	1000
Sc	32	38	35	49	34	33	34	39	44
V	370	220	300	240	300	320	280	320	170
Cr	85	240	340	3,3	67	65	490	61	3
Co	31	27	29	44	29	28	54	25	10
Ni	55	120	140	69	63	85	440	84	5,7
Cu	63	38	33	23	43	60	52	67	24
Zn	150	110	93	150	110	115	170	200	210
Rb	15	2	16	10	24	20	16	42	96
Sr	650	450	410	690	790	750	708	600	240
Y	44,3	--	43,5	29,1	39,9	39,1	14	--	57,9
Zr	160	160	135	125	160	160	139	109	274
Nb	9	8	6,4	10	7	10	53	20	19
Ag	0,05	0,03	0,05	0,06	0,04	0,04	0,07	0,10	0,08
Sn	4,0	2,5	2,8	1,7	2,7	2,6	3,2	8,7	4,9

Таблица 4.2. (окончание)

№ пробы	97-85	95-41	Сред.	Ст. откл	Мин.	Мах	N
№ п/п	50	51					
H (м)	3199,6	2629,1					
SiO ₂	56,58	56,72	49,117	2,674	43,050	56,720	51
TiO ₂	1,778	1,25	1,121	0,277	0,30	0,024	51
Al ₂ O ₃	13,33	16,45	16,162	1,345	12,61	21,56	51
Fe ₂ O ₃	1,878	1,25	2,802	1,485	1,030	6,057	51
FeO	5,75	6,76	7,237	1,543	3,15	11,59	51
MnO	0,205	0,06	0,15	0,045	0,03	0,213	51
MgO	1,198	3,47	5,922	1,998	1,198	11,470	51
CaO	6,557	5,70	7,859	2,087	1,035	11,950	51
Na ₂ O	3,27	2,96	2,988	0,602	1,433	4,13	51
K ₂ O	2,786	0,34	1,071	0,688	0,17	3,491	51
P ₂ O ₅	0,577	0,65	0,328	0,133	0,05	0,65	51
Ппп	6,11	4,37	5,313	2,293	2,25	11,67	51
Summa	100,019	99,98	100,104	0,178	99,537	100,463	51
CO ₂	4,69	--	2,553	1,726	0,16	5,05	27
Li	30	8	11,54	7,454	4,0	42	51
Be	3,70	1,20	2,17	1,386	0,45	5,0	50
B	10	--	2,30	4,68	4,40	28	27
F	530	1400	670	358	100	1800	50
Sc	34	35	38,56	12,35	18	75	51
V	150	320	285	98	130	500	51
Cr	3	130	127	130	3,0	520	51
Co	7,8	23	36	12	7,8	72	51
Ni	3,4	150	115	80	3,4	440	51
Cu	16	44	43	22	16	100	51
Zn	130	130	127	36	52	210	51
Rb	78	4	23	21	2,0	96	51
Sr	360	810	572	227	120	1100	51
Y	55	28,1	35	10	10,9	57,9	42
Zr	296	170	128	42	50	296	51
Nb	18	11	9,97	7,96	2,0	53	51
Ag	0,07	0,04	0,069	0,043	0,03	0,30	51
Sn	3,8	2,8	3,23	1,72	0,80	8,70	51

Ba	1410	560	573	338	130	1470	51
La	40,0	37,56	25,68	8,99	13,0	43,0	18
Ce	77,0	85,27	47,28	17,15	20,0	77,0	18
Pr	--	9,70	5,78	2,27	2,70	10,0	10
Nd	42,0	37,97	25,79	9,15	12,0	42,0	18
Sm	11,0	7,11	5,91	1,91	3,20	11,0	18
Eu	2,40	1,99	1,79	0,55	1,00	3,00	18
Gd	13,0	6,30	6,55	2,27	3,60	13,00	18
Tb	--	--	0,75	0,11	0,65	0,92	5
Dy	9,60	4,41	6,66	2,04	3,50	10,00	18
Ho	1,70	--	1,16	0,28	0,60	1,70	18
Er	6,00	2,44	3,81	1,25	2,00	6,00	18
Tm	--	--	0,44	0,09	0,31	0,52	5
Yb	6,40	2,06	4,38	1,30	2,10	6,40	18
Lu	0,90	0,28	0,68	0,21	0,31	1,05	18
Hf	--	--	2,90	0,98	1,80	4,40	5
Pb	17	7	7,76	4,13	1,60	20,0	51
Th	--	--	1,72	0,78	1,10	2,80	5
U	--	--	1,35	0,55	0,95	2,30	5
$^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}_{(\text{перв.})}$		--					

тавимых абсолютных значениях. Поэтому можно считать, что наблюдаемые вариации химизма определяются, очевидно, процессами кристаллизационной дифференциации, и все породы принадлежат к одной и той же серии. На это же указывает и наличие двух генераций оливинов и плагиоклазов (см. выше). Можно также предполагать, что “разбросы” составов базальтов связаны с процессами дифференциации в магматической колонне при ее продвижении к дневной поверхности, что подчеркивается небольшими вариациями составов, как оливинов, так и плагиоклазов. Это косвенно подтверждается различиями химического состава базальтов в разных скважинах. Об этом же свидетельствуют и данные по изотопному составу стронция,

Таблица 4.3. Химический состав шохонитов Западной Сибири

№ пробы	414-28	414-20	414-25	414-10А	414-21	414-7А	Ср.	Ст.откл	Мин	Макс	N
№ п/п	1	2	3	4	5	6					
H (м)	5385,0	5430,0	5415,0	5408,0	5398,0	5407,0					
SiO ₂	53,57	53,81	54,55	55,58	55,63	57,04	55,03	1,308	53,57	57,04	6
TiO ₂	1,03	1,00	1,13	1,02	1,04	1,20	1,07	0,078	1,00	1,20	6
Al ₂ O ₃	14,86	14,17	16,06	14,63	15,03	17,14	15,315	1,091	14,17	17,14	6
Fe ₂ O ₃	2,48	2,70	2,80	3,04	2,64	1,91	2,595	0,384	1,91	3,04	6
FeO	4,85	3,59	3,68	3,59	4,04	5,03	4,13	0,65	3,59	5,03	6
MnO	0,13	0,11	0,11	0,12	0,11	0,08	0,11	0,017	0,08	0,13	6
MgO	6,83	5,83	5,31	6,19	6,18	3,60	5,657	1,124	3,60	6,83	6
CaO	5,98	6,83	4,39	6,18	5,17	2,39	5,157	1,598	2,39	6,83	6
Na ₂ O	4,06	4,91	4,62	6,16	5,84	5,31	5,15	0,78	4,06	6,16	6
K ₂ O	3,31	2,14	3,55	0,80	1,68	3,08	2,427	1,073	0,80	3,55	6
P ₂ O ₅	0,44	0,34	0,41	0,41	0,41	0,38	0,398	0,034	0,34	0,44	6
Ппп	2,61	4,76	3,55	2,52	2,41	2,53	3,063	0,93	2,41	4,76	6
Summa	100,15	100,19	100,16	100,24	100,18	99,96	100,102	0,024	99,69	100,24	6
CO ₂	0,36	2,18	0,91	0,42	0,19	0,58	0,773	0,731	0,19	2,18	6
Li	18	12	16	13	15	16	15,0	2,19	12,0	18,0	6
Be	1,70	1,70	2,30	2,60	1,60	3,7	2,27	0,81	1,60	3,70	6
B	7,2	6,1	7,9	7,1	5,6	4,9	6,47	1,13	4,90	7,90	6
F	550	510	320	900	530	700	585	196	320	900	6
Sc	20	15	16	16	18	8,0	15,5	4,09	8,0	20,0	6
V	260	220	240	210	260	130	220	49	130	260	6
Cr	440	330	180	350	400	66	294	142	66	440	6
Co	20	19	15	26	22	15	19,5	4,2	15	26	6
Ni	150	140	80	140	140	59	118,2	38	59	150	6
Cu	32	35	35	31	27	31	32	3	27	35	6
Zn	100	89	110	98	92	80	95	10	80	110	6
Rb	52	26	66	10	22	60	39,3	23	10	66	6
Sr	1000	939	1328	1283	761	1285	1099	232	761	1328	6
Y	15	12	14	14	16	--	14,2	1,5	12	16	5
Zr	160	166	177	176	168	212	177	19	160	212	6
Nb	3,4	8,1	10,5	7,6	4,6	--	6,84	2,85	3,4	10,5	5
Ag	0,08	0,09	0,11	0,04	0,15	0,04	0,085	0,04	0,04	0,15	6

Sn	2,6	3,9	3,4	1,7	1,8	2,4	2,63	0,87	1,7	3,9	6
Ba	3650	1440	2140	1960	1560	2010	2126	794	1440	3650	6
La	89,0	49,0	53,0	78,0	75,0	--	68,8	17	49	89	5
Ce	115	90,0	94,0	106	130	--	107	16	90	130	5
Pr	11,0	7,90	8,60	9,60	12,0	--	9,82	1,69	7,90	12,0	5
Nd	42,0	30,0	34,0	37,0	46,0	--	37,8	6,34	30	46	5
Sm	7,20	5,30	5,90	6,60	7,80	--	6,56	0,99	5,30	7,80	5
Eu	1,80	1,40	1,55	1,60	1,70	--	1,61	0,15	1,40	1,80	5
Gd	6,10	4,50	5,20	5,80	5,80	--	5,48	0,64	4,50	6,10	5
Tb	0,75	0,55	0,67	0,70	0,72	--	0,678	0,08	0,55	0,75	5
Dy	3,40	2,60	3,00	3,20	3,10	--	3,06	0,30	2,60	3,40	5
Ho	0,65	0,49	0,58	0,62	0,57	--	0,582	0,061	0,49	0,65	5
Er	1,40	1,15	1,40	1,45	1,40	--	1,36	0,12	1,15	1,45	5
Tm	0,26	0,16	0,19	0,19	0,26	--	0,212	0,05	0,16	0,26	5
Yb	1,30	1,05	1,10	1,25	1,30	--	1,20	0,12	1,05	1,30	5
Lu	0,19	0,15	0,16	0,17	0,18	--	0,17	0,02	0,15	0,19	5
Hf	2,9	3,0	2,8	3,0	2,7	--	2,88	0,13	2,70	3,00	5
Pb	16	13	25	15	13	8	15,0	5,6	8,0	25	6
Th	3,6	3,5	3,3	3,3	4,4	--	3,62	0,46	3,30	4,40	5
U	4,4	3,2	3,7	3,7	4,3	--	3,86	0,49	3,20	4,40	5
$^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}_{(\text{перв.})}$	--	0,70422	0,70427	--	0,70427	--					

согласно которому $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ отношения в исследованных базальтах колеблются в достаточно узких пределах - 0,70253-0,70493.

Андезобазальты по своим геохимическим характеристикам сходны с базальтами и на петрохимических диаграммах (см. табл. 4,2 и рис. 4.3, 4.4, 4.5) находятся на продолжении базальтового тренда.

Переходя к рассмотрению состава фонолитов, отметим, прежде всего, их резкое отличие (что естественно) от субщелочных базальтов (см. табл. 4.4). Обращает на себя внимание существенное, в большинстве случаев, превышение калия над натрием. Они примерно на порядок обогащены легкоподвижными элементами (Li, Rb,

Таблица 4.4. Химический состав фonoлитов Западной Сибири

№ пробы	97-66	97-67	97-65	97-64	Сред.	Ст.откл.	Мин	Макс	N
№ п/п	1	2	3	4					
H (м)	3377,4	3376,6	3372,8	3373,6					
SiO ₂	49,94	50,70	53,54	57,19	52,84	3,29	49,94	57,19	4
TiO ₂	0,61	0,561	0,56	0,609	0,585	0,058	0,56	0,61	4
Al ₂ O ₃	21,82	19,59	20,92	19,02	20,338	1,269	19,02	21,82	4
Fe ₂ O ₃	2,145	3,101	0,922	0,522	1,673	1,176	0,522	3,101	4
FeO	4,94	3,86	3,32	3,50	3,905	0,726	3,32	4,94	4
MnO	0,191	0,184	0,124	0,107	0,152	0,042	0,107	0,191	4
MgO	1,322	1,243	0,742	0,632	0,985	0,348	0,632	1,322	4
CaO	2,539	5,197	4,434	3,868	4,01	1,21	2,539	5,197	4
Na ₂ O	4,576	5,52	2,797	0,865	3,44	2,05	0,865	5,52	4
K ₂ O	6,268	4,93	7,088	8,434	6,68	1,469	4,93	8,44	4
P ₂ O ₅	0,10	0,094	0,093	0,096	0,096	0,003	0,093	0,10	4
Ппп	5,66	4,76	5,50	4,95	5,217	0,431	4,76	5,66	4
Summa	100,111	99,74	100,04	99,739	99,921	0,182	99,74	100,11	4
CO ₂	0,59	0,73	3,17	2,68	1,793	1,324	0,59	3,17	4
Li	73	82	140	260	139	86	73	260	4
Be	6,40	6,30	3,70	4,50	5,23	1,34	3,70	6,40	4
B	21	15	10	16	15,5	4,5	10,0	21,0	4
F	2700	1800	480	300	1320	1137	300	2700	4
Sc	2,0	4,25	2,0	2,0	2,56	1,13	2,00	4,25	4
V	30	40	16	24	27,5	10,1	16	40	4
Cr	3	50	3	20	19	22	3,0	50	4
Co	6,6	7,1	7	7,4	7,03	0,33	6,6	7,4	4
Ni	4,0	16	2	4,4	6,6	6,4	2,0	16,0	4
Cu	9,4	10	13	7,3	9,93	2,35	7,30	13,0	4
Zn	200	185	150	170	176	21	150	200	4
Rb	195	120	157	172	161	31	120	195	4
Sr	790	2430	715	805	1185	830	715	2430	4
Y	59,4	55,7	59,9	63,2	59,6	3,1	55,7	63,2	4
Zr	253	241	231	240	241	9	231	253	4
Nb	57	43	58	52	52,5	6,9	43,0	58,0	4
Ag	0,06	0,09	0,04	0,08	0,067	0,022	0,04	0,09	4

Sn	5,6	4,8	4,7	5,5	5,15	0,47	4,7	5,6	4
Ba	1945	2250	1055	2405	1913	603	1055	2405	4
La	50,9	59,4	51,5	106	66,95	26,3	50,9	106,0	4
Ce	95,8	106	89,1	163	113,48	33,74	89,1	163,0	4
Pr	10,8	10,8	10,4	16,5	12,13	2,92	10,4	16,5	4
Nd	45,7	44,4	43,3	64,4	49,45	10,02	43,3	64,4	4
Sm	8,55	7,94	7,86	9,62	8,49	0,81	7,86	9,62	4
Eu	2,56	2,37	1,87	2,62	2,36	0,34	1,87	2,62	4
Gd	8,41	7,98	7,76	9,85	8,50	0,94	7,76	9,85	4
Tb	1,39	1,29	1,33	1,50	1,38	0,09	1,29	1,50	4
Dy	8,74	8,00	8,44	9,07	8,56	0,46	8,00	9,07	4
Ho	1,85	1,73	1,92	1,96	1,865	0,10	1,73	1,96	4
Er	5,84	5,21	5,62	5,86	5,63	0,30	5,21	5,86	4
Tm	0,95	0,86	0,91	0,94	0,92	0,04	0,86	0,96	4
Yb	5,67	5,03	5,38	5,47	5,39	0,27	5,03	5,67	4
Lu	0,73	0,66	0,70	0,72	0,70	0,03	0,66	0,73	4
Hf	3,88	3,56	3,23	5,63	4,08	1,07	3,23	5,63	4
Pb	29	26	22	27	26	2,9	22	29	4
Th	16,55	14,77	15,16	16,15	15,66	0,83	14,77	16,55	4
U	23,27	19,63	24,18	21,51	22,14	1,99	19,63	24,14	4
$^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}_{(\text{перв.})}$	0,70471	0,70513	0,70639	--					

Ва, К, Nb и др.) и также на порядок обеднены элементами группы железа. На петрохимических диаграммах (см. рис. 4.3, 4.4) высококалийевые вулканиты образуют самостоятельные ареалы точек составов, которые приурочены к полям и трендам щелочных серий. Характер распределения редкоземельных элементов, однако, совпадает с их распределением в базальтах, несмотря на превышение абсолютных содержаний в фонолитах в 2-4 раза (рис. 4.6). Распределение большинства редких элементов по средним величинам содержаний (см. рис. 4.9) показывает в свою очередь, их несимбатность с кривыми распределения в субщелочных базальтах, что свидетельствует о малой вероятности генетического родства рассматриваемых групп пород. На

это же и указывают данные по $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ отношениям. Их значения в фonoлитах составляют 0,70441 – 0,70639.

Породы, вскрытые скважиной Уренгойской 414 по петрохимическим характеристикам - повышенным относительно базальтов содержаниям K_2O и P_2O_5 , пониженным – CaO , при умеренном Al_2O_3 – относятся к шохонитам (Табл. 4.3). Это подчеркивается высокими содержаниями в них всей группы некогерентных элементов, включая Rb, Sr, Ba, Li, Pb и др. Анализ нормированных по примитивной мантии содержаний легких редких земель (см. рис. 4.7) показывает, тем не менее, сходство их распределения с таковыми в базальтах, несмотря на более высокие абсолютные содержания. На это же указывает и аналогичный характер распределения наиболее подвижных редких элементов в исследуемых породах и в базальтах (см. рис. 4.9). В то же время группа менее подвижных элементов, начиная с Tb, имеет более низкие содержания по сравнению с базальтами (см. рис. 4.7).

По химическому, равно как и по минеральному составам, кислые вулканы относятся к типичным риодацитам и риолитам (табл. 4.5). За исключением одного образца (95-60) для них характерны невысокие содержания щелочей при примерно равных количествах Na_2O и K_2O и низкие содержания TiO_2 - 0,27 - 0,73 мас.% при умеренных Al_2O_3 (около 12 мас. %). На петрохимических диаграммах они попадают в поле пород нормального ряда и являются аналогами известково-щелочных гранитов. В соответствии с АФМ-диаграммой (см. рис. 4.4) точки составов кислых эффузивов, как и базальтов (Альмухамедов и др., 1998,) хорошо согласуются с субщелочным (щелочным по Macdonald, Katsura, 1964) трендом дифференциации базальтовых магм. Именно с этим трендом, как уже отмечалось ранее (см. гл.2), корреспондируют средние составы свит рифтогенного этапа пермотриасового магматизма

Таблица 4.5. Химический состав кислых вулканитов Западной Сибири

№ пробы	00-3	00-2	01-5	01-9	98-9	98-8	98-10	98-5	98-12	95-60	98-11
№ п/п	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
H (M)	3954,0	3857,5	2914,3	2447,5	3199,6	3320,0	3282,0	3209,0	3459,0	3697,4	3407,0
SiO ₂	65,42	65,71	65,85	65,86	68,21	69,61	71,97	72,41	72,97	73,67	73,85
TiO ₂	0,811	0,801	0,767	0,599	0,73	0,369	0,426	0,378	0,475	0,35	0,45
Al ₂ O ₃	13,97	14,32	14,96	18,68	12,40	12,20	12,88	11,32	12,11	12,12	12,34
Fe ₂ O ₃	2,24	1,00	0,31	0,47	1,60	1,01	1,33	1,44	1,14	0,61	1,53
FeO	4,31	1,97	4,16	2,40	4,31	3,41	3,05	2,69	2,51	3,30	2,33
MnO	0,119	0,044	0,071	0,015	0,126	0,082	0,05	0,065	0,075	0,04	0,056
MgO	0,785	0,267	1,557	1,182	0,323	0,369	0,467	0,289	0,208	0,06	0,254
CaO	2,929	4,513	2,774	0,205	2,937	2,906	1,531	2,573	1,933	0,95	1,107
Na ₂ O	4,83	3,55	4,25	0,20	1,29	2,65	0,48	0,24	1,13	2,63	2,08
K ₂ O	1,709	2,32	3,253	4,201	3,893	3,488	3,593	4,695	3,929	5,11	2,986
P ₂ O ₅	0,215	0,159	0,261	0,031	0,164	0,059	0,069	0,051	0,071	0,04	0,07
Ппп	1,97	4,98	1,21	6,04	4,10	3,72	3,51	3,64	3,34	1,21	2,98
Summa	99,308	99,634	99,423	99,883	99,783	99,92	99,356	99,791	99,891	100,09	100,033
CO ₂	0,44	3,08	0,28	0,22	2,31	2,53	1,54	1,98	1,65	--	0,99
Li	17	14	98	32	28	46	44	38	44	34	41
Be	--	--	8,40	5,00	3,20	1,90	2,35	2,35	1,90	3,0	3,0
B	8,5	3,8	22	51	14	57	12	9,6	5,7	--	11
F	--	--	1700	830	250	220	950	425	360	1100	380
Sc	21	20	14	11	14	7,6	11	9,4	10,5	9,0	14
V	45	28	73	58	37	12	20	14	14	14	17
Cr	3	10	87	65	31	22	15	14	18	14	12
Co	1,0	3,0	9,8	9,6	10	5,4	4,7	3,0	6,5	3,8	5,3
Ni	2,5	3,9	56	38	6,5	3,5	13	6,5	3,7	8,4	3,8
Cu	8,7	11	25	23	13,2	15	15	12	12	28	16
Zn	130	150	70	49	125	101	115	120	115	97	115
Rb	28	48	150	170	140	133	168	161	151	190	148
Sr	125	140	294	144	132	153	235	165	175	103	105
Y	57	59	28	16	58	61	49	63	59	71,8	70
Zr	312	359	286	162	330	320	400	437	357	420	483
Nb	16	17	18	13	17	20	21	21	20,5	15	21
Ag	0,34	0,10	0,06	0,06	0,12	0,07	0,11	0,04	0,05	0,08	0,07
Sn	7,6	9,3	8,6	4,0	6,1	5,6	6,0	6,4	8,0	11	8,4

Таблица 4.5. (окончание)

№ пробы	97-89	98-6	01-7	97-87	97-88	98-7	Сред.	Ст. откл	Мин.	Макс.	N
№ п/п	12	13	14	15	16	17					
H (м)	3291,8	3206,0	3108,0	3236,9	3292,8	3268,5					
SiO ₂	75,12	75,43	75,47	76,23	76,28	76,87	71,819	4,17	65,42	76,87	17
TiO ₂	0,419	0,268	0,139	0,387	0,40	0,331	0,476	0,196	0,139	0,811	17
Al ₂ O ₃	12,07	10,95	12,02	12,11	12,02	11,62	12,83	1,83	10,95	18,68	17
Fe ₂ O ₃	0,467	1,11	0,84	0,50	0,50	1,28	1,32	1,28	0,31	5,84	17
FeO	3,32	1,79	1,15	2,78	2,60	1,97	2,826	0,901	1,15	4,31	17
MnO	0,114	0,07	0,01	0,061	0,063	0,034	0,064	0,033	0,01	0,126	17
MgO	0,423	0,398	0,258	0,482	0,378	0,238	0,469	0,378	0,06	1,557	17
CaO	0,566	2,52	0,538	0,503	0,551	0,996	1,767	1,226	0,205	4,513	17
Na ₂ O	2,312	0,92	3,35	2,031	2,278	0,20	2,025	1,427	0,20	4,83	17
K ₂ O	2,352	2,656	5,177	2,577	2,358	3,621	3,388	1,015	1,709	5,177	17
P ₂ O ₅	0,066	0,026	0,015	0,062	0,064	0,035	0,086	0,07	0,015	0,261	17
Ппп	2,80	3,85	1,20	2,33	2,48	2,94	3,076	1,317	1,20	6,04	17
Summa	100,029	99,988	100,167	100,033	99,972	100,135	99,85	0,26	99,308	100,135	17
CO ₂	1,73	1,76	0,25	1,05	1,18	0,77	1,36	0,86	0,22	3,08	17
Li	26	42	5	28	28	53	36,35	20,22	5,0	98	17
Be	2,85	2,0	12,5	2,8	3,0	3,0	3,82	2,90	1,90	12,5	15
B	9,3	14	51	10	11	14	19,99	17,39	3,8	57	16
F	450	900	3700	380	420	570	842	884	320	3700	15
Sc	15	5,0	2,0	17	15	5,7	11,84	5,17	2,0	21	17
V	26	4,0	3,8	14	15	4,3	23,48	19,48	3,8	73	17
Cr	3,0	14	28	3,0	3,0	12	20,8	22,7	3,0	87,0	17
Co	4,0	3,4	2,3	3,2	3,0	3,1	4,77	2,71	1,0	10	17
Ni	2,3	7,5	20	2,4	2,3	3,7	10,8	14,7	2,3	56	17
Cu	16	9,0	27	10	15	10	15,64	6,3	8,7	28	17
Zn	120	150	93	140	180	130	117	30	49	180	17
Rb	100	146	160	110	100	157	132	43	28	190	17
Sr	125	131	44	100	120	130	142	55	44	294	17
Y	62,5	71,8	56	62,4	56,1	63	56,7	14,5	16	71	17
Zr	398	385	165	418	417	432	357	89	162	483	17
Nb	21	6,1	52	20	19	23	20	9	6,1	52	17
Ag	0,10	0,16	0,06	0,10	0,10	0,10	0,101	0,068	0,04	0,34	17

Sn	9,9	11	18	7,4	7,5	6,7	8,32	3,13	4,0	18	17
Ba	570	540	120	670	630	830	838	615	120	2860	17
La	--	57,9	--	--	--	--	55,9	14,9	37,7	19,0	5
Ce	--	119	--	--	--	--	110,06	14,44	87,3	125	5
Pr	--	14,2	--	--	--	--	12,38	1,57	10,5	14,2	5
Nd	--	65,7	--	--	--	--	56,38	9,33	43,0	65,7	5
Sm	--	13,1	--	--	--	--	11,46	1,63	9,0	13,1	5
Eu	--	1,56	--	--	--	--	1,66	0,30	1,20	1,96	5
Gd	--	12,4	--	--	--	--	10,88	1,15	9,45	12,40	5
Tb	--	1,98	--	--	--	--	1,68	0,21	1,40	1,98	5
Dy	--	11,7	--	--	--	--	9,52	1,67	7,00	11,70	5
Ho	--	2,36	--	--	--	--	1,91	0,34	1,40	2,36	5
Er	--	6,75	--	--	--	--	5,37	1,38	3,20	6,75	5
Tm	--	1,08	--	--	--	--	0,86	0,22	0,49	1,08	5
Yb	--	6,52	--	--	--	--	5,25	1,24	3,20	6,25	5
Lu	--	0,93	--	--	--	--	0,75	0,17	0,47	0,93	5
Hf	--	9,06	--	--	--	--	7,57	1,73	4,60	9,06	5
Pb	26	38	17	25	26	28	22,59	6,72	11,0	38,0	17
Th	--	16,06	--	--	--	--	13,56	2,33	10,00	16,05	5
U	--	11,57	--	--	--	--	8,13	2,57	4,40	11,57	5
$^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}_{(\text{перв.})}$	0,70982	--	--	0,70751	0,70948	--					

Сибирской платформы. С другими типами пород кислые вулканиты находятся в бимодальных отношениях (см. рис. 4.3).

Содержания редких и редкоземельных элементов также близки таковым для группы риолитов и риодацитов известково-щелочной серии (см. табл. 4.5). Это выражается в повышенных количествах большинства некогерентных элементов, особенно рубидия (до 190 мкг/г) и легких редких земель. В то же время в кислых вулканитах Западной Сибири наблюдаются относительно низкие содержания стронция и слабо выраженный европиевый минимум. Сравнительный анализ распределения редких и редкоземельных элементов, нормированных по примитивной мантии и базальтам типа N-MORB (рис. 4.8, 4.9) показывает следующее. Во-первых, наблюдает-

ся симбатное распределение редкоземельных элементов в риодацитах и риолитах и одновозрастных субщелочных базальтах Западной Сибири. Большинство элементов в кислых эффузивах показывают значительно более высокий уровень содержания по сравнению с таковыми в базальтах, за исключением Sr, Eu и Ti. Во-вторых, сходную с изученными риолитами специфику распределения редких элементов имеют кислые члены бимодальных серий типичных внутриконтинентальных рифтов

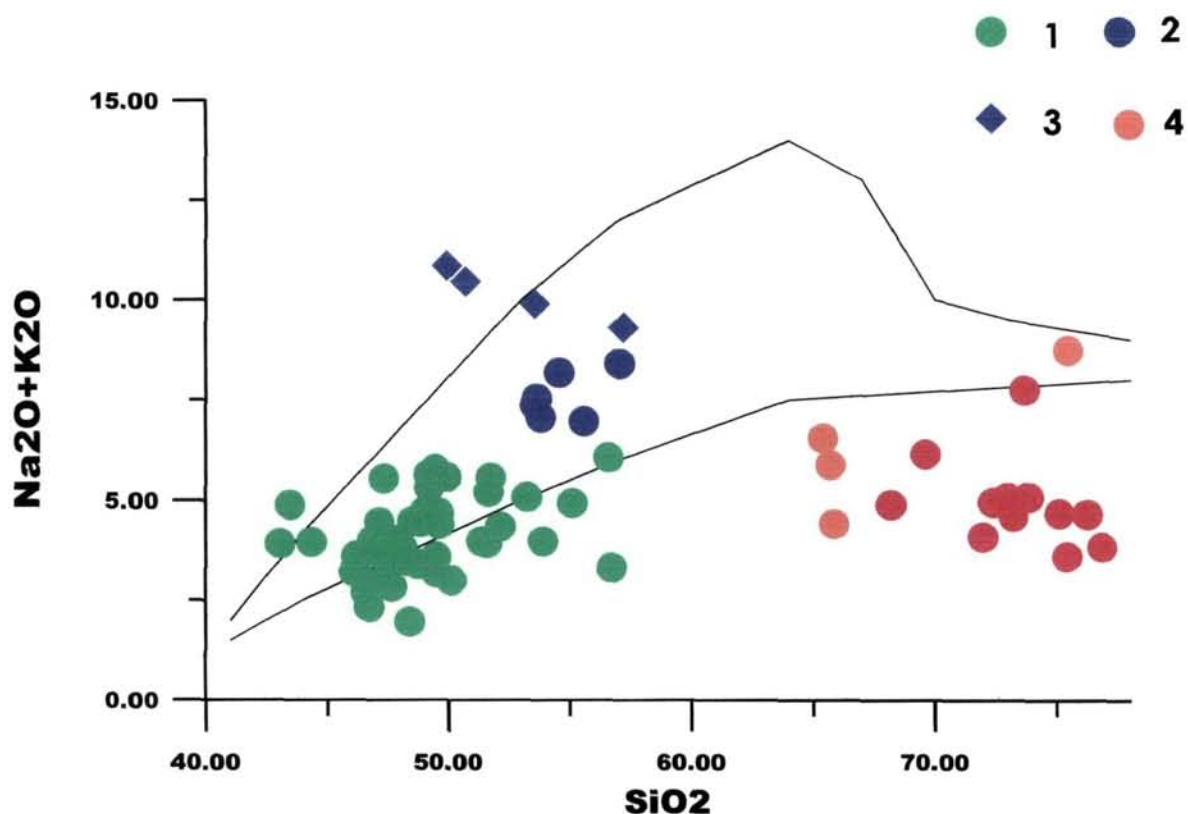


Рис. 4.3. Положение точек составов вулканитов Западно-Сибирской плиты в координатах $\text{Na}_2\text{O} + \text{K}_2\text{O} - \text{SiO}_2$. 1 – базальты и андезибазальты, 2 – шошониты, 3 – фонолиты, 4 – кислые эффузивы.

(Альмухамедов и др., 1999). Однако, поскольку риолиты Западной Сибири, равно как и базальты, являются в целом менее щелочными, контрастность распределения

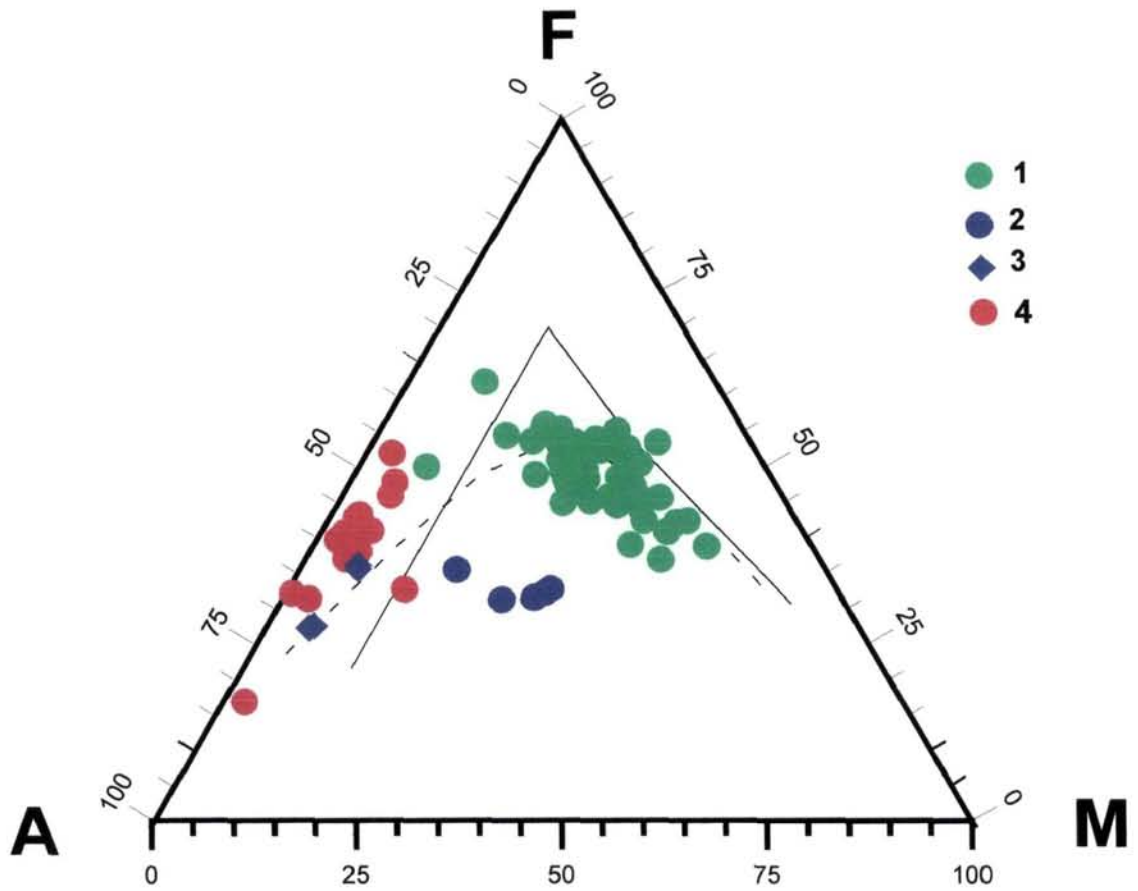


Рис. 4.4 Положение точек составов пород Западно-Сибирской плиты в координатах А-Ф-М. Сплошная линия – толеитовый, пунктирная – субщелочной тренды дифференциации.

1 – базальты и андезибазальты, 2 –шошониты, 3 – фонолиты, 4 - кислые вулканы.

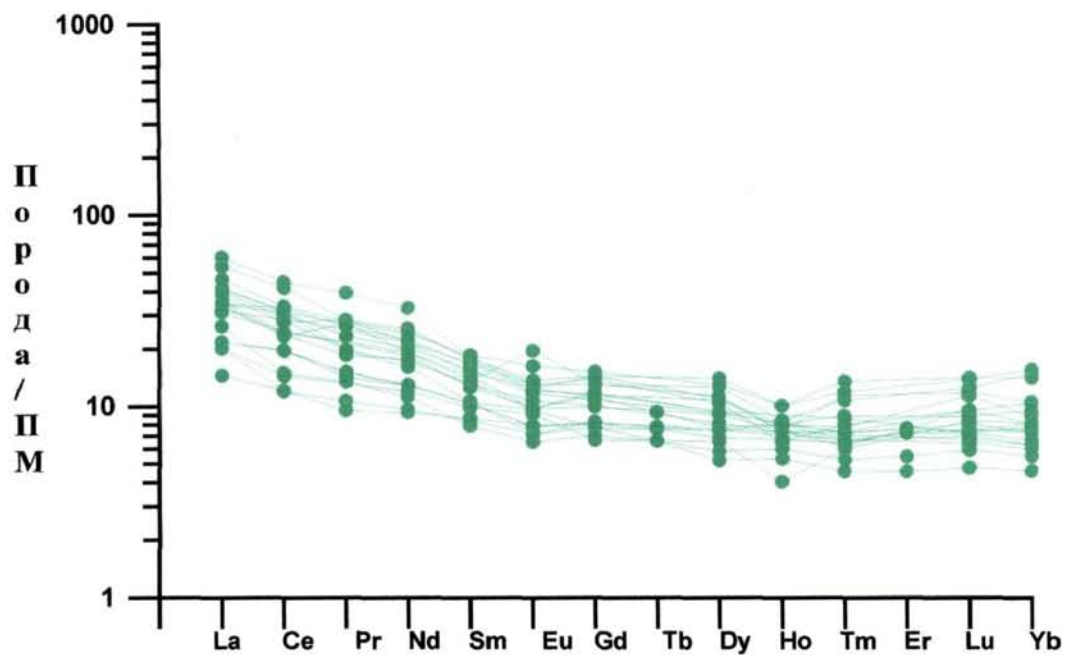


Рис. 4. 5. График нормированного по примитивной мантии (Рябчиков, 1997) распределения РЗЭ в базальтах Западной Сибири.

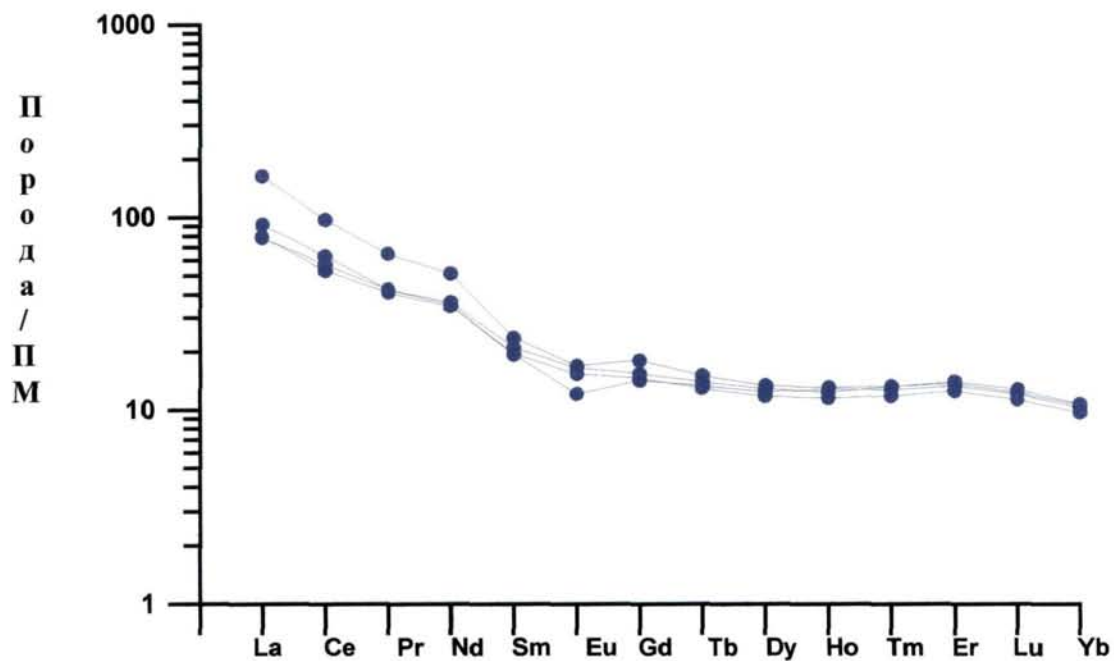


Рис. 4. 6. График нормированного по примитивной мантии (Рябчиков, 1997) распределения РЗЭ в фонолитах Западной Сибири.

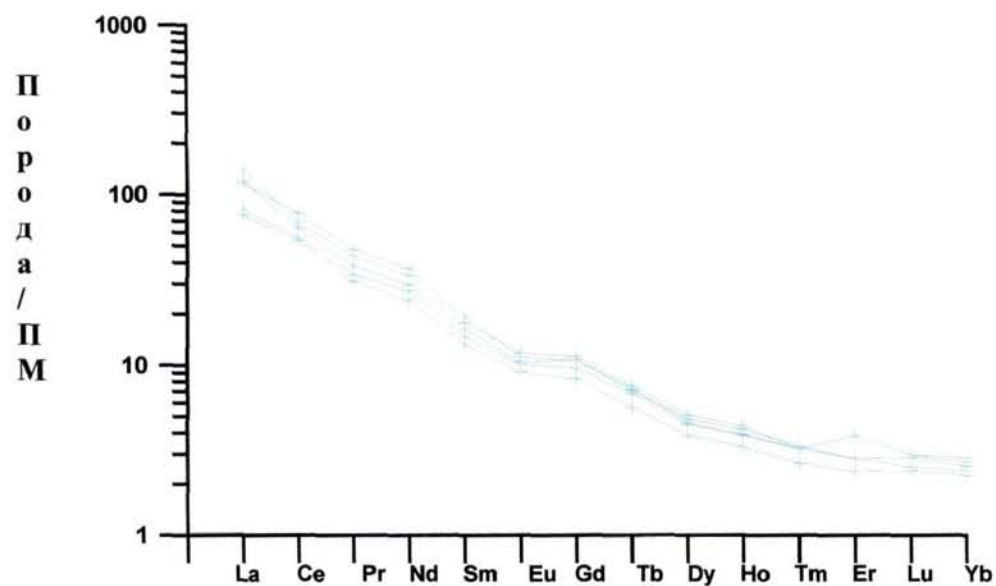


Рис. 4. 7. График нормированного по примитивной мантии (Рябчиков, 1997) распределения РЗЭ в шоссонитах Западной Сибири.

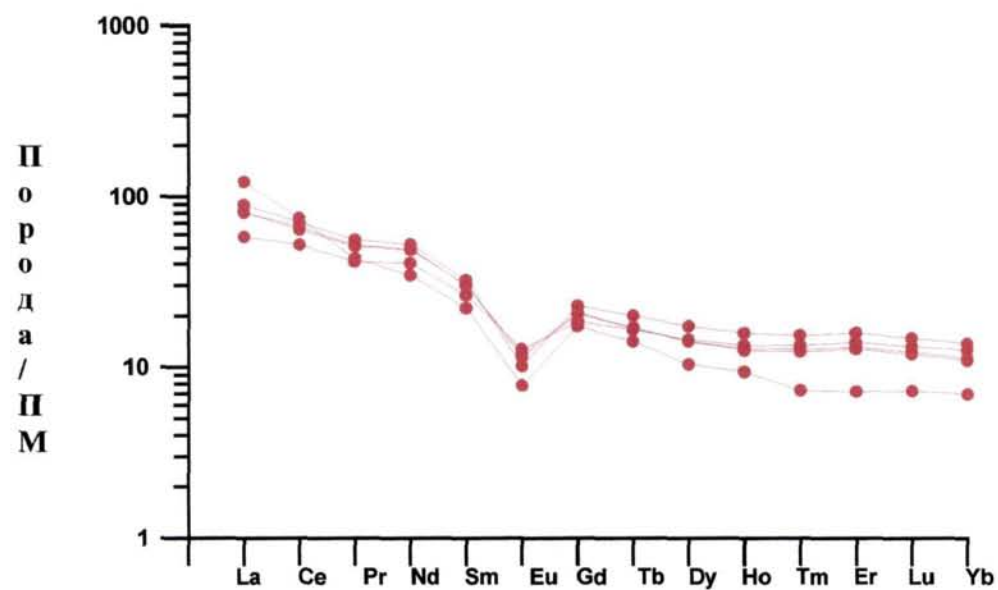


Рис. 4. 8. График нормированного по примитивной мантии (Рябчиков, 1997) распределения РЗЭ в кислых вулканитах Западной Сибири.

элементов в них менее выражена. Особенно это касается бария, содержание которого не показывает минимума в кислых эффузивах, что хорошо согласуется с максимумом его концентрации в базальтах.

Можно сделать заключение, что образцы вулканитов из скважин, расположенных на территории порядка 2000 – 3000 кв. км в Западной Сибири, представлены, по крайней мере, четырьмя разновидностями.

Большую часть исследованных пород составляют базальты. Эти вулканиты Западной Сибири практически идентичны базальтам начального этапа магматической активности Сибирской платформы (Альмухамедов и др., 1999). Высказанное предположение о наличии низкокальциевых, аналогичных базальтам покровного этапа Сибирской платформы, толеитов в разрезе триаса Западной Сибири, вскрытых скважиной СГ-6 (Кременецкий, Гладких, 1997) требует дополнительного подтверждения.

По своему составу высококальциевые вулканиты занимают промежуточное положение между фанолитами и меланофанолитами, а по соотношению калия и натрия между лейцитовыми и нефелиновыми разновидностями. Как было отмечено выше, это объясняется наличием калийсодержащего нефелина. Для краткости назовем их фанолитами. Пород аналогичных фанолитам, вскрытых скважиной Бахилловская - 123, авторам не известно. По некоторым своим геохимическим особенностям они близки трахибазальтам горы Афанасия Никитина (Альмухамедов и др., 1993), щелочным базальтам банки Горриндж (Матвеевков и др., 1996), и особенно фанолитам Восточно-Африканского рифта (Кузьмин, 1985), то есть типичным продуктам внутриплитового магматизма. Вулканиты подобных серий встречаются в структурах растяжения, преимущественно в их периферических частях (Таусон и др., 1984). **Сонахождение высококальциевых вулканитов и субщелочных базальтов в колонке скважи-**

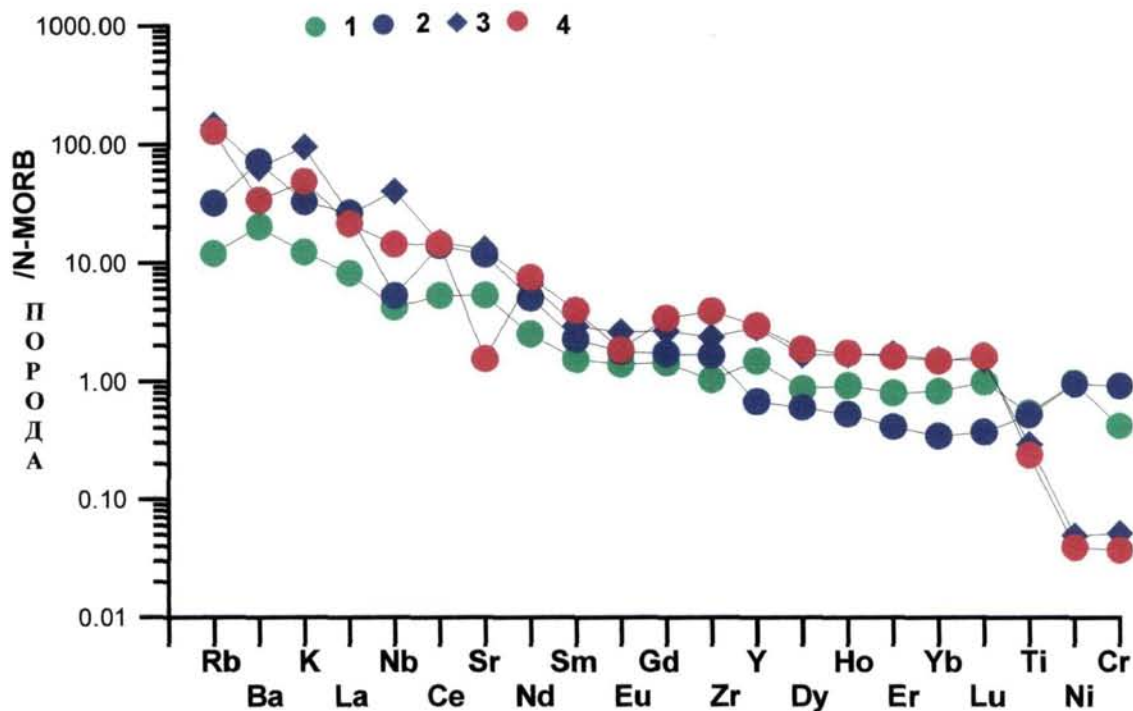


Рис. 4.9. Характер распределения некоторых редких элементов в вулканитах Западной Сибири (по средним составам), нормированных по N-MORB (Альмухамедов и др., 1990). 1 – базальты и андезибазальты, 2 – шшониты, 3 - фонолиты, 4 - кислые вулканиты.

ны Бахилловская – 123 сопоставимо, например, с Афарской депрессией (Альмухамедов и др., 1985) и свидетельствует о том, что здесь также вскрыт разрез в бортовой части одной из палеорифтовых структур. Высокие содержания некогерентных элементов, таких как Li, Rb, Sr, Ba, а также изотопия Sr (0,70441-0,70639), пород дан-

ной серии указывают на то, что они являются производными несколько обогащенной мантии.

Наблюдаемый характер распределения редких элементов с учетом некоторой обогащенности элементами группы железа и близкими к неистощенной мантии (OIBM) отношениями $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ (см. табл. 4.4) позволяет предположить, что шошониты могут являться производными (дифференциатами) базальтовой магмы повышенной щелочности. Следовательно, они не отвечают типичным представителям классических провинций покровных базальтов (низкокалиевым толеитам), однако хорошо соответствуют петрохимическим парагенезисам рифтогенных структур континентов. Действительно, вулканиты подобного состава и с близкими геохимическими характеристиками в ассоциации с субщелочными и щелочными базальтами отмечаются в структурах растяжения (Альмухамедов и др., 1985), чаще в их периферических зонах, и весьма характерны для внутриплитового континентального магматизма.

Подчеркнем, что независимо от существующих представлений о кислых расплавах либо как остаточных при дифференциации базитовых магм (Pichler, Zeis, 1972), либо как продуктах анатектического плавления пород коры (Wilson, 1989), рассматриваемая базит-риолитовая ассоциация Западной Сибири имеет все же признаки генетического родства. В первую очередь это выражается в пониженной щелочности как риолитов, так и базальтов и синхронно высоких содержаниях в них Ba и Rb. С другой стороны, бимодальный характер взаимоотношений основных и кислых вулканитов, а также "сходный" характер распределения большинства редких элементов в рассматриваемых породах и кислых вулканитах континентальных рифтов, позволяет отдать предпочтение второй гипотезе. Мы считаем, что кислые вулканиты являются продуктами контаминации корового материала базальтовыми рас-

плавами. Это подтверждается изотопными характеристиками и хорошо согласуется с геофизическими данными о наличии выступа разуплотненной мантии под системой рифтогенных структур Западной Сибири и существовании переходного слоя между мантией и консолидированной корой (Нефтегазоносные... Вып. 2, 1994). Таким образом, риолиты и риодациты доюрского фундамента Западной Сибири, входящие в состав туринской серии нижнего триаса, имеют, вероятнее всего, как и одновозрастные субщелочные базальты (Альмухамедов и др., 1999), рифтогенную природу. Это выражается в пониженной щелочности как риолитов, так и базальтов и синхронно высоких содержаниях Ba и Rb, что можно объяснить влиянием базальтовой магмы, которая передает свои акцессорные элементы кислому расплаву (Snyder, Tait, 1998).

Особенности их состава, выражающиеся в пониженной щелочности пород ассоциации в целом, по сравнению с вулканическими комплексами внутриконтинентальных рифтов (Wilson, 1989)), определяются спецификой строения литосферы Западно-Сибирской плиты (мощность менее 100 км), существованием под ней на границе перми и триаса активного плюма (Добрецов, 1997) и, как следствие, относительно малыми глубинами генерации родоначальных магм из-за небольшой мощности литосферы под Западно-Сибирской плитой (Сурков и др., 2003; Сурков и др., 2004).

Отметим еще раз, что при достаточно резком различии минерального и химического составов пород выделяемых серий, они имеют некоторые черты геохимического сходства. Во-первых, как базальты, так и кислые вулканиты характеризуются в целом несколько пониженной щелочностью, по сравнению с представителями типичных бимодальных ассоциаций внутриконтинентальных рифтов и, соответственно, имеют относительно более низкие содержания некогерентных элементов. Ис-

ключение составляет только барий, высокие содержания которого наблюдаются во всех типах пород, что является, по всей видимости, региональной особенностью.

Наиболее четко геохимическое родство изученной ассоциации вулканитов проявляется в характере распределения редких земель (см. рис. 4.5, 4.6, 4.7). Все кривые, как было указано выше, симбатны независимо от абсолютных содержаний РЗЭ.

Приведенные данные по $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ отношениям (см. табл. 4.2, 4.3, 4.4, 4.5) показывают, что источники родоначальных магм для выделяемых серий (базальты, высоко-, умереннокалиевые шшониты и кислые вулканиты), вероятно, были различными. Для базальтов и шшонитов - это неистощенная мантия, для высококалиевых шшонитов - несколько обогащенная мантия, для кислых вулканитов - контаминация корового субстрата. В то же время, выявляющаяся близость некоторых геохимических характеристик эффузивных пород различного состава Западно-Сибирской плиты дает основание предполагать вероятность модификации и геохимической нивелировки субстратов, в том числе и корового, за счет какого-нибудь единого фактора. Применительно к данному региону это могут быть летучие компоненты эволюционирующего плюма ("дыхание плюма"), который был ответственным за рифтогенез и пермотриасовый магматизм (Добрецов, 1997; Альмухамедов и др., 1999).

Как рассматривалось выше (см. гл.2), корректные абсолютные возраста для вулканитов Сибирского кратона до самого последнего времени были получены только для пород Тунгусской синеклизы (Campbell et al., 1992; Venkatesan et al., 1997 и др.). Для других районов, в том числе и для Западной Сибири, это либо возрастные соотношения, либо данные палинологии и палеонтологии. На возраст вулканогенно-осадочной толщи Западно-Сибирской плиты существует две точки зрения. Первая - в грабенообразных впадинах залегают триасовые вулканогенно-

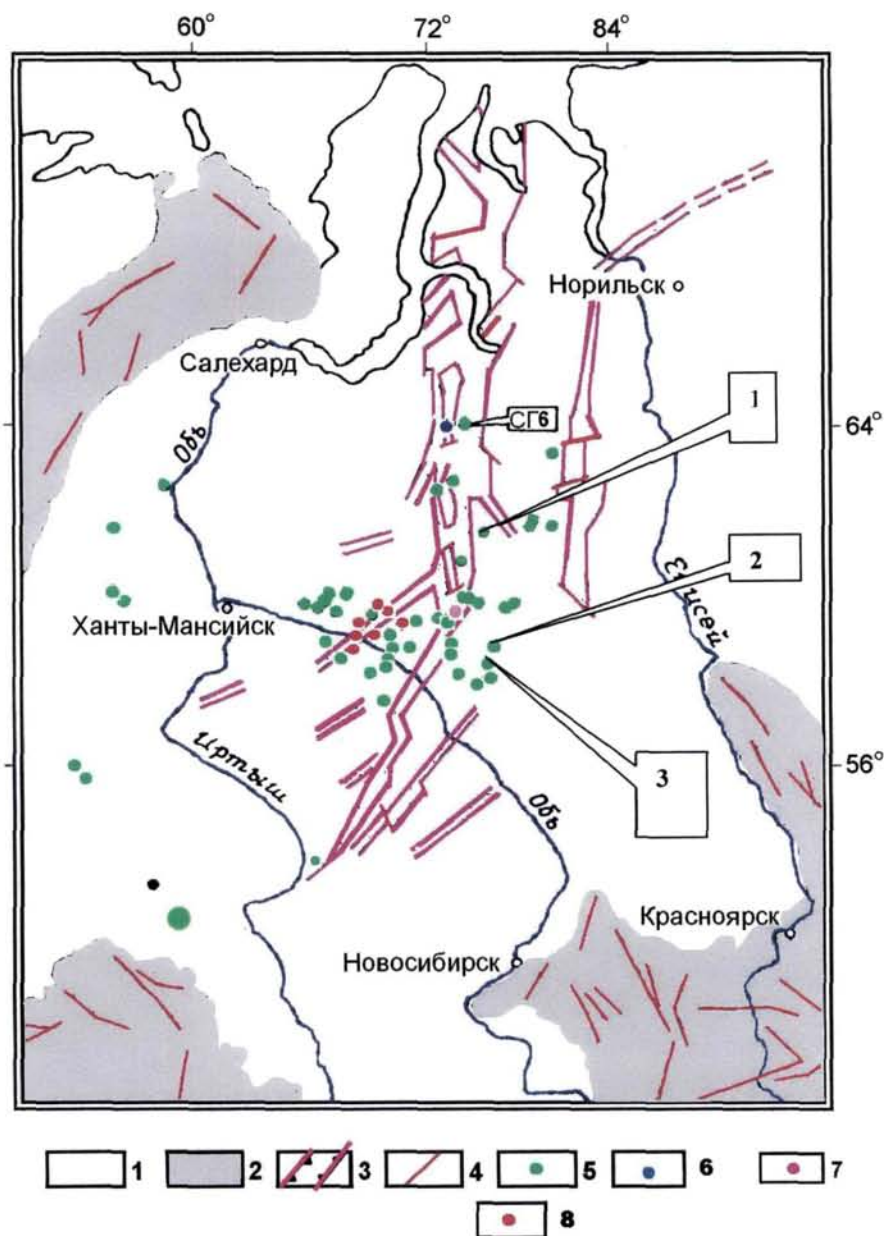


Рис. 4.10. Схема триасовых рифтовых систем Западно-Сибирской плиты (Нефтегазоносные..., вып. 2, 1994) и местоположение скважин, в которых определен абсолютный возраст (Медведев и др., 2003). 1- осадочный и вулканогенный чехол фанерозоя; 2 – складчатые пояса и выступы докембрийского фундамента; 3 – проекция на дневную поверхность выявленных и прогнозируемых грабен-рифтовых структур доюрского основания Западно-Сибирской плиты; 4 – основные тектонические нарушения; 5-8 – скважины, вскрывшие вулканогенные комплексы триаса: 5 – базальты и андезибазальты, 6 – шощониты, 7 – фонолиты, 8 - кислые эффузивы (риодациты и риолиты); 9 – скважины, в базальтах которых определен абсолютный возраст: 1 – Тагринская-114, 2 – Хохряковская-58, 3 – Пермяковская-56

осадочные отложения красноселькупской серии, а подстилающие их образования “трапповой формации” считаются пермскими (Бочкарев, 1985; Нестеров и др., 1995). Вторая концепция сводится к следующему. Начало формирования триасовых отложений в Западной Сибири обусловлено деструкцией земной коры и заложением системы линейных рифтов. Рифтовые зоны выполнены эффузивно-осадочными толщами нижнего-среднего триаса (Сурков и др., 1987).

До самого последнего времени было известно три определения абсолютного возраста вулканитов данного региона. Это данные, приведенные в работе (Нестеров и др., 1995). Определение производилось калий-аргоновым методом для образцов из скв. СГ-6 на глубинах 6647-7014 м. Возраст оказался равным 47 ± 6 и 38 ± 28 млн. лет. В связи с тем, что вулканогенные породы, вскрытые этой скважиной, претерпели значительные вторичные изменения (Угрюмов, 1995), эти цифры не отвечают времени образования эффузивов, а соответствуют времени последнего метасоматического изменения пород. Для базальтов скв. Тагринской-114 были получены данные абсолютного возраста аргон-аргоновым методом, составившие $250,8\pm 2,6$ млн. лет (Fitton, Mitchell, 1996). Нами определен абсолютный возраст для некоторых образцов базальтов Западной Сибири, оказавшийся близким последнему (Reichow et al., 2002; Медведев и др., 2003^б).

В связи с тем, что приведенные здесь данные по абсолютному возрасту являются авторскими и, практически, первыми, рассмотрим несколько детально образцы, которые были отобраны, и аналитическую методику. Для определения абсолютного возраста были отобраны четыре образца базальтов, наиболее характерные для данного региона. Три образца характеризуют разрез, вскрытый скв. Пермьяковская-66, один – скв. Хохряковская-58, пройденных в Пермьяковско-Хохряковском нефтегазоносном поле (рис. 4.10). В отличие от скв. Тагринская-114, которая была пробурена в

области Колтогоро-Уренгойского грабен-рифта, вышеуказанные скважины пройдены в межрифтовом поднятии. Образцы обеих скважин представлены плагиофировыми базальтами с незначительными вторичными изменениями. По данным бурения, скв. Пермьяковская-66 вскрыла эффузивную толщу общей мощностью 200 м (2810-3000 м), но не вышла из нее. Разрез представлен не менее чем десятью лавовыми потоками с прослоями лавобрекчий и туфов. Образцы были отобраны из разных частей разреза (97-8 – 2865,3; 97-17 – 2923,6; 97-45 – 2985,5 м). Скважина Хохряковская-58 опробована в интервале 2862,2-2997,4 м. Проба (97-97) на определение абсолютного возраста была отобрана на глубине 2997,1 м. Данные о химическом и редкоэлементном составах образцов приведены в табл. 4.2. По всем характеристикам все они относятся к субщелочным базальтам.

$^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$ датирование проводилось методом ступенчатого нагрева плагиоклаза, выделенного из базальтов. Размеры фракций составляли 125-250 и 250-500 мкм. Предварительно минералы были подвергнуты магнитной сепарации и промыты в 6N растворе соляной кислоты. Окончательная отборка проводилась под бинокулярным микроскопом вручную. Подготовленные препараты облучались на TRIGA- реакторе Орегонского университета (США). В качестве стандарта использовался АС-санидин с возрастом 28,03 млн. лет (Renne et al., 1995). Для каждого образца проводилось от 16 до 34 ступеней нагрева.

Все полученные нами данные абсолютного возраста для базальтов отвечают, с учетом ошибок определений, ~250 млн. лет (табл. 4.5). Самый молодой возраст получен для образца 97-97 из Хохряковской-58 скважины и составляет $249,1 \pm 0,82$ млн. лет. Самые древние возраста определены в образцах 95-40 и 97-17 (Тагринская-114 и Пермьяковская-66 скважины, соответственно). Они составляют $250,8 \pm 1,0$ млн.

лет. Следовательно, все формирующие лавовую толщу базальтовые расплавы изливались в короткий промежуток времени, не более 1 млн. лет, даже в 200-метровом

Таблица 4.5. Абсолютные возраста базальтов Западной Сибири.

№ обр.	Скважина	Глубина отбора пробы	Минерал	Крупность, мкм	³⁹ Ar %	Кол-во ступеней нагрева	Возраст по весовому плато	Среднее квадратичное отклонение
97-8	Пермяковская-66	2865,3	плагиоклаз	250-500	90	31-34	249,3±0,8	1,19
97-17	Пермяковская-66	2923,6	плагиоклаз	125-250	90	21-25	250,8±1,0	1,25
97-45	Пермяковская-66	2985,5	плагиоклаз	250-500	90	15-21	249,7±0,8	1,13
97-97	Хохряковская-58	2797,1	плагиоклаз	250-500	97	23-26	249,1±0,8	1,37
95-40	Тагринская-114	3809,5	плагиоклаз	250-500	95	24-26	250,8±2,6	2,82

разрезе, вскрытом в Пермяковской скважине. Кроме того, установлено, что не наблюдается значимой разницы в возрастах вулканитов из рифтовых впадин (Тагринская скважина) и межрифтовых поднятий (Пермяковская и Хохряковская скважины). Все это позволяет сделать заключение о том, что базальты Западно-Сибирской плиты синхронны с вулканитами трапповой формации Тунгусской синеклизы. Поэтому сделанный нами ранее на основе геохимических данных (Альмухамедов и др., 1999) вывод об одновозрастности магматизма Восточной и Западной Сибири получил инструментальное подтверждение.

К сожалению, взаимоотношение вулканитов различных типов в общем разрезе пермотриасовой лавовой толщи пока окончательно не установлено, поэтому на основе имеющихся данных невозможно составить единую стратиграфическую колонку вулканогенно-осадочной толщи Западно-Сибирской плиты, как это было сделано для Тунгусской синеклизы (см. гл. 1, 2). Следует лишь отметить, (по данным керна скв. Бахилловская –123), что фonoлиты залегают на субщелочных базальтах, а кислые вулканиты мощностью до 790 м (скв. Лас-Еганская-151) нередко с несогласием перекрываются юрским осадочными отложениями. Тем не менее, специфичность состава вулканитов, а именно, преобладание субщелочных и толеитовых базальтов повышенной калиевоности, наличие шошонитов, фonoлитов и кислых эффузивов, которые находятся в бимодальных соотношениях с базальтами, а также сопоставимость химизма изученных пород с породами континентальных рифтов свидетельствует о рифтогенной природе пермотриасового магматизма Западной Сибири.

Таким образом, все приведенные данные свидетельствуют о том, что пермотриасовые вулканиты Западной Сибири одновозрастны с породами трапповой формации Тунгусской синеклизы и являются производными рифтогенного магматизма. Полученный вывод хорошо согласуется с наличием в доюрском основании Западно-Сибирской плиты грандиозной системы рифтовых структур, которые завершили свое развитие в триасе (Нефтегазоносные..., вып.2, 1994). Это подчеркивается переслаиванием осадочных пород и вулканитов различного состава, что отмечается для многих континентальных рифтов (Альмухамедов и др., 1985), а также для областей распространения базальтов рифтогенного этапа Сибирской платформы (Альмухамедов и др., 1999; Медведев и др., 1999).

Из всего выше сказанного можно сделать следующие выводы.

1. Пермотриасовый вулканизм Западно-Сибирской плиты синхронен с базальтовым магматизмом Тунгусской синеклизы.

2. В доюрском основании Западно-Сибирской плиты к настоящему времени выявлено, по крайней мере, четыре разновидности вулканитов – базальты, шошониты, фонолиты и кислые вулканиты (риодациты и риолиты).

3. При достаточно большом различии в минеральном составе, исследованные серии пород обладают некоторыми чертами сходства по геохимическим характеристикам. Это может указывать на влияние погонных плюма, ответственного за пермотриасовый магматизм Западной Сибири, нивелирующих исходные составы как мантийного, так и корового субстрата при активизации магматической деятельности.

4. Все обнаруженные и изученные к настоящему времени породы являются продуктами рифтогенного магматизма, так как низкокальциевых покровных и, тем более, океанических базальтов в доюрском основании Западно-Сибирской плиты - (по крайней мере, в ее центральной и южной частях) не обнаружено.

4. На основе данных по геохимии и Sr-изотопии сделано заключение, что источники родоначальных магм для выделяемых серий были различными. Для базальтов и шошонитов это неистощенная мантия, для фонолитов – несколько обогащенная мантия, для кислых вулканитов – коровый субстрат.

СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ ГЕОХИМИИ И ГЕОДИНАМИКИ ЗАПАДНОЙ И ВОСТОЧНОЙ СИБИРИ

В предыдущих главах были рассмотрены особенности вещественного состава вулканических пород Тунгусской синеклизы и Западно-Сибирской плиты. Ниже будет сделана попытка, на имеющемся материале показать черты сходства и различия как вещественного состава, так и геодинамики проявления вулканизма в указанных регионах.

Районы детальных исследований и местоположения скважин показаны на рис. 5.1. Из данных рисунка видно, что нашими исследованиями охвачена большая территория обоих регионов. Отличия состоят в том, что на Тунгусской синеклизе мы имеем полные разрезы всей вулканической толщи по нескольким районам, где пробурены скважины, достигшие подстилающего осадочного чехла. На территории Западно-Сибирской плиты полный разрез наблюдается только в скважине СГ-6. Однако, как было показано выше, породы, вскрытые этой скважиной оказались, в силу большой степени изменения, непригодными для дальнейших геохимических исследований. В других скважинах, как правило, вулканогенно-осадочная толща пройдена на незначительную глубину и отобрано мало кернового материала. Это связано с тем, что в большинстве случаев бурение производилось роторным способом без отбора керна, а при колонковом бурении отбор керна был секционным. Тем не менее, мы считаем, что имеющегося материала достаточно, чтобы распространить полученные данные на значительную часть плиты.

Недавно нами было показано (Reichow et al., 2002; Медведев и др., 2003⁶), что вулканизм (по крайней мере, базальтовый) на территории Западно-Сибирской плиты полностью синхронен с максимальным всплеском магматизма на Сибирской

платформе (рис. 5. 2). Следовательно, площадь распространения пермотриасовых вулканитов на Северо-Азиатском кратоне составляет более чем $2,6 \cdot 10^6$ кв. км. Объем излившихся на поверхность вулканитов приблизительно оценивается $2,3 \cdot 10^6$ куб. км. Некоторые авторы считают, что базальты пермотриасового возраста широко распространены на огромной территории – от Приморья и Северного Китая до Карского и Баренцова морей (Дмитриев, Богатилов, 1996; Добрецов, 2003). Западной границей распространения базальтового магматизма (траппов, по Добрецову, 2003) является Челябинский и другие грабены на восточном склоне Урала. На юге подобные породы отмечены в Кузнецком бассейне (Крук и др., 1999). Корреляция по палеомагнитным данным подтверждает синхронность магматизма во всех указанных выше регионах (Казанский, 2002).

Столь масштабный магматизм должен быть обусловлен наличием одного явления (процесса). На наш взгляд, наиболее привлекательной и адекватной является гипотеза суперплюма, который являлся ответственным за магматизм в обеих изученных провинциях.

Несмотря на хорошую изученность вулканитов Тунгусской синеклизы (см. гл. 2), до последнего времени не имеется строгой геодинамической интерпретации этой крупной трапповой провинции. Неясны ответы на вопросы – почему в данное время и в данном месте происходили катастрофические излияния достаточно специфических базальтовых магм. Применительно к Сибирской платформе магмообразование до последнего времени связывалось с долго живущей горячей точкой Ян-Майен (Северная Атлантика) (Macdougall, 1988). Аналогичные идеи рассматривались и для других провинций развития покровного внутриконтинентального магматизма. Например, проявление вулканизма Декана связывается с горячей точкой Реюньон

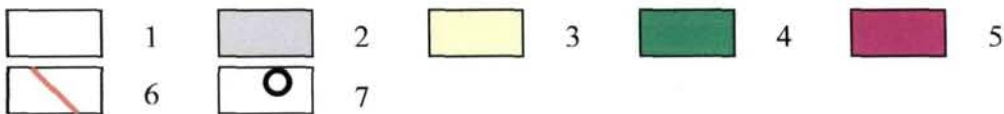
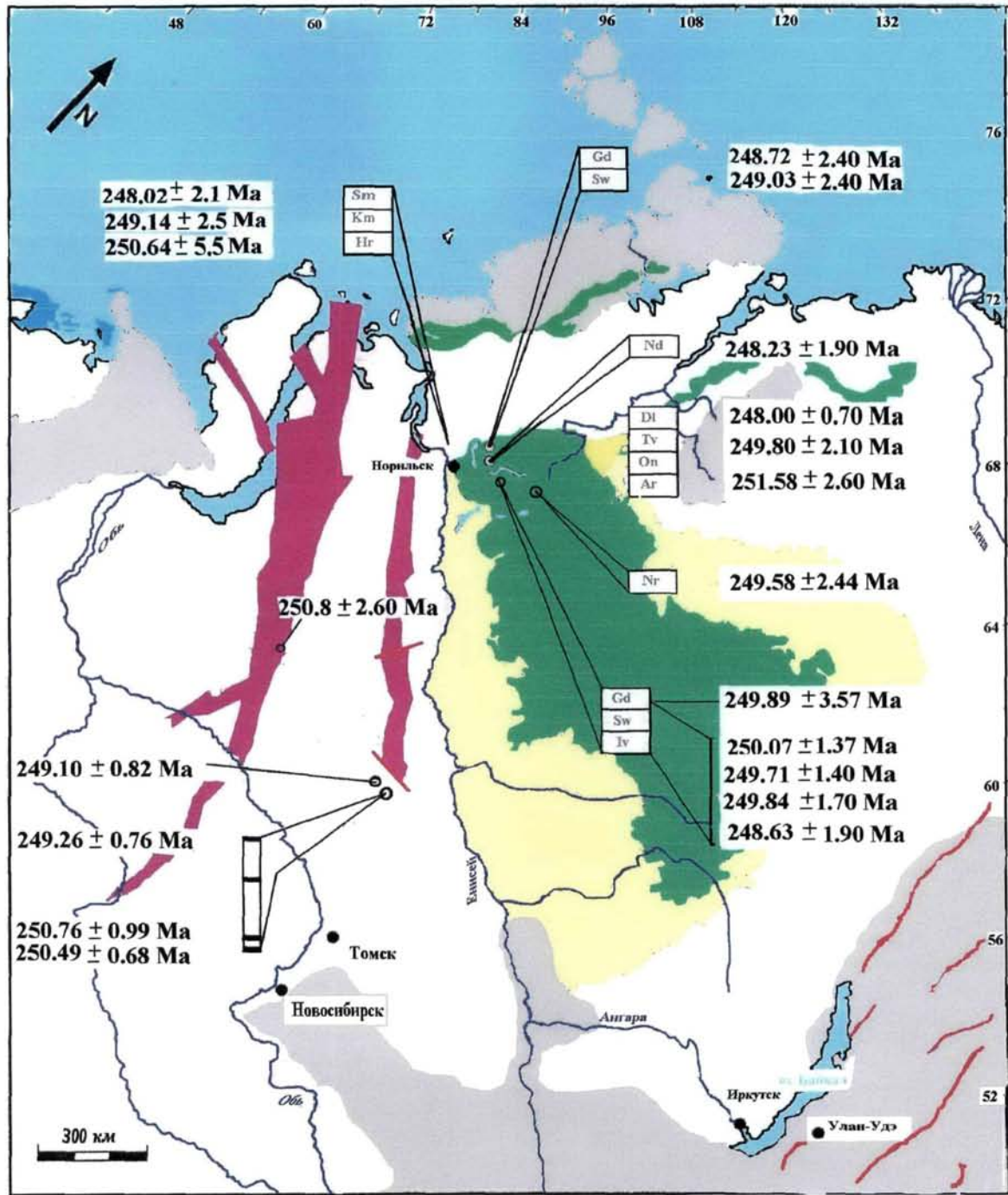


Рис. 5.2. Схема отбора проб на определение возраста. 1- осадочный чехол фанерозоя, 2 – складчатые пояса и выходы докембрийского фундамента, 3- Сибирская платформа, 4 – базальты, туфы и туффиты, 5 – проекция на поверхность погребенных рифтов, 6 – основные тектонические нарушения, 7 – места отбора проб. По данным Renne, Basu, 1991; Darlimple et al., 1995; Fitton, Mitchell, 1996; Venkatesan et al., 1997; Reichow et al., 2002; Медведев и др., 2003.

(Duncan, Pyle, 1988). Однако временного трассера – Ян-Майен - Тунгусская синеклиза, как это наблюдается для другой крупной трапповой провинции мира – Деканской, здесь не выявлено. В любом случае это проявление внутриплитового магматизма.

Для территории Западно-Сибирской плиты этот вопрос подробно не рассматривался. Когда появилась информация о строении доюрского фундамента Западной Сибири, в частности о широком распространении здесь базальтов (Журавлев, 1986; Журавлев, 1996; Нефтегазоносные... Вып. 2, 1994; Новый..., 1994; Кирда, Фрадкина, 1997; Сурков и др., 1997 и др.), был выдвинут ряд гипотез о генетическом родстве магматизма обоих регионов. Необходимо было объяснить генетическую природу системы рифтов на Западной Сибири. В связи с развитием гипотезы плитовой тектоники было выдвинуто предположение о развитии деструктивной границы между Восточной и Западной Сибирью, где существовал Палеообский океан (Аплонov, 1987). В дальнейшем это предположение было развито Зоненшайном и др. (1990) и вроде бы нашло свое подтверждение в работе А. А. Кременецкого и В. С. Гладких (1997), которые обнаружили породы типа N-MORB в разрезе скважины СГ-6.

Как показано выше, магматизм Западной и Восточной Сибири имеет много общих черт. В обоих регионах преобладают базальтоиды. Однако на территории Тунгусской синеклизы выявляется эволюция вещественного состава в пространстве и пространстве. Нами показано (Шарапов и др., 2003; Альмухамедов и др., 2004), что выделено три типа разрезов вулканических пород – примитивные (монотонные), нормальные (с периодическим изменением состава) и аномальные (типа сэндвича). Первые из них являются преобладающими для ареала распространения базальтов и сложены преимущественно низкокальциевыми толеитами. Для вторых характерно преобладание в нижних стратиграфических горизонтах дифференцированной серии

щелочных и субщелочных разновидностей пород. Для третьих отмечена незакономерная перемежаемость пород субщелочной (щелочной) и толеитовой серий. Исследование пространственного распределения различных типов пород показало, что нормальные и аномальные разрезы характерны лишь для северных и северо-западных бортовых окраин Тунгусской синеклизы и приурочены к плечевым частям палеорифтовых структур, тогда как примитивные разрезы занимают большую часть исследованной территории. На основании всего выше сказанного в данном регионе выделено два близких этапа магматической активности – инициальный (рифтогенный) и конечный (собственно покровный или внерифтовый). Статистически рифтогенный этап несколько опережает покровный (нормальные разрезы), однако излияние магм различной щелочности в ряде случаев может происходить практически одновременно (аномальные разрезы). Все это достаточно уверенно подтверждается и данным абсолютного возраста (см. рис. 5. 2).

На территории Западно-Сибирской плиты, в силу недостаточности информации, пока невозможно выделить зональность погребенных вулканитов, как это сделано для Тунгусской синеклизы. К настоящему моменту можно только заключить, что преобладающим типом вулканогенных пород в данном регионе являются субщелочные и толеитовые базальты с повышенным содержанием калия. Рассмотрение пространственной распространенности их показывает (см. рис. 5.1), что подобные вулканиты встречаются как в грабен-рифтах, так и в межрифтовых поднятиях. Кислые вулканиты отмечены только в палеорифтовых структурах. Шошониты встречены в межрифтовых поднятиях (скв. Уренгойская-414), а фонолиты в палеорифтах (скв. Бахиловская-123). Таким образом, имеющаяся к настоящему времени информация о пермотриасовых вулканитах Западно-Сибирской плиты (см. гл. 4) позволяет считать, что все изученные вулканиты являются продуктами рифтогенного

магматизма. Аналогов низкокальциевых вулканитов покровного этапа Тунгусской синеклизы в этом временном интервале не найдено.

Таблица 5.1 Средние составы базальтов Западной Сибири в сравнении с породами рифтогенного, покровного этапов Тунгусской синеклизы и N-MORB.

	Рифто- генный этап в целом	Покров- ный этап в целом	Базаль- ты Запад- ной Сибири	N- MORB (Рейк- ьянес)		Рифто- генный этап в целом	Покров- ный этап в целом	Базаль- ты Запад- ной Сибири	N- MORB (Рейк- ьянес)
n	398	684	51	55	n	398	684	51	55
SiO ₂	49,78	48,55	48.56	49.76	Y	24,5	26,2	34	21
TiO ₂	1,50	1,36	1.092	1.08	Zr	185	115	120	102
Al ₂ O ₃	14,09	15,30	16.27	14.86	Nb	14,7	6,0	9,0	1.3
FeO*	10,86	11,93	9.86	11.01	Ag	0,08	0,10	0.069	-
MnO	0,17	0,20	0.151	0.21	Sn	3,1	2,6	3.08	1.59
MgO	7,04	7,14	6.24	8.43	Ba	410	115	535	30
CaO	8,95	11,05	8.00	12.12	La	20,5	7,8	23.69	2.6
Na ₂ O	2,53	2,20	3.016	1.99	Ce	44,5	20,9	44.06	7.6
K ₂ O	1,28	0,30	1.00	0.07	Pr	5,26	2,09	5.78	1.3
P ₂ O ₅	0,29	0,14	0.31	0.08	Nd	22,7	12,6	23.82	7.5
Ппп	3,43	2,36	5.30	0.34	Sm	5,12	3,65	5.49	2.9
Сумма	100,16	99,71	100.089	99.95	Eu	1,49	1,17	1.73	0.9
CO ₂	1,52	0,05	2.334	--	Gd	5,01	4,38	5.99	3.2
Li	11	5	10.5	4.8	Tb	1,03	0,81	0.75	0.77
Be	1,45	0,7	2.00	0.42	Dy	5,06	4,84	6.26	5.1
B	13,6	4,8	9.40	11.4	Ho	0,98	1,11	1.10	1.1
F	590	270	635	245	Er	2,75	2,88	3.58	3.3
Sc	29	42	39	85	Tm	0,37	0,44	0.44	-
V	240	350	290	295	Yb	2,42	2,67	4.15	3.5
Cr	300	160	135	370	Lu	0,34	0,38	0.65	0.46
Co	43	49	38	46	Hf	3,44	3,17	2.90	0.5
Ni	150	130	120	136	Ta	0,66	0,47	-	0.5
Cu	84	175	43	137	Pb	6,4	3,7	7.15	1.0
Zn	105	120	125	117	Th	2,4	1,6	1.72	-
Rb	30	5	21	1.1	U	0,75	0,54	1.35	-
Sr	315	205	580	90	⁸⁷ Sr/ ⁸⁶ Sr ₍₀₎	0,70656	0,70524	0.70415	-

Базальты Западной Сибири и вулканиты инициального этапа магматической активности (рифтогенные) Сибирской платформы имеют практически идентичные геохимические характеристики (табл. 5.1). Наиболее четко это подтверждается распределением ряда редких и редкоземельных элементов, что показано на рисунке 5.3.

Одинаковый характер распределения наиболее подвижных элементов в породах дифференцированных серий рифтогенного этапа Сибирской платформы и базальтах Западной Сибири свидетельствует об их генетическом родстве.

В Западной Сибири выявлена ассоциация пород, включая кислые вулканиты, которая может быть целиком отнесена к продуктам магматизма внутриконтинентальных рифтов. Для Восточной Сибири положение сложнее. Вулканиты, которые соответствуют рифтогенному (начальному) этапу магматизма развиты локально на северо-западной и северной окраинах Тунгусской синеклизы. Низкокальциевые базальты, относимые нами к покровному этапу, занимают значительную часть синеклизы и по своим геохимическим характеристикам не могут быть отнесены к рифтогенному магматизму. В то же время они являются типичными для древних платформ (Al'mukhamedov, Zolotukhin, 1988; Альмухамедов, Золотухин, 1991; Альмухамедов и др., 1991; Альмухамедов, Медведев, 1998), как показано в таблице 5.2.

Пожалуй, это главное различие магматизма рассматриваемых регионов. Некоторыми авторами (Кременецкий, Гладких, 1997) высказано предположение о находке низкокальциевых базальтов, соответствующих N-MORB в материале керна скважины СГ-6. Наши исследования не подтверждают это. Пород, соответствующих MORB, нами на территории Западно-Сибирской плиты пока не выявлено. Это приводит к заключению о том, что существование Палеообского океана, по крайней мере в центральной и южной частях региона, весьма проблематично.

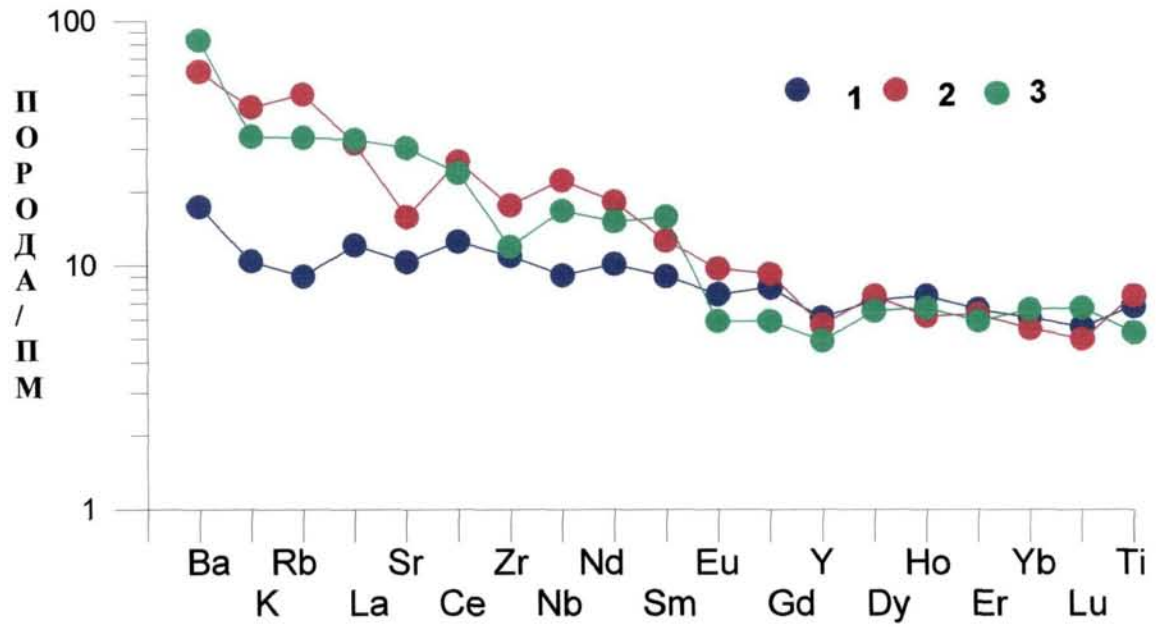


Рис. 5.3. Нормированные относительно примитивной мантии (Рябчиков, 1997) содержания некоторых редких и редкоземельных элементов в пермотриасовых вулканитах Тунгусской синеклизы и Западно-Сибирской плиты.

1 – базальты покровного этапа Тунгусской синеклизы; 2 – базальты рифтогенного этапа Тунгусской синеклизы; 3 – базальты Западно-Сибирской плиты

Таблица 5.2. Средние составы базальтов разных этапов Тунгусской синеклизы в сравнении с базальтами Декана

	Рифто- генный этап в целом	Покров- ный этап в целом	Субше- лочные базаль- ты Де- кана	Низко- калие- вые базаль- ты Де- кана		Рифто- генный этап в целом	Покров- ный этап в целом	Субше- лочные базаль- ты Де- кана	Низко- калие- вые ба- зальты Декана
n	398	684	73	158	n	398	684	73	158
SiO ₂	49,78	48,55	48,26	48,74	Y	24,5	26,2	38	35
TiO ₂	1,50	1,36	2,62	2,25	Zr	185	115	260	146
Al ₂ O ₃	14,09	15,30	14,98	13,92	Nb	14,7	6,0	41	12
FeO*	10,86	11,93	11,51	13,29	Ag	0,08	0,10	--	--
MnO	0,17	0,20	0,18	0,20	Sn	3,1	2,6	1,8	3,0
MgO	7,04	7,14	5,62	6,57	Ba	410	115	580	86
CaO	8,95	11,05	9,02	10,29	La	20,5	7,8	31	12
Na ₂ O	2,53	2,20	2,97	2,36	Ce	44,5	20,9	68	20
K ₂ O	1,28	0,30	1,52	0,20	Pr	5,26	2,09	--	3,9
P ₂ O ₅	0,29	0,14	0,39	0,31	Nd	22,7	12,6	34	20
Ппп	3,43	2,36	3,33	2,71	Sm	5,12	3,65	5,8	5,4
Сумма	100,16	99,71	100,91	101,39	Eu	1,49	1,17	2,2	1,7
CO ₂	1,52	0,05	--	--	Gd	5,01	4,38	5,8	4,5
Li	11	5	6	4,8	Tb	1,03	0,81	1,02	0,95
Be	1,45	0,7	1,4	0,93	Dy	5,06	4,84	--	4,7
B	13,6	4,8	8,0	6,9	Ho	0,98	1,11	--	1,2
F	590	270	460	350	Er	2,75	2,88	--	2,2
Sc	29	42	29	38	Tm	0,37	0,44	0,44	--
V	240	350	340	385	Yb	2,42	2,67	2,3	1,8
Cr	300	160	110	160	Lu	0,34	0,38	0,32	0,35
Co	43	49	48	50	Hf	3,44	3,17	4,9	3,9
Ni	150	130	65	100	Ta	0,66	0,47	2,8	1,5
Cu	84	175	140	218	Pb	6,4	3,7	3,3	2,1
Zn	105	120	120	120	Th	2,4	1,6	--	--
Rb	30	5	56	4,5	U	0,75	0,54	--	--
Sr	315	205	520	240	⁸⁷ Sr/ ⁸⁶ Sr ₍₀₎	0,70656	0,70524	0,70679	0,70550

Примечание: средний состав базальтов рифтогенного этапа дан без учета щелочных пород Маймеча-Котуй. Составы базальтов Декана по: Альмухамедов, Золотухин, 1991; Альмухамедов и др., 1991.

Вся совокупность данных о вещественном составе вулканитов Западной и Восточной Сибири, приведенная выше, свидетельствует о мантийном характере преобладающих типов пород. Хотя исходные для них расплавы могут нести некоторые черты коровой контаминации (Wooden et al., 1993), мы считаем, что влияние этих процессов было незначительным. Подчеркнем еще раз, что в обоих регионах магматизм был внутриплитовым, то есть вне границ литосферных плит.

Площадной и вместе с тем импульсивный характер проявления траппового магматизма не находит достаточно четких объяснений в рамках теории литосферных плит. Ряд исследователей (Левашов, 1975; Милановский, 1983 и др.) связывают начальные этапы платформенного магматизма с процессами рифтогенеза, которые затем сменяются площадной активизацией, однако само понятие активизации достаточно неопределенно. Другие (Зоненшайн, Кузьмин, 1983), развивая представление о горячих точках (Wilson, 1973), предполагают длительное существование горячих полей, к которым и приурочены обширные трапповые провинции. В настоящее время внутриплитовый магматизм достаточно хорошо согласуется с парадигмой глубинной геодинамики и, в частности, с идеями плюмовой тектоники. В первую очередь это относится к районам с максимальными по интенсивности излияниями базальтовых магм в пределах кратонизированных участков континентальной коры (Добрецов, 1997; Reichow et al., 2002 и др.).

Тем не менее, существуют сложности в решении этой проблемы. В первую очередь это связано с тем, что кратоны характеризуются наиболее жесткой и консолидированной корой, которая не является благоприятной для формирования в ней магмопроводящих зон). Наличие столь резко различающихся по вещественному составу разновозрастных пород двух этапов на Северо-Азиатском кратоне (см. гл. 2, 4) приводит к выводу о разных механизмах излияния магм на дневную поверхность.

Если в рифтогенных структурах континентов мощность коры и литосферы составляет менее 100 км, возможно до 50 (Нефтегазоносные бассейны..., 1994; Сурков и др., 2004) то можно предполагать транзитное излияние формирующихся в головной части плюма расплавов (Альмухамедов и др. 1999). Особенно хорошо это заметно для Западно-Сибирской плиты, где отмечена бимодальная серия пород от базальтов до риолитов. В случае мощной литосферы под Сибирской платформой – не менее 200 км (Zogin, 1989) - это невозможно. Известно, что излияние расплава становится возможным лишь при достижении продвигающимся плюмом глубин порядка 100-110 км (McKenzie, O’Nions, 1995), что, соответственно, предполагает взаимодействие плюма с подножием литосферы и при его подъеме до указанных глубин. Механизм такого продвижения до сих пор не ясен, однако в любом случае этот подъем приводит к формированию промежуточных глубинных магматических очагов, в которых происходит дифференциация родоначальных расплавов (Zolotukhin et al., 1998), при этом в верхних частях магматической камеры накапливаются низкокалиевые толеитовые базальты. Подтверждением этому служит тот факт, что в базальтах покровного этапа наблюдается четкая бимодальность в составе плагиоклазов и оливинов (Zolotukhin et al., 1996). Однако нужно заметить, что дифференциация может происходить и в магматической колонне при ее продвижении к дневной поверхности. Но в данном случае бимодальность оливинов и плагиоклазов не столь контрастна (см. гл. 4).

Таким образом, пермотриасовая магматическая активность может быть рассмотрена с точки зрения глубинной геодинамики (Добрецов, Кирдяшкин, 1994). В связи с тем, что продукты внутриплитного магматизма резко отличаются по химизму от базальтов срединно-океанических хребтов, трудно объяснить его (внутриплитный магматизм) иным механизмом кроме существования мантийных струй-плюмов.

О плюмах написано множество работ, поэтому здесь будут приведены только данные необходимые для понятия его (плюма) влияния на вулканизм Западной и Восточной Сибири.

Наиболее вероятным уровнем зарождения плюмов считается слой “D” (Bruner, Yuen, 2000; Добрецов, 1997; Хаин, 2002 и др.). Достаточно общепринято, что именно слой “D” является источником наиболее мощных плюмов – суперплюмов (Добрецов, 1997; Saunders et al., 1992; Loper, 1991; White, McKenzie, 1995 и др.). Выделяются три области развития плюмов. Первая - дивергентные границы плит, спрединговые зоны срединно-океанических хребтов, например – Ян-Маен (Арктика), Исландия, Азорские о-ва и т.д. В данных случаях одна часть таких плюмов приурочена к тройным сочленениям осей спрединга (Азорские о-ва, Буве), а другая располагается в областях пересечения этих осей крупными трансформными разломами (Ян-Маен, Исландия). Крупные океанские плато (Шатского и Онтонг-Джава) в Тихом океане также образовались на тройных сочленениях осей спрединга (Хаин, 2002, Золотухин и др., 2003).

Вторая область занимает внутриплитное положение и приурочена, как правило, к континентальным рифтам (Sheth, 1999). Наиболее яркие проявления – Афар, Декан, Сибирь. Область молодого базальтового вулканизма в Западной Европе также тяготеет к Западно-Европейской рифтовой системе (Goes et al., 1999). Наконец, третья область находится в основном в пределах океанских плит и связана с крупными разломами – Центральная Атлантика, Южная Атлантика против берегов Бразилии, Тихий океан против Чили. Большинство этих проявлений плюмов имеет линейную форму. Однако существуют и крупные группы вулканических построек, не имеющих закономерной ориентировки. Эти образования были названы “горячими

пятнами” (Зоненшайн, Кузьмин, 1993). В дальнейшем они получили названия суперплюмов (Добрецов, 1997).

По существующим представлениям (Добрецов, 2003), влияние суперплюма в пермотриасе отмечается на громадной территории от Приморья и Северного Китая до Карского и Баренцова морей. Этим влиянием вызван магматизм не только Западной и Восточной Сибири, но также и Забайкалья и Алтая (Кузнецкий бассейн). Вероятнее всего отдельные ареалы магматизма характеризуют верхние (дренажные) структуры суперплюма. Так на границе перми и триаса под Северо-Азиатским кратном существовала цепочка плюмов – южный (Сибирский) и северный (Норильский), с которыми и связывается формирование трапповой формации Тунгусской синеклизы (Ярмолюк и др., 2000; Кузьмин и др., 2003). Кроме этого предполагается существование еще одного (Исландского) плюма, ответственного за образование Баренцево-морского бассейна (Lawver, 1993).

Известно, что сам плюм, как мантийный поставщик тепла и вещества, не несет магматических расплавов. Переход плюма, перегретого на 200-300° относительно мантии, в жидкое состояние начинается при достижении его головной частью глубин 100-110 км за счет адиабатического расширения (McKenzie, O’Nions, 1995). При этом большое значение приобретает мощность и реологические свойства литосферы. По нашему мнению, именно с этим связано и различие магматизма Восточной и Западной Сибири.

В связи с древним возрастом, особенно для блоков с архейской корой, толщина литосферы под Сибирской платформой, как это уже отмечалось, составляет около 200 км (Zorin, 1989). Следовательно, литосфера здесь более холодная. Под Западной Сибирью, особенно под ее центральной частью, мощность литосферы составляет менее 100 км, возможно до 50 км (Сурков и др., 2003) и повышенный теп-

ловой поток над палеорифтовыми структурами сохраняется до настоящего времени. Следовательно, можно предположить, что взаимодействие плюма с литосферой Западной Сибири нашло отражение в рифтогенезе. В этом случае происходило излияние формирующихся в верхней части “головке” плюма расплавов различного состава без промежуточных камер – транзитно. Вулканисты, производные такого типа магм, проявлены и в пределах Тунгусской синеклизы, однако, они приурочены к ее периферийным частям вблизи палеорифтовых структур. В случае Восточной Сибири с ее мощной корой воздействие плюма, по всей вероятности, на большей части Тунгусской синеклизы не могло привести к рифтообразованию. Подплавление литосферной мантии на глубинах порядка 200 км приводило к образованию промежуточных камер, где и происходила дифференциация до низкокалиевых толеитовых базальтов. Для того чтобы произошло массовое излияние этих (низкокалиевых) базальтов нужен какой-либо спусковой механизм. Идеи спускового механизма для массового излияния базальтов впервые были применены к расшифровке геодинамики траппов Декана (Duncan, Pyle, 1998). Эти авторы связывают проявление траппов Декана с горячей точкой Реюньон в Индийском океане. В интервале примерно 67-68 млн. лет скорость линейного дрейфа Индостанской плиты была резко увеличена. Трассер этого движения хорошо зафиксирован Ar/Ar возрастными базальтами подводных излияний в пределах субмеридионального хребта в западной части Индийского океана, который соединяет (в современных координатах) Индостан с современной горячей точкой Реюньон. В данном случае мы имеем резкое увеличение линейных скоростей дрейфа, которое очень хорошо совпадает со временем формирования базальтов Декана.

Для Сибирской платформы наблюдается другая картина. Согласно данным палеомагнитных исследований (Храмов, 1991), на рубеже приблизительно 250 млн.

лет, что соответствует границе перми и триаса, резко изменился, почти на 90° , вектор вращения Евразийской плиты, консолидированной к этому времени. Это подтверждается тем, что траектории кажущейся миграции Восточно-Европейской и Сибирской плит практически совпадают (рис.5.4). Следовательно, в случае Сибирской платформы, толчком массового излияния базальтов был рассеянный раскол коры. Это хорошо подтверждается наличием дайковых поясов не только по периферии Тунгусской синеклизы, но и на все ее территории (Олейников, 1979; Дараган-Сушев, 1984; Рябов, Гриб, 2002).

С этой точки зрения находит объяснение более раннее излияние субщелочных базальтов по сравнению с толеитовыми. Как было указано выше, наблюдаемая иногда несогласованная перемежаемость субщелочных и толеитовых базальтов на окраинах Сибирской платформы указывает на возможность близко-одновременного излияния как транзитных родоначальных магм, так и продуктов их дифференциации. Кратковременность магматической активности одновременная в обоих регионах, свидетельствует о подходе плюма к основанию литосферы в виде “капли”, которая оторвана от питающего источника.

Нами получены первые доказательства влияния воздействия (“дыхания”) плюма на составы изливающихся магм. К нашему сожалению, для Тунгусской синеклизы этот фактор менее выражен, что связано с довольно узким спектром составов вулканитов. Зато для Западной Сибири, где наблюдается широкий спектр эффузивных пород, это устанавливается достаточно четко. В соответствии с впервые полученными данными по $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ отношениям (Медведев и др., 2003), источники магм для выделяемых серий вулканитов, по всей вероятности, были различными. Для базальтов и щощонитов это неистощенная мантия ($^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}_0 = 0,70253-0,70493$ и $0,70422-0,70427$, соответственно), для фонолитов – несколько обогащенная

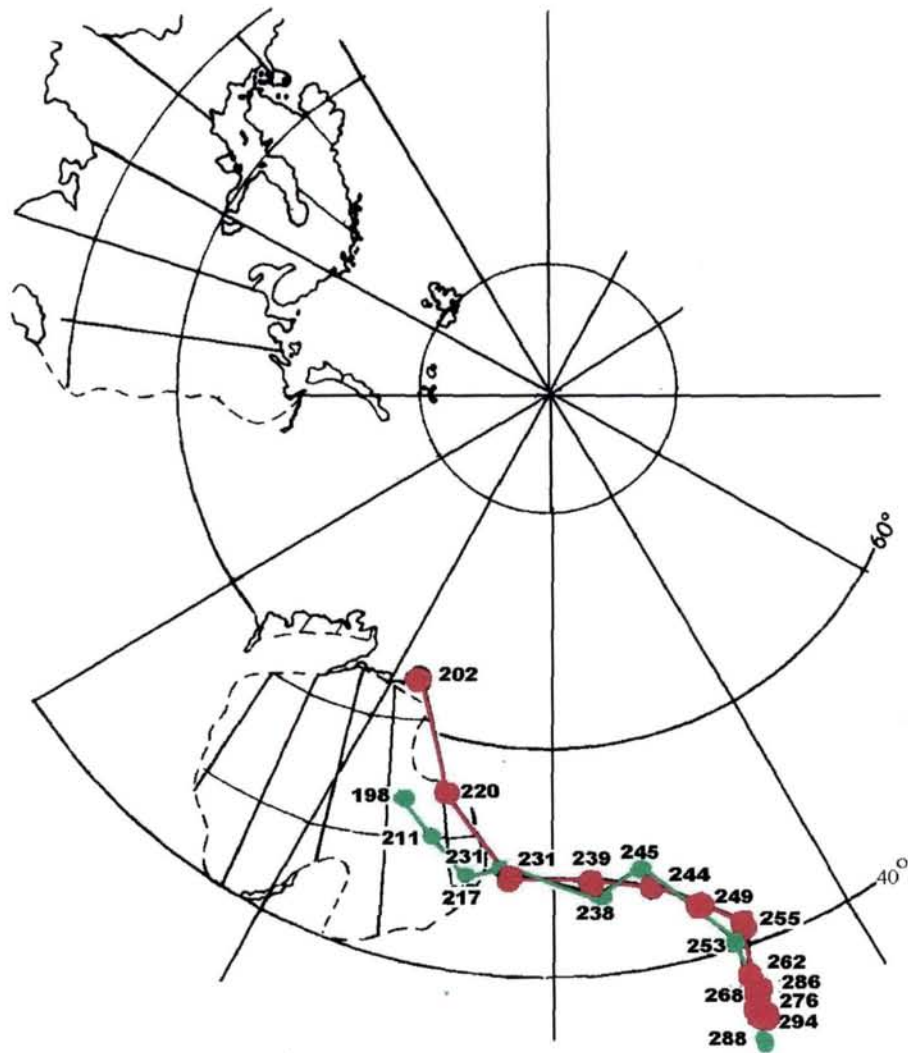


Рис. 5.4. Изменение угловых скоростей вращения Восточно-Европейской и Восточно-Сибирской плит в верхнем палеозое (Храмов, 1991). Числа – возрасты полюсов в млн. лет, красным – положение полюсов для Восточно-Европейской плиты; зеленым – для Восточно-Сибирской.

мантия ($^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}_0 - 0,70471-0,70639$) и для кислых эффузивов – коровый субстрат - ($^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}_0 - 0,70751-0,70982$). С другой стороны, выявляющаяся близость некоторых геохимических характеристик пород различного состава, в частности сходный характер распределения редкоземельных и большинства некогерентных элементов (см. рис. 4.5 – 4.9), разрешает предположить возможность модификации субстратов, в том числе и корового, воздействием какого-то единого фактора. Для данного региона это могут быть летучие компоненты эволюционирующего плюма.

Теперь о масштабности влияния суперплюма на магматизм Северо-Азиатского кратона. По существующим данным (Добрецов, 2003), пермотриасовый магматизм был самым масштабным в истории Земли, начиная с ордовика. Нами показано, что вулканизм Тунгусской синеклизы и Западно-Сибирской плиты был практически одновременен и весьма краток (не более 2 млн. лет). Кроме того, как указано выше, базальтовый вулканизм такого же возраста отмечен в Казахстане (семипалатинская свита возле г. Семипалатинск), Приморье (Добрецов, 2003), Китае (Дмитриев, Богатиков, 1996). Базальты аналогичного состава описаны в Кузнецком бассейне, что позволило относить их к производным плюма (Крук и др., 1999). Нами показано, что только на территории Западной и Восточной Сибири площадь распространения пермотриасовых вулканитов составляет более чем $2,6 \cdot 10^6$ кв. км. Объем излившихся на поверхность вулканитов приблизительно оценивается $2,3 \cdot 10^6$ куб. км. Если учитывать другие регионы Северо-Азиатского кратона, то объем вулканизма можно удвоить, если не утроить. Естественно, что излияние огромных объемов на континентах приводит к их поднятию за счет увеличения мощности земной коры (эффект “наможивания” литосферы из-за затвердевания магматических очагов на глубине). Вулканическая деятельность, активизированная плюмами, приводит к изменению состава атмосферы. Согласно расчетам (Грачев, 2002) при излиянии 1 млн. км³ лавы в

атмосферу поступает 10^{14} тонн CO_2 и примерно столько же CH_4 . Это примерно в два раза превышает годовое поступление газов при обычных процессах. В связи с тем, что парниковый эффект метана в 35 раз превышает аналогичный эффект углекислого газа, то нетрудно представить последствия такого изменения атмосферы. По данным того же автора содержание CO_2 в атмосфере в конце перми – начале триаса составляло 7,5%. Кроме метана и углекислого газа при столь масштабных проявлениях вулканизма в атмосфере резко увеличивались содержания фтора, хлора и других летучих компонентов. Все это, несомненно, приводило к резкому вымиранию биоты. Эти наши предположения (Reichow et al., 2002), подтверждаются рядом авторов (Коссовая, Котляр, 2000; Metacalf et al., 2001; Feng et al., 2001; Xu Yi-gang, 2002 и др.), согласно которым на границе перми и триаса вымерли практически все представители палеозойских видов конодонт, свыше 90% радиолярий и многих других видов (кораллы, трилобиты, брахиоподы и т. д.). Кроме того, следует заметить, что вулканизм на границе перми и триаса проявлялся не только на Северо-Азиатском кратоне. Так, на территории Северной Америки обнаружены покровные базальты нижнетриасового возраста с мощностью разреза до 7 км (Lassister et al., 1995). По всей видимости, время конца перми – начала триаса было крупнейшим эпизодом в вулканической деятельности на всей поверхности Земли.

Некоторые выводы о сходстве и различии вулканизма Тунгусской синеклизы и Западно-Сибирской плиты.

Общее: пермтриасовый вулканизм обоих регионов был внутриплитовым и разновозрастным; в обоих случаях преобладающим типом эффузивных пород являются базальты. Базальты (инициального) рифтогенного этапа Тунгусской синеклизы по своим геохимическим характеристикам полностью соответствуют базальтам За-

падной Сибири, и в обоих случаях вулканизм был отражением влияния плюма (суперплюма),

Различия: на территории Тунгусской синеклизы не найдены бимодальные серии, характерные для Западно-Сибирской плиты, а низкокальциевых базальтов покровного этапа не выявлено в Западной Сибири, что является основным различием в вещественном составе вулканитов.

Заключение

Пермотриасовый магматизм широко представлен на территории Северо-Азиатского кратона. Среди них проявлены как интрузивные, так и эффузивные разности. Вулканиды представлены широким набором различных пород. Эффузивы данного возраста распространены в широком ареале от побережья Северного Ледовитого океана до Китая. Наибольшим распространением пользуются основные вулканические породы. Они слагают обширные поля в Кузнецком бассейне, Северном Китае (платформа Янцзы), на Тунгусской синеклизе и погребены на Западно-Сибирской плите. Рассмотрена крупнейшая в мире вулканическая формация Сибирской платформы и Западно-Сибирской плиты. Сформирована наиболее полная к настоящему времени база данных по вещественному составу вулканитов Тунгусской синеклизы, где все образцы имеют стратиграфическую “привязку”. Получены первые данные о вещественном составе погребенных вулканитов Западной Сибири. Показано, что породы этой формации относятся к продуктам внутриплитового магматизма и являются одновозрастными. Массовое проявление магматизма происходило на границе перми и триаса (250 – 248 млн. лет), как на Сибирской платформе, так и на Западно-Сибирской плите, и было кратковременным (не более 2 млн. лет).

На Сибирской платформе выделена эволюция вещественного состава вулканитов во времени и пространстве. Показано, что на территории Тунгусской синеклизы выделяются три типа разрезов вулканитов – примитивные (монотонные), нормальные (с периодическим изменением состава) и аномальные (типа сэндвича). Первые из них являются преобладающими для ареала распространения базальтов и сложены преимущественно низкокальциевыми толеитами. Для вторых характерно преобладание в нижних стратиграфических горизонтах дифференцированной серии щелочных и субщелочных разновидностей пород. И, наконец, для третьих, отмечена

незакономерная перемежаемость пород субщелочной (щелочной) и толеитовой серии. Исследования пространственного распределения различных типов пород показало, что нормальные и аномальные разрезы характерны лишь для северных и северо-западных бортовых окраин Тунгусской синеклизы и приурочены к плечевым частям палеорифтовых структур, тогда как примитивные разрезы занимают большую часть исследованной территории.

Определено что пермотриасовые вулканиты Сибирской платформы имеют двойственную природу. Среди них выделены вулканиты инициального (рифтогенного) этапа, которые приурочены к плечевым структурам палеорифтовых систем на северо-западе и севере Тунгусской синеклизы, и вулканиты завершающего (внерифтового) этапа, которые названы нами собственно покровными. Породы этого этапа распространены на всей территории синеклизы. Контрастность их весьма существенна. Первые являются более щелочными, обогащены всеми некогерентными элементами и сопоставимы с вулканитами базальтовых серий континентов. Вторые, преимущественно низкокальциевые толеиты, являются типоморфными для большинства провинций покровных базальтов, например, Декана.

Все выше сказанное свидетельствует об эволюции вещественного состава базальтового вулканизма на Тунгусской синеклизе во времени. Имеются два этапа магматизма - инициальный (рифтогенный), к которому относятся породы первого, второго и третьего циклов (шесть свит); и завершающий (внерифтовый, собственно покровный), породы которого занимают верхние части стратиграфического разреза и относятся к четвертому и пятому циклам. Вулканиты представлены базальтоидами различного состава - от пикритобазальтов до щелочных базальтов. Излияние пород как рифтогенного, так и покровного этапов сближены во времени.

Впервые изучены погребенные вулканиты Западно-Сибирской плиты, которые представлены широким спектром пород от базальтов через шошониты до риолитов. Выявлено, по крайней мере, четыре разновидности вулканитов – базальты, шошониты, фонолиты и кислые вулканиты (риодациты и риолиты).

Большая часть вулканитов относится к высококалиевым толеитовым и щелочным базальтам. По своим петрохимическим и геохимическим характеристикам все изученные вулканиты Западно-Сибирской плиты относятся к продуктам рифтогенного этапа. Пород собственно покровного этапа, как это наблюдается на Сибирской платформе, на территории Западной Сибири пока не выявлено. При достаточно большом различии в минеральном составе, исследованные серии пород обладают некоторыми чертами сходства по геохимическим характеристикам. Это может указывать на влияние погон плюма, ответственного за пермотриасовый магматизм Западной Сибири, нивелирующих исходные составы как мантийного, так и корового субстрата при активизации магматической деятельности.

Проявление пермотриасового магматизма Северо-Азиатского кратона может быть интерпретировано в рамках плюмовой тектоники. Наблюдаемые различия в наборе и составе пород обоих регионов могут быть объяснены различиями в мощности и реологических свойствах литосферы. Под Западно-Сибирской плитой плавление вещества головной части плюма начинается при подходе к основанию мало-мощной литосферы, что приводит к рифтообразованию и транзитному излиянию магм. Более холодная и мощная литосфера под Сибирской платформой не позволяет этого. Здесь расплавы задерживаются в промежуточных камерах, где происходит их дифференциация до низкокалиевых толеитов. Толчком к излиянию на дневную поверхность может служить массовое трещинообразование в хрупкой докембрийской коре при резком изменении угловых скоростей движения Евроазиатской плиты на

рубеже перми и триаса. Кратковременность и одноактность магматической активности в обоих регионах свидетельствует, что плюм был оторван от своего питающего источника и существовал, очевидно, в виде изолированной капли.

Влияние воздействия плюма на составы изливающихся магм прослежено для Западной Сибири. Оно выражается в близости некоторых геохимических характеристик пород различного состава, в частности сходный характер распределения редкоземельных и большинства некогерентных элементов. Это разрешает предположить возможность модификации субстратов, в том числе и корового, каким-то единым фактором. Для данного региона это могут быть летучие компоненты эволюционирующего плюма.

ЛИТЕРАТУРА

Альмухамедов А.И., Богданов Ю. А., Кузьмин М. И. и др. Рифтовая зона хребта Рейкьянес - М.: Наука, 1990, - 240 с.

Альмухамедов А.И., Васильев Ю. Р., Медведев А. Я. Низкокалийевые базальты Маймеча-Котуйской провинции и их возможное геодинамическое положение // Докл. РАН. - 1999, - Т. 363. - № 4. - С. 507-510.

Альмухамедов А. И., Золотухин В. В. Геохимическая стратиграфия базальтов северо-запада Сибирской платформы // Докл. АН СССР. - 1989, - Т. 306. - № 4. - С. 963-967.

Альмухамедов А. И., Золотухин В. В. Кайнозойские траппы Декана. 1. Основные черты петрологии // Геология и геофизика. - 1991, - № 5. - С. 19-27.

Альмухамедов А. И., Золотухин В. В., Альмухамедов Е. А. Кайнозойские траппы Декана. 2. Геохимическая характеристика // Геология и геофизика. - 1991, - № 10. - С. 58-67.

Альмухамедов А. И., Золотухин В. В., Олейников Б. В., Коробейников А. Ф., Медведев А. Я., Кришнамурти П., Гополан К. Золото в траппах древних платформ // Геология и геофизика. - 1994, - № 2. - С. 70-79.

Альмухамедов А. И., Кашинцев Г. Л., Матвеевков В. В. и др., Геохимия вулкани- тов поднятия Афанасия Никитина, Индийский океан // Геология и геофизика. - 1993, - Т. 34. - № 8. - С. 132-147.

Альмухамедов А. И., Кашинцев Г. Л., Матвеевков В. В. Эволюция базальтового магматизма Красноморского региона. - Новосибирск: Наука, 1985. - 191 с.

Альмухамедов А. И., Медведев А. Я. Геохимия серы в процессах эволюции ос- новных магм. - М.: Наука, 1982. - 147 с.

Альмухамедов А. И., Медведев А. Я. К геохимии инициальных стадий базальтового вулканизма // Геохимия вулканитов различных геохимических обстановок. – Новосибирск: Наука, 1986. - С. 49-69.

Альмухамедов А. И., Медведев А. Я. Траппы Декана: пространственно-временные взаимоотношения покровных базальтов различных типов // Проблемы генезиса магматических и метаморфических пород. - Санкт-Петербург.: 1998. – С.6-7.

Альмухамедов А.И., Медведев А. Я., Ехлаков Ю. А. и др. Трахиандезитовые базальты в составе доюрского фундамента Западно-Сибирской плиты. // Докл. РАН. - 2000^а. - Т. 371. - № 5. - С. 645-651

Альмухамедов А.И., Медведев А. Я., Золотухин В. В. Вещественная эволюция пермотриасовых базальтов Сибирской платформы во времени и пространстве // Петрология. - 2004. - Т. № 4. – С. 330-360.

Альмухамедов А. И., Медведев А. Я., Кирда Н. П., Батурина Т. П. Триасовый вулканогенный комплекс Западной Сибири // Докл. РАН. – 1998. - Т. 362. - № 3. – С. 372-377.

Альмухамедов А. И., Медведев А. Я., Кирда Н. П. Сравнительный анализ геодинамики пермотриасового магматизма Восточной и Западной Сибири // Геология и геофизика. – 1999. - Т 40. - № 11. - С. 1575-1587.

Альмухамедов А. И., Медведев А. Я., Кирда Н. П. Риолиты – составляющая часть вулканогенно-осадочного комплекса Западно-Сибирской плиты // Докл. РАН. - 2000^б. - Т. 371. - № 2. - С. 200-203.

Альмухамедов А. И., Медведев А. Я., Митчелл К., Золотухин В. В. Покровные базальты центра Тунгусской синеклизы: сравнительная геохимия // Геология и геофизика. - 1996. - Т. 37. - № 10. - С. 3-16.

- Альмухамедов А. И., Плюснин Г. С., Альмухамедов Е. А., Золотухин В. В. $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ -изотопия пермско-триасовых базальтов Сибирской платформы // Геология и геофизика. – 1992. - № 7. - С. 48-60.
- Аплонов В. С. Палеогеодинамика Западно-Сибирской плиты // Сов. геология. – 1989. - № 7. - С. 27-36.
- Бибенина Т. С. Петрохимический состав пермтриасовых базальтов в скв. СГ-6 // Научное бурение в России. – 1996. - Вып. 12. - С. 155-159.
- Бочкарев В. С. Раннемезозойский этап развития Западно-Сибирской геосинеклизы // Основные проблемы геологии Западной Сибири. - Тюмень, 1985.- С. 21-34.
- Будников В. И. Закономерности осадконакопления в карбоне и перми запада Сибирской платформы. - М.: Недра, 1976. - 134 с.
- Бутакова Е. Л., Егоров Л. С. Маймеча-Котуйский комплекс щелочных и ультраосновных формаций // Петрография Восточной Сибири. - Т. 1. М.: Изд-во АН СССР, 1962. - с. 417-590.
- Васильев Ю. Р., Золотухин В. В. Петрология ультрабазитов севера Сибирской платформы и некоторые проблемы их генезиса. – Новосибирск: Наука, 1975. - 270 с.
- Васильев Ю. Р., Золотухин В. В., Лагута О. Н. Шошониты севера Сибирской платформы // Докл. РАН. – 1998. - Т. 361. - № 1. - С. 657-661.
- Виленский А. М. Петрология интрузивных траппов севера Сибирской платформы // М.: Наука, 1967, - 271 с.
- Геология Сибирской платформы / Ред. Н. И. Краснов, М. Л. Лурье, В. Л. Масайтис. М.: Недра, 1966, - 447 с.
- Геологическое строение СССР. Т. III. Магматизм / Ред. Ю. Ир. Половинкина, Г. Н. Иванова, М. Л. Лурье и др., М.: Недра, 1968, - 640 с.

Геологическое строение СССР и закономерности распределения полезных ископаемых. Т. 4. Сибирская платформа / Ред. Н. С. Малич, В. Л. Масайтис, В. С. Сурков, Л.: Недра, 1987, - 448 с.

Геологические формации докайнозойского чехла Сибирской платформы и их рудоносность / Ред. Н. С. Малич, В. Л. Масайтис, Ю. Г. Старицкий и др. М.: Недра, 1974, - 280 с.

Гладких В. С. Геохимия вулканических пород Маймеча-Котуйской провинции, север Сибирской платформы // Петрология. - 1994. - Т. 2. - № 5. - С. 551-560.

Гладких В. С., Гусев Г. С., Песков А. И., Тарковецкий Л. Л. Петрохимические и геохимические особенности низкокалиевых толеитовых базальтов Норильского района // Геология и геофизика. - 1992. - № 9. - С. 78-86.

Гладких В. С., Гусев Г. С., Песков А. И., Тарковецкий Л. Л. Геохимия вулканических пород северо-запада сибирской трапповой провинции (Норильский район) // Геохимия. - 1994. - № 3. - С. 367-381.

Гладких В. С., Ляпунов С. М., Соловьев В. А. Геохимические особенности и условия формирования вулканических ассоциаций Маймеча-Котуйской и Прибайкальской провинций // Геохимия континентального вулканизма. - М.: Наука, 1987. - С. 65-114.

Годлевский М. Н. Траппы и рудоносные интрузии Норильского района // М.: Госгеолтехиздат, 1959. - 68 с.

Грачев А. Ф. Мантийные плюмы и биологические катастрофы в истории Земли // Мантийные плюмы и металлогения. - Москва-Петрозаводск: 2002, - С. 70-85.

Гришин М. П., Конторович А. Э., Ларичев А. И. и др. Рифейские осадочные бассейны Восточно-Сибирской провинции // Осадочные бассейны и нефтегазоносность. - М.: Недра, 1989. - С. 3-27.

Дараган-Суцев Ю. Н. О палеозойско-раннемезозойской вулканогенной толще Тунгусской синеклизы // Сов. геология.- 1984.- № 11. - С. 89-96.

Дмитриев Ю. И. Мезозойский трапповый вулканизм в центре и на периферии Тунгусской синеклизы // Изв. АН СССР, Сер. геол. – 1973. - № 10. - С. 58-67.

Дмитриев Ю. И., Богатиков О. А. Траппы Эмейшань (платформа Янцзы) – индикаторы геодинамической обстановки прерванного океанообразования // Петрология. – 1996. - Т. 4. - № 4. - С. 436-448.

Добрецов Н. Л. Пермотриасовый магматизм в Евразии как отражение суперплюма // Докл. РАН. - 1997. - Т. 354. - № 2. - С. 220-223.

Добрецов Н. Л. Эволюция структур Урала, Казахстана, Тянь-Шаня и Алтае-Саянской области в Урало-Монгольском складчатом поясе (Палеоазиатский океан) // Геология и геофизика. – 2003. - Т. 44. - № 1-2. - С. 5-27.

Додин Д. А., Голубков В. С. О дифференцированном покрове базальтов на северо-западе Сибирской платформы (Норильский район) // Докл. АН СССР. – 1971. - Т. 198. - № 2. - С. 403-406.

Дюзиков О. А. О пикритовых базальтах Норильского района // Докл. АН СССР.- 1973. - Т. 197. - № 6. - С. 1406-1409.

Елкин Е. А., Каштанов В. А., Конторович А. Э. и др. Схема стратиграфии кембрийских отложений Приенисейской части Западной Сибири // Геология и геофизика. – 2001. - Т. 42. - № 7. - С. 1015-1027.

Жук-Почекутов К. Ф., Гладких В. С., Леонтьев Л. Н. Ассоциация щелочных базальтоидов – базальтов Маймеча-Котуйской вулканоплутонической формации (геолого-петрографический очерк) // Петрология и геохимические особенности комплекса ультрабазитов щелочных пород и карбонатитов. - М.: Наука, 1965. - С. 5-90.

Журавлев Е. Г. Трапповая формация Западно-Сибирской плиты // Известия Академии наук СССР, Сер. геол. – 1986. - № 7. - С. 26-32.

Журавлев Е. Г. Раннемезозойский трапповый магматизм // Изв. ВУЗов, Геология и разведка. – 1996. - № 5. - С. 16-21.

Золотухин В. В., Альмухамедов А. И. Проблемы траппового магматизма платформ // Геология и геофизика. - 1991. - № 1. - С.31-42.

Золотухин В. В., Альмухамедов А. И. Базальты Сибирской платформы: условия проявления, вещественный состав, механизм образования // Траппы Сибири и Декана. - Новосибирск: Наука, 1991. - С. 7-39.

Золотухин В. В., Виленский А. М., Дюжиков О. А. Базальты Сибирской платформы (особенности геологии, состава и генезиса пермотриасовых эффузивов) - Новосибирск: Наука, 1986. - 245 с.

Золотухин В. В., Васильев Ю. Р., Дюжиков О. А. Разнообразие траппов и исходные магмы (на примере Сибирской платформы) – Новосибирск: Наука, 1989. - 246 с.

Золотухин В. В., Симонов В. А., Альмухамедов А. И. и др. Сравнительный анализ составов континентальных и океанических платобазальтов (данные по Сибирской платформе и плато Онтонг-Джава) // Геология и геофизика. - 2003. - Т. 44. - № 12. - С. 1339-1348.

Зоненшайн Л.П., Кузьмин М. И. Внутриплитовый вулканизм и его значение для понимания процессов в мантии Земли // Геотектоника. – 1983. - № 1. - С. 28-45.

Зоненшайн Л.П., Кузьмин М. И., Натапов Л. М. Тектоника плит территории СССР - Кн. 2. М.: Недра, 1990. – 334 с.

Казанский А. Ю. Эволюция структур западного обрамления Сибирской платформы по палеомагнитным данным: Автореф. дис... докт. геол.-мин. наук. - Новосибирск, ОИГГМ СО РАН, 2002. - 40 с.

Казанский А. Ю., Казанский Ю. П., Сараев С. В., Москвин В. И. Граница перми и триаса в вулканогенно-осадочном разрезе Западно-Сибирской плиты (по материалам изучения керна Тюменской сверхглубокой скважины СГ-6) // Геология и геофизика. - 2000. - Т. 41. - № 3. - С. 327-339.

Казанский Ю. П., Мозгунова Е. В., Москвин В. И., Солотчина Э.П. Состав и строение триасовых вулканогенных отложений сверхглубокой скважины ТСГ-6 (Уренгойский район, Западная Сибирь) // Геология и геофизика. - 1995. - Т. 36. - № 6. - С. 157-164.

Кирда Н. П., Фрадкина А. Ф. Новые данные по стратиграфии триаса Западной Сибири // Геология и геофизика. - 1997. - Т. 38. - № 6. - С. 1062-1069.

Классификация и номенклатура магматических пород. М.: Недра, 1981, - 160 с.

Конторович А. Э., Каштанов В. А., Сараев С. В. и др. Новый терригенно-вулканогенный разрез и положение западной границы Сибирской платформы (по материалам параметрического бурения на Вездеходной площади, Томская область) // Геология и геофизика. - 1999. - Т. 40. - № 7. - С. 1022-1031.

Конторович А. Э., Полякова И. Д., Фомичев А. С. Закономерности накопления органического вещества в древних осадочных толщах (на примере мезозойских отложений Сибири) // Литология и полезные ископаемые. - 1971. - № 6. - С. 16-27.

Конторович А. Э., Трофимук А. А. Литогенез и нефтеобразование // Горючие ископаемые. Проблемы геологии и геохимии нефтяных и битуминозных пород. - М.: Наука, 1976. - С. 19-36.

Коссовая О. В., Котляр Г. В. События на границе перми и триаса // Использование событийно-стратиграфических уровней для межрегиональной корреляции фанерозоя. - М.: Изд-во МПР РФ, 2000. - С. 57-60.

Кременецкий А. А., Гладких В. С. Низкокальциевые толеитовые базальты – индикатор эволюции палеогеодинамических обстановок и прогноза углеводородного сырья (по данным Тюменской сверхглубокой скв. СГ-6) // Геохимия.- 1997. - №. 6. – С. 609-617.

Крук К. Н., Плотников А. В., Владимиров А. Г., Кутолин В. А. Геохимия и геодинамические условия формирования траппов Кузбасса // Докл. РАН. – 1999. - Т. 369. - № 6. - С. 812-815.

Кузьмин М. И. Геохимия магматических пород фанерозойских подвижных поясов // Новосибирск: Наука, 1985. - 200 с.

Кузьмин М. И., Альмухамедов А. И., Ярмолюк В. В., Кравчинский В. А. Рифт и внутриплитный магматизм в контексте горячих и холодных полей мантии // Геология и геофизика, 2003. - Т.44. - № 12. - С. 1226-1234.

Лебедев А. П. Трапповая формация центральной части Тунгусского бассейна // М.: Изд-во АН СССР, 1955. - 196 с.

Лебедев А. П., Краковский Ю. С. Изотопный возраст траппов Тунгусской синеклизы и некоторые вопросы петрологии базитов в связи с их абсолютной геохронологией // Вопросы датировки древнейших геологических образований и основных пород. - Новосибирск: Наука, 1967. - С. 81-87.

Левашов К. К. Среднепалеозойская рифтовая система востока Сибирской платформы // Советская геология, 1975, № 10, с. 49-58.

Левинсон-Лессинг Ф. Г., Гинсберг А. С., Дилакторский Н. Л. Траппы Тулоуно-Удинского и Братского районов Восточной Сибири // Труды Совета по изучению производительных сил СССР. - Серия сиб., 1932. - Вып. 1. - С. 19-38.

Лурье М. Л., Масайтис В. Л. Основные черты геологии и петрологии трапповой формации Сибирской платформы // Базальты плато. - М.: Наука, 1964. - С. 13-26.

Магнезиальные базиты запада Сибирской платформы и вопросы никеленосности // Золотухин В. В., Виленский А. М., Васильев Ю. Р. и др. Новосибирск: Наука, Сиб. отд-ние. - 1984, 225 с.

Малич Н. С. Тектоническое развитие чехла Сибирской платформы. М.: Недра, 1975. - 216 с.

Масайтис В. Л., Лурье М. Л. Геологическое и радиологическое обоснование возраста траппов Сибирской платформы // Траппы Сибирской платформы и их металлогения. - Иркутск, 1974. - С. 7-10.

Матвеев В. В., Альмухамедов А. И. Щелочной магматизм банки Горриндж, Атлантический океан // Петрология. - 1996. - № 4. - С. 46-56.

Медведев А. Я., Альмухамедов А. И. Геохимия серебра в покровных базальтах платформ // Докл. РАН. - 1998. - Т. 344. - № 1. - С. 101-105.

Медведев А. Я., Альмухамедов А. И., Кирда Н. П. Первая находка высококалийных базальтоидов в вулканогенно-осадочной толще доюрских комплексов Западной Сибири // Геохимия. - 2002. - № 1. - С. 100-104

Медведев А. Я., Альмухамедов А. И., Кирда Н. П. Геохимия пермотриасовых вулканитов Западной Сибири // Геология и геофизика. - 2003^а. - Т. 44. - № 1-2. - С. 86-100.

Медведев А. Я., Альмухамедов А. И., Рейчов М. К. и др. Абсолютный возраст базальтов доюрского основания Западно-Сибирской плиты (по $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$ данным) // Геология и геофизика. - 2003^б. - Т. 44. - № 6. - С. 617-620.

Медведев А. Я., Рябов В. В., Альмухамедов А.И. Аномальный разрез базальтовой толщи Западного Путорана, Восточная Сибирь // Докл. РАН.- 1999.- Т. 366. - № 2. - С. 221-225

Межвилк А. А., Васильев Н. И. К истории формирования эффузивных траппов Тунгусской синеклизы. // Петрология траппов Сибирской платформы. - Л.: Недра, 1967. - С. 66-77.

Милановский Е. Е. Рифтогенез в истории Земли (рифтогенез на древних платформах). - М.: Недра, 1983. - 280 с.

Нагайцева Н. И., Рогожин В. В., Иванова Т. К. О составе и стратиграфическом положении трахибазальтов юрхской толщи на северо-западе Сибирской платформы // Уч. зап. НИИГА, Регион. Геология, 1967, - Вып. 10. - С. 202-207.

Ненашев Н. И. Геохронология и некоторые вопросы эволюции состава пород трапповой формации Сибирской платформы и сопредельных районов // Геология и петрология интрузивных траппов Сибирской платформы. - М.: Наука, 1970. - С. 48-58.

Нестеренко Г. В., Тихоненков П. И., Романова Т. В. Базальты плато Путорана // Геохимия. - 1991. - № 10. - С. 1419-1425.

Нестеров И. И., Бочкарев В. С., Пуртова С. И. Уникальный разрез Западной Сибири // Докл. РАН. - 1995. - Т. 340. - № 5. - С. 659-663.

Нефтегазоносные бассейны и регионы Сибири, вып. 2. Западно-Сибирский бассейн // А. Э. Конторович, В. В. Сурков, А. А. Трофимук и др. Новосибирск: ОИГГМ СО РАН, 1994. - 201 с.

Нефтегазоносные бассейны и регионы Сибири, вып. 5. Тунгусский бассейн // ред. А. Э. Конторович. Новосибирск: ОИГГМ СО РАН, 1994. - 92 с.

Новый этап в изучении строения и нефтегазоносности глубоких горизонтов севера Западной Сибири (по результатам бурения Тюменской сверхглубокой скважины) / Т. В. Белоконь, В. Н. Горбачев, Л. А. Певзнер и др. М.: Геоинформмарк, 1994. – 32 с.

Олейников Б. В. Геохимия и рудонез платформенных базитов // Новосибирск: Наука, 1979. - 264 с.

Основы геологии и нефтегазоносность северо-запада Сибирской платформы / Сулимов Н. И., Баженова Т. К., Будников В. И. и др. Л.: Недра, 1969. - 206 с.

Оффман П. Е. Тектоника и вулканические трубки центральной части Сибирской платформы // Тектоника СССР, т. 4. - М.: 1959. - С. 5-344.

Павлов Л. Г. Закономерности формирования вулканогенного комплекса района озер Кета и Дюпкун (северо-западная часть Сибирской платформы) // Уч. зап. НИИГА, регион. геология, 1969. - Вып. 15. - С. 97-101.

Палеогеография северо-запада Сибирской платформы / Бгатов В. И., Марков Е. П., Матухина В. Г., Рампель Г. Г. Новосибирск: 1969, 206 с.

Писарчик Я. К., Минаева М. А., Русецкая Г. А. Палеогеография кембрия Сибирской платформы. / Л.: Недра, 1975. - 196 с.

Рябов В. В., Гриб Д. Е. Дайковый пояс зоны спрединга севера Сибирской платформы // Петрология магматических и метаморфических комплексов. Мат. Всерос. конференции. 2002. - Вып. 3, т. 1, Томск: - С. 208-214.

Рябов В. В., Шевко А. Я., Гора М. П. Магматические образования Норильского района. Т. 1. Петрология траппов – Новосибирск: Нонпарель, 2001. - 408 с.

Рябчиков И. Д. Состав верхней мантии Земли // Геохимия. - 1997. - № 5. - С. 467-478.

Соболев В. С. Избранные труды. Петрология траппов – Новосибирск: Наука, 1986. - С.6-174.

Старосельцев В. С. Тектонические основы прогноза нефтегазоносности осадочных толщ под базальтовым плато древних платформ: Автореф. дисс.. д-ра геол.-мин. наук. - Новосибирск, ОИГГМ, 1982. - 32 с.

Старосельцев В. С., Лебедев В. М. О перикратонном опускании на северо-западе Сибирской платформы // Материалы по региональной геологии Сибири. - Новосибирск, 1967. - С. 49-58.

Сурков В. С., Кузнецов В. Л., Латышев В. И. Глубинное строение земной коры нефтегазоносных провинций Сибири // Разведка и охрана недр. - 2003. - № 11-12. - С.6-8.

Сурков В. С., Смирнов Л. В. Строение и нефтегазоносность фундамента Западно-Сибирской плиты // Отечест. геология. - 2003. - № 1. - С. 10-16.

Сурков В. С., Смирнов Л. В., Гурари Ф. Г. и др. Нижнесреднеюрский комплекс – Западно-Сибирской плиты – особенности его строения и нефтегазоносности // Геология и геофизика, 2004. - Т. 45. - № 1. - С. 49-54.

Сурков В. С., Трофимук А. А., Жеро О. Г. Раннемезозойский рифтогенез и его влияние на структуру литосферы Западно-Сибирской плиты // Геология и геофизика. – 1987. - № 9. - С. 3-11.

Сурков В. С., Трофимук А. А., Жеро О. Г. и др. Триасовая рифтовая система Западно-Сибирской плиты, ее влияние на структуру и нефтегазоносность платформенного мезозойско-кайнозойского чехла // Геология и геофизика. - 1982. - № 8. - С.3-15.

Сурков В. С., Девятов В. П., Жеро О. Г. и др. Структура земной коры Тюменской сверхглубокой скважины // Геология и геофизика. - 1993. - № 1. - С. 120-126.

Таусон Л. В., Антипин В. С., Захаров М. Н., Зубков В. С. Геохимия мезозойских латитов Забайкалья. Новосибирск: Наука, 1984. - 216 с.

Тектоническая карта Сибирской платформы масштаба 1: 1 500 000 (на 9 листах) и объяснительная записка / Ред. Н. С. Малич, Л., Аэрогеология, 1980.

Угрюмов А. Н Вторичные изменения вулканических пород красноселькупской серии в разрезе Тюменской сверхглубокой скважины (СГ-6) // Результаты бурения и исследования Тюменской сверхглубокой скважины.- Пермь: 1995. - С. 41-43.

Федоренко В. А. Петрохимические серии эффузивных пород Норильского района // Геология и геофизика. - 1981. - № 6. - С. 78-88.

Хаин В. Е. Глобальная геодинамика на пороге нового века // Геотектоника. - 2002.- № 4. - С. 3-13.

Храмов А. Н. Стандартные ряды палеомагнитных полюсов для плит Северной Евразии: связь с проблемами палеодинамики территории СССР // Палеомагнетизм и палеогеодинамика территории СССР. - Л.: ВНИГРИ, 1991. - С. 154-176.

Черепанов В. А., Мурина Г. А. Об абсолютном возрасте сибирских траппов и ассоциирующего с ними оруденения (северо-западная часть Сибирской платформы) // Докл. АН СССР. - 1966. - Т. 169. - № 6. - С. 1406-1409.

Чернышев И.В., Шатагин К.Н., Гольцман Ю.В. Высокоточная калибровка стандартных образцов изотопного состава стронция с помощью многоколлекторного масс-спектрометра // Геохимия. - 2000. - № 12. - С.1280-1285.

Шатский Н. С. Основные черты тектоники Сибирской платформы // Бюл. МОИП, Нов. Серия. - 1932. - Т. 10. - Вып. 3-4. - С. 476-509.

Шпильман В. И., Мясникова Г. П., Трусов Л. Л. Перерывы при формировании неокомских клиноформ в Западной Сибири // Геология нефти и газа, - 1993. - № 6. - С. 2-6.

Ярмолюк В. В., Коваленко В. И., Кузьмин М. И. Северо-Азиатский плюм в фанерозое: магматизм и глубинная геодинамика // *Петрология*. - 2000. - № 5. - С. 3-29.

Al'mukhamedov A. I. Rifting and flood basalts in the formation of Permian-Triassic traps, Eastern Siberia // *Conf. on Plate Tectonic, Abstr. M.: GEOMAR, 1993, 3.28.*

Arndt N. T., Czamanske G. K., Walker R. J., Ciiauvel C, Fedorenko V. A. Geochemistry and origin of the intrusive host of the Noril'sk-Talnakh Cu-Ni-PGE sulfide deposits // *Econ. Geol.* - 2003. - V. 98. - P. 495-515.

Basu A. R., Wang J., Huang W. et al. Major element, REE and Pb, Nd and Sr isotopic geochemistry of Cenozoic volcanic rocks of eastern China: implication for their origin from suboceanic-type mantle reservoirs // *Earth Planet. Sci. Lett.* - 1991. - V. 105. - P.149-169.

Brugmann G. E., Naldrett A. J., Lightfoot P. C. et al. Siderophile and Chalcophile metals as tracers of the evolution of Siberian Trap in the Noril'sk region, Russia // *Geochim. et Cosmochim. Acta.* - 1993. - V. 57. - P. 2001-2018.

Bruner D., Yuen D. A. Mantle plumes pinched in the transition zone // *Earth Planet. Sci. Lett.* - 2000. - V. 178. - P. 13-27.

Campbell I. A., Czamanske G. K., Fedorenko V. A. et al. Synchronism of Siberian Traps and Permian-Triassic boundary // *Science* / - 1992. - V. 258. - P. 1760-1763.

Darlimple G. R., Czamanske G. K., Fedorenko V. A. et al. A reconnaissance $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$ geochronological study of ore-bearing and related rocks, Siberian Russia // *Geochim. and Cosmochim. Acta.* - 1995. - V 59. - P. 2071-2083.

De Paolo D. J., Wasserburg G. I. Neodium isotopes in flood basalts from Siberian platform and inference about their mantle sources // *Proc. National. Acad. Sci. USA.* - 1979. V. 76. - N 7. - P. 3065-3060.

Duncan R. A., Pyle D. G. Rapid eruption of Deccan flood basalts of the Cretaceous, Tertiary boundary // *Nature*. - 1998. - V. 333. - P. 841-843.

Fedorenko V. A., Czamanske G. K. Results of new field and geochemical studies of the volcanic and intrusive rocks of the Maymech-Kotuy area, Siberian flood basalt province, Russia // *Jrn. Geol. Rev.* - 1997. - V. 39. - N 4. - P. 479-531.

Fedorenko V. A., Lightfoot P. C., Naldrett A. J. et al. Petrogenesis of the Siberian flood-basalts sequence at Noril'sk, North Central Siberia // *Jrn. Geol. Rev.* - 1996. - V. 38. - N 1. - P. 99-135.

Fedorenko V. A., Naldrett A. J., Gorbachev N. S. et al., Geochemistry of Siberian trap of the Noril'sk area, USSR, with implication for the relative contributions of crust and mantle to basalt magmatism // *Contrib. Miner. Petrol.* - 1990. - V. 104. - N 4. - P. 631-644.

Feng Q., Zhang Z., Gu S., Ye M. Fauna of radiolaria from boundary Permian-Triassic // *Geol. Sci. and Technol. Ins.* - 2001. - N 3. - P. 31-34.

Fitton J. G., Mitchell C. The geodynamic significance of the Siberian flood basalt province / Final Report on grant N GR3/8869, Edinburgh, University Press, 1996. - 25 p.

Goes S., Spakman W., Bijwaard H. A lower mantle source for Central European volcanism // *Science*. - 1999. - V. 286. - P. 1928-1931.

Hawkesworth C. J., March J. S., Duncan J. S. et al. The role of continental lithosphere in the generation of the Karoo volcanic rocks: evidence from combined Nd- and Sr-isotope Studies // *Spec. Publ. Geol. Soc. South Africa*. - 1984. - V. 13. - P. 341-354.

Kamo L. S., Czamanske G. K., Amelin Y. et al. Rapid eruption of Siberian flood-volcanic rocks and evidence for coincidence with the Permian-Triassic boundary and mass extinction at 251 Ma // *Earth and Planet. Sci. Letter*. - 2003. - V. 214. - P. 75-91.

Kamo L. S., Czamanske G. K., Krogh T. E. A minimum U-Pb age for Siberian flood-basalt volcanism // *Geochim. Cosmochim. Acta*, 1996. - V. 60. - P. 3505-3511.

Lassiter J. C., DePaolo D. J., Mahoney J. J. Geo chemistry of the Wrangellia flood basalt province: implications for the role of continental and oceanic lithosphere in flood basalt genesis // *Jorn. Petrol.* - 1995. - V. 36. - N 4. - P. 983-1009.

Lawver A. Z. Thr Iceland hotspot tail if the Siberian trapps? // *L. P. Zonenshain Mem. Conf. Plate Tecton. Abstr. Moscow: MSU*, 1993, p. 31.

Lightfoot P.C., Hawkesworth C.J., Hergt J. et al. Remobilisation of the continental lithosphere by a mantle plume: major-, trace elements and Sr-, Nd- and Pb- isotope evidence from picritic and toleitic lavas of Noril'sk district. Siberian trap, Russia // *Contrib. Miner. Petrol.* - 1993. - V. 114. - N 2. - P. 171-188.

Lightfoot P.C., Naldrett A.J., Gorbachev N.S. et al. Geochemistry of the Siberian Trap of the Noril'sk area, USSR, with implication for the relative contributions of crust and mantle to flood basalt magmatism // *Contrib. Mineral. Petrol.* - 1990. V. 104. - P.631-644.

Loper D. E. Mantle plumes // *Tectonophysics.* - 1991. - V. 187. - P. 373-384.

McKenzie D., O'Nions R. K. The source region of ocean island basalts // *Jorn. Petrol.* - 1995. - V. 36. - P. 229-231.

Macdonald G. A., Katsura T. Chemical composition of Hawaiian lavas // *J. Petrol.* - 1964. - V. 5. - P. 82-133.

Macdougall J. D. Continental Flood basalt and MORB: a brief discassion of similarities and difference in the petrogenesis // *Continental Flood Basakts. Cluwer Acad. Publisher*, 1988. - P. 273-310.

Maruyama S. Plum tectonics // *Jorn. Geol. Soc. Japan.* - 1994. - V. 100. - N 1. - P. 19-49.

- McKenzie D., O'Nions R. K. The source region of island basalts // *Jorn. Petrol.* - 1995. - V. 36. - P. 229-231.
- Metacalf I., Nicoll R. S., Mundil R. et al. The Permian-Triassic boundary and mass extinction in China // *Episodes.* - 2001. - N 4. - P. 239-244.
- Pichler R. C., Zeis W. The Cenozoic rhyolite-andesite association of Chilean Andws // *Bull. Volcanol.* - 1972. - V. 35. - P. 120-135.
- Reichow M. K.,, Medvedev A. Ya. $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$ dates from the West Siberian Basin: Siberian Flood Basalts doubled // *Science.* - 2002. - V. 296. - P. 1846-1849.
- Renne P. R., Basu A. R. Rapid eruption of the Siberian traps at the Permo-Triassic boundary // *Science.* - 1991. V. 253. - P. 176-179.
- Renne P. R., Zichao Z., Richards M. A. et al. Synchrony and causal relation between Permian-Triassic boundary crisis and Siberian Flood volcanism // *Science.* - 1995. - V. 269. - P. 1413-1416.
- Roeder P. L., Emslie R. F. Olivene-liquid equilibrium // *Contrib. Miner. Petrol.* - 1970. - V. 29. - N 4. - P. 275-289.
- Saunders A. D., Storey M., Kent R. W., Norry M. J. Consequence of plum-lithosphere interactions // *Magmatism and the courses of continental break-up. Geol. Special publication.* - 1992. - N 68. - P. 41-60.
- Sharma M., Basu A. R., Nesterenko G. V. Nd-Sm isotopes, petrochemistry, and origin of the Siberian flood basalts, USSR // *Geochin. et Cosmochim. Acta.* - 1991. - V. 55. - N 6. - P. 1183-1192.
- Sharma M., Basu A. R., Nesterenko G. V. Temporal Sr-, Nd- and Pb- isotopes variation in the Siberian flood basalts: implication for the plum – source characteristics // *Earth and Planet. Sci. Lett.* - 1992. - V. 113. - N 3. - P. 365-381.

- Snyder D., Tait S. The imprint of basalt on the geochemistry of silicic magmas // Earth and Planet. Sci. Lett. - 1998. - V. 100. - N 3-4. - P. 433-445.
- Venkatesan T. R., Kumar A., Gopalan K., Al'mukhamedov A. I. $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$ age of Siberian basaltic volcanism // Chemical Geology. - 1997. - V. 38. - N 3/4. - P. 303-310.
- Wedepohl K. H. Tholeiitic basalts from spreading ocean ridges. The growth of the oceanic crust // Naturwissenschaften. - 1981. - Bd. 68. - Hf 3. - S. 110-119.
- Wilson J. T. Mantle plumes and plate motion // Tectonophysics. - 1973. - V. 19. - N 2. - P. 149-164.
- Wilson V. Igneous petrogenesis. London, Unwin. Hyman, 1989. - 446 p.
- White R. S., McKenzie D. Mantle plumes and flood basalts // J. Geophys. Res. - 1995. - V. 100. - P. 17543-17585.
- Wooden J.L., Czamanske G.K., Fedorenko V.A. et al. Isotopic and trace-elements constraints on mantle and crustal contribution to Siberian continental flood basalts, Noril'sk area, Siberia // Geochim. et Cosmochim. Acta. - 1993. - V. 57. - N 9. - P. 3667-3704.
- Xu Yi-gang. Dixue qianyuan // Earth Sci. Front. - 2002. - V. 9. - N 4. - P. 341-353.
- Zolotukhin V. V., Al'mukhamedov A. I., Medvedev A. Ya. Modeling of primary melt for tholeiites of Siberian and Deccan flood basalts // Gondwana Geol. Mag. - 1996. - V. 2. - P. 283-291.
- Zorin Yu. A. Maximum thickness of the Lithosphere and heat flow continents // Tectonophysics. - 1989. - V. 164. - P. 117-120.