

*Докладу чл.-мем. И.
Богданову Б. А.*

**РОССИЙСКАЯ АКАДЕМИЯ НАУК
ОРДЕНА ТРУДОВОГО КРАСНОГО ЗНАМЕНИ
ИНСТИТУТ ГЕОЛОГИИ РУДНЫХ МЕСТОРОЖДЕНИЙ,
ПЕТРОГРАФИИ, МИНЕРАЛОГИИ И ГЕОХИМИИ (ИГЕМ РАН)**

УДК 553. 061. 14 : 553. 492.1

На правах рукописи

НОВИКОВ Владимир Михайлович
СОВРЕМЕННЫЕ И ДРЕВНИЕ
КОРЫ ВЫВЕТРИВАНИЯ
И БОКСИТЫ АЗИИ

**НА ПРИМЕРЕ ВЬЕТНАМА, ДАЛЬНОГО ВОСТОКА
И ЮЖНОЙ ОКОНЕЧНОСТИ УРАЛА**

**04.00.11 — Геология, поиски и разведка рудных
и нерудных месторождений, металлогения**

АВТОРЕФЕРАТ

**диссертации на соискание
ученой степени доктора
геолого-минералогических наук**

РОССИЙСКАЯ АКАДЕМИЯ НАУК
ОРДЕНА ТРУДОВОГО КРАСНОГО ЗНАМЕНИ
ИНСТИТУТ ГЕОЛОГИИ РУДНЫХ МЕСТОРОЖДЕНИЙ,
ПЕТРОГРАФИИ, МИНЕРАЛОГИИ И ГЕОХИМИИ (ИГЕМ РАН)

УДК 553. 061. 14 : 553. 492.1
На правах рукописи

НОВИКОВ Владимир Михайлович

СОВРЕМЕННЫЕ И ДРЕВНИЕ КОРЫ ВЫВЕТРИВАНИЯ И БОКСИТЫ АЗИИ

**НА ПРИМЕРЕ ВЬЕТНАМА, ДАЛЬНОГО ВОСТОКА
И ЮЖНОЙ ОКОНЕЧНОСТИ УРАЛА**

04.00.11 — Геология, поиски и разведка рудных
и нерудных месторождений, металлогения

АВТОРЕФЕРАТ

диссертации на соискание ученой степени
доктора геолого-минералогических наук

Москва • 2000

Работа выполнена в Институте геологии рудных месторождений, петрографии, минералогии и геохимии Российской Академии Наук (ИГЕМ РАН)

Научный консультант:

доктор геолого-минералогических наук
Бугельский Ю.Ю.

Официальные оппоненты:

доктор геолого-минералогических наук
Патык-Кара Н.Г.
доктор геолого-минералогических наук,
профессор *Романович И.Ф.*
доктор геолого-минералогических наук,
профессор *Сиротин В.И.*

Ведущая организация: Всероссийский научно-исследовательский институт минерального сырья имени Н.М. Федоровского (ВИМС), г. Москва

Защита состоится 18 апреля 2000 г. в 15 часов на заседании Диссертационного Совета Д.002.88.01 при Институте геологии рудных месторождений, петрографии, минералогии и геохимии (ИГЕМ РАН).

Адрес: 109017, Москва, Старомонетный пер., 35

Отзывы в 2-х экземплярах, заверенных печатью учреждения, просим направлять в адрес ученого секретаря Диссертационного Совета

С диссертацией можно ознакомиться в Отделении геологической литературы БЕН РАН по адресу: Москва, Старомонетный пер., 35

Автореферат разослан 17 марта 2000 г.

Ученый секретарь
Диссертационного Совета
кандидат геол.-мин. наук

И.В. Викентьев

ВВЕДЕНИЕ

Диссертационная работа посвящена современным и древним корам выветривания (КВ) и бокситам Азии. На примере кайнозойских (Вьетнам, Дальний Восток России) и мезозойских (Мугоджары, Орское Зауралье) бокситоносных КВ, рассмотрены вопросы их возраста, геологии, минералогии, геохимии и гидрогеохимии, закономерности размещения, условия формирования и сохранности. Широко привлекался материал по монтмориллонитовым и каолинитовым КВ. Сравнительный анализ КВ и связанных с ними полезных ископаемых этих крупных регионов проведён впервые и основан на результатах собственных исследований автора с учётом материалов, опубликованных другими исследователями.

АКТУАЛЬНОСТЬ РАБОТЫ

Многие полезные ископаемые мира связаны с КВ и продуктами их перераспределения. Важнейшими из них являются бокситы, силикатные кобальт-никелевые руды, легированные железные руды, марганец, золото, редкие земли. КВ являются также источником каолинов, бентонитов, огнеупорных глин, кварцевых песков, минеральных пигментов. Большинство месторождений рудоносных КВ приурочено к устойчивым участкам земной коры — платформам, щитам, древним складчатым областям. Классическими примерами являются Сибирская и Индостанская платформы Азии с развитыми в их пределах и хорошо изученными бокситоносными КВ. Роль территорий с орогенным режимом развития и вулканических поясов в распределении гипергенных полезных ископаемых дискуссионна. Существует мнение, что регионы с нестабильной тектонической обстановкой при прочих благоприятных условиях малоперспективны в отношении формирования и сохранности рудных месторождений КВ. Сказанное относится к окраинам Азиатского континента и, в частности, к территории Дальнего Востока России.

В масштабах СССР небольшие месторождения полезных ископаемых считались нерентабельными и выпадали из сферы разведки и добычи. Мало уделялось внимания вопросам комплексного использования минерального сырья. В результате промышленные предприятия и сырьевые источники нередко были в значительной степени удалены друг от друга. С распадом СССР разрушились многие экономические отношения. В

первую очередь это отразилось на горнодобывающей промышленности. В России, в связи с разграничением обязанностей между центром и регионами и предоставлением последним значительной самостоятельности, появляется необходимость обращать более пристальное внимание на местах на собственные минеральные ресурсы и их комплексное использование. Этому будет способствовать развитие частного предпринимательства и малого бизнеса, что позволит вовлечь в сферу производства даже небольшие месторождения, способные обеспечить сравнительно быструю окупаемость вложенных средств. Поэтому очевидна актуальность ревизии комплекса полезных ископаемых, связанных, в частности, с КВ Дальневосточного региона. В то же время, прогноз, поиски и освоение месторождений должны базироваться на дальнейшей разработке теоретических основ закономерностей их размещения и условий формирования. Решение этой проблемы — одна из важнейших задач в познании экзогенной металлогении Азии.

ЦЕЛЬ РАБОТЫ

Выяснение роли и места основных рудоконтролирующих факторов (климат, рельеф, тектоника, стратиграфический (временной) и петрографический контроль), в становлении современных и древних КВ, связанных с ними месторождений бокситов и других полезных ископаемых Азии; разработка и обоснование модели формирования зонального профиля КВ.

ЗАДАЧИ ИССЛЕДОВАНИЙ

1. Изучение геологического строения месторождений КВ — бокситов, каолинов, минеральных пигментов. Установление закономерностей их размещения в различных геодинамических обстановках.

2. Разработка метода возрастного датирования КВ. Выяснение в абсолютном выражении времени и скорости формирования рудоносного элювия. Рассмотрение возможностей применения датированных КВ в палеоклиматических и стратиграфических построениях.

3. Детальное изучение минералогии и геохимии бокситоносных КВ с помощью современных аналитических методов.

4. Гидрогеохимические исследования, включающие анализ поровых растворов продуктов выветривания и природных вод районов развития КВ.

ОБЪЕКТ ИССЛЕДОВАНИЯ

В основу диссертационной работы положены результаты исследований автора на Южном Урале, Дальнем Востоке России и во Вьетнаме, продолжавшихся в совокупности 30 лет. В Орском Зауралье и Мугоджарах (1969–1974 гг.) объектами изучения являлись мезозойские КВ и связанные с ними месторождения и рудопроявления остаточных (Ново-Бурановское, Тайкеткенское, Промежуточное), полигенных латеритно-осадочных (Актогайское, Кредиковское, Ишкининское, Карагандысайское), осадочных делювиальных (Соркульское) и осадочных карстовых (Талдык-Ащесайское, Каиндинское) бокситов. Были также изучены многочисленные проявления КВ, развитые вдоль западного и восточного обрамления Мугоджарских гор и в пределах выступов палеозойского фундамента в Орской депрессии. Познанию геологии бокситов способствовало изучение «классического» карстового (Краснооктябрьского) месторождения в Тургайском прогибе. Все перечисленные работы проводились под научным руководством И.В. Витовской и Д.Г. Сапожникова.

На Дальнем Востоке России работы по КВ были поставлены ИГЕМ АН СССР в 1975 году, в связи с промышленным освоением региона, прилегающего к строящейся Байкало-Амурской магистрали. В сферу изучения автора входил восточный участок БАМ, протяжённостью около 700 км от г. Комсомольска-на-Амуре в Хабаровском крае до посёлка Февральский в Амурской области. В дальнейшем исследования были расширены и включали обширную территорию от г. Николаевска-на-Амуре на севере до г. Хасана на юге Приморья. В течение полевых сезонов 1975–1991 гг. работы проводились с целью выяснения условий образования и закономерностей размещения полезных ископаемых, связанных с кайнозойскими КВ — в частности бокситов, каолинов, минеральных пигментов. В этой связи детально изучены единственное на сегодняшний день на Дальнем Востоке Зеркальненское проявление латеритных бокситов и целый ряд месторождений минеральных красителей (Переяславское, Свягинское и др.). В целях возможного комплексного использования Павловского бурогоугольного месторождения исследовались каолинсодержащие вскрышные породы разрабатываемых карьеров, а также подстилающие уголь каолиновые КВ гранитов.

Во Вьетнаме (1982, 1984, 1986 гг.) автор провёл полевые работы на месторождениях латеритных бокситов, связанных с КВ неогеновых базальтов. Были изучены бокситы, сформировавшиеся в различных современных физико-географических

провинциях — на плато Тайнгуен (месторождения Куаншон, Баолок и др.) и в прибрежной зоне страны (месторождения Ванхоа и Куангнай). В процессе полевых работ большое внимание уделялось также КВ гранитов, кристаллических сланцев (плоскогорье Далат) и других пород. В 1983–1985 гг. автор консультировал вьетнамского аспиранта Нгуен Нгок Куиня, совместно с которым проводил петрографическое, минералогическое и геохимическое изучение латеритных бокситов различных месторождений Южного Вьетнама.

С целью сравнительного анализа КВ Азии, в частности возраста, времени и скорости их формирования, совместно с Е.В. Шарковым, И.В. Чернышовым (ИГЕМ РАН), Е.В. Деяткиным и А.Е. Додоновым (ГИН РАН) были проанализированы геологические данные и каменный материал по разрезам межбазальтовых КВ миоценовых и плиоценовых плато Сирии. Подобная же работа с привлечением литературного материала проведена для бокситоносной КВ базальтов Гавайских островов. Кратко в работе охарактеризована мел-палеогеновая КВ Нижнеканского массива Сибири.

ФАКТИЧЕСКИЙ МАТЕРИАЛ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

Работа построена прежде всего на материалах, собственных исследований автора. Необходимый дополнительный материал был заимствован у других исследователей, на что сделаны соответствующие ссылки.

На территории Мугоджар и Орского Зауралья в процессе разведочного бурения на ряде бокситовых месторождений (Актогайском, Каиндинском и др.) каменный материал был получен из керна 120 буровых скважин. Из естественных и искусственных (карьеры, шурфы) обнажений было отобрано около 750 образцов пород, руд и минералов. Просмотрено и изучено около 1000 прозрачных, полированных и прозрачно-полированных шлифов и иммерсионных препаратов. На Дальнем Востоке каменный материал отбирался, главным образом, из искусственных и естественных обнажений и в значительно меньшей степени в виде керна буровых скважин. Автомобильные маршруты протяжённостью в каждый полевой сезон около 1000–1500 км охватывали различные районы Хабаровского края, Амурской области, Приморья. В результате отобрано и изучено порядка 1500 образцов и шлифов. В течении трёх полевых сезонов проводились гидрогеохимические исследования поровых растворов и природных вод КВ базальтов Дальневосточного региона. Было

проанализировано 23 пробы поровых растворов и 33 — природных вод. Сделано около 500 замеров Eh среды (аналитик С.А. Горбачёва). Во Вьетнаме собрано 280 образцов. Для разновозрастных плато Сирии проанализировано 30 образцов внутрикоровых КВ и вмещающих базальтов. Отобрано и изучено совместно с В.И. Величкиным около 50 проб гранитов и пород КВ Нижнеканского массива Сибири.

В процессе изучения вещественного состава пород, руд и отдельных минералов были использованы и проинтерпретированы результаты по следующим видам анализов: химический силикатный — 344, определение физико-механических свойств горных пород (объёмный вес, пористость, гранулометрический состав) около 250, количественный спектральный, в том числе с определением TR — 54, термический, ИКС, рентгеновский — по 300 образцов каждый, электронно-графический — 30, рентгеноспектральный — 10, масс-спектрометрический — 9, спорово-пыльцевой — 5, калий — аргоновый — 47.

Особенно ценная информация по геохронологии кайнозойских КВ Азии получена с помощью К-Аг метода, по диагностике минералов — благодаря использованию электронного микроскопа IEM-100 С, оснащённого сканирующим блоком Asid-4 с микрозондовой приставкой Kevex и гониометром наклона образцов на 60° С. Для выяснения характера взаимоотношений гипергенных и реликтовых (остаточных) минералов в КВ применялись методы вакуумного декорирования, получения изображения во вторичных электронах, микродифракции и микродисперсионного анализа. Исследования проводились в тесном сотрудничестве с Н.Д. Самоиным и Л.О. Магазиной. Детально изучены опорные разрезы бокситоносных КВ базальтов, гранитов, слюдяных сланцев, получено более 200 микрофотографий в сочетании с микродифракцией, элементным составом и картинами вакуумного декорирования.

При проведении аналитических работ с соответствующими специалистами автор осуществлял постановку задач и проводил геологическую, минералогическую и геохимическую интерпретацию полученных результатов.

НАУЧНАЯ НОВИЗНА РАБОТЫ

На основе комплексных геологических, минералогических, геохимических и гидрогеохимических исследований автором проведено крупное теоретическое обобщение по условиям формирования и закономерностям размещения кайнозойских (Вьетнам, Дальний Восток России) и мезозойских (Му-

годжары, Орское Зауралье) КВ и бокситов Азии. Сравнительный анализ собственного и литературного материала, по наиболее представительным месторождениям рудоносных КВ, сформированным в различных ландшафтных и геодинамических обстановках и разобщённых в пространстве и времени показал, что их возраст, условия размещения и сохранности а также морфогенетические типы, мощность и характер зональности элювиальных толщ определялись историей геологического развития изученных регионов [7–9, 15–17, 21, 35–38, 45].

Разработан метод и впервые получены результаты абсолютного датирования кайнозойских КВ окраин Азии (Вьетнам, Дальний Восток России, Сирия). Выделены их геохронологические уровни. На основании изотопно — геохронологических данных и гидрогеохимических расчётов установлено, что формирование бокситоносных КВ в геологической истории Земли может быть быстротечным (от первых сотен тысяч до первых млн. лет). Использование датированных КВ в качестве временных реперов и индикаторов климата, позволяет проследить его эволюцию для различных отрезков кайнозойской эры [57, 60, 69, 72 и др.].

С помощью методов электронной микроскопии детально изучена минералогия бокситоносных КВ базальтов, гранитов, слюдяных сланцев и делается вывод о преимущественно селективном характере взаимоотношения гипергенных и гипогенных минералов в профиле выветривания [39, 44, 45, 68 и др.]. Впервые в КВ установлены и изучены редко встречаемые в природе минералы нордстрандит и алюмогидрокальцит и уникальный среди известных смешаннослойных глинистых минералов — хлорит — “разбухающий хлорит” [3, 10, 11, 13, 17].

ПРАКТИЧЕСКАЯ ЗНАЧИМОСТЬ РАБОТЫ

Практическая значимость проведённых исследований автора заключается прежде всего в научном обосновании условий локализации современных и древних КВ в пределах Азиатского континента, как основы научного прогноза и поисков связанных с ними месторождений полезных ископаемых.

На основе установленных закономерностей размещения различных генетических типов бокситовых месторождений Мугоджар и Орского Зауралья, дана оценка отдельных районов Южного Урала на предмет обнаружения в них объектов высококачественных латеритных бокситов и продуктов их переотложения — месторождений осадочных карстовых бокситов. Составлена прогнозная карта масштаба 1:50000 для района

Подольского габбро-серпентинитового массива и прилегающей Сарыобинской грабен-синклинали. Результаты исследований автора по заданиям Президиума АН СССР, ГКНТ СМ СССР и по планам НИР ИГЕМ РАН СССР вошли в соответствующие коллективные отчёты и монографии бокситовой группы Отдела экзогенных рудных месторождений института [8, 9, 15, 17, 20].

Факты обнаружения в КВ Дальнего Востока минералов свободного глинозёма (Скляров, Климовская, 1972), железистых аллитов (Новиков, 1983) и латеритных бокситов (Сергеев и др. 1985) свидетельствуют о возможной бокситоносности этого региона. Минералого-геохимические исследования КВ гранитов и продуктов их переотложения Павловского бурогоугольного месторождения в Приморье показали, что отмученные фракции этих пород отвечают высококачественным каолинам, а “хвосты” сложены кварцем и полевыми шпатами. В этой связи месторождение следует считать комплексным (уголь, каолины, кварц — полевошпатовые пески). Изучены месторождения минеральных пигментов Дальнего Востока. Проведён детальный анализ фазового состава и технологических свойств природных красителей, даны рекомендации по их поискам. Предлагается вновь привлечь внимание промышленности к этому экологически чистому полезному ископаемому [50].

Докладная записка автора об обнаружении латеритных бокситов в КВ гранитов Далатского плоскогорья Вьетнама, с результатами их успешного технологического испытания в ВИМСе была через СЭВ направлена в СРВ и учитывалась в работе вьетнамских геологов.

АПРОБАЦИЯ РАБОТЫ

Результаты работ автора были представлены на Всесоюзных и региональных совещаниях и семинарах: по КВ, бокситам и осадочным рудоносным формациям (Ленинград, 1971, 1990; Ташкент, 1971; Москва, 1974; Кустанай, 1981; Хабаровск, 1983; Савинский, 1985; Челябинск, 1986); по тропическим КВ (Москва, 1982, 1984); по физическим методам исследования осадочных пород (Александров, 1973); в Московском обществе испытателей природы (1984, 1994); X Всесоюзной конференции по минералогии и электронной микроскопии (Ташкент, 1976); ВМО (Звенигород, 1991); Всесоюзном совещании по геохимии изотопов (Киев, 1990; Москва, 1992); на Международных конгрессах ICSOBA (Ницца, 1973; Дубровники, 1975; Таполка, 1986); на 27 МГК (Москва, 1984); I конференции по геологии Индокитая (Хошимин, 1986); XXVIII

сессии МГК (Ленинград, 1989); Международном совещании "Eugoclay" (Дрезден, 1991); Международном вулканологическом конгрессе (Анкара, 1994); II Международном симпозиуме по геологии Средиземноморского региона (Иерусалим, 1995); X и XI Международных совещаниях по россыпям и месторождениям КВ (Москва, 1994; Дубна, 1997); 30 МГК (Пекин, 1996); Международном симпозиуме "Палеоклиматы и эволюция палеогеографических обстановок в геологической истории Земли" (Петрозаводск, 1998). Ряд теоретических положений был освещён в лекциях в Институте наук о Земле и Ханойском университете (Вьетнам, Ханой, 1982, 1984).

По теме диссертации опубликовано более 80 работ, в том числе 6 монографий (одна индивидуальная и пять коллективных). Основные результаты исследований представлены в ведущих отечественных журналах, тематических сборниках, материалах Международных Конгрессов, Совещаний, Симпозиумов.

ОБЪЕМ И СТРУКТУРА РАБОТЫ

Диссертация состоит из введения, 2 частей представленных 7 главами, и заключения; она включает 293 страницы машинописного текста, 77 фигур, 67 таблиц и список литературы из 347 наименований. Работа выполнена в Отделе экзогенных рудных месторождений и Лаборатории геохимии рудообразующих процессов ИГЕМ РАН. Проведению работы способствовал высокий научный потенциал Института, его научных школ и направлений. Одним из основоположников Учения о корях выветривания, является И.И. Гинзбург. Крупнейший вклад в это учение внесён классическими работами профессоров Б.П. Кротова и Д.Г. Сапожникова (бокситы и КВ), А.И. Перельмана (геохимия ландшафтов и КВ), В.П. Петрова (неметаллы и КВ), академиков Ф.В. Чухрова (зона окисления, глины и КВ), Н.А. Шилов (россыпи и КВ), которые упоминаются в подавляющем числе отечественных и многих зарубежных публикаций.

БЛАГОДАРНОСТИ

В процессе многолетних исследований, обработки материала и написании работы автор пользовался ценными советами и поддержкой заведующих лабораторий Д.Г. Сапожникова, Ю.Ю. Бугельского, В.В. Дистлера, сотрудников И.В. Витовской, А.П. Никитиной, А.Д. Слуккина, Б.А. Бо-

гатырёва, В.Н. Дёминой, Ж.В. Домбровской, В.В. Жукова, В.В. Калинина, Ф.А. Киреева, Л.А. Матвеевой, Г.В. Медведева, Н.Б. Сергеева, Г.Р. Капусткина и других, которым он сердечно благодарен. В стенах института автор получил авторитетные советы и замечания от член-корреспондентов РАН Ю.Г. Сафонова, И.Н. Томсона, И.В. Чернышёва; профессоров, докторов геол.-мин. наук В.И. Величкина, А.И. Горшкова, Б.Б. Звягина, В.И. Казанского, В.В. Наседкина, Н.Г. Патык-Кара, А.И. Перельмана, В.П. Петрова, Н.В. Петровской; кандидатов геол.-мин. наук Е.П. Малиновского, К.К. Никитина, Г.О. Пилояна, Н.Д. Самотоина, В.И. Финько, С.С. Чекина и многих других, за что он им искренне признателен. Автор благодарен всем сотрудникам научно-аналитических лабораторий Института за содействие, ценные советы и участие в обработке и анализах его материалов.

Исключительно полезны были рабочие контакты со специалистами из других научных центров и производственных организаций: Г.И. Бушинским, Ю.В. Ваньшиным, В.И. Вялухиным, Р.К. Габитовым, Б.Ф. Горбачёвым, В.В. Гудошниковым, Л.А. Гузовским, В.М. Григорьевым, Н.А. Григорьевым, Е.В. Девяткиным, А.Д. Додатко, А.Е. Додоновым, В.А. Дрицем, В.Ф. Долгополовым, В.П. Егоровым, В.А. Ерошевым-Шаком, Н.Н. Зинчуком, С.Н. Калужной, Л.И. Кисилёвым, А.В. Колосковым, Д.Д. Котельниковым, Б.М. Михайловым, Б.Н. Одокием, Н.И. Орловой, Ф.Г. Пасовой, М.В. Пастуховой, Г.В. Писемским, Ю.П. Поповичем, Р.С. Родиным, И.Ф. Романовичем, А.Д. Савко, В.И. Сиротиним, М.Ф. Соколовой, С.Л. Спириным, В.А. Теняковым, В.Т. Фроловым, Ю.Г. Цеховским, А.Г. Черняховским, М.Г. Эдлиным, Л.К. Яхонтовой. Автор признателен вьетнамским коллегам за всестороннюю помощь и внимание во время работы в СРВ: Ле Ван Чао, Ле Дык Ану, Ле Зуй Батю, Нгуен Дик Зи, Нгуен Нгок Куиню, Нгуен Чонг Иему.

Искреннюю признательность автор выражает своему научному консультанту ведущему научному сотруднику ИГЕМ РАН, доктору геол.-мин. наук Ю.Ю. Бугельскому.

ТЕРМИНОЛОГИЯ

В своей работе автор в основном пользовался определениями и понятиями, принятыми в трудах И.И. Гинзбурга и его школы (Ю.Ю. Бугельского, И.В. Витовской, А.П. Никитиной, К.К. Никитина, А.Д. Слуккина), Г.И. Бушинского, Ю.К. Горецкого, Б.М. Михайлова, В.П. Петрова, Б.Б. Полюнова, Д.Г. Сапожникова, Н.М. Страхова.

Большинство исследователей под КВ понимают особую геологическую формацию, сложенную комплексом горных пород (элювием), сформировавшихся в результате процессов гипергенного метасоматического изменения в континентальных субаэральных условиях и стремящихся под воздействием климатических, биохимических и геолого-структурных факторов к равновесному состоянию в термодинамической обстановке земной поверхности. КВ обычно имеет зональное строение, характеризующееся различной степенью разложения исходных пород и, которое принято называть профилем или разрезом. Характеристика зон и их названия даются по цвету, минеральному и химическому составу, физико-механическим свойствам и другим признакам. В зависимости от степени гипергенного преобразования исходной породы выделяются неполный, полный и сокращённый типы профилей выветривания. КВ полного и сокращённого профиля, содержащие минералы оксидов и гидроксидов железа и алюминия, а также связанные с ними месторождения (и руды) называются латеритными.

В зарубежной литературе глинистые горизонты латеритных КВ состоящие в основном из каолинита и галлуазита называют сапролитом или литомаржем. Сапролит Гавайских островов содержит до 30% гиббсита. Нередко верхние горизонты КВ (или продукты их переотложения) сложены сильно ожелезнёнными породами — кирасой. Достаточно широкое распространение имеют образования, получившие название “жёлтые пряники”. Они представляют собой гиббситизированные оторочки на свежих породах и встречаются в подошве каолиновой зоны КВ, в перекрывающих делювиальных суглинках, на дневной поверхности.

В связи с видом полезного ископаемого различаются бокситоносные, никеленосные, золотоносные, редкометалльные и т.п. и объединяемые общим понятием — рудоносные КВ. Среди бокситовых месторождений, связанных с КВ выделяются, в частности, остаточный (латеритный), полигенный латеритно-осадочный и осадочный — делювиальный и карстовый генетические типы. Бокситоносные породы, в зависимости от химического состава и отношения Al_2O_3/SiO_2 (кремнёвый модуль), подразделяются на бокситы ($Al_2O_3/SiO_2 > 2,6$), аллиты ($Al_2O_3/SiO_2 > 0,87$) и сиаллиты ($Al_2O_3/SiO_2 < 0,87$).

ПОЛОЖЕНИЕ 1

Возраст, закономерности размещения и генетические типы КВ и бокситов Азии определялись историей геологического развития континента (эволюцией климата, рельефа, тектоники, составом материнских пород и длительностью стратиграфических перерывов). Особенности становления территорий Вьетнама и Дальнего Востока России в кайнозое обусловили локальное распространение КВ в пространстве, их многоэтажное распределение в стратиграфических разрезах и латеритный генетический тип, связанных с ними бокситов. Условия развития южной оконечности Урала в мезозое способствовали региональному одноярусному размещению КВ на породах кристаллического фундамента и формированию латеритных, полигенных латеритно-осадочных, осадочных делювиальных и карстовых бокситовых месторождений.

Рассматриваемое положение аргументируется материалами приведенными в первой части диссертационной работы.

ЧАСТЬ 1 || ЗАКОНОМЕРНОСТИ РАЗМЕЩЕНИЯ, ВОЗРАСТ КОР ВЫВЕТРИВАНИЯ И СВЯЗАННЫХ С НИМИ МЕСТОРОЖДЕНИЙ БОКСИТОВ

Глава 1

ГЕОЛОГИЯ СОВРЕМЕННЫХ И ДРЕВНИХ КОР ВЫВЕТРИВАНИЯ И БОКСИТОВ АЗИИ

КВ Вьетнама освещены в работах Гузовского Л.А., Лисициной, Н.А., Лузина Г.П., Одокия Б.Н., Фридланда В.М., Шлыкова В.Г., Якушева В.М., Ярг Л.А., Новикова В.М., Ле Дык Ана, Ле Ван Чао, Нгуен Тьен Тана, Нгуен Нгок Куиня, Нгуена Ван Фо, Фам Ван Ана. В большинстве из них рассмотрены особенности геологического строения открытых в 70-е годы бокситовых месторождений, связанных с КВ плиоцен-

четвертичных базальтов Южного Вьетнама. приводится состав бокситовых руд.

КВ Дальнего Востока России в тех или иных аспектах рассматривались в публикациях Ахметьева М.А., Биджиева Р.И., Боровикова С.И., Буркова В.В., Варнавского В.Г., Ганешина Г.С., Давыдовой Т.Н., Кирикова Д.А., Климовской Т.В., Колбина М.Ф., Коноплево́й В.И., Коренбаума В.С., Короткого А.М., Крашенинникова Г.Ф., Куликовой Г.В., Лебедева Н.А., Ливеровского Ю.А., Лихта Ф.Р., Меркурьевой Г.М., Мигуты А.К., Мирошниковой Л.Д., Михайлова А.В., Михайлова Б.М., Наседкина В.В., Новикова В.М., Овсянникова Н.В., Олейникова А.В., Патык Кара Н.Г., Петрова А.П., Розанова К.В., Романдина А.И., Савченко А.И., Сахно В.Г., Семёнова Е.Ф., Сергеева Н.Н., Сергиенко В.М., Скотаренко В.В., Скларова Р.Я., Соловьёва В.В., Солоненко В.П., Ташилкина В.А., Финько В.И., Чемякова Ю.Ф., Шатского Н.С., Шацкого С.Б., Шевченко В.К. Работы перечисленных авторов касались геологии, возраста, геоморфологического положения, палеоклиматических условий времени формирования КВ и связанных с ними полезных ископаемых (каолинов, вермикулита, минеральных пигментов). Ряд исследователей (Скляр, 1975; Бгатов и др. 1976) выделили на Дальнем Востоке неогеновую бокситоносную формацию. Достоверно латеритные бокситы в КВ третичных базальтов установлены Н.Н. Сергеевым и др. (1985) в Приморье (Зеркальненское рудопроявление). Обобщающая работа по Дальневосточному региону в целом, с рассмотрением закономерностей размещения КВ во времени и пространстве, их детальным минералого-геохимическим изучением, сравнительным анализом с КВ других регионов проведена впервые автором. Основное внимание уделялось кайнозойским КВ, получившим наибольшее развитие в пределах восточных окраин Азии [21, 23, 31, 45 и др.].

КВ и связанные с ними бокситы Вьетнама и Дальнего Востока России имеют много общих черт в закономерностях размещения, строения и вещественного состава, что обусловлено прежде всего сходной геологической позицией этих образований, приуроченностью их к Тихоокеанскому тектоническому поясу Азии. Рассматриваемая территория представляет собой комплекс структурных формирований земной коры как складчатых, так и современных геосинклинальных, расположенных на границе Тихого океана и прилегающих к нему древних платформ континента. (Ле Зуй Бать, 1985; Варнавский, 1985; Нагибина и др., 1983; Парфёнов, 1984; Пушаровский, 1965).

Орогенный с элементами рифтогенеза режим развития регионов, в течение кайнозоя, в целом, не способствовал возник-

новению длительных стратиграфических перерывов. Активный базальтовый вулканизм и параллельно протекающие процессы выветривания и седиментации нередко приводили к формированию мощных вулканогенно-осадочных толщ, разделённых КВ. Рельеф обоих регионов оставался чрезвычайно контрастным. Регионального углового несогласия создано не было и полной пенеппенизации рассматриваемых территорий не произошло (Бу Ты Лап, 1979; Ле Дык Ан, 1985; Герасимов, 1976; Короткий, 1972, 1978; Худяков, Никонова, 1973, 1976). Климат кайнозоя Вьетнама был близким к тропическому, для Дальнего Востока России он менялся (Нгуен Дик Зи, 1988; Ахметьев, 1974; Власов, 1964).

В кайнозойской истории геологического развития Вьетнама Ле Дык Аном (1985) выделяется шесть КВ, пять из которых приходится на неоген — четвертичное время. Наибольшее распространение для Южного Вьетнама получили три КВ, фиксируемые соответствующими поверхностями денудационного выравнивания и К-Аг датировками подстилающих (материнских для КВ) пород — миоценовая, плиоценовая и позднечетвертичная.

Месторождения латеритных бокситов южного Вьетнама приурочены к КВ плиоценовых базальтов и размещены в двух различных физико-географических провинциях — в юго-западной, гористой части страны (провинция плато Тайнгуен), и на восточном побережье (приморская провинция). Сравнительный анализ условий формирования изученных месторождений показывает, что важнейшими рудоконтролирующими факторами в рассматриваемом регионе были климат и рельеф. Все промышленные месторождения приурочены к плато Тайнгуен с количеством осадков 2000–3000 мм/см² год. Приморская провинция с небольшими месторождениями характеризуется иными параметрами — 1500 мм/см² год. В ступенчатом рельефе платобазальтов промышленная значимость месторождений обусловлена гипсометрическими отметками их размещения. Абсолютные высоты локализации крупных месторождений составляют 1100–1300 м — плато Конплонг (Мангден), 800–1000 м — плато Баолок-Зилинь (Баолок), 1000 м — плато Дакнонг (Куаншон). Небольшие месторождения размещаются на более низких геоморфологических уровнях — 400–500 м и ниже — плато (и месторождение) Ванхоа и др. [27, 29]. В структурно-тектоническом отношении промышленные месторождения бокситов тяготеют к морфоструктурным блокам умеренного поднятия (Нгоклин, Ламвиен). В относительно опущенных блоках (Даклак, Восточная Намбо) расположены небольшие бокситопроявления [33].

КВ формирует обширные покровы и по своим морфогенетическим признакам может быть отнесена к площадному типу. Мощность бокситоносного элювия месторождений поднятых и расчлененных плато составляет в среднем 15–20 м, иногда достигает 40 м (Куаншон), для месторождений, расположенных на низких гипсометрических уровнях (Бунар, Ванхоа, Куангнай), редко превышает 15 м. Выделяются два основных генетических типа профилей КВ — сокращенный и неполный. Сокращенный профиль сложен двумя (верхней охристо-гипбситовой и нижней охристо-каолиновой) зонами или одной (охристо-гипбситовой). В неполном профиле развиты охристо-каолиновые продукты выветривания. Сокращенный двухзональный и неполный типы профилей выветривания наблюдаются на всех месторождениях, однако неполный более широко распространен в бокситоносном элювии месторождений низких плато. Однозональный профиль свойственен исключительно КВ высоких плато. Размещение рудных тел определяется морфоскульптурными особенностями рельефа. Основные накопления бокситов связаны с водораздельными участками районов месторождений. В составе продуктов КВ характерно наличие остаточных блоков базальтов по всему профилю. Специфической чертой рудных тел рассматриваемых объектов является их неоднородность. Бокситоносный горизонт КВ, как правило, сложен блоками, гнездами, желваками каменистых бокситов и рыхлой вмещающей массой. В бокситах прекрасно сохраняются текстурно-структурные особенности исходных базальтов. Химический состав латеритных бокситов несколько различен. В среднем отношение Al_2O_3/SiO_2 для бокситов крупных месторождений (Куаншон, Баолок и др.) варьирует от 7 до 10, для небольших объектов (Бунар, Куангнай) колеблется около 4. Таким образом, бокситы месторождений высоких плато более высококачественные.

Автором, впервые для Вьетнама, латеритные бокситы установлены в КВ гранитов. Палеогеоморфологический анализ особенностей размещения выявленных руд позволяет говорить о новом для Вьетнама возрастном (миоценовом) уровне бокситообразования [30]. В работе также приводится описание КВ четвертичных базальтов Вьетнама и, в качестве сравнения — КВ базальтов Сирии и современной тропической зоны Земли.

На Дальнем Востоке России в стратиграфических разрезах кайнозойских отложений отмечается пять разновозрастных КВ — две в палеогене и три в неогене. Латеритные КВ связаны с базальтами. В одних случаях породы верхней зоны КВ

по своему составу являются бокситами (Зеркальненское рудопроявление), в других — отвечают аллитным железным рудам и рассматриваются в качестве природных минеральных пигментов (Переяславское, Свягинское месторождения) [22, 56].

Рудопроявление бокситов расположено на восточном склоне Сихотэ-Алиня, на левобережье р. Зеркальной. Оно приурочено к северо-западному обрамлению Тадушинской депрессии, сложенной мощной толщей континентальных угленосных отложений, представленных здесь светлинской (P_{2-3svt}) и возновской ($P_3-N_1^2vz$) свитами. Латеритные бокситы связаны с КВ базальтов светлинской свиты. Возраст бокситоносной КВ может быть определен как эоценовый на основании соотношения К-Аг датирования материнских базальтов и возраста перекрывающих элювий отложений ($P_3-N_1^2vz < KB < 51,4$ млн. лет). КВ сложена двумя зонами сверху вниз — охристо-каолини-гипбситовой (латеритными бокситами) и галлуазит-каолиновой с примесью монтмориллонита в нижней части зоны. Мощность КВ около 15 м. Бокситы — каменистые породы, локализируются в привершинной части эрозионно-тектонической возвышенности с абсолютными отметками 300 м. Они образуют плащеобразную залежь мощностью 1,5–2 м и занимающую площадь около 0,3 км². В бокситах сохраняются реликтовые текстурно-структурные особенности материнских базальтов. По своему химическому составу они являются низкокачественными рудами (Al_2O_3/SiO_2 не превышает 3,2). Обнаружение латеритных бокситов в Приморье позволяет утверждать, что по крайней мере в эоцене климатические, геоморфологические и структурно-тектонические условия здесь благоприятствовали развитию бокситоносных КВ.

Месторождения минеральных пигментов Дальнего Востока своим происхождением обязаны исключительно КВ. Минеральными красителями являются существенно охристые (с содержанием Fe_2O_3 в среднем около 20–25 иногда до 50% и выше), глинистые породы верхних зон КВ базальтов и продукты их переотложения. Большинство месторождений имеют неогеновый возраст. В работе приводятся генетическая классификация месторождений и результаты исследования вещественного состава и технологических испытаний природных красок.

Изучение палеогеновой КВ гранитов и продуктов её переотложения Павловского бурогоугольного месторождения, показало, что они могут представлять интерес для керамической и фарфоровой промышленности. Мощность остаточных каолинов КВ, вскрытая в бортах карьеров превышает 20 м, каолиноносных подугольных глин и надугольных песчано-глинистых

отложений соответственно — 5 и 40–50 м. Месторождение рекомендуется рассматривать как комплексное (уголь, каолины, кварц-полевошпатовые пески).

Закономерности размещения древних КВ и связанных с ними бокситовых месторождений южной оконечности Урала наиболее детально рассмотрены в работах П.Л. Безрукова и А.Л. Яншина (1937), Л.А. Гузовского (1971), Е.С. Гуткина, Р.Я. Березницкой (1970), В.А. Гуцаки, В.В. Гудошников (1969), В.П. Егорова, В.М. Новикова (1973, 1974) Л.И. Киселева (1963), Л.И. Киселёва, Р.К. Габитова, В.В. Киселёвой, Ю.П. Поповича (1974), Б.А. Тюрина (1971). Вопросам возраста осадочных бокситоносных образований, тектоники, геоморфологии, палеогеографии и климата эпох бокситообразования посвящены работы В.А. Вахрамеева (1957), З.К. Пономаренко (1966), Л.И. Киселёва, З.К. Пономаренко (1988), Е.Д. Тапалова (1995), В.С. Шуб, Я.Л. Шуб (1984), Б.М. Михайлова (1998). Генетические типы бокситовых месторождений, особенности минерального состава, текстурно-структурных особенностей руд охарактеризованы в работах автора [2, 5, 8, 9, 14–17, 20].

Происхождение бокситовых месторождений южной оконечности Урала связано с платформенной стадией развития региона. В мезозое он представлял собой приморскую возвышенную выровненную страну (пенеплен) с тропическим переменновлажным климатом в позднем триасе и раннем мелу. Устанавливается два морфогенетических типа древних бокситоносных КВ — линейный и площадной. Они регионально распространены, приурочены к породам нижнего структурного этажа Южного Урала и не известны внутри осадочной части платформенного чехла.

Уникальными являются линейные бокситоносные и совмещённые с ними никеленосные КВ Кемпирсайского ультраосновного массива. Они развиты в зонах дробления толщ палеозойского фундамента, приуроченных к контактам пород основного состава (габбро, габбро-амфиболитов, анортозитов) с серпентинитами массива. В плане КВ выражены вытянутыми вдоль контактов покровами, а в вертикальном разрезе образуют карманы с максимальной глубиной до 60 м. Полный профиль КВ габбро сложен тремя минеральными зонами (сверху вниз) — охристо-каолинит-гиббситовой, охристо-каолинитовой и гидрохлорит-монтмориллонитовой. Остаточные бокситы слагают многоэтажные гнездообразные залежи в верхней зоне профиля. Латеритным бокситам по габбро в элювиальном профиле гипербазитов массива отвечают легированные железные руды, а нижележащим зонам —

соответственно керолитовая и нонтронитовая с силикатными никелевыми рудами.

Площадные КВ выдержанной мощности в среднем около 35–40 м. развиты на различных породах кристаллического фундамента. Приуроченные к ним бокситовые месторождения представлены полигенным латеритно-осадочным и осадочным делювиальным и карстовым генетическими типами. Полигенные месторождения (Актогайское и др.) сложены залежами остаточных и осадочных бокситовых руд. Остаточные бокситы формируют маломощные (первые метры) покровы в КВ, осадочные — пластообразные и линзообразные залежи в рыхлых перекрывающих отложениях. Делювиальные (Соркульское) и карстовые (Талдык-Ащесайское) бокситовые месторождения приурочены к нижней части осадочного платформенного чехла и связаны с фациями делювиально-пролювиальных и озёрно-болотных отложений. Латеритные бокситы изученной территории обязаны своим происхождением КВ габбро, диабазов, туфов. Строение КВ этих пород аналогично полному зональному профилю выветривания габброидов Кемпирсайского массива. На породах гранитного ряда остаточные руды не образовывались. В условиях всхолмленного (с относительными превышениями до 200 м.) рельефа, рудные тела остаточных бокситов локализируются в пределах водораздельных площадей. Особенности распространения залежей осадочных бокситов обусловлены размещением рудоносного элювия, являющегося для них источником вещества и в рельефе контролируются склонами и впадинами дорудного рельефа. Для формирования карстовых бокситов также обязательно наличие в палеозойском фундаменте карбонатных пород. Структуры бокситов псевдоморфные, обломочные, бобово-обломочные и бобовые. Возраст месторождений — поздне триасовый и раннемеловой. Различные по условиям формирования бокситовые месторождения южной оконечности Урала образуют единый ряд, аналогичный сводному генетическому ряду, выделенному Д.Г. Сапожниковым (1974, 1978) для бокситовых месторождений платформенных областей СССР в целом.

В работе с целью более полного познания закономерностей размещения и условий формирования разновозрастных КВ в областях с платформенным режимом развития, кратко рассмотрена мел-палеогеновая КВ Нижнеканского массива Сибири.

Закономерности размещения, возраст и генетические типы КВ и связанных с ними месторождений полезных ископаемых изученных регионов Азии отражены в табл. 1.

Размещение кор выветривания, во времени и пространстве		Палеогеографические и палеоклиматические условия		Рельеф, время становления абс. отметки размещения кор выветривания, м			
Мезозойские КВ Мугоджары, Орское Зауралье	Кайнозойские КВ Дальний Восток России Вьетнам	Морские окраины современной и древней Азии	Климат	Устойчивый. Тропический, влажный: N_1-Q	Положительные формы рельефа, водораздельные пространства	Ярусный рельеф, развитие плато-базальтов	N_2^2-Q $P_2^3-N_2^1$ (100-1300)
				Переменный. Тропический, влажный: P_1-P_2			$N_1^2-N_2$ K_2-P_1 (50-900)
Переменный. Тропический, влажный: K_{1-2} T_3-I_{1-2}	Пенеплен			T_3 (180-460)			

Структурно-тектоническая приуроченность	Стратиграфический контроль	Материнские породы	Кора выветривания и бокситы			
			Распространение. Морфогенетический тип. Профиль КВ. Мощность, м	Вторичные изменения	Генетический тип бокситов. Примеры месторождений КВ	
Орогенный режим Азиатская часть Тихоокеанского тектонического пояса. Окраины срединных массивов. Области мезозойской складчатости. Восточно-Азиатский вулканический пояс	Кратковременные стратиграфические перерывы. Многоэтажное размещение КВ.	Базальты, граниты	Локальное	Площадной. Со-кращенный 2-х зональный (10-20)	Мало распространены (гидротермальные, экзогенные)	Латеритные бокситы (Бао-лок, Ванхоа и др.) Каолины (Далат)
						Латеритные бокситы (Зеркаль-ненское) Каолины (Павловское). Минеральные пигменты (Федосьевское и др.)
Платформенный режим Уральская складчатая система. Сочленение крупных структурно-фац. зон, контролир. глуб. разломами	Длительный стратигр. перерыв: T_3-K_1 . Структурное несогласие. КВ на породах нижн. структурного этажа.	Габбро, диабазы, т. уфы осн. состава, серпентиниты, граниты	Региональное	Площадной, линейный. Полный 3-х зональный (35-60)	Широко распространены (экзогенные).	Латеритные, латеритно-осадочные, осадочные делювиальные и карстовые бокситы (Актогайское и др.), Со-Ni руды. (Кемпирсайские)

ПОЛОЖЕНИЕ 2

С помощью разработанного автором метода изучены геохронология, время и скорость формирования кайнозойских КВ Азии. Получены первые данные по самой молодой КВ (0,44 млн. л.). Геохронологические исследования и гидрогеохимические расчёты показали, что в среднем бокситоносные КВ развивались со скоростью 3–4 метра за один миллион лет. Датированные КВ рассматриваются в качестве маркирующих горизонтов при стратиграфических построениях а их минеральные типы — как временные реперы и индикаторы определённых климатических условий.

Второе защищаемое положение обосновывается результатами исследований, изложенными во 2-й главе диссертации.

Глава 2

ГЕОХРОНОЛОГИЯ, ВРЕМЯ И СКОРОСТЬ ФОРМИРОВАНИЯ КАЙНОЗОЙСКИХ КОР ВЫВЕТРИВАНИЯ АЗИИ

В учении о КВ проблема их возраста остаётся наименее изученной. Ида Валетон (1974) среди нерешённых проблем бокситообразования первой называет возраст месторождений бокситов, развитых на изверженных породах. С вопросом возраста КВ тесно связана задача выяснения длительности и скорости процессов химического выветривания. В качестве основных критериев определения этих параметров привлекаются стратиграфические, геоморфологические и гидрогеохимические данные. Важное значение имеют замеры выветрелых оторочек на исторически датированных вулканических лавах, памятниках культуры и архитектуры. Вопросы возраста и скорости формирования КВ затрагиваются в работах С.Т. Акаёмова и др. (1975), Ю.Ю. Бугельского (1979), Н.А. Лисициной (1973), Б.М. Михайлова (1964, 1976), В.П. Петрова (1967), А.Д. Савко (1969), Ю.П. Селивёрстова (1983), А.Г. Черняховского (1994), Aleva (1981), Bardossy (1983), Berner, Cochran, 1998 и многих других. Подавляющее большинство исследователей считает что время формирования месторождений латеритных бокситов составляет первые млн. — первые десятки млн. лет. В изотопной геохронологии геологических событий вопросы возраста (и скорости формирования) КВ практически не изучены.

Идеальным объектом для возрастных определений являются КВ, связанные с областями многоэтапного кайнозойского базальтового вулканизма Азии (Дальний Восток России, Вьетнам, Сирия) [42, 58, 70 и др.]. Автором предложен метод, позволяющий подойти к раскрытию следующих вопросов: 1. Изучить геохронологию КВ и проследить их эволюцию в значительном (до 50–60 млн. л., Дальний Восток России) временном интервале. 2. Выяснить в абсолютном выражении время и скорость формирования элювиальных толщ. 3. Рассмотреть КВ в качестве датированных маркирующих горизонтов при геоморфологических и стратиграфических построениях. 4. Использовать датированные КВ и их минеральные типы как временные реперы и индикаторы определённых климатических условий. Суть метод определения возраста КВ состоит в К-Аг датировании вмещающих пород, а именно базальтов [46, 55]. Представляется, что базальты, попадая на дневную поверхность сразу же подвергаются процессам выветривания и, следовательно, их возраст фиксирует начало формирования КВ. При определении верхней возрастной границы наиболее информативными являются внутривулканические (межбазальтовые) КВ. Время их формирования рассчитывается по разнице возрастных датировок подстилающих и перекрывающих базальтов [48, 57]. К-Аг определения проводились в Лаборатории изотопной геохронологии ИГЕМ РАН (аналитики Иваненко В.В., Карпенко М.И.) Разрешающая способность метода составляет в среднем 0,35 млн. лет. Результаты определения возраста КВ с помощью изотопных измерений, сравнивались с данными гидрогеохимических расчётов (табл. 2, 3).

Таблица 2
Геохронология кайнозойских кор выветривания Азии

№ обр.	Местонахождение	К-Аг возраст базальтов, млн. л.	Возраст КВ, млн. л.
<i>Южный Вьетнам</i>			
82023	Суанлок	0,44 ± 0,07	КВ ₁ = 0,44
82037	Баолок	7,9 ± 0,5	КВ ₂ = 7,9
<i>Западная Сирия</i>			
128-1	Эйн Кут	4,76 ± 0,17	
128-2	—	5,23 ± 0,15	4,76 < КВ ₁ < 5,23
813-3	Хама	6,3 ± 0,4	
813-1	—	9,7 ± 0,7	6,3 < КВ ₂ < 9,7
9008/3	Мен Кат	20,4 ± 0,5	
9008/1	—	20,9 ± 0,5	20,4 < КВ ₃ < 20,9

№ обр.	Местонахождение	K-Ar возраст базальтов, млн. л.	Возраст КВ, млн. л.
<i>Дальний Восток России</i>			
93025	Советская Гавань	4,5 ± 0,4	Q ₁ < КВ ₁ < 4,5
86052	Р. Хойдур	6,6 ± 2,0	
86058	—	10,5 ± 1,0	6,6 < КВ ₂ < 10,5
93011	Советская Гавань	15,4 ± 0,5	
93012	—	16,3 ± 0,4	15,4 < КВ ₃ < 16,3
78034	Белая Гора	31,4 ± 1,6	
78028	—	36,9 ± 1,6	31,4 < КВ ₄ < 36,9
88078	Краскино	41,0 ± 3,0	
88075	—	57,0 ± 3,0	41,0 < КВ ₅ < 57,0

Таблица 3

Возраст, время и скорость формирования кор выветривания Вьетнама по K-Ar и гидрогеохимическим данным

Местонахождение	Возраст КВ, млн. л.		Мощность, м	T	V
	Абсолютный	Гидрогеохимический			
Суанлок	0,44 ± 0,07	0,47	2	0,23	4,3
Ванхоа <i>N₂</i>	5,0 ± 0,13	4,9	15	0,33	3,1
Куаншон	6,3 ± 0,3	5,9	25	0,25-0,24	4,0-4,2
Баолок <i>N₁</i>	7,9 ± 0,5	5,3	19	0,42-0,28	2,4-3,6

Примечание. T — время формирования 1 м коры выветривания в млн. лет; V — скорость формирования коры выветривания м/млн. лет

Во Вьетнаме изучено 4 опорных разреза базальтов и развитого на них элювия. Выделяется два геохронологических уровня КВ. КВ₁ является практически современным образованием. Возраст её всего 0,44 млн. лет. Она характеризуется однозональным гиббсит-галлуазитовым профилем и небольшой (первые метры) мощностью. КВ₂ имеет возраст 5-7,9 млн. лет. С ней связана промышленная бокситоносность региона.

В Сирии изучено 8 разрезов слоистых базальтовых толщ, включающих внутрипокровные КВ [57]. Установлено три возрастных интервала КВ₁₋₃: раннеплиоценовый (4,76-6,2, позднемиоценовый (6,3-9,7) и раннемиоценовый (20,4-20,9 млн. л.). КВ₁ имеет гиббсит-галлуазитовый состав, КВ_{2,3} — монтмориллонитовый.

На Дальнем Востоке России геохронология КВ базальтов прослежена для последних 60 млн. лет на примере 16 опорных

разрезов разновозрастных базальтовых толщ, характеризующихся тем или иным минералого-генетическим типом развитого на них элювия [47, 60]. КВ рассмотренных разрезов локализируются на поверхности эффузивных покровов, внутри них (межбазальтовые КВ), под покровами базальтов на породах подстилающего фундамента. Всего проанализировано 29 проб. Устанавливается пять геохронологических уровней развития КВ.

КВ₁ является наиболее молодой на рассматриваемой территории. Она изучена в пределах Совгаванского платобазальтов. Нижняя её возрастная граница определяется в 4,5 млн. лет, верхняя, очевидно, временем наступления четвертичного периода, с которым связывается региональное похолодание. КВ представлена неполным монтмориллонитовым профилем мощностью до 10 м.

КВ₂ имеет нижнюю границу около 7-11 (преобладают датировки 7-8) млн. лет. Она устанавливается практически для всего региона. Как правило, КВ₂ развита на дневной поверхности и только в двух случаях её верхний возрастной предел ограничен датировками перекрывающих базальтов в 4,5 (Советская Гавань) и 6,6 (р. Хойдур) млн. лет. Элювий имеет мощность 7-12 м и сложен монтмориллонитовыми породами на севере региона, и каолиновыми и гиббсит-каолиновыми в его южной части.

КВ₃ характеризуется временным интервалом формирования 12,0 (15,4)-15,4 (16,3) млн. лет и зафиксирована в двух точках рассматриваемого региона — на Совгаванском платобазальтов в Хабаровском крае и мысе Поворотном на юге Приморья. В первом случае элювий имеет мощность 8 м, во втором 1-2 м. В обоих случаях устанавливается монтмориллонитовый состав продуктов выветривания.

КВ₄ может быть ограничена временными интервалами 31,4-41,5 млн. лет (Белая гора, Архангельское, Краскино). Мощность КВ₄ не превышает 10 м. Она сложена монтмориллонитовым и каолинит — монтмориллонитовым элювием.

КВ₅ наиболее древняя в изученных стратиграфических разрезах. Абсолютный возраст материнских пород 51-60 млн. лет (Средне-Амурская (Варнавский, 1971), Краскинская и Зеркальская впадины). Верхняя возрастная граница этой КВ ограничена 41 млн. лет (Краскино). Мощность КВ достигает 15-20 м. и более. Она имеет зональное строение. В Приморье её верхняя зона может быть сложена латеритными бокситами. Таким образом, в изученных разрезах вулканогенных толщ Дальнего Востока России устанавливается пять геохронологических уровней развития КВ. Эти КВ прослеживаются в сводных разрезах северной и южной частей рассма-

триваемого региона. Они имеют неодинаковые мощности и строение профиля и могут содержать различные полезные ископаемые (бентониты — $KB_{1,3,4}$, минеральные пигменты — KB_2 , каолины и бокситы — KB_5).

KB базальтов современных тропических областей Земли являются весьма благоприятным объектом для гидрохимических расчётов времени и скорости формирования элювиальных толщ. Это связано прежде всего с их молодым возрастом и стабильностью климатических условий, обуславливающих процессы выветривания по сей день. Рассматриваемые параметры определяются в результате оценки времени выноса из KB SiO_2 на основе расчётов разницы его объёмов в исходной породе и продуктах выветривания, данных по подземному стоку и концентрации кремнезёма в дренирующих водах (Бугельский, 1979).

Для Вьетнама в качестве природных моделей выбраны конкретные элювиальные разрезы первого и второго геохронологических уровней (KB_1 — Суанлок, KB_2 — Ванхоа, Баолок, Куаншон). Дополнительно была рассчитана скорость формирования бокситовой оторочки на базальте ("жёлтый пряник"), отобранной из позднечетвертичных делювиальных отложений, венчающей стратиграфический разрез месторождения Баолок. Рассмотренные объекты характеризуются различными гипсометрическими отметками размещения и количеством выпадающих осадков (а, следовательно, неодинаковым подземным стоком), разными мощностями продуктов выветривания и разными объёмами вынесенного из элювия кремнезёма. Для сравнения подобные же расчёты с использованием литературных данных (Darlymple, 1985; Patterson, 1971) были проведены для чрезвычайно сходного с вьетнамскими — бокситового месторождения о. Кауаи Гавайских островов.

Гидрогеохимические расчёты времени (и скорости) формирования бокситоносного элювия базальтов на рассмотренных объектах оказались хорошо сопоставимы с $K-Ag$ данными. Это касается прежде всего KB_1 базальтового плато Суанлок — время формирования элювия мощностью 2 м, вычисленное двумя различными методами, оказалось практически одинаковым (0,47 и 0,44 млн. лет). Гидрогеохимические расчёты времени развития бокситовой оторочки "жёлтого пряника" (15 см в течение 0,05 млн. лет), также не противоречат близкому к современному возрасту включающих его почвенных суглинков. Для KB второго возрастного интервала расчётные и абсолютные данные практически совпали для Ванхоа (4,9 и 5 млн. лет). Относительно небольшое отклонение отмечается для месторождения Куаншон (соответственно 5,9 и 6,4 млн. лет). Более существенны эти различия для месторождения Баолок (5,3 и

7,9 млн. лет). Рассчитанное по гидрогеохимическим данным время формирования бокситоносной KB о. Кауаи (2,6 млн. лет) оказалось близким возрасту материнских базальтов серии Koloa (2,8 млн. лет) по $K-Ag$ датировкам.

Таким образом, геохронологические и гидрогеохимические исследования показали, что для изученных месторождений на формирование одного метра бокситоносного элювия требовалось время продолжительностью в первые сотни тысяч лет, или иначе — KB развивалась со скоростью 3–4 м. за 1 млн. лет.

Датируемые KB образуют протяженные горизонты при становлении поверхностей денудационного выравнивания, фиксируют границы разновозрастных свит, маркируют перерывы в циклическом развитии кайнозойского вулканизма. KB являются индикаторами климатических оптимумов в геологической истории Земли. [63, 69, 72]. Главными корреляционными критериями KB при сравнении разобщенных стратиграфических разрезов должны являться состав, строение и мощность ископаемого элювиального покрова. Полученные автором возрастные датировки KB совпадают с границами разновозрастных вулканогенно-осадочных свит Сихотэ-Алиньского вулканического пояса выделяемых А.В. Олейниковым (1989) и др. При этом различным стратиграфическим перерывам могут соответствовать свои минеральные типы KB . Охристо — каолиновая KB с возрастом 7–11 млн. лет в Сихотэ-Алиньском вулканическом поясе разграничивает кизинскую и совгаванскую свиты. Подобные KB получили региональное распространение на большинстве платобазальтов Восточной и Передней Азии, маркируя в этих регионах окончание миоценового вулканизма [69].

Известно, что различные минеральные типы KB являются показателями параметров палеоклиматов в геологической истории Земли (Страхов, 1962, Сеницын, 1976). Смена минеральных типов KB (или их отсутствие) в стратиграфическом разрезе отвечает изменениям климата во времени. Проведённые исследования позволили проследить эволюцию палеоклимата за последние 8 млн. лет — для Вьетнама, 20 млн. лет — для Сирии и 60 млн. лет — для Дальнего Востока России. Распределение различных минеральных типов датируемых разновозрастных KB в стратиграфических разрезах Хабаровского края и Приморья соответствует проявлению климатических оптимумов (каолинит, гиббсит) в эоцене (около 50 млн. лет) и в среднем — позднем миоцене (11–7 млн. лет — для южной части территории) и пессимумов (монтмориллонит, отсутствие KB) на границе эоцена — олигоцена (40–36 млн. л.) и олигоцена — миоцена (20 млн. лет).

Геохронологические датировки возраста межбазальтовых КВ в сочетании с гидрогеохимическими данными позволяют получить конкретные представления о влажности климата на время их формирования. Предложенная нами методика и расчёты, проведённые на примере палеогеновой монтмориллонитовой КВ Нижнего Приамурья, изложены в специальной публикации [48]. Результаты исследований показывают, что количество осадков здесь в течении 31–37 млн. лет назад могло составлять 220–440 мм/см² в год. Полученные данные хорошо согласуются со сведениями об аридизации климата Дальневосточного региона в конце эоцена — начале олигоцена а также с существующими представлениями о климатических параметрах собственных областям формирования монтмориллонитового элювия (Singer, 1966, 1978; Чухров, 1968).

Реконструкция палеоклиматов кайнозоя Дальнего Востока с помощью минералов — индикаторов разновозрастных КВ дополняет известные представления в этой области знаний, полученные по альтернативным признакам (Аблаев и др., 1977; Ахметьев, 1986; Власов, 1964; Павлюткин, Петренко, 1994; Рыбалко и др., 1980; Фрадкина, Лаухин, 1995). Вместе с тем, абсолютное датирование КВ позволяет детализировать “качественный” характер палеоклиматических кривых, особенно на границах перемены климата. Остаточный генезис КВ повышает их информативность по сравнению с биогенными компонентами, испытывшими по мере захоронения перемещение.

ПОЛОЖЕНИЕ 3

Прослежены роль и место основных рудоконтролирующих факторов, определяющих закономерности размещения КВ и бокситов Азии в пространстве и времени. Предложен и обоснован их иерархический ряд: климат—рельеф—структурно-тектоническая приуроченность—петрографический контроль—время. Сочетание всех перечисленных условий обязательно для формирования рудоносных КВ, однако их значимость различна и определяется положением каждого фактора в указанном ряду.

Это защищаемое положение обосновывается в третьей главе работы, суммирующей фактический материал первых двух глав и известные научные представления в данной области геологических знаний.

РОЛЬ И МЕСТО ОСНОВНЫХ РУДОКОНТРОЛИРУЮЩИХ ФАКТОРОВ В СТАНОВЛЕНИИ МЕСТОРОЖДЕНИЙ КОР ВЫВЕТРИВАНИЯ

Закономерности размещения месторождений связанных с КВ, рассматриваются в работах многих отечественных и зарубежных исследователей: С.Т. Акаёмова, В.А. Тенякова (1972), Б.А. Богатырёва (1999), Ю.Ю. Бугельского (1979), А.Д. Додатко (1976), Н.Н. Зинчука (1994), Ю.Е. Кустова, И.Ф. Романовича (1998), Б.М. Михайлова (1978), А.П. Никитиной (1968), В.П. Петрова (1967), Р.С. Родина (1988), А.Д. Савко (1984), Д.Г. Сапожникова (1978), Ю.П. Селивёрстова (1983), В.И. Сиротина (1988), А.Д. Слукина (1991), Н.М. Страхова (1962), А.Г. Черняховского (1994), Brukner (1957), Bardossi, Aleva (1990), Melfi (1997).

В числе основных факторов, контролирующих формирование рудоносных КВ, большинство исследователей называют климат, структурно-тектонические и геоморфологические условия локализации, стратиграфический и петрографический контроль. Именно сочетание этих факторов и их интенсивность определяют образование месторождений полезных ископаемых связанных с КВ и их масштабность. [7, 19, 28, 34, 40, 41, 43, 52, 59]. Очевидно также, что значимость каждого условия в становлении месторождений КВ не одинакова. В этой связи они подразделяются на глобальные и региональные, однако в распределении различных факторов по указанным группам нет единого мнения. Распознать приоритетность перечисленных причин и расставить их в определённый иерархический ряд в сложном взаимосвязанном круговороте эндогенных и экзогенных процессов далеко не просто. Сравнительный анализ закономерностей размещения современных и древних КВ и бокситов Азии, позволил установить черты сходства и различия основных рудоконтролирующих факторов и рассмотреть возможность их иерархического соотношения (см. табл. 1).

В выяснении соподчинённости рудоконтролирующих факторов определяющую роль может играть стратиграфический контроль или фактор времени, которое можно представить как некую координату длительности процессов выветривания (Докучаев, 1954; Черняховский, 1994). Если отрезок времени необходимый для формирования того или иного генетического типа КВ, “конформного” существующим на момент его появления природным условиям, соизмерим с периодом стабильности (неизменности) рудоконтролирующих факторов, то их

можно расставить в определённый иерархический ряд. Попробуем решить поставленную задачу на примере латеритного выветривания базальтов. В качестве "точки отсчёта" примем время их извержения на дневную поверхность. Именно с этого момента на излившиеся породы одновременно начинают воздействовать все агенты выветривания.

Рассмотрим влияние климата на формирование КВ на протяжении последних 7–10 млн. лет в пределах восточной окраины Азиатского континента. При прочих близких условиях (ярусный рельеф, орогенный режим развития, одни породы–базальты) климат отдельных её территорий существенно отличался. По данным А.Н. Балуховского, Л.В. Криштофовича и др. (1967), В.М. Синицина (1976, 1980), на Дальнем Востоке России в позднем кайнозое существовало две физико-географические провинции — северная Восточно-Сибирская с умеренным климатом и южная — Дальневосточная с тёплыми субтропическими условиями. Нами установлено, что в пределах этих палеопровинций на базальтах формировались различные минералогическо-генетические типы КВ, сменяющие друг друга в меридиональном направлении [25]. В северной части территории (от широты г. Хабаровска) развита КВ неполного монтмориллонитового, в южной (Приморье) — неполного каолинитового и сокращённого гиббсит-каолинитового профилей выветривания. (рис. 1). В этот же отрезок времени во Вьетнаме в условиях тропического климата на базальтах развивался сокращённый охристо-гиббситовый профиль выветривания. Факт зависимости интенсивности процессов выветривания от количества выпадающих осадков отчётливо прослеживается по поведению кремнезёма в КВ для районов с различными климатическими параметрами (рис. 2).

Проведённые исследования соответствуют известным представлениям развиваемым, в частности, академиком Н.М. Страховым (1963) о том, что КВ формирующаяся одновременно в нескольких климатических поясах, характеризуется определённой зональностью, выраженной географически в пространственном размещении её минеральных типов. С климатом современных (Вьетнам) и древних (Урал) морских окраин континентов, расположенных в тропической зоне Земли, исследователи связывают приуроченность к ним рудных гипергенных провинций. Из сказанного вытекает, что при прочих равных соотношениях других контролирующих факторов только климат определяет минералогическо-генетический тип и рудоносность КВ. Следовательно именно климату должна принадлежать главная роль в их иерархическом ряду.

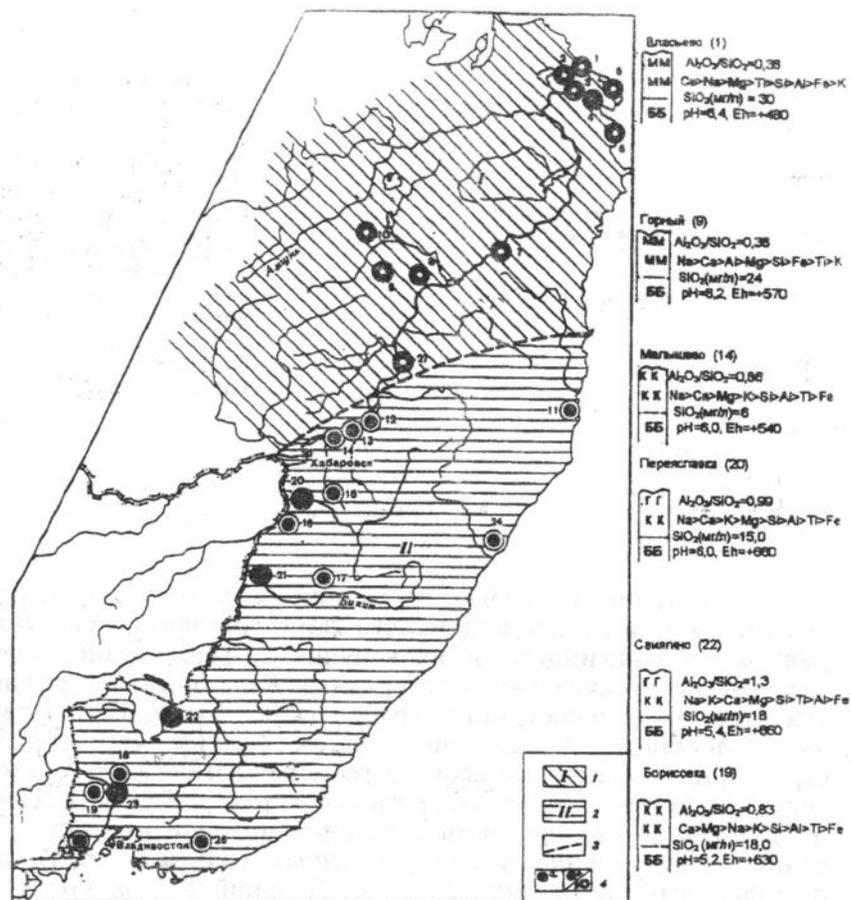


Рис. 1. Схема размещения и некоторые геохимические параметры генетических типов неогеновой коры выветривания базальтов в различных палеогеографических провинциях Дальнего Востока.

1, 2 — физико-географические провинции: I — Восточно-Сибирская, II — Дальневосточная; 3 — граница провинций; 4 — генетические типы профилей КВ базальтов (Б): а — сокращённый гиббсит — каолинитовый (Г-к), б — неполный каолинитовый (к), в — неполный монтмориллонитовый (м); 1–27 — проявления КВ: 1 — Власьево, 2 — Чля, 3 — Архангельское, 4 — Николаевск-на-Амуре, 5 — Джорэ, 6 — Тнейвах, 7 — Новоильновка, 8 — Силинка, 9 — Горный, 10 — Лянчли, 11 — Советская Гавань, 12 — Синда, 13 — Сарапульское, 14 — Малышево, 15 — Обор, 16 — Вяземский, 17 — Тахало, 18 — Осиновка, 19 — Борисовка, 20 — Переяславка, 21 — Бикин, 22 — Свягино, 23 — Барановский, 24 — р. Жёлтая, 25 — р. Малютинка, 26 — р. Партизанская, 27 — р. Хойдур

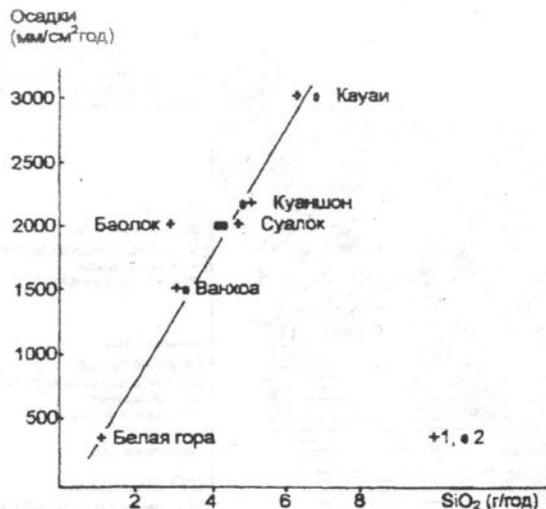


Рис. 2. Зависимость выноса SiO₂ из бокситоносной (Ванхоа, Баюлок, Суалок, Куаншон — Вьетнам; Кауаи — Гавайские острова) и монтмориллонитовой (Белая Гора — Дальний Восток России) коры выветривания от количества годовых осадков. Рассчитано с использованием K-Ag (1) и гидрогеохимических (2) данных, для Кауаи по Darlymple (1985) и Patterson (1971)

Соотношение рельефа, тектоники, стратиграфического (временного) и петрографического факторов должно рассматриваться в зависимости от их влияния на размещение минерало-генетических типов латеритных КВ в пределах развития древних и современных тропических поясов. Попробуем выяснить приоритетность одного из двух тесно взаимосвязанных структурно — тектонического и геоморфологического факторов. КВ и бокситы изученных регионов характеризуются весьма различными тектоническими условиями времени их формирования — от спокойных платформенных (Южный Урал), до нестабильных орогенных (Вьетнам, Дальний Восток России). В геоморфологическом отношении первому режиму соответствовал пенеплен, второму — ярусный рельеф с широким развитием платобазальтов.

Рассмотрение данной задачи на примере истории геологического развития Южного Урала показывает, что сформированный в раннем мезозое пенеплен определил на всё дальнейшее время генеральный план эволюции рельефа этой складчатой страны (Хабаров, 1935; Сигов, Шуб, 1972; Горелов, Тимофеев, 1998). Последующие процессы, в частности тектонические, внесли сравнительно небольшие изменения в облик рельефа, поэтому вся послепермская геоморфологическая история Урала представляет преобразование рельефа, основные контуры которого уже существенно не менялись. Мезозойская КВ уральского пенеплена повсеместно прослеживается на об-

ширных площадях этого региона. Размещение её генетических типов определялось характером дорудного рельефа и составом материнских пород. Латеритные бокситы формировались в пределах водораздельных возвышенностей на породах основного состава. (рис. 3).

Совершенно иная картина эволюции тектоники и рельефа свойственна Вьетнаму и Дальнему Востоку России в кайнозое, что обуславливалось прежде всего динамичным состоянием окраин континента. В этой связи, на примере Вьетнама на обозримом с геологической точки зрения отрезке времени (5–8 млн. лет) можно проследить соотношение рассматриваемых явлений и выяснить их приоритетность в становлении бокситоносных КВ. Контролирующая роль тектонического фактора проявляется через изливание базальтов, а также направленность и скорость вертикальных колебательных движений. Все промышленные месторождения бокситов Вьетнама связаны с испытываемыми поднятия морфоструктурами. Скорость вздымания областей бокситообразования Южного Вьетнама составляет 0,5–1 см в 100 лет [42]. Неотектонический режим подчёркивается “висячими” долинами рек и многочисленными водопадами. В пределах морфоструктур “погружения” выветривание протекает значительно медленнее с формированием на сегодняшний день небольших бокситопроявлений. Однако отрицательные движения не всегда дисконформны развитию бокситоносных КВ. Латеритное бокситообразование Гавайских островов протекает на фоне погружения поверхности со скоростью около 0,5 см в 100 лет, что по мнению Б.А. Богатырёва и А.П. Никитиной (1988) способствует их сохранности. Из сказанного следует, что в регионах с орогенным режимом развития латеритные КВ в условиях тропического климата формируются не-зависимо от “знака” тектонических движений. Вместе с тем, здесь также как и для платформенных областей, условия локализации различных минерало-генетических типов КВ определяются морфоскульптурными элементами рельефа (в, частности, размещение латеритных бокситов контролируется водораздельными пространствами). Тектонический фактор не влияет на генетический тип (а, следовательно, и бокситоносность) КВ. В подвижных областях его роль сводится к многоэтажному распределению элювиальных образований в стратиграфическом разрезе.

В пользу приоритетности климата и рельефа в их взаимосвязи с КВ говорят также разрабатываемые в последнее время представления современной климатической геоморфологии (в отличие от классической — структурной), которые рассматривают взаимообусловленность процессов рельефо-

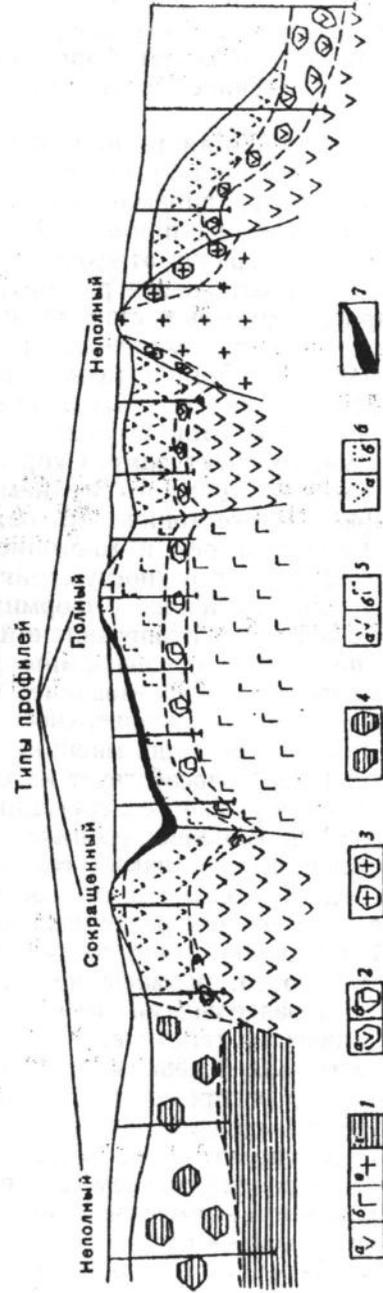


Рис. 3. Схема размещения генетических типов профилей выветривания в зависимости от характера рельефа Южного Урала и состава материнских пород [17]: 1 — неизменённые породы — диабазы (а), габбро (б), граниты (в), кварц-мусковитовые сланцы (г); 2-6 — продукты KB: 2 — «тидохлорит»-монтмориллонитовые на диабазах (а) и габбро (б), 3 — 4 — каолинитовые на гранитах (в), и сланцах (г), 5 — каолинит-охристые на диабазах (а) и габбро (б), 6 — тиббсит-каолинит-охристые с латеритными бокситами на диабазах (а) и габбро (б); 7 — осадочные бокситы

образования в виде следующей схемы: *Климатические изменения — Выветривание — Склоновые процессы — Работа рек.* (Дедков, Бутаков, Мозжерин, 1982). Таким образом, при определении иерархического соотношения между геоморфологическим и структурно — тектоническим факторами в становлении рудоносных KB приоритетность, на наш взгляд, принадлежит рельефу.

Роль петрографического контроля безусловно отступает на задний план в сравнении с климатическим, геоморфологическим и структурно — тектоническим факторами. Именно этим причиним тот или иной комплекс пород обязан своим появлением на дневной поверхности. Очевидно также, что рудоносная KB по одной и той же породе может быть сформирована только при благоприятном сочетании первых трёх факторов. Вместе с тем, различные породы при прочих равных условиях будут выветриваться с неодинаковой скоростью. Это отчётливо прослеживается для бокситоносных KB южной оконечности Урала. В условиях тёплого влажного климата и стабильной тектонической обстановки в пределах пенеблена на диабазах, габбро, гранитах, кварц-мусковитовых сланцах развивались неодинаковые генетические типы профилей выветривания. В наименьшей степени изменялись граниты. Устойчивость этих пород к гипергенным процессам настолько велика по сравнению с основными породами, что они иногда образуют неизменённые останцы среди покровов KB (см. рис. 3).

И, наконец, последний из рудоконтролирующих факторов — время, замыкает их иерархический ряд, так как его влияние на формирование рудоносных KB определяется степенью интенсивности каждого рудоконтролирующего фактора и их суммарным воздействием.

ПОЛОЖЕНИЕ 4

Анализ эволюции бокситоносных КВ в геологической истории Азии, детальные минералого-геохимические и гидрогеохимические исследования позволили рассмотреть в качестве главного механизма формирования элювиального зонального профиля гипергенный инфильтрационный метасоматоз. Представляется, что все зоны КВ развиваются одновременно на всю глубину существующей трещиноватости, в процессе взаимодействия горных пород с фильтрующимися через них растворами. При этом все гипергенные минералы образуются непосредственно по исходным компонентам материнской породы, а не стадийно за счёт друг друга. В результате формируются парагенетические ассоциации новообразованных минералов, обуславливающие зональность. В течение дальнейшей геологической истории КВ и бокситы подвергаются воздействию эпигенетических процессов. Преобразование пород сопровождается изменением их внешнего вида, минерального состава и физико-механических свойств.

Четвёртое защищаемое положение обосновывается фактическим материалом изложенным во второй части диссертационной работы.

ЧАСТЬ 2 | МИНЕРАЛОГО-ГЕОХИМИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ И УСЛОВИЯ ФОРМИРОВАНИЯ КОР ВЫВЕТРИВАНИЯ И БОКСИТОВ

Глава 4

МИНЕРАЛЬНЫЕ ПАРАГЕНЕЗИСЫ БОКСИТОНОСНЫХ КОР ВЫВЕТРИВАНИЯ

Минералогии КВ посвящено огромное количество работ отечественных и зарубежных авторов. В их числе заметное место занимают исследования учёных ИГЕМ — Ф.В. Чухрова, И.И. Гинэбурга, В.П. Петрова их учеников и последователей. Вместе с тем в этой области теории КВ имеется ряд дискуссионных моментов. Так, в частности, указывается на

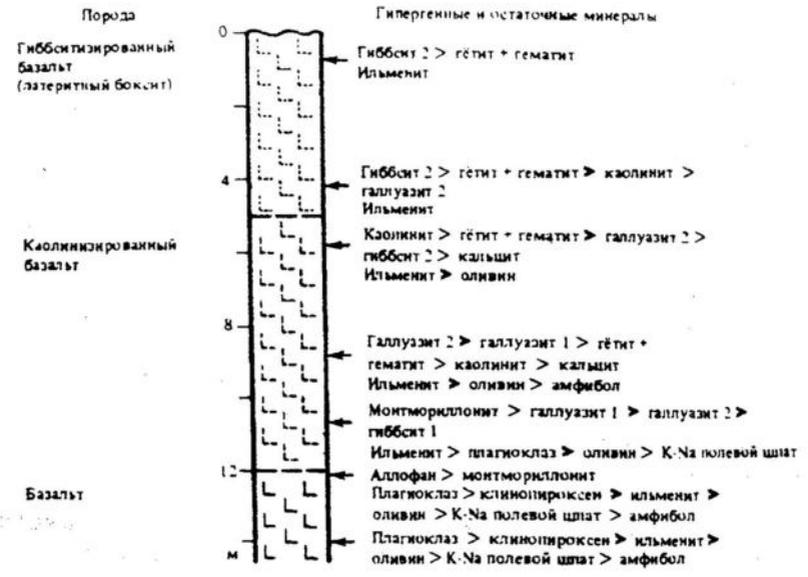
то, что преобразования в профиле выветривания могут протекать стадийно, через аморфизацию исходных минералов, трансформационным путем, в результате синтеза гипергенных минералов из растворов. Недостаточно изучено распределение и взаимоотношение новообразованных и остаточных минералов в полном профиле КВ.

В последние годы большое значение приобретают методы просвечивающей и сканирующей электронной микроскопии, которые позволяют получить детальные характеристики по каждому отдельному минералу. Подобные исследования дали возможность автору изучить и детализировать минеральные преобразования в каждой зоне бокситоносных КВ базальтов, гранитов, слюдяных сланцев [39, 44, 45, 49, 66–68].

Число породообразующих гипергенных минералов в современных и древних рудоносных КВ и связанных с ними осадочных месторождениях изученных регионов Азии относительно невелико. Широко распространены среди элювиальных образований и продуктов их переотложения монтмориллонит, “гидрохлорит”, галлуазит, каолинит, гетит, гематит, псиломелан, гиббсит, реже встречаются вермикулит, бемит, аллофан, бертьерин (шамозит), сидерит, доломит, кальцит, пирит, гейландит, феррьерит. Минералогические находки составляют алюмогидрокальцит, нордстрандит, ферригидрит, фероксигит, гизингерит, алунит, Ni, Co-содержащий псиломелан. Среди перечисленных минералов бертьерин, сидерит, пирит, гейландит, феррьерит, частично каолинит, кальцит, галлуазит и псиломелан являются эпигенетическими образованиями, формирующимися в КВ и бокситах под воздействием вторичных процессов. Нередко в продуктах КВ отмечаются реликтовые кварц, ильменит, шпинель и другие минералы материнских пород.

Основные породообразующие минералы КВ — монтмориллонит, каолинит, галлуазит, гиббсит, гетит и гематит являются “сквозными минералами” для элювиальных образований различных пород — базальтов, габбро, гранитов, слюдяных сланцев и пр. Однако их количественные соотношения, структурно-морфологические особенности и характер распределения в профилях выветривания неодинаковы (рис. 4, а, б). В наибольшей степени эти различия свойственны галлуазиту и каолиниту. Проведённые исследования показали, что в соответствии с местом минерала в профиле (сверху вниз) в КВ базальтов плагиоклаз (битовнит, лабрадор) замещается гиббситом (1, 2), сферолитовым каолинитом, глобулярным галлуазитом (1), аллофаном; клинопироксен — гиббситом (1), пластинчатым каолинитом, трубчатым галлуазитом (2), монтмориллонитом. В КВ гранитов образуются: по олигоклазу —

а



б



в



Рис. 4. Распределение гипергенных и остаточных минералов в профиле бокситоносной коры выветривания базальтов (а) и гранитов (б) Южного Вьетнама. Ряды замещения и устойчивости некоторых породобразующих минералов в коре выветривания (в)

гиббсит (1,2), псевдоглобулярный и трубчатый галлуазит (1,2); по биотиту — гиббсит, длиннотрубчатый галлуазит (3); по микроклину (и мусковиту) — гиббсит и вермикулярный каолинит. В продуктах выветривания тёмноцветных минералов обязательно также гётит и гематит. Кристаллическая структура и морфология основной части новообразованных минералов отличается значительным совершенством. Необычные, редко встречаемые в природе гипергенные минералы установлены автором в элювии изученных пород только в определённой обстановке: например алюмогидрокальцит и нордстрандит обнаружены в зональных залежах латеритных бокситов линейной КВ габбро (анортозита) Кемпирсайского массива, ферригидрит и ферроксигит — в современных выветрелых оторочках по базальтам Дальнего Востока, гизингерит — в аналогичных продуктах выветривания базальтов Вьетнама [10, 11, 13, 26].

В современных и более древних кайнозойских КВ “усложненный” парагенезис гипергенных и реликтовых минералов обуславливает слабодифференцированный (“размытый”) характер зональности. Наиболее контрастно это проявлено в бокситоносной КВ гранитов Вьетнама (сверху вниз): гиббсит 2 + гётит + кварц (I); гиббсит 2 + гётит + каолинит + галлуазит 3 + кварц + мусковит (II); каолинит + галлуазит 2,3 + кварц + мусковит + микроклин (III); галлуазит 2,3 + гиббсит 1 + кварц + мусковит + микроклин + биотит (IV); галлуазит 3 + монтмориллонит + кварц + мусковит + биотит + микроклин + олигоклаз (V). В соответствии с общими представлениями зоны I и II отвечают гиббситовой, III и IV — каолиновой, зона V визуально может быть отнесена к исходному граниту. Для мезозойской КВ каждой зоне полного профиля соответствует “выровненный состав” — одна парагенетическая минеральная ассоциация, что определяет их визуальные литологические и цветовые различия.

Селективный характер минеральных преобразований устанавливается в КВ различных регионов Земли (Финько, Чекин, Самотоин, 1972; Чекин, 1984; Boulange 1983; Eswaran, Wong Chaw Bin, 1978; Hieronymus, 1982; Keller, 1979; Tazaki, 1978). Процессы стадийного и трансформационного минеральных изменений в КВ рассмотрены в работах Разумовой, 1967; Никитиной, Витовской, Никитина, 1971; Лисициной, 1973; Куковского, 1974; Витовской, Бугельского, 1982; Слукина, 1991; Gilkes e. a., 1980; Leglenher, 1990 и др.

Проведённые исследования позволяют сделать вывод о том, что кристаллизация минералов в КВ изученных регионов осуществлялась, как из растворов, образующихся при разложении материнских пород, так и при участии промежуточных

аморфных фаз и носила в основном чётко выраженный селективный характер. При этом все гипергенные минералы развивались непосредственно по исходным гипогенным, а не стадийно за счёт друг друга. Термодинамические условия среды, а также состав и структурно-кристаллографические особенности исходного минерала определяют количество, состав и морфологию замещающих минералов в каждой конкретной зоне. Рассмотрение закономерностей распределения остаточных и гипергенных минералов, их поведения и взаимоотношения в профиле КВ позволяет наметить ряды устойчивости первых и последовательность образования вторых. Намечается определённая тенденция: чем неустойчивее исходный минерал в условиях гипергенеза, тем разнообразнее состав замещающих его минералов (см. рис. 4, в).

Осадочные бокситы целиком наследуют минеральный состав, сложившийся в верхних горизонтах бокситоносных КВ. Они в значительной степени сложены гиббситом, гётитом и гематитом. Условия образования осадочных руд определили ряд типоморфных признаков основного породообразующего минерала бокситов — гиббсита [17, 32].

Глава 5

ОСНОВНЫЕ ГЕОХИМИЧЕСКИЕ И ГИДРОГЕОХИМИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ БОКСИТОНОСНЫХ КОР ВЫВЕТРИВАНИЯ

Геохимические особенности современных и древних КВ изученных регионов Азии рассмотрены с целью выяснения признаков сходства и различия генезиса элювиальных толщ, сформированных в различных геодинамических и физико-географических обстановках, определивших в свою очередь возраст и мощность КВ, условия развития полного, сокращённого и (или) неполного профилей выветривания. В процессе работы автор придерживался представлений развиваемых в фундаментальных трудах по гипергенной геохимии — Н.М. Страхова, Б.Б. Полюнова, И.И. Гинзбурга, А.И. Перельмана, А.Б. Ронина, Н.А. Лисициной, В.А. Тенякова; по гидрогеохимии — Ю.Ю. Бугельского, С.Л. Шварцева.

Количество работ, посвящённых этой проблеме для рассматриваемых регионов невелико (Михайлов, Куликова, 1978; Гуцаки, Гудошников, 1965, Киселёв и др, 1974; Новиков, 1980; В.В. Бурков, 1996; Якушев, Гузовский, 1982; Нгуен Ван Фо, 1984; Теняков, Эдлин, Новиков, Милославская, 1992 и др.). Сравнительный анализ распределения породообразующих

элементов и микроэлементов в КВ рассматриваемых регионов проведён автором впервые. Значительное внимание при изучении геохимии породообразующих компонентов уделялось оторочкам выветривания ("жёлтым пряникам"), отражающим в "микрообъёмах" масштабные процессы протекающие в КВ.

Рассмотрение геохимии породообразующих элементов в изученных КВ показывает, что при одинаковой общей направленности гипергенных процессов, обуславливающих дифференциацию кальция, магния, натрия, калия, кремния, алюминия, железа и титана и их распределение в определённые ряды подвижности, поведение и взаимоотношения отдельных элементов в миграционных рядах рассмотренных КВ различны. [6, 25, 45, 64]. Эти отличия прежде всего связаны с минерало-генетическими типами КВ (см. рис. 1). КВ неполного монтмориллонитового профиля свойственен близкий к "хаотичному" вынос всех породообразующих элементов при относительном накоплении калия. В неполном охристо-каолинитовом и сокращённом охристо-каолинит-гиббситовом профилях распределение и вынос породообразующих элементов приобретает направленный характер с формированием закономерно построенного их миграционного ряда (Вьетнам, Дальний Восток). Полный дифференцированный монтмориллонит-каолинит-охристо-гиббситовый профиль КВ южной оконечности Урала, характеризуется сочетанием рассмотренных выше особенностей поведения породообразующих элементов, свойственных каждой его зоне. Эти закономерности отчётливо прослеживаются на треугольных диаграммах составов пород КВ. Направление процесса выветривания для однозонального монтмориллонитового и двух зонального каолинит — гиббситового профилей характеризуется соответственно изогнутой и выположенной кривыми, в то время как в полном трёх зональном профиле наблюдается их комбинация (рис. 5). Распределение Ca, Mg, Na, K, Si, Al, Fe, Ti в "жёлтых пряниках" соответствует поведению этих элементов во вмещающем "пряники" зональном профиле КВ. Изучение поведения калия в КВ различных генетических типов показывает, что он может служить индикатором степени "зрелости" элювиальных образований. Его перемещение в левую (подвижную) часть миграционного ряда и понижение содержания до сотых долей процента в каолинитовых продуктах профиля КВ должно свидетельствовать о её латеритном характере (в случае размыва верхней зоны) [17,25].

Проведенные исследования по распределению в КВ элементов-примесей подтверждают и дополняют известные представления по геохимии этих элементов в рыхлых образованиях. КВ наследуют от материнских пород состав и сложивши-

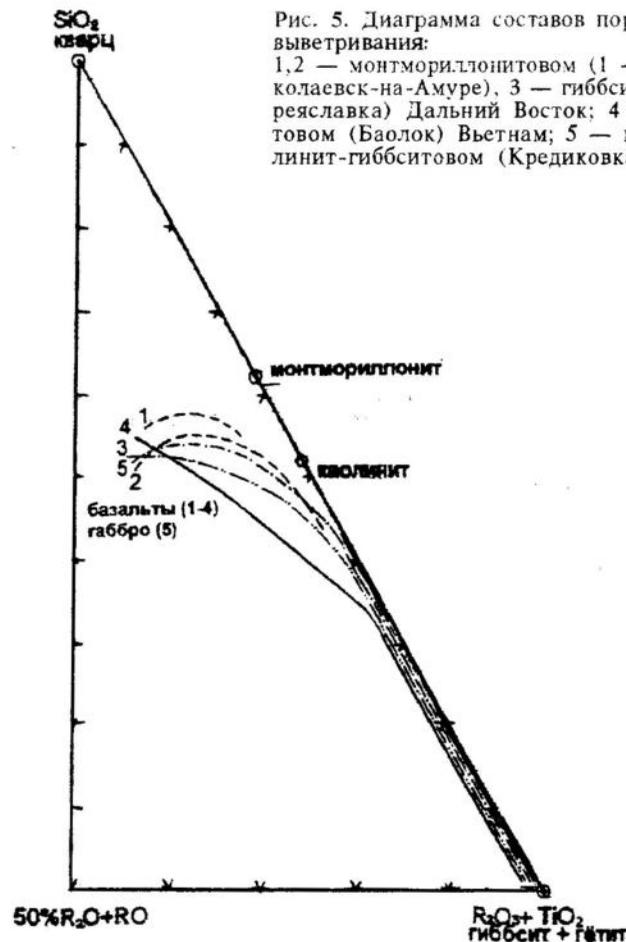


Рис. 5. Диаграмма составов пород в профилях коры выветривания:

1,2 — монтмориллонитовом (1 — Власьево, 2 — Николаевск-на-Амуре), 3 — гиббсит-каолинитовом (Переславка) Дальний Восток; 4 — каолинит-гиббситовом (Баолок) Вьетнам; 5 — монтмориллонит-каолинит-гиббситовом (Крекировка) Мугоджары

ся корреляционные связи отдельных микроэлементов. Последнее обстоятельство находит своё отражение в химическом составе осадочных бокситовых руд, подчёркивая, в свою очередь, их генетическую связь с бокситоносными КВ [1, 4, 17, 51, 53, 54, 65].

Анализ поведения в бокситоносных КВ редкоземельных элементов показывает, что независимо от литогенетического типа элювиальных образований и их возраста по всему профилю происходит вынос лантаноидов. Намечается увеличение степени миграции TR в зависимости от гипергенного преобразования породы. Вместе с тем отмечено, что латеритные бокситы в КВ гранитов обогащены редкими землями по сравнению с

бокситов на базальтах. Установлены различия в фракционировании TR в изученных латеритных КВ. Распределение лантаноидов в КВ гранитов протекает согласно известным представлениям об их геохимии в зоне гипергенеза, т.е. с накоплением группы тяжелых земель в верхней части профиля (Балашов, 1976). Поведение TR в КВ базальтов диаметрально противоположно и не укладывается в указанную схему. Отмечаются различия в соотношениях между отдельными элементами одной группы. Отношение La/Ce для КВ гранитов меняется от свежей породы к латеритным бокситам более последовательно (0,95–0,42–0,37), чем для КВ базальтов (0,52–0,57–0,45). Различия поведения TR в КВ базальтов и гранитов, обусловлены минеральным составом исходной породы, в значительной степени определяющим скорость и геохимию её гипергенного преобразования [61].

Проведены гидрогеохимические исследования КВ Дальнего Востока России [50]. Установлено, что в пределах обширной вытянутой в меридиональном направлении территории с фрагментарно развитой неогеновой КВ, при смене одних минералогенетических типов элювия другими, закономерным образом меняется состав природных вод областей их распространения. При относительно сходном количественном и качественном составе вод, отношения между содержаниями отдельных компонентов (в мг/л) для КВ различных ландшафтных обстановок (север–юг, высокие–низкие плато) Дальневосточного региона неодинаковы. Меняется минерализация поровых растворов в вертикальном разрезе элювиальной толщи и в ряду миграции природных вод: поровый раствор—источник—река, в зависимости от состава вмещающих пород (КВ базальтов, гранитов). Существенную роль в формировании различных минералогенетических типов элювия играли окислительно-восстановительные и кислотно-щелочные условия.

Монтмориллонитовой КВ северной палеогеографической провинции характерны существенно калий-натриевые воды ($\text{Na}^{1+} + \text{K}^{1+} / \text{Ca}^{2+} + \text{Mg}^{2+} = 39,1$ и $5,4$ — соответственно для порового раствора и источника). Охристо-каолинитовому и гиббсит-охристо-каолинитовому элювию южной части территории свойственен смешанный кальций—магний—калий—натриевый состав вод ($\text{Na}^{1+} + \text{K}^{1+} / \text{Ca}^{2+} + \text{Mg}^{2+} = 4,2$ и $0,7$). Природные воды южной провинции содержат меньше кремнезёма. Неодинаковы pH и Eh поровых растворов элювия рассматриваемых палеопровинций (см. рис. 1). Установленные различия в значениях Eh обусловлены, по-видимому, неодинаковым поведением железа в изученных минералогенетических типах КВ. Анализы продуктов выветривания базальтов южной про-

винции показывают отсутствие двухвалентного железа практически по всему профилю и абсолютное накопление этого элемента в трёхвалентном состоянии. Этот процесс находит отражение в более высоких значениях Eh охристо-каолинитовых и гиббсит-охристо-каолинитовых продуктов по сравнению с монтмориллонитовыми, развитыми в северной части территории. Наблюдается также увеличение Eh снизу вверх по профилю выветривания. Это явление вызвано, наряду с возрастанием содержания железа, потенциал задающей ролью кислорода воздуха. Чем выше точка замера над уровнем грунтовых вод, тем больше степень аэрации продуктов выветривания и тем выше значение Eh (Бугельский, 1979).

Обращает внимание различие в химических составах трещинных вод, поровых растворов продуктов выветривания и природных источников. Они неодинаковы по общей минерализации, концентрациям отдельных компонентов и отношениям их пар. В базальтах наиболее минерализованы трещинные воды, затем следуют поровые растворы в КВ и далее водные источники (в среднем, соответственно: 360–290–170 мг/л.). В поровых растворах среди катионов преобладают калий и натрий, в трещинных и грунтовых водах содержания щелочей и щелочных земель примерно одинаковы. Вместе с тем источник для всех вод один — атмосферные осадки.

Указанные различия обусловлены, по-видимому, неодинаковой историей метеорных вод после их выпадения на земную поверхность. Часть осадков по системе крупных пор и трещин быстро проникая через элювиальную толщу пород, формирует источники относительно слабоминерализованных грунтовых вод. Другая часть осадков, заполняющая мелкие поры в глинистом элювии (гигроскопическая, пленочная, капиллярная вода) образует единую гидравлически связанную систему — поровый раствор. Скорость его движения невелика и, очевидно, зависит от количества выпадающих осадков. Продолжительное взаимодействие поровых растворов с вмещающими породами определяет их более высокую минерализацию. Трещинные воды базальтов формируются ниже уровня грунтовых вод. Высокие содержания в них растворённых компонентов обусловлены с одной стороны невысокой интенсивностью водообмена, с другой неравновесным состоянием среды на границе вода–неизменённый базальт. Таким образом, основные различия кинетики процесса формирования химического состава рассмотренных типов природных вод обязаны гидродинамическому фактору. Именно активный водообмен обуславливает эволюцию химического состава вод в процессе их взаимодействия с горными породами по которым они циркулируют.

Значительную роль в формировании химического состава природных вод играет состав выветривающейся породы. В этой связи, заметно отличаются поровые растворы и трещинные воды базальтов и гранитов. Для базальтов они более минерализованы и относительно гранитов содержат больше катионов щелочноземельных элементов, гидрокарбонат-иона и меньше катионов калия и натрия и хлор-иона. При близких гидродинамических условиях скорость выветривания базальтов выше чем гранитов. Сравнительная устойчивость последних к гипергенным процессам определяет, в частности, при прочих равных условиях меньшие, относительно базальтов, концентрации в поровых растворах и дренирующих породы источниках кремнекислоты (соответственно 18 и 24 мг/л — базальты против 14 и 14 мг/л — граниты).

Сравнительный анализ природных вод неогеновой КВ базальтов Дальнего Востока России и КВ базальтов современной тропической зоны Земли обнаруживает как черты сходства так и различия. Принципиальное отличие — невысокая степень минерализации подземных вод в тропиках и в, частности, небольшие содержания в них кремнекислоты. Подобное соотношение свойственно геохимической среде латеритообразования: чем меньше кремнезёма в водах, тем меньше его в продуктах выветривания (Шварцев, 1978). Вместе с тем, химический состав природных вод рассматриваемых регионов, соотношения отдельных компонентов и их поведение в профилях выветривания базальтов близки между собой. Это объясняется тем, что характер и направление химических реакций, возникающих на границе вода — горная порода, существенно не меняются со времени образования КВ. Работами по изучению миграции химических компонентов установлено, что климатические факторы активно влияют на интенсивность их перехода из твердого состояния в растворённое, но не меняют принципиального направления процесса (Бугельский, 1979).

Глава 6

ВТОРИЧНЫЕ ИЗМЕНЕНИЯ В КОРАХ ВЫВЕТРИВАНИЯ И БОКСИТАХ

Под вторичными изменениями рудоносных КВ обычно понимают их минералого-геохимические преобразования, протекающие под воздействием эпигенетических процессов. Эти изменения могут быть обусловлены экзогенными (эволюция климата, перекрытие КВ угленосными отложениями и пр.) и

эндогенными (метаморфизм, гидротермальные процессы) факторами и, как правило, приводят к деградации полезного ископаемого (Сапожников и др., 1980). Эпигенетические преобразования устанавливаются в кайнозойских и мезозойских КВ Азии. Однако масштабы их проявлений и причины их вызывающие для рассматриваемых регионов не одинаковы.

Вторичные изменения практически не проявлены в КВ Вьетнама и локально распространены в элювиальных образованиях Дальнего Востока России. В зависимости от причин их вызывающих они могут быть подразделены на экзогенные и гидротермальные. Экзогенные эпигенетические преобразования, связанные с восстановлением железа и развитием сидерита наблюдались нами в каолиновой КВ гранитов Павловского бурогоугольного месторождения. Они приурочены исключительно к участкам перекрытия КВ угленосными отложениями. Вторичные явления, связанные с процессом почвообразования установлены Г.В. Куликовой и Б.М. Михайловым (1976) в КВ базальтов Шуфанского и Свиягинского плато. Гидротермальные эпигенетические изменения распространены в межбазальтовых КВ. Однако они проявляются далеко не во всех изученных разрезах. Эти явления практически не встречаются в внутритропических КВ Сирии. На Дальнем Востоке России они отмечены в районе Архангельского в Хабаровском крае, у мыса Поворотного и в районе Краскино в южной части Приморья. Во всех изученных разрезах характер вторичных изменений примерно одинаков и проявляется в наложении на сформированную уже КВ “чуждой” ей минеральной ассоциации, представленной цеолитами (гейландит, феррьерит) и кальцитом. Очевиден эпигенетический характер проявления вторичной минерализации. Содержание цеолитов и кальцита уменьшается по направлению к кровле КВ. Карбонат образует сеть прожилков а гейландит и феррьерит выполняют пустоты и поры в продуктах выветривания.

Вторичные изменения в остаточных и осадочных бокситах изученных месторождений южной оконечности Урала по времени их проявления, условиям локализации и характеру наложенной минерализации можно разделить на три типа: обеления, каолинизации и оглеения. Наибольшее распространение получили изменения второго и третьего типов [12]. Обеление бокситов связано с перераспределением железа и частичным или полным его выносом из породы под воздействием почвенных органических кислот и углекислоты. Изучение поведения породообразующих компонентов с помощью изообъемного метода и пересчет содержаний минералов на единицу объема свидетельствует о том, что обеление боксита происхо-

дит за счет растворения гётита и выноса Fe_2O_3 при почти полной инертности остальных минеральных и химических компонентов. Объемный вес породы уменьшается (от 1,93 до 1,49 г/см³) а пористость увеличивается (от 24,6 до 37,3%). Вторичные изменения, связанные с замещением боксита каолином — ресилификация по Haggison (1933), кремниевый метасоматоз — по Б.М. Михайлову (1967) широко распространены в бокситовых месторождениях южного Урала. В линейных бокситоносных КВ Кемпирсайского массива устанавливается два варианта процесса каолинизации — при практически равном привносе SiO_2 (0,51 г/см³) и выносе Al_2O_3 , Fe_2O_3 , H_2O^+ (0,47 г/см³) и с преобладающим привносом SiO_2 (0,74 г/см³). В первом случае физико-механические свойства каолинизированного боксита практически не меняются, во втором — ресилификация сопровождается увеличением объемного веса (от 1,46 до 1,81 г/см³) и уменьшением пористости породы (от 41,6 до 31,6%) [18]. Оглеение (по А.И. Перельману, 1968) в изученных КВ и бокситах наблюдается в участках перекрытия этих образований чехлом осадочных угленосных пород. Глеевые процессы сопровождаются формированием минералов (бертьерина, сидерита, пирита), чуждых обычному окисленному профилю, и отражающих восстановительные условия среды.

Глава 7

МЕХАНИЗМ ФОРМИРОВАНИЯ ЗОНАЛЬНОГО ПРОФИЛЯ РУДОНОСНЫХ КОР ВЫВЕТРИВАНИЯ

В учении о корях выветривания вопрос механизма формирования зональности элювиальных толщ до сих пор вызывает острую дискуссию. Существующие представления могут быть сведены к трём основным концепциям: 1 — все зоны возникают в некоем микрообъёме одновременно и далее разрастаются на глубину по мере развития процессов выветривания; 2 — зоны формируются последовательно; 3 — все зоны появляются одновременно вдоль существующей системы трещин. Не исключается также проявление (и сочетание) в природе всех трёх вариантов. Из сказанного следует, что 1 и 2 механизмы предполагают стадийное преобразование минералов исходной породы в зональном профиле КВ. Согласно 3-му варианту формирование гипергенных минералов в каждой зоне происходит непосредственно по свежим минеральным компонентам. Модель механизма формирования зональности КВ рассматривается с позиций: общегеологических (Слукин, 1973, 1991), физико-химических (Кашик, Карпов, 1978; Жуков,

1983; Попов, 1998), геохимических (Boulage, Carvalho, 1997), минералого-гидрогеохимических (Витовская, Бугельский, 1982), минералогических (Разумова, 1967), экспериментальных (Петро, 1971; Матвеева и др., 1986). Большое значение в формировании КВ придаётся органическому веществу (Петров, 1967; Черняховский, 1994).

Непосредственная связь типа профиля с условиями выветривания может быть установлена только для молодых КВ, формирующихся в современных тропических областях. Эти коры имеют достаточно пёстрый минеральный состав, характеризующийся как многообразием морфоструктурных разновидностей гипергенных минералов, так и наличием реликтовых минералов горных пород, подвергающихся выветриванию. В древних же КВ наблюдается чёткая минеральная зональность. Число сосуществующих фаз в зонах ограничено, а их состав приближается к равновесному с условиями среды. Сказанное позволяет рассматривать КВ как своеобразную инфильтрационно-метасоматическую колонку и использовать данные термодинамической устойчивости минералов при интерпретации физико-химических параметров среды минералообразования в зонах и выявлении закономерностей формирования зональности.

Изучение строения профилей молодых КВ современных тропических областей показывает, что их формирование протекало одновременно вдоль существующей системы трещин с последующим развитием внутри монолитных блоков. Факты формирования каждой зоны КВ непосредственно по свежей породе подтверждают полевые наблюдения (сохранение реликтов исходных пород по всему профилю КВ) и установленные нами взаимоотношения исходных и гипергенных минералов. Относительная устойчивость порообразующих минералов в условиях выветривания определяла морфоструктурные особенности, количество и состав замещающих их новообразований. При этом каждый гипергенный минерал формировался в определённой части зонального профиля, т.е. в особых физико-химических условиях.

Сравнительный анализ поведения порообразующих элементов, микроэлементов и редких земель в современных и древних КВ рассматриваемых регионов Азии показывает, что их распределение в каждой зоне и в профиле КВ в целом определяется его минералого-генетическим типом. Гидрогеохимические исследования, проведённые для КВ Дальневосточного региона подтверждают известные представления о том, что различным минералого-генетическим типам элювия свойственны определённые химические составы, рН и Eh при-

родных вод. при этом каждая зона КВ характеризуется специфическим составом заключённых в ней поровых растворов.

Суммирующим, вытекающим из взаимодействия климатического, геоморфологического, структурно-тектонического, петрографического и временного факторов, является гидродинамический режим районов корообразования. Известно, что для приповерхностной части зоны гипергенеза интенсивность водообмена зависит от количества выпадающих атмосферных осадков, степени расчленённости рельефа и физико-механических свойств подвергающихся выветриванию горных пород, в совокупности определяющих скорость фильтрации природных вод. Именно гидродинамический режим в сочетании с температурным фактором обуславливает размещение различных генетических типов профилей КВ в пространстве, минерало-геохимическую зональность профиля и распределение в нём рудного компонента. Различия в гидродинамическом режиме а, следовательно, и физико-химических параметрах среды и механизме минералообразования в профиле КВ зависят от их положения относительно уровня грунтовых вод. Представляется, что зона оксидов и гидроксидов железа и алюминия формируется выше этого уровня при интенсивной вертикальной фильтрации слабоминерализованных растворов при $pH < 6,5$, концентрациях кремнезёма < 10 мг/л, на окислительном барьере ($Eh +500$ — $+600$ мв). Ниже, в условиях затруднённой фильтрации и латерального движения растворов, при $Eh +300$ — $+400$ мв, $pH > 7,5$, содержаниях кремнезёма порядка 50–80 мг/л и повышенных концентрациях щелочных и щелочноземельных элементов формируется зона смектитов и смешанослойных минералов. Промежуточная зона каолиновых глин связана с сезонными колебаниями уровня грунтовых вод (капиллярной каймой). В течение геологической истории КВ нередко подвергаются воздействию эпигенетических процессов. Преобразование пород сопровождается изменением их внешнего вида, минерального состава и физико-механических свойств

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Выполненные автором исследования посвящены дальнейшей разработке системы знаний о рудоносных КВ. Обобщение собственного и литературного материала по современным и древним КВ и бокситам Азии позволило установить закономерности размещения этих образований в различных геодинамических обстановках и рассмотреть возможный механизм

формирования элювиального зонального профиля. Основные выводы диссертационной работы сводятся к следующему.

История геологического развития Азиатского континента определила возраст, закономерности размещения, условия формирования и сохранности КВ и связанных с ними бокситовых месторождений. Бокситы Вьетнама и Дальнего Востока России представлены остаточным генетическим типом. Для Мугоджар и Орского Зауралья выделяются остаточный (латеритный), полигенный латеритно-осадочный и осадочный (делювиальный и карстовый) типы. Кайнозойские КВ и бокситы восточных окраин Азии связаны с орогенной стадией развития и многоэтажно размещены в стратиграфических разрезах. Мезозойские бокситоносные образования Южного Урала обязаны своим происхождением платформенному режиму становления этого региона. Они являются парагенетическими членами элювиально-осадочного комплекса пород рыхлого платформенного чехла, в пределах которого залежи остаточных и осадочных бокситовых руд приурочены к разным структурным этажам Урала.

Калий — аргоновые и гидрогеохимические исследования кайнозойских КВ базальтов Азии (Дальний Восток России, Вьетнам, Сирия) дали возможность выяснить в абсолютном выражении время становления и скорость формирования элювиальных толщ, выделить ряды их геохронологических уровней. В геологической истории Земли КВ могут развиваться быстро (сотни тысяч — первые млн. лет). Рассмотрены возможности использования датированных КВ в стратиграфической корреляции и палеоклиматологии.

Сравнительный анализ закономерностей размещения КВ и бокситов Азии в пространстве и времени позволил провести ранжирование основных рудоконтролирующих факторов и расположить их в определённый иерархический ряд: климат-рельеф-структурно-тектоническая приуроченность-петрографический контроль-время.

В качестве основного механизма формирования зонального профиля бокситоносной КВ рассмотрен гипергенный инфильтрационный метасоматоз.

Практические рекомендации работы связаны, главным образом, с ревизией существующих представлений о рудоносности КВ Дальнего Востока и их комплексным освоением при добыче других полезных ископаемых. Представляется возможным рассматривать КВ гранитов, подугольные и надугольные глины Павловского бурогоугольного месторождения в Приморском крае в качестве сырья для каолиновой, фарфоровой и стекольной промышленности, а само месторождение считать комплексным (уголь, каолин, кварц-полевошпатовые пески).

КВ базальтов, сложенные в значительной степени минералами оксидов и гидроксидов железа являются источником природных пигментов. Предлагается возродить интерес промышленности к производству этих экологически чистых минеральных красителей. Обнаружение латеритных бокситов на территории Приморского края является предпосылкой постановки более детальных поисковых работ для оценки бокситоносного потенциала этого региона.

СПИСОК ОСНОВНЫХ РАБОТ АВТОРА ПО ТЕМЕ ДИССЕРТАЦИИ

1. Слукин А.Д., Новиков В.М. Латеритные бокситы Сибирской платформы и Южного Урала. // Современное состояние учения о месторождениях полезных ископаемых. Тезисы докладов Всесоюзной межвузовской конференции. Ташкент, 1971, с. 51-52.
2. Егоров В.П., Новиков В.М. Латеритные бокситы Мугоджар и Орского Зауралья. // Кора выветривания, вып. 12, М.: Наука, 1973, с. 56-66.
3. Новиков В.М., Берхин С.И., Горшков А.И., Дриц В.А., Органова Н.И., Рудницкая Е.С. Смешанно-слоистый минерал — хлорит — "разбухающий хлорит". // Известия АН СССР, сер. геол., 1973, №8, с. 98-105.
4. Григорьев Н.А., Новиков В.М. Поведение бериллия при образовании латеритных бокситов. // Ежегодник Института геологии и геохимии им. Академика А.Н. Заварицкого, Свердловск, 1973, с. 47-49.
5. Егоров В.П., Новиков В.М. Латеритные бокситы в линейной коре выветривания габброидов Кемпирсайского массива. // Кора выветривания, вып. 14, М.: Наука, 1974, с. 42-50.
6. Витовская И.В., Новиков В.М. Поведение компонентов и условия накопления алюминия в корах выветривания пород основного состава южной оконечности Урала. // Кора выветривания, вып. 14, М.: Наука, 1974, с. 76-91.
7. Сапожников Д.Г., Никитина А.П., Слукин А.Д., Новиков В.М. и др. Латеритные бокситы СССР. // Рудоносные коры выветривания. М.: Наука, 1974, с. 5-17.
8. Новиков В.М. Полигенные латеритно-осадочные бокситопоявления Мугоджар и Орского Зауралья. // Генетическая классификация и типы бокситовых месторождений СССР. М.: Наука, 1974, с. 58-72.
9. Новиков В.М. Краснооктябрьское месторождение бокситов. // Генетическая классификация и типы бокситовых месторождений СССР. М.: Наука, 1974, с. 273-284.
10. Новиков В.М., Берхин С.И., Витовская И.В. и др. О рядах превращения минералов в бокситоносных корах выветривания Южного Урала. // Проблемы генезиса бокситов. М.: Наука, 1975, с. 5-17.
11. Горшков А.И., Звягин Б.Б., Новиков В.М. Структурно-кристаллографические характеристики алюмогидроксида по данным микродифракции электронов. // Тезисы докладов X Всесоюзной конференции по минералогии и электронной микроскопии. Ташкент, 1976, с. 324-325.
12. Новиков В.М. Вторичные изменения в остаточных и осадочных бокситах Мугоджар и Орского Зауралья. // Кора выветривания, вып. 15, М.: Наука, 1976, с. 71-87.
13. Соколова М.Ф., Новиков В.М., Берхин С.И., Сивцов А.В. Нордстрандит в коре выветривания габброидов Кемпирсайского массива. // Кора выветривания, вып. 15, М.: Наука, 1976, с. 168-175.

14. Новиков В.М. Особенности строения, вещественного состава и генезиса бокситоносной коры выветривания Кемпирсайского массива. // Кора выветривания, вып. 16, М.: Наука, 1978, с. 33-44.

15. Новиков В.М. Размещение остаточных и полигенных латеритно-осадочных месторождений и проявлений бокситов южной оконечности Урала. // Закономерности размещения бокситовых месторождений СССР. М.: Наука, 1978, с. 54-67.

16. Сапожников Д.Г., Богатырёв Б.А., Никитина А.П., Новиков В.М. Закономерности размещения бокситовых месторождений описываемых типов. // Закономерности размещения бокситовых месторождений СССР. М.: Наука, 1978, с. 67-80.

17. Новиков В.М. Латеритные и осадочные бокситы Мугоджар и Орского Зауралья. М.: Наука, 1980, 135 с.

18. Новиков В.М. Ресилификация латеритных бокситов Ново-Бурановского рудопроявления. // Вторичные изменения бокситов из месторождений СССР. М.: Наука, 1980, с. 98-110.

19. Сапожников Д.Г., Витовская И.В., Никитина А.П., Новиков В.М. и др. Кора выветривания и осадочные формации. // Литология на новом этапе развития геологических знаний. М.: Наука, 1981, с. 129-139.

20. Новиков В.М. Латеритные бокситы Мугоджар. // Условия образования и факторы сохранности бокситовых месторождений СССР. М.: Наука, 1983, с. 15-17.

21. Сапожников Д.Г., Домбровская Ж.В., Новиков В.М., Алексеева З.И. Кора выветривания Байкало-Амурского региона. М.: Наука, 1983, 105 с.

22. Новиков В.М. Железные руды коры выветривания базальтов Дальнего Востока. // Рудная специализация осадочных формаций Дальнего Востока и Сибири (Тезисы докладов). Хабаровск, 1983, с. 35-36.

23. Новиков В.М. Древние коры выветривания Востока СССР. // Условия формирования кор выветривания и их минеральных месторождений. М.: Наука, 1983, с. 206-211.

24. Новиков В.М. О коре выветривания между базальтовыми покровами (Дальний Восток, Нижнее Приамурье). // Кора выветривания, вып. 18, М.: Наука, 1983, с. 184-187.

25. Новиков В.М. Палеогеографические закономерности размещения неогеновой коры выветривания базальтов Дальнего Востока. // Геол. рудн. мест., 1983, т. XXV, №1, с. 64-73.

26. Новиков В.М., Сивцов А.В. Ферригидрит, ферроксицит и гётит в продуктах выветривания базальтов Дальнего Востока. // Записки ВМО, 1984, ч. СХІІІ, вып. 2, с. 205-210.

27. Новиков В.М., Нгуен Нгок Куинь. Месторождения латеритных бокситов плато Тайнгуен в Южном Вьетнаме. // Геол. рудн. мест., 1984, т. XXVI, №16, с. 93-104.

28. Сапожников Д.Г., Бугельский Ю.Ю., Витовская И.В., Никитина А.П., Слукин А.Д., Новиков В.М. Рудоносные коры выветривания СССР — теоретические аспекты образования и размещения. // 27-й Международный геологический конгресс. Тезисы. М.: Наука, 1984, т. 6, секция 12, с. 282-284.

29. Нгуен Нгок Куинь, Новиков В.М. Латеритные бокситы приморской провинции Южного Вьетнама. // Известия АН СССР, сер. геол., 1985, №6, с. 104-112.

30. Новиков В.М., Нгуен Чонг Ием, Нгуен Дик Зи, Нгуен Суан Дао, Зубарев В.И. Латеритные бокситы в коре выветривания гранитов Южного Вьетнама. // Геол. рудн. мест., 1985, т. XXVII, №4, с. 116-120.

31. Сапожников Д.Г., Домбровская Ж.В., Новиков В.М., Алексеева З.И. Рудоносные коры выветривания Байкало-Амурского региона. // Рудная специализация осадочных формаций Сибири и Дальнего Востока. Владивосток, 1985, с. 40-45.

32. *Нгуен Нгок Куинь, Новиков В.М.* Минеральный состав бокситоносной коры выветривания базальтов на высоких и низких плато в Южном Вьетнаме. //Извест. высш. уч. завед. Геол. и разв., 1986, №10, с. 41-46.

33. *Новиков В.М., Ле Дык Ан, Нгуен Нгок Куинь.* Месторождения латеритных бокситов Южного Вьетнама. //Докл. АН СССР, 1986, т.289, №3, с. 692-695.

34. *Сапожников Д.Г., Бугельский Ю.Ю., Витовская И.В., Никитина А.П., Служин А.Д., Новиков В.М.* Рудоносные коры выветривания СССР — теоретические аспекты образования и размещения. //Кора выветривания, вып.19, М.: Наука, 1986, с. 5-10.

35. *Бугельский Ю.Ю., Витовская И.В., Никитина А.П., Служин А.Д., Новиков В.М.* Вопросы теории образования никеленосных и бокситоносных кор выветривания //Экзогенное рудообразование (Al, Ni, Mn), М.: Наука, 1987, с. 5- 16.

36. *Новиков В.М.* Бокситоносные коры выветривания базальтов Тихоокеанского тектонического пояса Восточной Азии (на примере Дальнего Востока СССР и южного Вьетнама). //Экзогенное рудообразование (Al, Ni, Mn), М.: Наука, 1987, с.82- 95.

37. *Никитина А.П., Служин А.Д., Бугельский Ю.Ю., Витовская И.В., Новиков В.М.* Закономерности размещения никелевых и бокситовых месторождений коры выветривания и практические рекомендации. //Экзогенное рудообразование (Al, Ni, Mn), М.: Наука, 1987, с. 105- 111.

38. *Служин А.Д., Никитина А.П., Витовская И.В., Новиков В.М., Бугельский Ю.Ю.* Источники рудного вещества при образовании никелевых и бокситовых месторождений коры выветривания. //Экзогенное рудообразование (Al, Ni, Mn), М.: Наука, 1987, с.95- 105.

39. *Самотоин Н.Д., Новиков В.М., Магазина Л.О.* Онтогенез минералов в бокситоносной коре выветривания гранитов. //Известия АН СССР, сер. геол., 1987, №8, с. 77-91.

40. *Бугельский Ю.Ю., Витовская И.В., Никитина А.П., Служин А.Д., Новиков В.М.* Экзогенные рудообразующие системы коры выветривания. // Гипергенез и рудообразование, М.: Наука, 1988, с.3-15.

41. *Бугельский Ю.Ю., Витовская И.В., Никитина А.П., Служин А.Д., Новиков В.М.* Рудные формации латеритных кор выветривания. //Кора выветривания, как источник комплексного минерального сырья. М.: Наука, 1988, с. 47-54.

42. *Новиков В.М., Иваненко В.В., Карпенко М.И., Колосков А.В.* Возраст молодого вулканизма Юго-Востока Индокитая. //Известия АН СССР, сер. геол., 1989, №6, с. 39-44.

43. *Бугельский Ю.Ю., Витовская И.В., Никитина А.П., Служин А.Д., Новиков В.М.* Экзогенные рудообразующие системы. //Рудоносность осадочных комплексов. Докл. сов. геол. Междунар. геол. конгр. 28 сессия, Ленинград, ВСЕГЕИ, 1989, с. 41-48.

44. *Бугельский Ю.Ю., Финько В.И., Самотоин Н.Д., Новиков В.М. и др.* Глинистые минералы в тропических корах выветривания: механизм кристаллизации и генезис. //Минералогия. Докл. сов. геол. Междунар. геол. конгр., 28 сессия, т.14, М., Наука, 1989, с.224-234.

45. *Бугельский Ю.Ю., Витовская И.В., Никитина А.П., Служин А.Д., Новиков В.М. и др.* Экзогенные рудообразующие системы кор выветривания. М.: Наука, 1990, 244 с.

46. *Новиков В.М., Иваненко В.В., Карпенко М.И.* Изотопное датирование рудоносных кор выветривания. //Изотопное датирование эндогенных рудных формаций. (Тезисы докл. Всесоюз. сов.), Киев, 1990, с. 58-59.

47. *Новиков В.М., Иваненко В.В., Карпенко М.И.* Возраст рудоносных кор выветривания базальтов континентальных окраин Восточной Азии (по K-Ar данным). //Рудоносные формации зоны гипергенеза. (Тезисы докл. Всесоюз. сов.) Ленинград, 1990, с. 35.

48. *Новиков В.М., Иваненко В.В., Карпенко М.И.* Калий-аргоновый возраст и палеоклиматические условия формирования коры выветривания базальтов Дальнего Востока. //Кора выветривания, вып. 20, М.: Наука, 1991, с. 61-65.

49. *Магазина Л.О., Новиков В.М., Самотоин Н.Д.* Парагенезис и механизм образования гипергенных минералов в "жёлтых пряниках" по граниту. //Кора выветривания, вып. 20, М.: Наука, 1991, с.134-145.

50. *Новиков В.М., Витовская И.В., Кузнецова О.Ю., Горбачёва С.А.* Природные воды коры выветривания базальтов Дальнего Востока. //Кора выветривания, вып. 20, М.: Наука, 1991, с. 110-113.

51. *Эдлин М.Г., Милославская О.А., Теняков В.А., Новиков В.М.* Геохимическая специфика латеритного выветривания базальтов и гранитов Южного Вьетнама. //Геология и оценка месторождений алюминиевого сырья. М.: ВИМС, 1991, с. 136-146.

52. *Бугельский Ю.Ю., Витовская И.В., Никитина А.П., Служин А.Д., Новиков В.М. и др.* Эволюция экзогенных рудообразующих систем кор выветривания. //Геол. рудн. мест., 1992, №1, с. 70-79.

53. *Теняков В.А., Эдлин М.Г., Новиков В.М., Милославская О.А.* Цериевое — европиевое отношение в процессах латеритизации базальтов и гранитов юго-востока Индокитайского полуострова (нейтронно-активационные данные). Докл. АН, 1992, т.325, №6, с.1230-1233.

54. *Теняков В.А., Эдлин М.Г., Новиков В.М., Милославская О.А.* Элементы — примеси в латеритах базальтов и гранитов Южного Вьетнама. //Геол. рудн. мест., 1992, №4, с. 113-117.

55. *Шарков Е.В., Чернышов И.В., Новиков В.М. и др.* Оценка длительности и скорости некоторых геологических процессов по данным изотопного датирования кайнозойских платобазальтов Азии. //Тезисы докладов XIII симпозиума по геохимии изотопов. М., 1992, с. 217-219.

56. *Новиков В.М., Наседкин В.В., Самотоин Н.Д., и др.* Месторождения минеральных пигментов Дальнего Востока России. //Геол. рудн. мест., 1993, т.35, №1, с. 83-95.

57. *Новиков В.М., Шарков Е.В., Чернышов И.В., Девяткин Е.В. и др.* Геохронология кор выветривания платобазальтов Сирии и эволюция палеоклимата региона за последние 20 млн лет. //Стратиграфия. Геологическая корреляция, 1993, №6, с. 66-74.

58. *Шарков Е.В., Чернышёв И.В., Девяткин Е.В., Додонов А.Е., Новиков В.М., и др.* Геохронология позднекайнозойских базальтов Западной Сирии. //Петрология, 1994, т.2, №4, с. 439-448.

59. *Бугельский Ю.Ю., Служин А.Д., Новиков В.М., Сергеев Н.Б.* Закономерности формирования крупных рудных месторождений в коре выветривания. //Россыпи и месторождения кор выветривания — объект инвестиций на современном этапе. Тезисы докладов X Междунар. совещ., М., 1994, с. 52-54.

60. *Новиков В.М., Шарков Е.В., Чернышёв И.В. и др.* Вопросы геохронологии рудоносных кор выветривания. //Россыпи и месторождения кор выветривания — объект инвестиций на современном этапе. Тез. докладов X Междунар. совещ., М., 1994, с. 149-150.

61. *Новиков В.М., Служин А.Д.* Потенциально — промышленные типы месторождений РЗЭ в латеритных корах выветривания. //Важнейшие промышленные типы россыпей и месторождений кор выветривания, технология оценки и освоения. Тез. Докл. XI Междунар. совещ. По геологии россыпей и месторождений кор выветривания. М., 1997, с. 174.

62. *Шарков Е.В., Чернышёв И.В., Девяткин Е.В., Додонов А.Е., Новиков В.М., и др.* Новые данные по геохронологии позднекайнозойских платобазальтов северо-восточной периферии Красноморской рифтовой области (Северная Сирия) //Докл. АН РАН т.358, №1, 1998, с. 96-99.

63. *Новиков В.М., Шарков Е.В.* Латериты — базальтовые комплексы как индикаторы глобальных изменений климата и окружающей среды. Тезисы докладов Международного Симпозиума "Палеоклиматы и эволюция палеогеографических обстановок в геологической истории Земли". Петрозаводск, 1998, с. 67.

64. *Витовская И.В., Новиков В.М.* Возможный механизм накопления алюминия в латеритных бокситах.//ICSOBA, 3-e Congres International, Nice, France, 1973, p. 179-184.

65. *Slukin A.D., Novikov V.M.* On the geochemistry of trace elements in lateritic bauxites of Siberia and Southern Urals.//9-th Intern. manifestation of ICSOBA. Abstracts Dubrovnik Yugoslavia, 1975, p. 20.

66. *Novikov V.M., Samotoin N.D., Magazina L.O.* Phase and mechanism of the mineralization in the bauxite-bearing weathering crust of granites in South Vietnam.//Proceedings. First conference on geology of Indochina. Ho Shi Minh City, 1986, Vol 1 p. 285-300.

67. *Slukin A.D., Nikitina A.P., Novikov V.M.* Quartz and its role in laterite bauxite formation.//Travaux ICSOBA vol 16-17, Zagreb, 1987, p. 163-167.

68. *Samotoin N.D., Novikov V.M., Magazina L.O.* Formation mechanism and relationship between minerals in the bauxite-bearing weathered granites.//Weathering: its products and deposits. Theophrastus publications S. A., Athens, Greece, vol. 11, 1989, p. 77-100.

69. *Novikov V.M., Sharkov E.V., Chernyshev I.V. et al.* Crasts of weathering — marker horizons for correlation of the genozic intraplate volcanism of Asia.//Abstracts Intern Volcanological Congress. Iavcel, Ankara, 1994, p. 14.

70. *Sharkov E.V., Chernyshev I.V., Novikov V.M. et al.* Geochronology of the late cenozoic basalts Western Syrian.// Abstracts Intern Volcanological Congress. Iavcel, Ankara, 1994, p. 14 Abstracts Intern Volcanological Congress. Iavcel, Ankara, 1994, p. 15.

71. *Sharkov E.V., Chernyshev I.V., Devytkin E.V., Novikov V.M. et al.* Geochronology of the late cenozoic Syrian basalts.// Second intern. Simpos. on the geology of the Eastern Mediterranean region. Abstracts. Iurusalim, Israel, 1995, p. 20.

72. *Novikov V.M., Sharkov E.V., Chernyshev I.V.* Stratified lateritic-basaltic complexes as indicators of global changes of climate and environment.// Abstracts 30 th International geological congress, V 1 of 3, Beijing, China, 1996, p. 75.



Компьютерная верстка и дизайн *Е.А. Жирнова*

Подписано в печать 11.03.00. Формат 10x88 1/16. Гарнитура Respect.
Усл.печ.л. 3,43. Уч.-изд.л. 3,88. Тираж 100. Заказ 10.

109017, Москва, Старомонетный пер., 35
ИГЕМ РАН