

На правах рукописи

Шибистов Борис Всеволодович

**ЗАКОНОМЕРНОСТИ ФОРМИРОВАНИЯ И
РАЗМЕЩЕНИЯ КОНТИНЕНТАЛЬНЫХ БОКСИТОВ**

*Специальность 25.00.11 - геология, поиски и разведка твердых
полезных ископаемых; минерагения*

А В Т О Р Е Ф Е Р А Т
диссертации на соискание ученой степени
доктора геолого-минералогических наук

Томск - 2002

Работа выполнена в Комитете природных ресурсов по Красноярскому краю
и Томском политехническом университете

Официальные оппоненты:

Доктор геолого-минералогических наук Р. С. Родин

Доктор геолого-минералогических наук, профессор И. А. Вылцан

Доктор геолого-минералогических наук, профессор Ю. П. Селиверстов

Ведущая организация: Красноярский научно-исследовательский институт
геологии и минерального сырья, г. Красноярск

Защита состоится 27 февраля 2002 г. в 14 часов в 111 аудитории 1 корпуса на заседании диссертационного совета Д 212.269.07 при Томском политехническом университете по адресу: 634034, Россия, г. Томск, пр. Ленина, 30.

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке Томского политехнического университета.

Автореферат разослан «_____» _____ 2002 г.

Учёный секретарь
диссертационного совета, д.т.н.



В.Д.Евсеев

Актуальность проблемы. Вещество латеритных кор выветривания признается источником формирования континентальных бокситов всех генетических типов. Латериты и бокситы связаны с определенными геолого-геоморфологическими этапами развития. Представления о них формировались на протяжении почти столетия под влиянием работ видных зарубежных и российских геологов. Вместе с тем в изучении латеритных бокситов долгое время сохранялся и продолжает поныне существовать пробел, отмеченный еще в 1937 г. Б. М. Федоровым: методика изучения бокситов сводилась к изучению строения и формирования латеритных профилей, т. е. выявлению накопления окислов алюминия и железа в результате химического выветривания снизу вверх, от пород субстрата к бокситам. Эта методика, при всем положительном ее значении, оставляет в тени геологический анализ строения и условий залегания элементов «латеритного профиля». Наиболее полную разработку получили геохимические и минералогические аспекты бокситообразования, геологические же проблемы изучены слабее.

В последние десятилетия XX века геологический анализ строения залежей латеритных бокситов во многом продвинулся вперед. Латериты и связанные с ними континентальные бокситы стали рассматриваться как полигенетический литолого-фациальный комплекс, включающий, наряду с элювием, различные типы перемещенных и осадочных пород, от делювия до осадков внутриконтинентальных и прибрежных водоемов. Но целый ряд положений остается дискуссионным.

В России последних лет проблема бокситов приобрела особую остроту в связи с потерей ряда бокситоносных районов, прекращением импорта гвинейских бокситов. Грандиозные «тропические» накопления бокситов в России отсутствуют. Добыча бокситов в России к 2000 г. сократилась на 15% при росте мировой добычи на 8%. Ряд разведанных месторождений находится в экономически не освоенных отдаленных районах. Приобретает все большую остроту проблема комплексного использования бокситового сырья. Острота бокситовой проблемы периодически подчеркивается на совещаниях и рассмотрении направлений геологоразведочных работ. Бокситы включены в список видов стратегически важного минерального сырья.

Цель исследований – совершенствование теоретических и методических основ изучения бокситоносных латеритов, направленное на повышение эффективности геологоразведочных и научно-исследовательских работ на континентальные бокситы.

Основные задачи исследования. Указанная цель достигалась постановкой и решением следующих задач:

- установление основных закономерностей формирования континентальных бокситоносных латеритов в связи с геолого-геоморфологической обстановкой;
- формационный и фациальный анализ размещения континентальных бокситов на различных уровнях рельефа;
- определение положения месторождений и проявлений бокситов Сибирской платформы в общей системе бокситоносных латеритов и рационального направления работ на бокситосодержащее минеральное сырье.

Фактический материал и методы исследований. В основу работы положен собственный фактический материал, собранный автором в многолетних полевых и камеральных исследованиях на поисках, разведке и тематическом изучении бокситовых месторождений и бокситоносных комплексов в Сибири, Западной Африке и Южном Вьетнаме. Наблюдения дополнены анализом российской и зарубежной опубликованной и фондовой литературы.

Методы исследований заключались в изучении геологической, геоморфологической и тектонической позиции континентальных бокситов и ассоциирующих с ними латеритных пород. Применялся формационный и фациальный анализ. Изучался вещественный состав, строение разрезов, литологические особенности, возраст бокситоносных образований.

Научная новизна. Традиционное разделение бокситоносных латеритов на латериты верхнего и нижнего уровней на основе вновь собранного фактического материала потребовало замены его расчленением, более соответствующим природе этих континентальных образований. Предложено деление бокситоносных латеритов на три уровня: 1) бокситоносные латериты верхнего уровня; 2) бокситоносные латериты среднего уровня и 3) бокситы и латериты нижнего уровня. Уровни связаны с развитием рельефа в определенных тектонических и климатических обстановках и образуют единый цикл. Эволюция в течение цикла идет по нисходящей линии, от крупных залежей высококачественных бокситов до разубоживания и рассеивания, с образованием на нижнем уровне крупных покровов железных руд и локального накопления бокситов в геоморфологических ловушках.

В составе бокситоносных латеритов верхнего уровня выделена формация коры выветривания включающая автохтонный, аллохтонный и остаточный типы, и осадочная формация гумидного типа, представленная совокупностью бокситоносных фаций от делювиальных до фаций опресненных заливов и пресноводных озер влажной зоны. К осадкам последних отнесены слоистые алевропелитовые бокситы Западной Африки, считавшиеся элювием сланцев. Осадочное происхождение этих бокситов доказано детальным изучением текстурно-структурных особенностей и вещественного состава и положением их в разрезе. Бокситы коры выветривания образуют крупные промышленные залежи только в регионах наиболее молодого латерито – и бокситообразования. В подавляющем большинстве регионов основную промышленную роль в составе верхнего уровня играют осадочные бокситы.

Бокситоносные латериты среднего уровня включают формацию кор выветривания, представленную остаточным и перемещенным типами, и осадочную формацию гумидного типа, включающую совокупность делювиально-пролювиальных, аллювиальных и озерно-болотных фаций. На этом уровне наблюдается мобилизация железа и разубоживание бокситов. Главную роль играют переотложенные бокситы.

На поверхностях выравнивания нижнего уровня формация коры выветривания представлена остаточным типом, осадочная формация гумидного типа – покровными отложениями железных руд с рассеянным бокситовым материалом и бокситоносными отложениями локального типа в котловинах, овражно-балочных системах, карсте, накопившимися в условиях делювиально-пролювиальных фаций, фаций пресноводных озер и болот.

Практическая ценность работы заключается в возможности использования содержащегося в ней богатого фактического материала и выводов геологами как производственного, так и научно-исследовательского профиля при выработке направлений работы по поискам и изучению месторождений континентальных бокситов. Работа может послужить также активизации совместных усилий геологов и технологов по поиску наиболее рациональных и высокотехнологичных решений по комплексному использованию разведанных бокситовых месторождений Сибири и других регионов.

Личный вклад в разработку проблемы. Основные положения, результаты и выводы получены автором лично на основе многолетних полевых наблюдений и камеральной обработки материалов и изучения обширного круга источников. Автор вел поиски бокситов при геологической съемке масштаба 1:200000 в юго-восточной части Енисейского кряжа и в западной части Сибирской платформы (1957-1967 гг.), возглавлял тематические работы по изучению стратиграфии, литологии и условий формирования бокситоносных отложений и обобщению геологических материалов по бокситам Приангарской бокситоносной провинции (1968-1971 гг.), вел поиски и оценку и участвовал в разведке бокситовых месторождений в Гвинейской Республике (1971-1973 гг.), возглавлял поиски и разведку бокситов в Республике Гвинея-Бисау (1977-1980 гг.) и Южном Вьетнаме (1989-1991 гг.), участвовал в разработке направлений геологоразведочных работ на бокситы на территории Красноярского края.

Апробация работы. Отдельные положения диссертации докладывались на конференции по проблемам морфометрического анализа (Саратов, 1967), конференции по проблемам поверхностей выравнивания (Иркутск, 1970), Всесоюзной конференции по бокситам (Иркутск, 1975), Всесоюзной конференции по корам выветривания и бокситам (Кустанай, 1981), конференции по рудоносному карсту (Новосибирск, 1988), XXX сессии Международного геологического конгресса (КНР, Пекин, 1996), IV Международной геологической конференции «Минеральные ресурсы России в XXI веке» (Гурзуф, 2000).

По рекомендации автора ПГО «Красноярскгеология» проведено предварительное изучение технологических возможностей комплексной переработки железоалюминиевых руд Центрального месторождения бокситов в Чадобецком рудном районе Сибирской платформы. Предложен проект на технологическое картирование и переоценку запасов месторождения, с учетом его высокой титаноносности.

В основу диссертации положены материалы личных многолетних полевых и камеральных исследований автора, проведенных на Енисейском кряже, Сибирской платформе, в Западной Африке и Южном Вьетнаме, дополненные изучением фондовых и опубликованных материалов.

Материалы диссертанта использованы при составлении «Карты перспектив бокситоносности Енисейского кряжа» масштаба 1:200000, «Карты перспектив бокситоносности междуречья Ангары и Подкаменной Тунгуски» масштаба 1:500000, схем стратиграфии бокситоносных отложений Приангарской бокситоносной провинции. Результаты исследований использовались автором при поисках и разведке бокситов в Западной Африке и Южном Вьетнаме.

Публикации. Основное содержание работы изложено в одной монографии объемом 30 авторских листов, 5 объяснительных записках к геологиче-

ской карте СССР масштаба 1:200000, 25 статьях, 12 геологических отчетах по геологической съемке, тематическому изучению, поискам и разведке бокситов.

Структура и объем работы. Диссертация состоит из 2 частей: часть 1 – текст диссертации, часть 2 – текстовые приложения. Часть 1 включает 5 глав, введение и заключение (основные выводы), список цитированной литературы и содержит 350 стр. текста, 14 таблиц, 103 рисунка, 400 литературных ссылок. Текстовые приложения, объемом 90 стр., содержат описание разрезов бокситоносных образований, изученных диссертантом, данные аналитических исследований.

Основные защищаемые положения:

1. В соответствии с генезисом кор выветривания и цикличностью поверхностей выравнивания общеконтинентального значения бокситоносные латериты делятся на латериты верхнего, среднего и нижнего уровней. Уровни составляют единый цикл формирования и развития континентальных бокситов.

2. Бокситоносные латериты верхнего уровня включают две рудно-геологические формации: 1) формацию коры выветривания, представляющую собой совокупность фаций автохтонной, аллохтонной и остаточной коры выветривания; 2) осадочную формацию гумидного типа, объединяющую совокупность делювиально-пролювиальных фаций и фаций опресненных заливов и пресноводных озер влажной зоны. К осадкам последних относятся слоистые алевропелитовые бокситы, считавшиеся ранее бокситовым элювием сланцев.

3. Бокситы и ассоциирующие с ними породы среднего уровня принадлежат к осадочной формации гумидного типа, включающей совокупность делювиально-пролювиальных и озерно-болотных фаций. Бокситоносные латериты залегают как на остаточных корах выветривания, так и на породах коренного ложа или молодых терригенных осадках.

4. Бокситоносные латериты нижнего уровня образуют две осадочные формации: 1) плащеобразных залежей аллитных железных руд с рассеянным бокситовым материалом, накапливавшихся в условиях озерно-болотных и флювиальных фаций; 2) бокситоносных отложений котловинного, карстового и овражно-балочного типов.

5. Бокситоносные образования других регионов Земли, расположенных вне зоны современных тропиков, как, например, Сибирская платформа, отличаются более длительной и сложной историей латеритного бокситообразования, связанной с изменением тектонических, геоморфологических и климатических условий. «Лишение» бокситов Сибири статуса латеритных необоснованно. Механизм образования бокситов Сибирской платформы в принципе не отличается от такового в современном тропическом поясе. Различаются лишь масштабы залежей. Последнее связано с более интенсивной денудацией латеритов верхнего и среднего уровней. Промышленные залежи бокситов в регионе связаны с нижними уровнями циклов.

Благодарности. Автор глубоко признателен доктору геолого-минералогических наук, профессору ТПУ А. Ф. Коробейникову за научные консультации на всех этапах работы, а также своим российским и зарубежным коллегам, с которыми автор разведывал и изучал бокситы Западной Африки, Южного Вьетнама и Сибири.

СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

Глава 1. Латериты и континентальные бокситы – полигенетическая группа рудно-геологических формаций

Общий источник свободного глинозема – латеритные коры выветривания – роднит между собою бокситы различных генетических типов. Это обстоятельство обязывает рассматривать бокситоносные латериты и бокситы различного происхождения как единое полигенетическое образование, по рангу соответствующее группе геологических формаций. Это образование рассматривается на примере латеритов и бокситов континентального происхождения.

1.1. Развитие представлений о генезисе латеритов и континентальных бокситов

Рассматривается история развития учения о бокситах и латеритах, начиная с открытий Бьюкенена и Бертье. Большое внимание уделено взглядам С. Фокса, А. Д. Архангельского, Д. В. Наливкина, Г. Гаррасовича, А. Лакруа, Г. И. Бушинского, В. П. Петрова, Б. М. Михайлова, П. Грабба, И. Валетон, других видных российских и зарубежных геологов. Приводятся сведения об экспериментальных попытках, как в России, так и за рубежом, смоделировать в лабораторных условиях процессы латеритного выветривания. Современные представления о генезисе латеритных бокситов изложены в работах В. А. Тенякова, С. Т. Акамова, Б. Балкаи, Д. Бардоши, Д. Г. Сапожникова, Б. М. Михайлова, Ю. П. Селиверстова, В. М. Новикова, В. П. Петрова и др. В целом за последние десятилетия выработано представление о латеритных бокситах как о сложном полигенетическом и полифациальном явлении.

Единый латеритный механизм формирования бокситов и заключающего их комплекса коры выветривания и (или) осадочных пород реализуется в полифациальных условиях, субаэральных или пресноводных. В формировании бокситоносного комплекса принимают участие процессы выветривания, разрушения, переноса вещества, его переотложения и осадконакопления, находящиеся между собой в диалектической связи. Выделить в "чистом" виде ту или иную генетическую разновидность часто очень трудно, и это приводит к противоречиям в оценке генезиса. Судить о генезисе приходится по результативности основного, ведущего для каждого конкретного месторождения, процесса.

1.2. О возрасте латеритов и бокситов

В геологической литературе довольно часто встречается утверждение о том, что латеритные бокситы тропического пояса Земли являются современным образованием. Это утверждение искусственно вырывает их из общей системы континентальных бокситов.

Большинством исследователей признается относительная древность латеритного бокситообразования в современных тропиках. С. Фокс относил начало латеритообразования в Индии к раннему эоцену. В Западной Африке

бокситоносные латеритные покровы плато четко коррелируются с эрозионными несогласиями и погребенными латеритами в Сенегальской впадине, впадине оз. Чад и др. В Нигерии бокситоносные коры выветривания образованы лишь на площадях, не затронутых эоценовой трансгрессией; эоценовые и более молодые отложения латеритизации не подвергались. В Алжирской Сахаре бокситы и коры выветривания перекрыты олигоценовыми лавами. Наиболее молодые из изученных автором латеритные бокситы Южного Вьетнама развиты на плиоценовых базальтах с абс. возрастом 10-12 млн. лет и часто перекрыты лессовидными суглинками, на поверхности которых рассеяны тектиты, абсолютный возраст которых определяется в 600-700 тыс. лет; тефра молодых вулканов, с возрастом менее 2 млн. лет, не затронута латеритизацией. И. Валетон отмечает молодой возраст латеритов Гавайских островов, но подчеркивает рассеченность бокситоносной поверхности молодыми долинами и отсутствие латеритизации на современных лавовых потоках.

Латеритное бокситообразование в современном тропическом поясе прекрасно укладывается в рамки глобальной меловой и третичной эпохи бокситообразования.

1.3. Ступени «эволюции» бокситоносных латеритов континентальных областей

Современное состояние учения о генезисе бокситов позволяет выделить следующие основные положения:

1. Все бокситовые месторождения имеют единый источник – латеритную кору выветривания.

2. Бокситоносные латериты и бокситы, связанные с гипергенными континентальными образованиями, тяготеют к определенным типам и формам рельефа.

3. Бокситы и латериты, приуроченные к определенным ступеням рельефа и коррелируемым им континентальным образованиям, обладают определенными чертами сходства в формах залегания и вещественном составе.

Бокситоносные латериты традиционно делятся на латериты и бокситы верхнего и нижнего уровней. Целесообразно принять трехуровневое деление, которое больше соответствует природным ассоциациям бокситов и латеритов. Выделяются бокситоносные латериты верхнего, среднего и нижнего уровней. Эти уровни образуют своеобразные ступени эволюционной лестницы. Возрастные и геологические границы «ступеней» скользящие и могут пересекаться, поэтому разделение до некоторой степени условно (бокситоносные латериты верхнего уровня в различных регионах распространены на поверхностях выравнивания от позднемеловой до плиоценовой). Но в целом расчленение бокситоносных латеритов на три уровня выдерживается повсеместно.

Детальное изучение геологических признаков показывает, что генезис латеритов и бокситов на всех уровнях сложен. Это касается и бокситоносных латеритов верхнего уровня, которые многими исследователями принимаются за чисто элювиальные (в литературе довольно прочно закрепилась синонимичность понятий «латерит» и «элювий»). Так называемый «полный латеритный профиль» – результат вторичного преобразования бокситоносного латеритного покрова. От верхнего уровня к нижнему происходит мобилизация железа и разубоживание бокситов.

Рудно-геологические формации цикла формирования
континентальных бокситоносных латеритов

Таблица 1

Уровни формирования	Геоморфологическая обстановка	Рудно-геологическая формация	Типы формаций	Совокупность фаций	Типичные парагенезы горных пород и руд
1	2	3	4	5	6
Бокситоносные латериты верхнего уровня	Денудационные поверхности выравнивания трапповых плато древних платформ. Аккумулятивные поверхности выравнивания межгорных впадин складчатых областей с базальтовым вулканизмом. Озерно-болотные впадины	Формация коры выветривания	Автохтонная (первичная) кора выветривания	Элювий, иллювиальный горизонт	Первичные бокситы (желтый и красный «пряник»); иллювиально-метасоматические бокситы; литомарж
			Аллохтонная (вторичная, или перемещенная) кора выветривания	Перемещенные продукты выветривания без химической и механической дифференциации (коллювий, делювий)	Скопления глыб, валунов, валунные брекчии, щебень, дресва, брекчии, пелиты; недифференцированные бокситы и железняки
			Остаточная кора выветривания	Реликты кор, перекрытые перемещенными породами	Глины, индуцированные латериты

1	2	3	4	5	6
		Осадочная формация гумидного типа	Покровные бокситоносные латериты	Делювиально-пролювиальные фации	Щебень, дресва, брекчии, конгломерато-брекчии бокситов и железных руд
				Фации пресноводных озер и болот	Брекчии и конгломераты, псаммитовые, алевроитовые и пелитовые бокситы и железные руды; бобовые и оолитовые руды; колломорфный цемент; дифференциация алюминия и железа
				Фации прибрежных озер и болот и опресненных заливов и лагун	Конгломератовые, гравелитовые, оолитовые и алевро-пелитовые бокситы
Бокситоносные латериты среднего уровня	Расчленение высоких поверхностей выравнивания. Формирование пенеплена среднего уровня с денудационно-эрозионно-аккумулятивным рельефом	Формация коры выветривания	Автохтонные, аллохтонные и остаточные коры	Элювий, перемещенные недифференцированные продукты выветривания (делювий)	Реликты первичного бокситового элювия; брекчиевые и конгломерато-брекчиевые бокситы и железные руды; литомарж
		Осадочная формация гумидного типа	Покровные, шлейфовые, котловинные и долинные латериты и бокситы	Делювиально-пролювиальные фации склонов	Бокситовые и железорудные брекчии и конгломерато-брекчии

1	2	3	4	5	6
				Фации пресноводных озер и болот	Бокситы и железные руды конгломерато-брекчиевые и конгломератовые, с псаммитовым, пелитовым и колломорфным цементом; оолитовые и бобовые руды; хемогенные бокситы; трубчатые бокситы и латериты
				Аллювиальные фации	Валунные конгломераты, конгломераты, псаммитовые и илистые осадки, дифференциация бокситов и железных руд, терригенных и глинистых пород
Бокситоносные латериты нижнего уровня	Формирование низкой (придолинной) поверхности выравнивания, аккумулятивных равнин, локальных геоморфологических ловушек	Формация коры выветривания	Остаточные коры	Элювиально-делювиальные фации, индуцированная латеритизация	Реликты кор выветривания, представленные в основном глинами и щебнистыми породами, с индуцированной латеритизацией
		Осадочная формация гумидного типа	Покровные отложения железных руд с рассеянным бокситовым материалом	Озерно-болотные и флювиальные фации равнинных меандрирующих потоков, опресненных прибрежных водоемов	Железные руды, обломочные, бобовые, оолитовые, колломорфные, содержат валуны, гальку, обломки и бобовины бокситов

1	2	3	4	5	6
Бокситоносные латериты нижнего уровня			Бокситоносные отложения локального типа	Делювиально-пролювиальные фации, фации пресноводных озер и болот, карста, овражно-балочных систем	Щебень, дресва вмещающих пород, бобовые, оолитовые, псаммитовые руды (бокситы, аллиты, глиноземистые железняки), глины, лигнитовые глины, угли

Глава 2. Бокситоносные латериты верхнего уровня

2.1. Формация коры выветривания

Развитая на верхнем уровне формация латеритных кор выветривания включает автохтонные (первичные), аллохтонные (переотложенные) и остаточные типы кор. Существование автохтонных аллитных кор возможно только на ранней стадии развития. Материнская порода (чаще всего магматические породы основного состава) непосредственно, без промежуточной зоны переходит в аллит или боксит типа «желтого пряника». Дальнейшее развитие наглядно демонстрирует универсальность действующих в природе диалектических законов. «Пряник» на пути превращения в высококачественный боксит подвергается иллювиальному метасоматозу, делювиальному разрушению, переотложению в пределах неровностей рельефа коры выветривания. Под латеритным панцирем происходит образование вторичного литомаржа за счет ресилификации, образование железисто-гиббситовых конкреций («журавчиков») и т. д. Первичные признаки элювиального происхождения при глубокой переработке бокситов устанавливаются по наиболее консервативным элементам реликтовой текстуры. Релиты размытой коры выветривания (остаточные коры) часто наблюдаются под аллохтонными корами и осадочными бокситоносными латеритами.

Строение и состав формации коры выветривания рассматривается на примере бокситоносных латеритов Южного Вьетнама и Западной Африки. Молодые, плиоценовые бокситы Южного Вьетнама представляют собой наиболее яркий пример (рис. 1, 2). Они являются, по сути, образованиями типа «красного пряника», залегающими как в виде элювия по базальтам, так и делювиально-пролювиальных покровов. Литомарж под бокситами включает реликты псевдоморфных бокситов, частью ресилифицированные, рассеянные зерна гиббсита, образовавшегося по плагиоклазам. В верхней части литомаржа развиты многочисленные «журавчики» железисто-гиббситового состава.

Прошедшие более длительные и сложные преобразования бокситы Западной Африки содержат все типичные разновидности, показывающие переход от желтого к красному «прянику», а затем к плотному белому высококачественному бокситу – продукту иллювиального метасоматоза (рис. 3). Латеритное выветривание избирательно по отношению к породам субстрата: долериты превращаются в «желтый пряник», вмещающие их сланцы каолинизированы, в них проявляется только индуцированная гиббситизация по трещинам. Этот тип выветривания особенно ярко проявлен в разрезах перемежающихся меж собой маломощных силлов и аргиллитов. Реликтовая структура долеритов наиболее полно сохраняется на начальных стадиях преобразования элювиального боксита. При иллювиальном метасоматозе она практически исчезает, замещаясь изотропной колломорфной структурой.

В работе приводятся примеры формации коры выветривания в других регионах мира: Африке, Индии, Южной Америке.

Впервые встречено накопление селитросодержащих солей в латерите (Гвинея-Бисау).



Рис. 1. Псевдоморфный боксит по базальту (Южный Вьетнам)



Рис. 2. Глинистый боксит, наследующий шаровидную концентрически-скорлуповатую текстуру базальта (Южный Вьетнам)



Рис. 3. Плотный белый боксит, псевдоморфный по долериту (Гвинея)

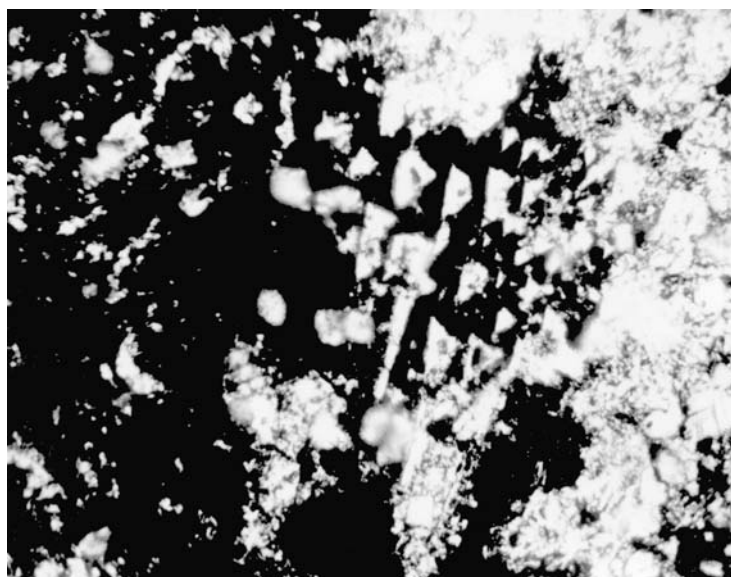


Рис. 4. Реликтовая структура боксита по конга-диабазу, с сохранившимся микрографическим проращением кварца

2.2. Осадочная бокситоносная формация гумидного типа

Осадочная бокситоносная формация верхнего уровня охватывает совокупность делювиально-пролювиальных фаций и фаций опресненных заливов и пресноводных озер влажной зоны. Накопление бокситоносных осадков происходило в озерно-болотных котловинах на денудационной поверхности выравнивания и в пресноводных озерах или опресненных заливах континентальной окраины. Строение формации рассмотрено на примере ряда изученных диссертантом регионов.

Морфоструктура Дебеле (юго-западная Гвинея) представляет собою пологую депрессию, реконструирующуюся по останцам поверхности выравнивания. В ней прослеживается фациальное изменение бокситоносных латеритов, от делювиально-пролювиальных брекчий и озерных конгломератов до пелитоморфных слоистых бокситов внутренних частей водоема. Последние традиционно считались элювием силурийских граптолитовых сланцев, но осадочная

природа их доказывается не унаследованными, а собственными текстурами и структурами, детально изученными в поле и под микроскопом (рис. 5,6).



Рис. 5. Грубослоистый псаммитовый боксит (северный фланг морфоструктуры Дебеле)



Рис. 6. Слоистый алевропелитовый боксит (месторождение Дебеле)

Детально рассмотрены осадочные бокситы и латериты месторождений и проявлений Центральной Гвинеи (район Коба-Субабе, плато Бантинель, бассейн верхнего течения р. Конкуре), бокситоносного района Боке (месторождение Сангареди рис. 7), бокситоносного района Боз в Гвинее-Бисау. Бокситы сангаредийского типа маломощным покровом прослеживаются вдоль северного фланга плато Фута-Джаллон вплоть до Гауаля (Гвинея) и Больших Бова-лей (Гвинея-Бисау). Наблюдается налегание осадочных бокситоносных латеритов на остаточную глинистую кору выветривания с базальным горизонтом в

основании (зона Транс-Фефине, Гвинея-Бисау). Приведены примеры осадочных латеритных бокситов в других странах современного тропического пояса Земли. Приводится интересный пример межлаговых залежей бокситов Ирландии.

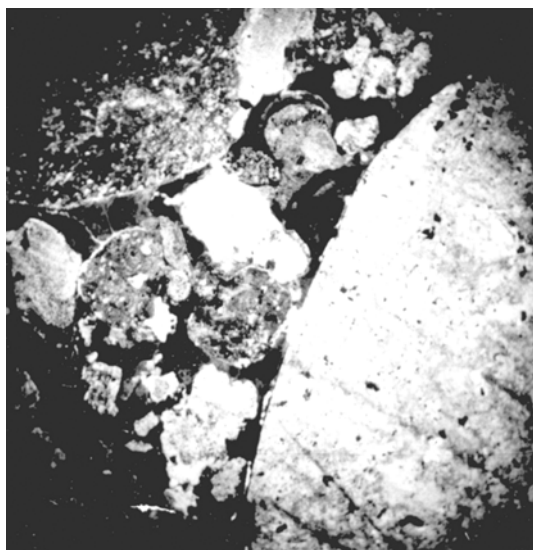


Рис. 7. Гравелитовый боксит (месторождение Сангареди, Гвинея)

2.3. Латериты верхнего уровня Сибирской платформы

Обломки и галька бокситов псевдоморфного облика с реликтовой структурой долеритов, вместе с обломками бобовых и обломочных бокситов, обнаруживаются на поверхностях выравнивания плато Путорана и останцах высокого плато в других районах Сибирской платформы. Р. С. Родиным выявлено проявление латеритных бокситов Дабаан в районе Айхала. По морфологии и составу пород латериты Дабаана напоминают латериты аллохтонной коры выветривания вкпе с озерно-болотными осадками в Гвинее: смесь обломков белых иллювиальных бокситов, желтых и красных «пряников», траппов, глинизация подбокситовой толщи, накопление железистых и вермикулитовых латеритов. Наряду с обломками бокситов с реликтовой структурой долерита обнаруживаются обломки бокситов с алевропсаммитовой структурой, с хорошо видимой тонкой слоистостью и обугленным растительным детритом.

На современном уровне изученности огромной территории платформы можно констатировать лишь признаки бывшего латеритного бокситообразования. Комплекс пород, содержащих обломки бокситов, свидетельствует о разрушении латеритов высокого уровня. Эти латериты вряд ли сохранились от размыва, хотя не исключена возможность выявления их залежей на обширных и плохо изученных останцах высокого плато.

«Лишение» бокситов верхнего уровня Сибирской платформы статуса латеритных основывается на гипотетических предположениях о связи бокситообразования с глубинными процессами (Черкасов, 1997). Сходство с бокситоносными латеритами тропических стран подтверждается структурами, текстурами и составом обнаруженных бокситов и ассоциирующих с ними пород и палеоклиматическими данными.

2.4. Генезис и развитие бокситоносных латеритов верхнего уровня

Бокситоносные латериты верхнего уровня – полифациальное и полихронное явление, включающее как элювиальные, так и осадочные образования. Бокситы коры выветривания на верхнем уровне играют более существенную роль, чем на низких уровнях. В областях молодого латеритообразования (Южный Вьетнам) они имеют самостоятельное промышленное значение.

Образование бокситов при химическом выветривании достаточно избирательно. Оно происходит главным образом по магматическим породам основного состава. За элювиальные бокситы по сланцам ошибочно принимаются тонкозернистые осадочные бокситы со слоистой текстурой. Первичный, элювиальный боксит или аллит по основным магматическим породам представляет собой «желтый пряник» – легкую и хрупкую пористую породу со структурой и текстурой материнской породы. «Желтый пряник» в результате иллювиального метасоматоза превращается в «красный пряник» и затем в плотный белый колломорфный боксит, сохраняющий текстуру материнской породы и в некоторых случаях реликты ее структуры. Одновременно латерит подвергается делювиально-пролювиальному смещению, за счет мобилизации окислов железа происходит образование кирас или скоплений железистого алюмогеля, за счет ресилификации – образование литомаржа, за счет движения коллоидов – образование различного рода желваков и конкреций. Не исключено участие в формировании литомаржа низкотемпературных гидротермальных процессов. Латеритный покров может в итоге образовать профили различного облика – от «горного» до так называемого полного. Формация коры выветривания представляет собой сложное образование, включающее, наряду с элювием, продукты делювиально-пролювиального перемещения и диагенеза.

Граница между корой выветривания и осадочными бокситами и латеритами проводится по признаку появления дифференциации пород. В осадочных породах реликтовая структура материнских пород часто сохраняется в обломочном материале. Цементирующий материал псефитовых разновидностей представлен тонким терригенным материалом или коллоидами, иногда раскристаллизованными. В алевропелитовых бокситах диагностируются как обломочные, так и пелитоморфные структуры. Отмечаются бокситы колломорфной структуры («травертиноподобные»). Разновидности пород свидетельствуют о способах перемещения материала: механическом или в виде коллоидных, реже истинных растворов.

Верхний уровень латерито – и бокситообразования связан, по видимому, с наиболее мощной и продолжительной эпохой тектонического покоя и выравнивания рельефа. Это обусловило плащеобразную форму покровов осадочных бокситов и латеритов и относительную стерильность осадконакопления на латеритном ложе от засорения бокситов и латеритов обломками пород субстрата. В пределах рудных районов, испытавших длительное геологическое развитие, прослеживаются фациальные переходы от экстралатеритных образований к осадочным бокситам с брекчиевыми, конгломератовыми, псаммитовыми, алевритовыми или пелитовыми структурами.

Вертикальный разрез бокситоносных отложений сложен. В нем на разных уровнях образуются прослои и линзы ферритов, неравномерно распределение литологических разностей бокситов, развивается или отсутствует желе-

зистая кираса. Переотложенные бокситы иногда налегают непосредственно на породы субстрата, но в большинстве случаев в основании осадочного бокситоносного разреза залегают глины с обломками латеритных пород, пород субстрата, глины из подстилающей коры выветривания и т. п. Рядом исследователей эти глины включаются в состав литомаржа. Но совершенно очевидно, что в «литомарже» развито два горизонта глин: нижний – собственно литомарж и верхний – осадочный. К аналогичному выводу пришел в свое время В. В. Петров (1967) на основании изучения разрезов латеритов ряда тропических районов.

Осадочное происхождение ряда крупных промышленных залежей бокситов в современных тропиках доказывается детальным изучением их текстур и структур. Отложение происходило в основном в водоемах озерно-болотного или прибрежного типа. Перенос материала осуществлялся главным образом механическим путем, в меньшей мере – в форме коллоидов и истинных растворов. Бокситы и латериты подвергались неоднократному перемыву и диагенетическим преобразованиям.

Глава 3. Бокситоносные латериты среднего уровня

Бокситоносные латериты среднего уровня занимают выравненные поверхности, расположенные близ уступов останцов рельефа верхнего уровня. Они несут признаки переотложения и генетического родства с латеритами верхнего уровня. Формационный ряд образован перемещенными и остаточными корами выветривания и осадочной рудно-геологической формацией гумидного типа, включающей совокупность фаций пресноводных озер и болот влажной зоны, делювиально-пролювиальные и аллювиальные фации.

3.1. Бокситоносный район Киндия (юго-западная Гвинея)

Район рассматривается в качестве наиболее показательного и хорошо изученного примера бокситоносных латеритов среднего уровня. Они залегают в Киндийской аккумулятивной котловине и образуют верхнюю толщу свиты Киндия, с размывом перекрывающую терригенную песчано-глинистую толщу Тоголе, лежащую на песчаниках ордовика. Возраст бокситоносных латеритов района определяется как миоценовый.

В центральной части котловины развиты брекчиевые и конгломератобрекчиевые бокситы и латериты, на периферии – шлейф оолитовых и пизолитовых бокситов. В основной латеритный покров врезаны более молодые долинны залежи, подошва которых располагается ниже уровня ложа латеритного покрова.

Обломочный материал в бокситах представлен в основном псевдоморфными бокситами по долеритам и алевропелитовыми бокситами из разрушенных залежей верхнего уровня. Изредка встречаются практически бескремнистые, по-видимому, хемогенные бокситы (месторождение Меенги, боксит с кремневым модулем 1100). Бокситы среднего уровня отличаются большей железистостью и засоренностью терригенным кварцем за счет размыва коренного ложа – песчаников ордовика.

Бокситоносные латериты среднего уровня рассматриваются также на примере рудных районов Дебеле (Гвинея), Боэ (Гвинея-Бисау), латеритов Индии, Гайаны, Казахстана, Украины, Малайзии (разделы 3.2, 3.3., 3.4.). В виде примера включена характеристика палеозойских бокситов Северо-Онежского района, из-за сходства форм распространения и залегания бокситоносных латеритов с рассматриваемыми в работе мезозойско-кайнозойскими бокситоносными латеритами (раздел 3.4.3).

3.5. Бокситоносные латериты среднего уровня Сибирской платформы

Бокситоносные образования, которые наиболее обоснованно могут быть отнесены к среднему уровню, полнее всего представлены на западной окраине Сибирской платформы (Варламовская котловина и др.). Наиболее типичный разрез вскрыт на Сухолебяжинском месторождении. Бокситы представлены оолитовыми и обломочно-оолитовыми разновидностями. В обломках сохраняется структура материнских пород – долеритов. Бокситоносные отложения залегают на коре выветривания траппов и перекрываются сероцветными алевритистыми отложениями сеноманского возраста. Бокситоносные образования располагаются в котловине под уступом траппового плато, на котором встречаются обломки псевдоморфных бокситов. По мере удаления от плато в бокситах наблюдаются фациальные изменения, выраженные в изменении размеров и состава обломков и зерен. Осадочный генезис бокситоносных образований месторождения подтверждается находками растительных остатков.

Бокситоносные латериты среднего уровня в виде реликтовых останцов встречаются в понижениях дорудного рельефа в других районах платформы. Они указывают на бывшее довольно широкое распространение этих образований в данной геоструктуре, от которого сохранились лишь отдельные пластообразные залежи бокситов низкого качества.

3.6. Генезис и развитие бокситоносных латеритов среднего уровня

В целом для бокситоносных латеритов среднего уровня характерно преобладание типично осадочных пород с редкими реликтами элювиальных бокситов и латеритов. Общей чертой является их генетическая связь с бокситоносными латеритами верхнего уровня. Расчленение и усложнение форм рельефа при формировании поверхностей выравнивания среднего уровня ведет к усложнению форм залегания латеритов и бокситов.

Граница между латеритными покровами и подстилающими породами, как правило, резкая. Латериты залегают местами на остаточной коре выветривания, местами – на древних коренных породах или на молодых осадочных сериях, выстилающих днища котловин. Преобладают три петрографических типа пород: брекчиевые, конгломератовые и бобово-оолитовые. Реже встречаются тонкозернистые разности – от псаммитовых до пелитовых. Иногда отмечаются хемогенные осадки.

От бокситов верхнего уровня бокситы среднего уровня отличаются обычно большей железистостью. Накопление бокситоносных латеритов сред-

него уровня сопровождается индуцированной латеритизацией в подстилающих породах. По своему промышленному значению бокситоносные латериты среднего уровня как источники алюминиевого сырья уступают латеритам верхнего уровня как по размеру залежей, так и по качеству бокситов.

Глава 4. Латериты и бокситы нижнего уровня

Подвергаясь дальнейшему разрушению и переносу, латеритный материал перемещается на более низкие уровни рельефа, образуя, в зависимости от фациальных условий осадконакопления, либо плащевидные покровы, либо различного рода сравнительно небольшие изолированные залежи – долинные, котловинные, карстовые, террасовые, – либо рассеивается в пространстве, образуя механические примеси в составе различного рода терригенных отложений. Осадочная формация гумидного типа на нижнем уровне включает два основных типа: покровные отложения железных руд с рассеянным бокситовым материалом и бокситоносные отложения локального типа. Соответственно они охватывают совокупности озерной-болотных и флювиальных фаций равнинных меандрирующих потоков и делювиально-пролювиальные, озерно-болотные и карстовые фации локальных впадин. Бокситовый материал, перемещаясь на нижние уровни рельефа, разубоживается и деградирует.

Бокситоносные латериты нижнего уровня рассматривается на примерах различных регионов, от Западной Африки до Западно-Сибирской плиты.

4.1. Западная Африка

Поверхность выравнивания, к которой приурочены латериты нижнего уровня в Гвинее, является наиболее низкой в системе четырех главных уровней планации в Западной Африке. Возраст ее определяется как ранне-среднеплиоценовый (Селиверстов, 1983).

Ранне-среднеплиоценовая поверхность выравнивания покрыта плащом преимущественно железистого латерита, флювиальная природа которого четко проявляется на дистанционных фотоснимках характерным струйчатым рисунком фотоизображения, свойственным отложениям блуждающих, меандрирующих по широким выположенным аккумулятивным долинам речных русел, временных потоков и т. п. Структуры пород в основном обломочные, обломочно-пизолитовые, обломочно-оолитовые или пизолитовые. Бокситовый материал рассеян спорадически, в виде обломков, галек, изредка валунов. Нередка примесь пород субстрата. Обломочный материал бокситов присутствует вперемешку с обломками долеритов, контактовых роговиков и примесью кварцевого песка из песчаников ордовика.

К этому же уровню относятся останцы крупных делювиально-пролювиальных шлейфов на склонах основных бокситоносных бовалей.

Ранне-среднеплиоценовая поверхность выравнивания тесно сопрягается с комплексом речных террас, в строении аллювия которых также заметное участие принимают латеритные породы. Наиболее молодые террасы не затронуты латеритизацией.

В Гвинее-Бисау латеритный покров также состоит из обломочного материала, представленного гематитом, долеритами, глинистыми сланцами, песча-

никами, с гальками и валунами бокситов. Конечным высотным репером, до которого распространяется переотложение латеритного материала сверху вниз, также является вторая надпойменная терраса долинного комплекса. Аллювий террасы, заключающий гальку и гравий латеритов, не несет следов латеритного выветривания.

4.2. Сибирская платформа

Бокситоносные образования, которые могут быть отнесены к нижнему уровню, распространены от Иркутского амфитеатра на востоке до западной окраины платформы и с юга ее до севера.

Одной из наиболее изученных территорий является Енисейский кряж. Выявленные и разведанные здесь месторождения принадлежат к карстовому и карстово-эрозионному типу. В работе рассматриваются месторождения Татарской группы, месторождения Ангара-Питского синклинория и Иркинеевского выступа, зоны сочленения Енисейского кряжа с Сибирской платформой.

Палинологические материалы позволили детально изучить стратиграфию бокситоносных отложений Енисейского кряжа. В их составе выделены две свиты: герфедская, имеющая поздне меловой возраст, и мурожнинская – палеоцен-эоценовый. Есть указания на развитие бокситоносных отложений альбсеноманского возраста. Герфедская свита распространена не повсеместно. Она сложена каолинистыми глинами, углистыми глинами, углями, каолинит-гиббситовыми породами и бокситами. Характерной чертой ее является отбеливание и ресилификация слагающих ее пород. Отложения мурожнинской свиты распространены более широко. В ряде районов она с размывом ложится на отложения герфедской свиты, а на Иркинеевском выступе – непосредственно на породы верхнепротерозойского субстрата. Рудоносный горизонт ее сложен пестроцветными каолинистыми, каолинит-гиббситовыми и гиббсит-каолинистыми глинами с одним или двумя уровнями развития бокситовых тел. В крупных депрессиях бокситы, каолинит-гиббситовые и гиббсит-каолинистые глины замещаются по простиранию каолинит-гидрослюдистыми и гидрослюдистыми глинами с пластами и линзами лигнитовых глин и углей. Мурожнинская свита отличается от герфедской большей степенью бокситоносности и значительно меньшим развитием процессов отбеливания и ресилификации.

Значительное внимание уделено характеристике кор выветривания Енисейского кряжа. Реликты коры выветривания (остаточные коры) указывают на возможность латеритного корообразования и наиболее благоприятные для образования бокситов типы пород субстрата.

Одним из крупнейших бокситоносных районов России является Чадобецкое поднятие Сибирской платформы. Здесь выделена Чадобецкая группа месторождений, включающая Центральное месторождение котловинного типа и месторождения Ибджибдек и Пуня карстового происхождения, с общими разведанными запасами бокситов в 47,9 млн. т., 84% запасов сконцентрировано в Центральном месторождении.

Бокситы Центрального месторождения образуют серию почти горизонтально залегающих пластообразных тел. Среднее содержание окиси алюминия в бокситах 35,84%, кремнезема – 6,64%. Бокситы отличаются высоким содержанием двуокиси титана – 8,41%, сопоставимым с содержанием этого ком-

понента в собственно титановых рудах среднего качества. Карстовые бокситы месторождений Пуны и Ибджибдек залегают среди глин в карстовых полостях, развитых на карбонатных породах кембрия.

Технико-экономическая оценка чадобецких бокситов, проведенная в 1974 г., исходит из возможностей производства 400 тыс. т глинозема в год, с попутным годовым извлечением 8,5 т галлия высокой чистоты и 100 т пятиокси-си ванадия. В экономических условиях 70-х гг. XX в. это означало окупаемость капложений в течение 6,6 года. Однако современные экономические условия предъявляют более высокие требования к комплексной переработке бокситов Чадобца с использованием новейших технологий. Чадобецкое поднятие по своим минеральным богатствам представляет собой уникальную структуру. На площади около 500 кв. км здесь сосредоточены крупные запасы бокситов, природно легированных железных руд, редких и редкоземельных элементов.

Бокситоносные отложения Чадобецкого поднятия могут рассматриваться как комплексное железоалюминиевое сырье. Опыты по его изучению были проведены по рекомендации автора в 1989-90 гг. Запасы извлекаемого глинозема при этом возрастают в 2,9 раза. Попутно получают ферросилиций и белитовый шлам.

Бокситы и вмещающие породы Центрального месторождения могут рассматриваться как источник получения диоксида титана. В 1964 г. Уралмеханобром были проведены технологические испытания, которые показали благоприятные перспективы получения окиси алюминия, титанового продукта и железа для порошковой металлургии гидрометаллургическим методом. Извлечение титана составило 99,1%. Эти исследования не доведены до логического завершения, но они представляют несомненный практический интерес.

Отмечена также повышенная золотоносность бокситоносных отложений Енисейского кряжа и Чадобецкого поднятия.

Освоение Чадобецкого района должно вестись комплексно, с учетом наличия уникальных ресурсов ниобия и редкоземельных элементов. Рекомендуется завершение геологического изучения Чадобецкого рудного района.

В работе рассматриваются также бокситоносные образования нижнего уровня в Чадобецко-Кодинском районе и Северо-Сибирской бокситоносной провинции.

4.3. Восточная окраина Западно-Сибирской низменности

Проблема бокситоносности восточной окраины Западно-Сибирской низменности существует уже свыше пяти десятилетий. Особо выделяется проблема так называемых «туруханских бокситов». В разрезе меловых и палеогеновых пород региона выделяются два уровня развития бокситоносных пород: нижний – альб-сеноманский и верхний – позднемеловой-раннепалеогеновый. Анализ строения и результатов опробования «туруханских бокситов» показывает, что они не представляют промышленного интереса как алюминиевое сырье. Как и в других случаях развития бокситоносных латеритов нижнего уровня, мы имеем здесь дело с рассеиванием бокситового материала.

Прибрежно-морские отложения сенонского уровня слагают здесь северную часть крупнейшего Западно-Сибирского железорудного бассейна. Следовательно, как и в других регионах Земли, на нижнем уровне здесь накаплива-

лись в основном железистые латериты. Руды слабо глиноземистые: в Туруханском районе они содержат 4-4,3% свободной окиси алюминия.

Находки гальки безводных, метаморфизованных бокситов могут служить обоснованием для поиска межластовых бокситовых залежей ирландского типа в нижнетриасовых вулканогенно-осадочных породах Сибирской платформы.

Среди прочих регионов распространения бокситоносных латеритов нижнего уровня рассматриваются Казахстан, Салаиро-Кузнецкая провинция, Украина, Узбекистан (раздел 4.4).

4.5. Генезис и развитие латеритов и бокситов нижнего уровня

Бокситоносные латериты нижнего уровня распространены на тех территориях, где эти образования претерпели достаточно длительную и сложную историю геологического развития. В регионах молодого бокситообразования латериты нижнего уровня практически не развиты (Южный Вьетнам и др.).

Бокситоносные латериты нижнего уровня формируют плащеобразные покровы на поверхностях выравнивания и пологих склонах, выработанных в алюмосиликатных породах. Реже они слагают ленточные залежи, связанные с долинными системами, или котловинные в центральных частях или на склонах достаточно крупных впадин. На карбонатных породах образуются карстовые, котловинные и овражно-балочные залежи.

В составе латеритных образований нижнего уровня преобладают галька, гравий, обломки, бобовины и оолиты железистых пород и глинистый материал. Роль бокситового материала незначительна. В плащеобразных покровах это изолированные валуны, гальки или обломки бокситов, изредка локальные скопления бокситового материала в делювии. Для формирования залежей бокситов, достигающих промышленных размеров, требуются благоприятные геоморфологические ловушки – карстовые, долинные или котловинные.

Латериты нижнего уровня завершают цикл образования и эволюции бокситоносных латеритов. Типичным является цикл эволюции бокситоносных латеритов Западной Африки. Наличие двух уровней развития железистых бокситоносных латеритов Западно-Сибирской плиты позволяет говорить о прохождении двух циклов образования и развития бокситоносных латеритов на Сибирской платформе.

Общим для латеритов нижнего уровня является мобилизация железа и деградация, рассеивание и уничтожение бокситового материала. Поэтому латериты нижнего уровня могут рассматриваться в основном как ресурс комплексного железоалюминиевого сырья с гигантскими запасами, но мало перспективен для выявления крупных залежей бокситов.

Глава 5. Общие закономерности формирования и развития континентальных бокситов

На основании данных о миграционной способности компонентов бокситов сущность механизма тропического выветривания понимается как энергичное разложение алюмосиликатов и интенсивный вынос калия, натрия, кальция, магния и силиция в условиях нейтральной и слабо кислой среды. Стойкие компоненты (свободный глинозем, окись железа и двуокись титана) накапливают-

ся в виде остаточного продукта. Это, как отмечали общая схема латеритного выветривания, которое в природе происходит неодинаково.

Проецирование современного тропического климата на латеритообразование недостаточно корректно. В современном тропическом поясе Земли не происходит бокситообразования значительных масштабов. Наблюдения показывают, что наиболее ясные свидетельства глубокого выветривания наблюдаются у пород, имеющих по крайней мере третичный возраст. По-видимому, условия главной эпохи латеритообразования отличались от современного тропического климата температурным режимом, влажностью и составом атмосферы. Очевидно, все факторы, влияющие на латеритное бокситообразование, не выяснены. Для удобства можно пользоваться схемой, которая принята большинством геологов.

Существует также проблема субстрата, на котором происходило образование бокситоносного элювия. Это образование избирательно. Из всего многообразия петрографических разновидностей горных пород наиболее достоверен переход в глиноземистые латериты базальтов, андезитов, диабазов и нефелиновых сиенитов. Указания на образование бокситов по гранитам или сланцам при детальной полевой проверке не подтверждаются.

Изучение латеритных профилей в каждом конкретном случае требует определения: какая часть профиля действительно является элювием, а какая – осадочным или диагенетическим образованием. Единственно достоверным типом бокситового элювия является желтый или красный «пряник» на выветривающейся породе. Зона свободных окислов развивается непосредственно на материнской породе, переход между нею и бокситом весьма резкий, промежуточная зона практически отсутствует (В. П. Петров, 1967). Представление о «полном латеритном профиле» как об элювиальном образовании является ошибочным. Полный латеритный профиль представляет собой полигенетическое формирование.

При сочетании факторов химического выветривания, благоприятного субстрата, экспозиции его агентам выветривания, проницаемости в условиях пенепленизированного рельефа происходит формирование аллитного или бокситового элювия в форме «желтого пряника». Интенсивный вынос подвижных элементов порождает дефицит массы, объемный вес «пряника» достигает $1,1 \text{ г/см}^3$. Обычное содержание Al_2O_3 в «желтом прянике» 33-35%, Fe_2O_3 30-35%, SiO_2 10-20%. Усиление неравномерности распределения масс активизирует делювиальные процессы и повышает проницаемость пород. Дальнейшее накопление свободного глинозема ведет к развитию иллювиального метасоматоза и преобразованию «желтого пряника» в «красный пряник» – боксит с содержанием Al_2O_3 40-50% и объемным весом $2-2,5 \text{ г/см}^3$. Типичным примером «красного пряника» являются «шаровые» бокситы Южного Вьетнама. Дальнейший иллювиальный метасоматоз ведет к образованию плотных белых высокоглиноземистых фарфоровидных бокситов с колломорфной структурой и редкими реликтами кристаллической структуры материнской породы.

Одновременно с преобразованием экстралатеритных бокситов идет накопление осадочных бокситов и латеритов, от делювиально-пролювиальных фаций и псефитовых прибрежных осадков до тонких осадков озерно-болотных фаций. В бокситах часто встречаются зерна минералов, неустойчивых при химическом выветривании: карбонатов, глауконита и т. д.

Избыток кремнезема, накапливающегося за пределами зоны выветривания, приводит к ресилификации и образованию литомаржа под латеритным

покровом. В разрезах осадочных бокситов и латеритов нередко наблюдается две глинистых толщи: верхняя – осадочная и нижняя – остаточная кора выветривания. В зоне литомаржа, по-видимому, могли происходить низкотемпературные гидротермальные процессы, приводящие к образованию гидрослюда, монтмориллонита, пирофиллита, новообразований не окисленного пирита.

Образованию обширных залежей высококачественных бокситов верхнего уровня способствовали условия тектонической стабильности и относительная «стерильность» латеритного ложа, препятствовавшего засорению и разубоживанию бокситов.

Активизация тектонических движений и разрушение латеритов верхнего уровня приводит к накоплению бокситоносных латеритов на формирующихся пенепленах среднего уровня. Происходит усложнение форм залегания латеритов и бокситов: наряду с покровами накапливаются шлейфовые делювиально-пролювиальные, долинные и котловинные залежи. За счет разубоживания терригенным материалом из пород субстрата и мобилизации железа происходит снижение качества бокситов. Элювиальные латериты и бокситы на среднем уровне встречаются довольно редко. Основную массу залежей составляют переотложенные бокситы различных литологических типов.

Дальнейшее развитие рельефа ведет к образованию пенеплена низкого уровня и переотложению на нем латеритов. Этот этап характеризуется разрушением бокситовых залежей и накоплением плащевидных покровов железистых латеритов с рассеянными в них валунами, галькой и обломками бокситов. Железистые латериты накапливались в озерно-болотных и флювиальных условиях и образовывали огромные залежи аллитных железных руд. Бокситы на нижнем уровне могли скапливаться в различных геоморфологических ловушках: котловинах, овражно-балочных системах, карсте и т. п. Залежи такого рода относительно невелики, но могут достигать промышленных размеров.

Формирование трех уровней распространения бокситоносных латеритов составляет единый цикл их возникновения и развития.

Сибирская платформа, по всей вероятности, испытала не один цикл латеритообразования. Начало этого процесса на платформе следует отнести к раннему триасу. Судя по появлению латеритов нижнего уровня на Сибирской платформе и Западно-Сибирской плите в конце раннего мела, к этой эпохе уже мог закончиться первый цикл латеритообразования. Бокситоносные латериты верхнего и среднего уровня на Сибирской платформе подверглись более длительной денудации.

ОСНОВНЫЕ ВЫВОДЫ

Исследования, выполненные на обширном фактическом и литературном материале, позволяют сделать следующие основные выводы:

1. Латеритные бокситы представляют собой полигенетическое, полифациальное и полихронное образование. Термин «латерит» не может являться синонимом элювия.

2. Латериты и континентальные бокситы, независимо от генетических разновидностей, составляют единый комплекс бокситоносных латеритов. В соответствии с цикличностью развития рельефа комплекс может быть разделен на три уровня: 1) бокситоносные латериты верхнего уровня; 2) бокситоносные латериты среднего уровня; 3) бокситоносные латериты нижнего уровня.

ня. Они составляют единый цикл формирования, представляя собой своеобразные ступени эволюционной «лестницы».

3. Бокситоносные латериты верхнего уровня залегают на высоких пенепленах, образуя плащевидные покровы. В их составе выделяются бокситы коры выветривания и осадочные бокситы и латериты. Рудно-геологическая формация коры выветривания представлена автохтонным, аллохтонным и остаточным типами. Осадочная рудно-геологическая формация представлена совокупностью фаций от делювиально-пролювиальных до озерных и прибрежных фаций опресненных заливов, с присущим им разнообразием литологических типов пород. Перенос материала происходит преимущественно механическим путем, в меньшей мере - в коллоидальных и истинных растворах. Осадочное происхождение бокситов и ассоциирующих с ними пород доказывается текстурно-структурными признаками, особенностями минерального состава, развитием базальных отложений, отделяющих литомарж от бокситоносного горизонта.

4. В изученных автором регионах, как и в Южной Азии, Южной Америке и других областях, наиболее благоприятным субстратом для аллитного выветривания служили магматические породы основного состава. Их первичный элювий представлен «желтым пряником» – легкой пористой метасоматической породой, соответствующей по химическому составу низкомолекулярному железистому бокситу или аллиту. Образование высококачественного боксита происходит путем иллювиального метасоматоза. Бокситы коры выветривания в большинстве тропических стран не имеют самостоятельного промышленного значения. Исключение составляют экстралатеритные бокситы наиболее молодого возраста, находящиеся в начальной стадии формирования латеритного покрова верхнего уровня (позднеплиоценовые бокситы Южного Вьетнама).

5. Выветривание глинистых сланцев и аргиллитов в природе ведет к их каолинизации. Аллитизация наблюдается только индуцированная. Широко распространенное мнение о полосчатых (слоистых) бокситах Западной Африки как о продукте выветривания глинистых или граптолитовых сланцев ошибочно. Детальное изучение показало, что эти бокситы по своим литологическим характеристикам являются типичными озерными осадками.

6. Бокситоносные латериты среднего уровня представлены в основном осадочной рудно-геологической формацией гумидного типа, различных фаций, от делювиально-пролювиальных до аллювиальных и озерно-болотных. Они образуются за счет переотложения материала бокситоносных латеритов верхнего уровня на комплексе поверхностей, склонов, долин и котловин вновь формирующегося пенеплена. Бокситы отличаются большей степенью железистости и примесью зерен терригенного материала, главным образом кварца. Преобладало механическое переотложение, но перенос осуществлялся также в виде коллоидов и растворов. Формация коры выветривания представлена главным образом остаточным типом кор выветривания.

7. Образования нижнего уровня представлены обширными плащеобразными покровами железистых латеритов фаций озерно-болотных впадин или медленных меандрирующих равнинных рек. Материал переносился и отлагался механическим путем и в виде коллоидов. Характерны мобилизация железа и деградация и рассеивание бокситов. Бокситовый материал встречается в виде гальки и обломков среди железистых латеритов или терригенных осадков. Накопление сравнительно крупных бокситовых залежей возможно

при наличии геоморфологических ловушек в виде овражно-балочных систем, озерно-болотных котловин, карста, роль которых редко возрастает.

8. Литомарж под бокситоносными латеритами формируется в результате ресилификации нижних горизонтов коры выветривания за счет нарастающего избытка кремнезема. Некоторые признаки (появление гидрослюдисто-монтмориллонитовой ассоциации, пиррофиллита, новообразованного не окисленного пирита) свидетельствует о возможном проявлении низкотемпературных гидротермальных процессов.

9. Сибирская платформа прошла более сложный путь геолого-геоморфологического развития, чем Западно-Африканская, но механизм образования бокситов в принципе сохраняется, и «лишение» сибирских бокситов статуса латеритных не обосновано. Мощный пермский и раннетриасовый трапповый магматизм создал на огромной территории благоприятный субстрат, а гумидный тропический климат мезозоя благоприятствовал образованию латеритных кор выветривания. Начало бокситообразования на Сибирской платформе следует относить к раннему триасу. На Сибирской платформе прошло, по меньшей мере, два цикла латеритообразования. Бокситы и латериты верхнего уровня подверглись интенсивной денудации. Основную промышленную роль играют бокситы нижнего уровня.

10. Возможности поисков бокситов верхнего уровня на Сибирской платформе связаны с обследованием останцов высокого плато Путорана и его периферии. Новое направление поиска – изучение межлаговых отложений нижнего триаса, где возможно обнаружение бокситов ирландского типа. Но основные промышленные бокситы Сибирской платформы связаны с бокситоносными латеритами нижнего уровня. Эти месторождения изучены, и ожидать существенного прироста запасов не приходится. Поэтому необходимо сконцентрировать усилия на проблеме комплексного использования бокситов и ассоциирующих с ними латеритных пород для получения глинозема, титана и других важных в народно-хозяйственном отношении продуктов.

Основное содержание диссертации изложено в следующих работах:

А. Печатные:

1. Б. В. Шибистов, В. В. Шевченко, Н. Р. Шибистова. Геологическая карта СССР м-ба 1:200000. Серия Енисейская. Лист О-46-XVIII. Объяснительная записка. Госгеолтехиздат, 1962.
2. Б. В. Шибистов. Связь продольных и поперечных профилей долин с тектоникой в восточной части Енисейского кряжа // Материалы по геологии Красноярского края, вып. 3. Красноярск, 1964.
3. Б. В. Шибистов, Н. Р. Шибистова. Геологическая карта СССР м-ба 1:200000, Серия Ангара-Ленская. Лист О-47-V. Объяснительная записка. Госгеолтехиздат, 1965.
4. Б. В. Шибистов, Б. М. Нагайцев. Геологическая карта СССР м-ба 1:200000. Серия Ангара-Ленская. Лист О-47-I. Объяснительная записка. Госгеолтехиздат, 1968.
5. А. Е. Березий (автор), Б. В. Шибистов (редактор). Геологическая карта СССР м-ба 1:200000. Серия Ангара-Ленская. Лист О-47-XIII. Объяснительная записка. Госгеолтехиздат, 1969.

6. А. Е. Березий (автор), Б. В. Шибистов (редактор). Геологическая карта СССР м-ба 1:200000. Серия Ангара-Ленская. Лист О-47-XIV. Объяснительная записка. М.: Недра, 1970.
7. Б. В. Шибистов. Роль новейших тектонических движений в формировании месторождений бокситов (междуречье Ангары и Подкаменной Тунгуски) // Вопросы морфометрии, вып. 2. Изд. Саратовского ун-та, 1967.
8. Б. В. Шибистов, Н. Р. Шибистова, Н. Д. Пряникова. Применение карт вершинных поверхностей в прогнозировании поисков бокситов на сочленении Енисейского кряжа и Сибирской платформы // Проблемы бокситов Центральной Сибири. Труды СНИИГГиМС, вып. 88. Новосибирск: Наука, 1969.
9. Б. В. Шибистов. К вопросу бокситоносности междуречья Ангары и Подкаменной Тунгуски // Вопросы геологии экзогенного минерального сырья Красноярского края. Красноярск, 1970.
10. Б. В. Шибистов, Ж. И. Сергеева. Состав нижнеангарской свиты докембрия и перспективы бокситоносности Енисейского кряжа // Проблемы бокситов Сибири. Труды СНИИГГиМС, вып. 121. Новосибирск: Наука, 1970.
11. Б. В. Шибистов, Ж. И. Сергеева, Н. Р. Шибистова. Состав и условия формирования бокситоносных отложений Енисейского кряжа // Континентальные перерывы и коры выветривания. Новосибирск: Наука, 1970.
12. Б. В. Шибистов. Связь бокситообразования с мел-палеогеновой поверхностью выравнивания в Нижнем Приангарье // Поверхности выравнивания. Иркутск, 1970.
13. Б. В. Шибистов. К стратиграфии бокситоносных отложений Енисейского кряжа // Геология и геофизика. 1972, № 8.
14. А. В. Кириченко, Б. В. Шибистов. К проблеме бокситоносности докембрия Енисейского кряжа // Изв. АН СССР. Сер. геол. 1972, №7.
15. Ж. Б. Бунин, А. Б. Пуховский, Б. В. Шибистов, Ж. Сума. Физико-механические свойства бокситов месторождения Дебеле района Киндия (Гвинейская Республика) // Изв. высш. уч. заведений. Геология и разведка. 1973, № 3.
16. Б. В. Шибистов, Н. Р. Шибистова. Оценка новейших тектонических движений морфометрическим методом на Иркинском выступе Енисейского кряжа // Геология Сибири, т. IV. Новосибирск: Наука, 1973.
17. Б. В. Шибистов. К генезису латеритных бокситов (на примере месторождений Центральной и Юго-западной Гвинеи) // Неметаллические полезные ископаемые коры выветривания. М.: Наука, 1977.
18. Б. В. Шибистов. О «типах» латеритной коры выветривания // Кора выветривания и гипергенное рудообразование. М.: Наука, 1977.
19. Б. В. Шибистов. Некоторые особенности строения и минералогии бокситоносных латеритов (Западная Африка) // Тезисы Всесоюзной конференции по бокситам. Кустанай, 1981.
20. Б. В. Шибистов. Алюможелезистое сырье Нижнего Приангарья и перспективы его использования // Рудоносный карст Сибири. Новосибирск: Наука, 1990.
21. B. V. Shibistov, Nguyen Xuan Bao, Pham Dinh Khien. Combined utilization of laterite bauxite in South Vietnam // Труды XXX МГК. Пекин, 1996.
22. Б. В. Шибистов. Инновационный потенциал и некоторые аспекты развития и освоения минерально-сырьевой базы Красноярского края // Труды IV Международной конференции «Минеральные ресурсы России в XXI веке». Гурзуф, 2000.

23. Б. В. Шибистов. Латериты и континентальные бокситы. Красноярск: изд. КНИИГиМС, 2000.
24. Б. В. Шибистов. Алюминиевое сырье Красноярского края // Геологическая служба Красноярского края. Красноярск, 2000.
25. Б. В. Шибистов. Красноярское геологическое общество // Геологическая служба Красноярского края. Красноярск, 2000.
26. Б. В. Шибистов, Ю. А. Озерский, А. Г. Еханин, И. В. Бабкина, Е. И. Ковшова, В. А. Кореньков. Природные ресурсы Красноярского края // Природные ресурсы Сибирского региона. Новосибирск. ДПР, 2000.

Б. Фондовые

27. Б. В. Шибистов, В. В. Шевченко, Н. Р. Шибистова. Геологическое строение бассейна р. Ангара от устья р. Каменки до устья р. Кокуй (отчет Потоскуйской партии о геологической съемке масштаба 1:200000 за 1959-1960 гг.). ВГФ, ТГФ, 1960.
28. Б. В. Шибистов, Н. Р. Шибистова. Геологическое строение бассейна среднего течения р. Чадобец (отчет Маимбинской партии о геологической съемке масштаба 1:200000 за 1962-1963 гг.). ВГФ, ТГФ, 1964.
29. Б. В. Шибистов, Б. М. Ногайцев. Геологическое строение бассейна верхнего течения р. Камо (отчет Камонской партии о геологической съемке масштаба 1:200000 за 1965-1967 гг.). ВГФ, ТГФ, 1968.
30. Ю. А. Озерский, И. К. Кусов, Б. В. Шибистов и др. Перспективная оценка Приангарского бокситоносного района на абразивные бокситы. ВГФ, ТГФ, 1969.
31. А. И. Чупахин, Б. В. Шибистов, Ж. И. Сергеева и др. Стратиграфия, литология и условия формирования бокситоносных отложений восточной части Енисейского кряжа и западной окраины Сибирской платформы (отчет по теме за 1967-1969 гг.). ВГФ, ТГФ, 1970.
32. Б. В. Шибистов, Ж. И. Сергеева, Н. Р. Шибистова, Г. А. Тушина. Приангарская бокситоносная провинция (отчет по теме: «Обобщение материалов по бокситоносности Нижнего Приангарья» за 1968-1970 гг.). ВГФ, ТГФ, 1971.
33. А. В. Кириченко, И. Г. Можжерин, Б. В. Шибистов и др. Бокситовые месторождения района Дебеле-Киндия, Гвинейская Республика (отчет Бокситовой партии с подсчетом запасов за 1971-1973 гг.). Фонды ВГТ «Зарубежгеология», 1973.
34. Б. В. Шибистов, А. Ф. Янов, С. В. Мазур, И. Г. Падерин. Бокситовые месторождения района Боз (отчет о геологоразведочных работах с подсчетом запасов бокситов в Республике Гвинея-Бисау за 1977-1980 гг.). Фонды ВГТ «Зарубежгеология», 1980.
35. Б. В. Шибистов. О комплексной переработке алюможелезистого сырья (служебная записка). ТГФ, Красноярск, 1988.
36. Б. В. Шибистов, В. К. Хлопцев, Фам Динь Хьен, Чинь Ван Хонг. Геологическое строение и подсчет запасов месторождения латеритных бокситов «1 Мая» (СРВ, провинция Дакнонг-Даклак) по состоянию на 01.01.1991 г. Фонды ВГО «Зарубежгеология», 1991.
37. Б. В. Шибистов, Ю. А. Озерский, В. Е. Скрипников, О. В. Андреев, С. В. Миронов. Подготовка и организация выставки инвестиционных проектов по изучению и освоению объектов минерального сырья в Москве (отчет по контрактам № 10 от 20.05.1999 г. и № 47/99 от 15.10.1999 г.). РГФ, ТГФ, 2000.

38. Б. В. Шибистов. Подготовка и проведение мероприятий, посвященных 300-летию геологической службы России (отчет о научно-исследовательских работах Красноярского геологического общества за 2000 год). РГФ, ТГФ, 2000.