



Г. Р. КИРПАЛЬ

ПРОМЫШЛЕННЫЕ
ТИПЫ
МЕСТОРОЖДЕНИЙ
БОКСИТОВ
И ИХ ГЕОЛОГО-
ЭКОНОМИЧЕСКАЯ
ОЦЕНКА

Г. Р. КИРПАЛЬ

553.492

ПРОМЫШЛЕННЫЕ
ТИПЫ
МЕСТОРОЖДЕНИЙ
БОКСИТОВ
И ИХ ГЕОЛОГО-
ЭКОНОМИЧЕСКАЯ
ОЦЕНКА

2087



МОСКВА «НЕДРА» 1977



Кирпаль Г. Р. Промышленные типы месторождений бокситов и их геолого-экономическая оценка. М., «Недра», 1977. 261 с.

В первой части работы приведена группировка геолого-промышленных типов бокситовых месторождений и дана характеристика остаточных месторождений формаций латеритных покровов, полигенных месторождений латеритно-терригенных формаций, осадочных месторождений терригенных и карбонатных формаций. В каждой группе охарактеризовано по несколько типов месторождений.

Во второй части освещены вопросы геолого-экономической оценки различных типов бокситовых месторождений на различных стадиях геологоразведочных работ. Приведены требования промышленности к качеству бокситов, кондиции различных типов месторождений, классификация и методы подсчета запасов бокситов, а также факторы, определяющие промышленную ценность бокситовых месторождений. Указаны основные тенденции в развитии сырьевых ресурсов и добычи бокситов, производстве и потреблении алюминия, перспективы обеспеченности алюминиевой промышленности бокситовым сырьем в различных странах.

Книга рассчитана на геологов, занимающихся изучением месторождений бокситов, а также специалистов, связанных с решением практических задач по геолого-экономической и перспективной оценке различных геолого-промышленных типов бокситовых месторождений.

Табл. 17, ил. 53, список лит.— 78 назв.

ПРЕДИСЛОВИЕ

Научно-технический прогресс в ведущих отраслях народного хозяйства тесно связан с расширением потребления алюминия и его сплавов. Возрастающие темпы потребления алюминия в различных отраслях промышленности ставят перед советскими геологами задачу значительного расширения и качественного улучшения сырьевой базы бокситов СССР, а также повышения экономической эффективности геологоразведочных работ на бокситы.

В «Основных направлениях развития народного хозяйства СССР на 1976—1980 годы», принятых на XXV съезде КПСС, предусмотрено значительное расширение геологоразведочных работ в целях дальнейшего увеличения минерально-сырьевых ресурсов, повышение экономической эффективности поисковых и геологоразведочных работ, обеспечение опережающего роста разведанных запасов минерального сырья по сравнению с темпами развития добывающих отраслей промышленности.

Производство и потребление алюминия в последние годы развиваются весьма быстрыми темпами. В настоящее время производство алюминия как по абсолютному уровню, так и по темпам развития значительно опережает выпуск других цветных металлов. Мировое потребление алюминия также неуклонно возрастает. По объему производства он занял второе место среди металлов после железа, а по темпам роста производства и потребления — первое. Алюминий наряду с железом приобретает значение основного конструкционного материала не только в производстве средств транспорта и в электротехнике, но также в машиностроении и строительстве.

В капиталистических и развивающихся странах производство первичного алюминия в 1973 г. впервые достигло уровня 10 млн. т, в том числе (в тыс. т): в США — 4112, Японии — 1097, Канаде — 925, Норвегии — 614, ФРГ — 513, во Франции — 359, в Австралии (включая Океанию) — 319, Великобритании — 246, Голландии — 175, Испании — 160 и т. д. (Шишарин, 1972). В ближайшей перспективе также намечается дальнейший рост выпуска алюминия. Каждые 10 лет его производство удваивается, и в 2000 г. его выпуск достигнет примерно 75—80 млн. т.

Для обеспечения возрастающего производства первичного алюминия непрерывно увеличивается и добыча бокситов. В капиталистических и развивающихся странах в 1973 г. добыто 60,75 млн. т бокситов, в том числе (в тыс. т): в Австралии — 17 800, Ямайке — 13 600, Суринаме — 7000, Гайане — 3550, во Франции — 3250, в Гвинее — 2950 и т. д. (Минеральные ресурсы..., 1974). Предполагается, что и в дальнейшем добыча бокситов будет возрастать и в 1980 г. достигнет 100 млн. т, 1990 г. — 200 млн. т и 2000 г. — 400 млн. т, т. е. каждые десять лет будет увеличиваться вдвое. Особенно бурными темпами добыча бокситов в ближайшие 10—15 лет будет развиваться в Австралии, где она достигнет 35—40 млн. т, и в Гвинее — 30—35 млн. т.

В капиталистических и развивающихся странах общие запасы бокситов в последние годы также резко увеличились и в 1973 г. достигли 14,87 млрд. т, в том числе (в млн. т): в Австралии — 4600, Гвинее — 2400, Ямайке — 1000, Суринаме — 600, Бразилии — 500, Камеруне — 2000, Мали — 820, Греции — 500, Гане — 400, Турции — 200 и т. д. (Минеральные ресурсы..., 1974). Специалисты считают, что в некоторых странах (прежде всего в Гвинее) объявлены заниженные запасы бокситов. Общие запасы бокситов в капиталистических и развивающихся странах, особенно с учетом некоторого снижения требований к качеству бокситов, могут составить примерно 25—30 млрд. т.

Страны, добывающие бокситовые руды в больших объемах и обладающие крупными запасами, в марте 1974 г. в г. Конакри (Гвинея) образовали Международную Ассоциацию стран — производителей бокситов, куда вошло 7

государств: Австралия, Гайана, Гвинея, Ямайка, Суринам, Сьерра-Леоне и Югославия.

Учитывая высокие темпы роста добычи, имеющихся запасов бокситов должно хватить до 50-х годов следующего столетия. Однако запасы бокситов по странам мира распределены неравномерно. В связи с этим промышленно развитые капиталистические страны, не имеющие крупных запасов бокситов, в последнее время уделяют большое внимание поискам и разработке эффективного технологического способа переработки небокситового алюминиевого сырья (нефелиновых сиенитов, алунитов, анортозитов, даунсонитов, высокоглиноземистых глин и сланцев) для получения глинозема и алюминия.

Установление геолого-промышленных типов бокситовых месторождений и их геолого-экономическая оценка имеют большое практическое значение при определении масштабов месторождений и использовании бокситового сырья в перспективе, прогнозной оценке бокситоносности регионов, промышленного значения месторождений, методики проведения поисковых и геологоразведочных работ.

Геолого-экономическая оценка различных промышленных типов бокситовых месторождений является неотъемлемой частью геологических исследований и осуществляется на всех стадиях геологоразведочных работ. Оценка проводится с целью установления промышленной значимости месторождения и определения затрат на строительство или реконструкцию бокситодобывающего предприятия.

При геолого-экономической оценке месторождений большое значение имеют требования промышленности к качеству бокситов (ГОСТ 972—74) и горно-геологическим параметрам (кондиции). При оценке масштабов бокситоносности учитываются прогнозно-оценочные критерии и закономерности размещения месторождений бокситов, характерные для каждого промышленного типа. Используются также геофизические критерии и данные аэрофотосъемки. Геолого-экономическая оценка должна способствовать сохранению и бережному расходованию запасов бокситов.

Основными факторами геолого-промышленной оценки месторождений бокситов являются планово-экономические, а также запасы и качество бокситовых руд, горнотехниче-

ские, гидрогеологические и инженерно-геологические условия эксплуатации, экономико-географические условия и др.

В сырьевой базе бокситов и промышленном использовании в настоящее время и в перспективе геолого-промышленные типы месторождений бокситов имеют неодинаковое значение. Первое место по запасам и добыче бокситов занимают латеритные месторождения бовального (платообразного) типа, второе — латеритно-терригенные (полигенные) месторождения линзообразного и пластообразного типов, третье — пластообразные и линзообразные месторождения, располагающиеся среди карбонатных формаций.

Преобладающее большинство бокситовых месторождений разрабатываются карьерным способом и в меньшей степени шахтным способом.

ЧАСТЬ I. ГЕОЛОГО-ПРОМЫШЛЕННЫЕ ТИПЫ МЕСТОРОЖДЕНИЙ БОКСИТОВ

I. ОСНОВНЫЕ ТЕРМИНЫ И ПОНЯТИЯ, ПРИМЕНЯЕМЫЕ ПРИ ХАРАКТЕРИСТИКЕ МЕСТОРОЖДЕНИЙ БОКСИТОВ

В настоящее время среди исследователей месторождений бокситов нет единого мнения в понимании терминов: бокситовая залежь, рудное тело, бокситорудный участок, бокситоносная зона, латерит, латеритный боксит и т. д., что затрудняет однозначное понимание различных понятий и терминов. В связи с этим в данном разделе приводятся краткие формулировки понятий и терминов, наиболее соответствующих пониманию автора и употребляемых в различных главах данной работы.

Месторождение бокситов представляет собой совокупность бокситорудных участков или групп залежей и рудных тел, которые по своим экономическим показателям: количеству запасов бокситов, размерам залежей, качеству руд, горнотехническим условиям разработки, уровню извлечения глинозема и алюминия являются рентабельными для разработки в настоящее или ближайшее будущее время.

Промышленное месторождение имеет балансовые запасы бокситов, которые разрабатываются промышленностью в настоящее время или будут осваиваться в ближайшее время, т. е. технико-экономическими расчетами доказана целесообразность его освоения. Месторождения по количеству балансовых запасов делятся на три группы: крупные, средние и мелкие.

Непромышленные (забалансовые) месторождения — это такие месторождения, освоение которых на основании технико-экономических расчетов признано в данное время нецелесообразным.

Геолого-промышленный тип бокситовых месторождений характеризуется приуроченностью к определенной группе бокситоносных формаций, имеет характерную морфологию, размеры и строение бокситовых залежей и рудных тел, определенный до-рудный рельеф и фациально-палеогеографические условия, обусловившие генетические особенности формирования бокситовых руд.

Бокситорудный участок представляет собой часть бокситового месторождения, в пределах которой расположены одна или несколько бокситовых залежей (рудных тел), приуроченных, как правило, к одной локальной бокситоносной депрессии.

Залежь бокситов представляет собой единое геологическое образование, состоящее из сближенных между собой рудных

тел, объединенных единым контуром бокситообразующих пород (аллитов, каолиновых глин), и приуроченное к одной рудовмещающей впадине или карстовой депрессии. Между кондиционными бокситами, аллитами и обычно пестроцветными каолиновыми глинами, которые отличаются между собой по соотношениям содержания глинозема, кремнезема, окислов железа и т. д., наблюдаются постепенные фациальные переходы. Число залежей на месторождениях изменяется от единиц до нескольких десятков. Выделяются залежи простого, промежуточного и сложного строения.

Залежи простого строения состоят из одного рудного тела кондиционных бокситов, которое по периферии может расщепляться, образуя сложный контур. Такими залежами обычно сложены месторождения пластообразного, карстово-пластообразного, линзообразного и других типов.

Бокситовые залежи сложного строения представлены многократным чередованием рудных тел сложной формы с вмещающими бокситы глинистыми породами и аллитами. Залежи сложного строения характерны для карстового, контактово-карстового, контактово-карсто-котловинного, реже карсто-котловинного типов.

Промежуточный тип залежей имеет сравнительно простое строение и представлен одним сложным или несколькими простыми рудными телами, которые при выклинивании могут расщепляться на несколько прослоев. Такие залежи встречаются главным образом среди месторождений карсто-котловинного, контактово-карстового и контактово-карсто-котловинного типов.

Рудное тело представляет собой часть единого геологического образования (залежи), которая по содержанию глинозема и кремневому модулю отвечает требованиям кондиций. Рудные тела имеют замкнутый непрерывный контур кондиционных бокситов, простую или сложную пластообразную, линзообразную, гнездообразную форму и различные размеры. Рудные тела простого строения имеют несложную форму линз, пластов и гнезд. Сложные рудные тела имеют амебообразную форму как в разрезе, так и в плане.

Количество рудных тел на месторождениях изменяется в широких пределах — от нескольких штук до нескольких сот штук. Наибольшее количество рудных тел наблюдается на месторождениях карсто-котловинного и карстового типов (на Краснооктябрьском — 527, Белинском — 128 и т. д.). Среди них выделяются рудные тела основные и второстепенные. Основные тела имеют наиболее крупные размеры и содержат около 80% промышленных запасов бокситов.

По размерам, форме и сложности строения рудные тела бокситов, по данным геологов Северо-Казахстанского геолуправления, делятся на несколько групп. По форме в плане выделяются лентообразные рудные тела, в которых отношение длины

к средней ширине более 5; вытянутые — при соотношении от 5 до 2 и изометричные — при соотношении от 2 до 1. По характеру внешнего контура выделяются тела бокситов с ровными, неровными, изрезанными и амебообразными контурами.

По форме в вертикальном разрезе выделяются следующие тела бокситов: пластообразные, линзообразные (асимметричные, плосколинзообразные, выпуклолинзообразные и вогнутолинзообразные), конусообразные, гнездообразные и сложные.

Рудопроявление бокситов обычно представлено одной или несколькими мелкими залежами (рудными телами), как правило, с низким качеством бокситов или сложено аллитами.

Латеритные бокситы представляют собой образования латеритной коры выветривания, которые по содержанию глинозема, кремнезема, окислов железа, кремневому модулю и другим параметрам соответствуют требованиям алюминиевой промышленности и используются для получения глинозема и алюминия.

Латериты — это породы, образовавшиеся в результате латеритного выветривания, состоящие преимущественно из свободных окислов и гидроокислов алюминия, железа и титана, в меньшей степени каолинита и других глинистых минералов, но по содержанию основных компонентов не соответствуют современным требованиям алюминиевой промышленности. К ним относятся высокоглиноземистые аллиты, в которых содержание глинозема в 2—3 раза и более превышает содержание кремнезема, а также железистые латериты, сложенные преимущественно окислами железа, и другие разновидности.

Бокситоносная провинция — это значительная часть земной коры, характеризующаяся определенными особенностями геологического строения, образовавшаяся в определенных фациально-палеогеографических условиях в пределах возвышенностей на щитах (Воронежская, Приднепровская, Северо-Западная и др.), окраинных частях древних платформ (Тиманская и др.) или в пределах складчатых областей, возникших на месте геосинклиналей (Уральская, Средиземноморская и др.). Как правило, провинция включает несколько бокситоносных районов или отдельных очень крупных месторождений. Бокситовые провинции могут характеризоваться различным распределением бокситовых месторождений (Сапожников, 1971): а) одноярусным, когда месторождения приурочены к одному возрастному интервалу; б) многоярусным, когда рудные залежи приурочены к разным возрастным (стратиграфическим) горизонтам; в) многоэтажным, когда они связываются с различными структурными этапами.

Бокситоносный район — это часть бокситоносной провинции, характеризующаяся общностью геологических условий формирования месторождений, одинаковым развитием, однотипными месторождениями, одинаковыми или близкими по возрасту. На территории бокситоносной провинции районы разделяются

между собой безрудным пространством и обособляются по географическим и промышленно-экономическим признакам. В пределах районов могут быть выделены отдельные бокситоносные зоны, к которым приурочены группы месторождений. Площадь бокситорудного района обычно охватывает территорию от нескольких тысяч квадратных километров до нескольких десятков тысяч квадратных километров, при длине и ширине их от нескольких десятков километров до нескольких сот километров.

Бокситоносная зона — это часть бокситорудного района, линейно-вытянутая рудоносная площадь с определенным типом бокситовых месторождений, приуроченных, как правило, к определенным структурам бокситоносного района или определенным фациям бокситоносных образований, характеризующихся линейностью развития и локализацией в относительно узкой полосе. Бокситоносная зона имеет значительно меньшие размеры, чем район, ее длина от нескольких десятков километров до 100—200 км, ширина от нескольких километров до 15—20 км. Примерами могут служить бокситоносные зоны Северного Казахстана: Западно-Тургайского (Ливановская, Краснооктябрьская и др.), Амангельдинского (Аркалыкская, Верхне-Ашутская и др.) и других районов. В пределах бокситоносных зон располагаются отдельные месторождения.

Эпоха бокситообразования представляет собой более или менее длительный промежуток времени, в течение которого в пределах определенных структур земной коры на значительных площадях возникали благоприятные сочетания палеогеографических, геоморфологических и других факторов рудообразования, приводящих к формированию промышленных месторождений бокситов.

Многолетнее изучение месторождений бокситов показывает, что в настоящее время целесообразно выделить следующие эпохи бокситообразования: рифейско-кембрийскую, среднедевонскую, позднедевонскую, раннекаменноугольную, средне-верхнекаменноугольную, пермскую, триасовую, юрскую, меловую, палеогеновую и неоген-четвертичную. В некоторых случаях эпохи бокситообразования делятся на этапы.

Этапы бокситообразования представляют собой части эпохи, различающиеся особенностями бокситообразования.

Запасы — это установленные в результате поисковых и геологоразведочных работ скопления бокситовых руд в недрах (без вычета потерь при добыче и переработке), оконтуренные и подсчитанные в соответствии с требованиями промышленности (кондциями, техническими условиями, ГОСТами и т. д.). Различаются запасы категорий А, В, С₁, С₂, прогнозные, балансовые и забалансовые.

Кондции — это совокупность требований промышленности, в которых устанавливаются предельно допустимые значения качества бокситовых руд (основных рудообразующих компонентов

и вредных примесей) и горно-геологические параметры бокситовых месторождений, обеспечивающие экономически оправданное оконтуривание и разделение запасов на балансовые и забалансовые. Различают кондиции нескольких типов: браковочные, временные и постоянные.

Технико-экономические показатели характеризуют промышленную ценность бокситового месторождения. Они определяются в результате технико-экономических расчетов при оценке целесообразности постановки геологоразведочных работ, временных и постоянных кондиций, проектного задания.

II. ГРУППИРОВКА ГЕОЛОГО-ПРОМЫШЛЕННЫХ ТИПОВ БОКСИТОВЫХ МЕСТОРОЖДЕНИЙ

Понятие «промышленный тип месторождений» впервые введено В. М. Крейтером в 1940 г. Согласно его определению промышленным типом месторождения какого-либо металла можно назвать такое природное геолого-минералогическое проявление, которое при эксплуатации в сумме (для всего мира или отдельно взятой страны) дает добычу, выражаемую целыми процентами.

По-видимому, к промышленным типам необходимо также отнести и новые типы месторождений, которые в ближайшее время будут осваиваться промышленностью и их добыча может составлять не менее одного процента от добычи по стране.

При промышленной группировке рудных месторождений (Крейтер, 1968) прежде всего учитываются следующие факторы: принадлежность месторождений к определенной рудной формации; геологические факторы (вмещающие породы и условия залегания); форма и размеры. Форма залежей является одним из ведущих факторов при определении промышленного типа месторождений. Наряду с условиями залегания форма и размеры залежей оказывают решающее влияние на выбор методики проведения поисковых и геологоразведочных работ, системы разработки и способа вскрытия месторождения. Кроме того, установление промышленного типа месторождений бокситов имеет большое практическое значение при оценке их перспектив и установлении экономического значения.

Бокситовые месторождения мира В. М. Крейтером в 1968 г. были разделены на три промышленных типа:

1. Крупные горизонтальные пластовые (или группы линз) месторождения тригидратных руд среди пестроцветных пород коры выветривания каолинитового состава (месторождения острова Ямайка, Ганы, Индии).

2. Выдержанные по мощности пласты (или совокупность карманообразных тел, принадлежащих к горизонту) дислоцированных моногидратных руд, часто с оолитами, залегающие на неровной поверхности рифогенных известняков, перекрытых

слоистыми известняками (Красная Шапочка, СССР) и большинство месторождений Европы (Франция, Греция, Венгрия и др.).

3. Линзо- и пластообразные дислоцированные тела моногидратных и тригидратных бокситов, залегающие совместно с сероцветными отложениями преимущественно на эффузивах (месторождения Китая, США).

Эта классификация слишком упрощена и схематична, она не учитывает последних достижений геологоразведочных работ и того многообразия различных месторождений бокситов, которые выявлены в последние годы на Русской платформе (Белгородский, Южно-Тиманский и Средне-Тиманский районы), в Казахстане (Западно-Тургайский, Амангельдинский и другие районы), в Восточной Сибири (Приангарский, Чадобецкий и другие районы), а также в зарубежных регионах (Австралия, Западная Африка, Южная Америка, Югославия и др.).

Согласно Инструкции ГКЗ СССР по применению классификации запасов (1962) бокситовые месторождения по размерам рудных тел, их морфологии и выдержанности качества бокситов, определяющим расположение и плотность сети разведочных выработок, необходимую для отнесения запасов к различным категориям, подразделяются на следующие типы: I — крупные пластообразные залежи с относительно выдержанным качеством бокситов (Северо-Уральский и Северо-Онежский районы); II — пластообразные и крупные линзообразные залежи с невыдержанным качеством бокситов (тектонически нарушенные пластообразные залежи бокситоносных районов Урала и Салаира, а также крупные линзообразные залежи Амангельдинского и Тихвинского бокситоносных районов); III — средние по размерам линзообразные залежи с невыдержанным качеством бокситов, которые самостоятельного значения не имеют и разрабатываются с более крупными или при наличии большого числа сближенных залежей, находящихся в благоприятных экономических и горнотехнических условиях (Каменский, Амангельдинский, Тихвинский и другие районы); IV — небольшие линзообразные и гнездообразные залежи, имеющие сложную морфологию и очень невыдержанное качество бокситов, которые, как правило, не имеют практического значения и разведываются в исключительных случаях.

Бокситовые месторождения по требуемому соотношению запасов различных категорий для составления проектов и выделения капитальных вложений на строительство новых и реконструкцию действующих горнодобывающих предприятий по инструкции ГКЗ СССР (1962) подразделяются на три группы: месторождения (участки) простого, сложного и очень сложного строения.

В нашей стране кроме промышленной были разработаны генетические и морфогенетические классификации бокситовых месторождений. Первой классификацией, которая учитывала гене-

тические особенности, была классификация А. Д. Архангельского (1937). Он месторождения бокситов разделял на две большие группы: образовавшиеся в континентальных условиях (озерных или озерно-болотных); и прибрежно-морских (или морских) условиях.

С. Ф. Малявкин (1937) среди месторождений бокситов СССР также выделил две группы: месторождения среди нормальных морских осадочных образований и среди континентальных отложений.

В 1946 г. М. Ф. Викулова по условиям и месту образования бокситовые месторождения разделила на пять основных типов: 1) латеритный (водораздельных плато); 2) лагунный, или прибрежно-морской; 3) озерный; 4) долинный, образовавшийся в верховьях депрессий овражного типа; 5) образовавшийся в углублениях древнего карста.

А. В. Пейве (1947) подчеркнул различия и выделил месторождения бокситов платформенных и геосинклинальных областей. Первые из них элювиального и озерно-болотного генезиса образовались на древних и молодых платформах, а формирование геосинклинальных месторождений происходило в морских условиях на карбонатных породах без привноса терригенного материала.

В 1949 г. Ю. К. Горецким, Н. С. Лавровичем и А. Л. Любимовым месторождения бокситов были разделены на две группы: платформенную и геосинклинальную. Среди первой выделяют четыре типа: долинный, котловинный, карсто-котловинный и месторождения лавовых покровов. Вторая группа делится на два типа: с резко пересеченным рельефом почвы и со слабо пересеченным рельефом почвы.

Ю. К. Горецкий (1960) разработал детальную классификацию бокситовых месторождений. Все месторождения он разделил на три большие группы по их связи с различными тектоническими областями и приуроченности к различным структурным зонам. Среди них он выделил 16 основных типов по характеру дорудного рельефа и 13 типов по условиям залегания.

В этой детальной классификации не нашла своего места очень большая группа месторождений латеритных бокситов, которая составляет значительно большую половину запасов бокситов мира. В связи с крупными запасами и высоким качеством бокситовых руд латеритные месторождения имеют огромное промышленное значение. В последние годы на территории СССР латеритные месторождения были выявлены в Белгородском районе КМА, Среднем Тимане, Мугоджарах и других районах.

В последние годы в связи с выявлением платформенных бокситов мезо-кайнозойского возраста предложены классификации этих месторождений для отдельных регионов: для Центрального Казахстана Б. А. Тюриным (1958), Тургайского прогиба Г. Р. Кирпалем (1964), Мугоджарского района Л. И. Киселевым

(1966 г.), Сибирской платформы Е. И. Пельтеком (1967) и другими.

В Центральном Казахстане среди единого генетического типа первичноосадочных хемогенных бокситов Б. А. Тюриным (1958) выделены следующие морфологические типы: надконтактный, или линейный, карстовый (карбонатный и бескарбонатный), плащевидный, ложбинный и валунно-останцовый (вторичный, механически переотложенный). Месторождения бокситов Тургайской бокситоносной провинции Г. Р. Кирпаль (1964) по форме и строению рудных залежей разделил на три основных типа: карстовый, карсто-котловинный и пластообразный.

Л. И. Киселев (1970 г.) бокситовые месторождения Казахстана разделяет на две группы: связанные с устойчивыми участками платформ и с подвижными участками платформ. Среди указанных групп им выделены два типа: латеритные (псевдоморфные) и латеритно-осадочные (обломочно-бобовые). Последние делятся на два подтипа: расположенные на коре выветривания силикатных пород (склоновые, котловинные, присклоновые) и в карстовых депрессиях на карбонатных породах (карстовые — надконтактные, карсто-польевые и карсто-котловинные).

На территории Сибирской платформы Е. И. Пельтек (1967) бокситовые месторождения на основании генезиса (генотипа) разделяет на первичные (элювиальные) и вторичные (осадочные), последние, в свою очередь, разделяются на первичноосадочные и переотложенные. По условиям формирования первичноосадочные месторождения разделяются на два морфотипа: прибрежные открытых бассейнов и лагун и котловинные внутренних водоемов. Переотложенные месторождения также делятся на два типа: карсто-котловинные и контактово-карстовые с алюмосиликатными породами в лежащем или висячем боку.

В своих обобщающих работах А. И. Кривцов (1968, 1969) вслед за другими исследователями месторождения бокситов мезо-кайнозойского возраста разделил на 10 морфогенетических типов: долинный, долинно-карстовый, карсто-котловинный, эрозионно-котловинный, эрозионно-долинообразный, карстовый, делювиально-карстовый, пролювиальный, линейно-надконтактный и плащевидный.

Г. И. Бушинский (1971) предложил новую классификацию бокситовых месторождений. По условиям образования бокситовые месторождения он разделил на четыре группы: латеритные, комплексные, осадочные кластогенные и осадочные хемогенные. Осадочные кластогенные месторождения разделяются на две подгруппы: месторождения на силикатных (среди глин) и карстовые месторождения на карбонатных породах. В подгруппе осадочных кластогенных месторождений на силикатных породах выделяются три типа: склоновый, долинный и присклоновый (котловинный), а подгруппа месторождений на карбонатных

породах разделяется на два типа: ближнекарстовый и дальнекарстовый. Среди латеритных месторождений также выделено два типа: экстралатеритный и сублатеритный. Всего им выделено 12 типов.

В 1972 г. Д. Г. Сапожников разработал новую сугубо генетическую классификацию бокситовых месторождений. Он выделил четыре группы месторождений: остаточные (латеритные), полигенные (латеритные и осадочные), осадочные и метаморфизованные. В некоторых случаях группы делятся на подгруппы, а последующие на классы. Всего выделено 15 типов месторождений. Среди латеритных месторождений описано два класса: стадийного формирования и непосредственного формирования. Группа осадочных месторождений объединяет 11 типов: склоновый, овражный, речной, озерный, застойных водоемов, прибрежно-морской, полигенный седиментационный, полигенный седиментационно-карстовый, приморский (приморских карровых полей), карстовых депрессий, глубоких карстовых депрессий.

В зарубежных странах в начале двадцатого века бокситовые месторождения разделяли на два типа (Фокс, 1932 г.): латеритный и терра-росса. В то время переотложенные осадочные месторождения относились к латеритным, а терра-росса объединяли все месторождения средиземноморского типа, залегающие на карбонатных породах.

В последующем Е. Хардер (1959) месторождения бокситов в зависимости от состава материнских пород, за счет которых они образовались или на которых они залегают, разделил на пять групп: 1) образовавшиеся из щелочных пород; 2) ассоциирующие с известняками; 3) связанные с осадочными глинами; 4) ассоциирующие с изверженными породами среднего и основного состава; 5) образовавшиеся при выветривании пород со средним содержанием глинозема.

В 1962 г. Е. Хардер совместно с Э. Грейгом разделил бокситовые месторождения по условиям залегания на четыре класса: покровный (латеритный), линзовидный (осадочный), карманообразный и переотложенный.

Аналогичная классификация была предложена И. Валетон (Valeton, 1972), которая все месторождения бокситов мира разделила на две большие группы: 1) на изверженных и метаморфических породах и 2) на осадочных породах.

В первую группу она включает месторождения трех типов: склоновые; плато (латериты высоких уровней); бокситы типа плато на различных породах. В группу бокситовых месторождений на осадочных породах включены следующие типы: 1) грубообломочные бокситы (брекчии, галечники), 2) терра-росса, 3) на обломочных отложениях, 4) на карбонатных породах, 5) на флюатсодержащих породах.

Е. М. Патерсон в своей работе о потенциальных ресурсах алюминиевых руд мира (Patterson, 1967) указывает, что из-за

большого разнообразия условий залегания бокситов нет возможности дать полную классификацию бокситовых месторождений. Все месторождения он разделил на три группы: пластовые (залегающие на поверхности или вблизи нее), межпластовые (пласты и линзы, переслаивающиеся с вмещающими породами), карманообразные (в виде заполнения депрессий на карбонатных породах).

Д. Бардоши по условиям образования все месторождения разделил на три большие группы: латеритные (автохтонные), осадочные (аллохтонные) и переходная группа (алло-автохтонные). В зависимости от того, на каких породах залегают бокситы, он разделил месторождения также на три класса: на изверженных и метаморфических породах; на осадочных алюмосиликатных породах; на карбонатных породах. По строению залежей он выделяет месторождения средиземноморского, казахстанского, тихвинского, арьежского и других типов. По форме залежей Д. Бардоши выделяет месторождения следующих типов: 1) пластообразный (месторождение Халимба, Венгрия); 2) плащеобразный (пеленообразный); 3) лентообразный (Бриньен, Франция); 4) линзообразный (Фонефе, Венгрия); 5) грабенообразный; 6) каньонообразный (район Мостар, Югославия); 7) воронкообразный; 8) кармано-гнездообразный (Надъхаршань, Венгрия) (Bardossy, 1970).

Для Средиземноморского бокситоносного пояса по морфологии бокситовых залежей выделяют несколько типов. В частности, в различных бокситоносных районах Югославии промышленностью используются различные морфогенетические типы бокситовых месторождений.

В Черногории (Vigić, 1966) разрабатываются месторождения пластообразного, пласто-гнездообразного и гнездо-карманообразного типов; в Герцеговине — стратиформные (пластообразные), стратиформно-гнездообразные и гнездо-карманообразные (Zivaljević, 1963); в Боснии — пластообразные и линзо-гнездообразные; в Далмации — пласто-гнездообразные и в Истрии — гнездообразные и карманообразные.

В Венгрии по форме рудных залежей различают пластообразные, линзообразные блоковые и гнездообразные месторождения бокситов.

В последние годы (Кирпаль, 1973, 1974) разработана новая классификация геолого-промышленных типов бокситовых месторождений. Нам представляется, что более целесообразно выделять не промышленные, а геолого-промышленные типы бокситовых месторождений, при выделении которых учитывались бы не только экономические параметры, установленные для промышленных типов, но и геологические особенности каждого месторождения или отдельных групп месторождений и провинций.

При выделении геолого-промышленных типов бокситовых месторождений необходимо учитывать следующие факторы: принадлежность месторождения к определенной бокситоносной толще (латеритной, латеритно-терригенной, терригенной или карбонатной); морфологические особенности, размеры и строение бокситовых залежей и рудных тел, характер дорудного рельефа, условия залегания, особенности формирования и закономерности размещения бокситовых месторождений.

Эти факторы являются основными классификационными признаками при отнесении месторождения к тому или иному геолого-промышленному типу.

Все месторождения бокситов в зависимости от того, к какой бокситоносной толще они приурочены, целесообразно разделить на четыре группы (табл. 1): 1) латеритные месторождения; 2) полигенные месторождения; 3) осадочные месторождения терригенных толщ; 4) осадочные месторождения карбонатных толщ.

В зависимости от характерных для месторождения признаков в каждой группе выделено по несколько геолого-промышленных типов бокситовых месторождений (всего 16 типов).

Среди латеритных месторождений выделяют линейный, линзообразный и бовальный (платообразный) типы. На территории СССР расположены линейный (Висловское месторождение) и линзообразный (Высокопольское месторождение) типы. В зарубежных странах имеет широкое развитие бовальный (платообразный) тип месторождений, который широко используется промышленностью (Западная Африка, Индия, Бразилия).

Группа полигенных месторождений включает три типа месторождений: карсто-линзообразный, линзообразный и пластообразный. Представителями первого из них являются Вежаю-Ворыквинское, Верхне-Ворыквинское и другие месторождения Среднего Тимана. Ко второму типу относятся Арканзасское (США) и месторождения Гвианского щита. Пластообразный тип включает преобладающее большинство месторождений Северной и Западной Австралии, а также месторождение Сангареди (Гвинея).

Среди группы осадочных месторождений терригенных толщ, приуроченных к платформенным областям, выделяют следующие типы месторождений: долинный (овражно-балочный), пластообразный, карстовый, контактово-карстовый, карсто-котловинный и контактово-карсто-котловинный. Наиболее распространенными являются пластообразный и карстовые типы месторождений. Месторождения терригенных толщ по количеству типов богаче и разнообразнее других формаций.

Группа осадочных месторождений карбонатных толщ включает следующие типы: карсто-пластообразный, карсто-линзообразный, карсто-котловинный, карсто-воронковый и блоковый. Первый из них наиболее широко распространен в Северо-

Геолого-промышленные типы бокситовых месторождений

Группа месторождений	Тип месторождений	Примеры месторождений
Латеритные месторождения	Линейный	<i>Белгородский район КМА:</i> Висловское, Соловьевское, Мелихово-Щебекинское и др.
	Линзообразный	<i>Украинский щит:</i> Высокопольское и др.
	Бовальный (пластообразный)	<i>Западная Африка;</i> Гвинея: Боке, Фриа, Киндиа, Туге, Дабола и др.; Гана: Ньинахин, Сефви, Беквей, Нсисеро и др.; Мали: Бамако, Сегу и др. <i>Индийская платформа:</i> Мадхья-Прадеш, Махараштра, Гуджарат, Бихар и др. <i>Бразильский щит:</i> Посус-ди-Калдас, Ору-Прету, Нова-Лима, Белу-Оризонти и др.
Полигеонные месторождения	Карсто-линзообразный	<i>Тиманское поднятие:</i> Вежаю-Ворыквинское, Верхне-Ворыквинское и др.
	Линзообразный	<i>Северо-Американская платформа:</i> Арканзасское <i>Гвианская береговая равнина:</i> Суринам: Нассау, Бакхус, Мунго, Паранам и др.; Гайана: Маккензи, Итунни и др.; Гвиана (Фр.): Кайенна и др.
	Пластообразный	<i>Австралия:</i> Уэйпа, Гов, Митчелл-Плато, Дарлинг-Рейндж, Шаттеринг, Джаррахдейл и др. <i>Западная Африка:</i> Сангареди.
Осадочные месторождения терригенных толщ	Долинный (овражно-балочный) Пластообразный	Тихвинское и Мугайское
		<i>Северо-Онежская группа:</i> Иксинское, Плесецкое, Дениславское; <i>Южно-Тиманская группа:</i> Тимшерское, Пузлинское, Верхне-Ухтинское, Лоимское и др. <i>Центрально-Тургайская группа:</i> Наурзумское, Западно-Убаганское, Приозерное и др.
	Карстовый	<i>Юго-Восточная Азия</i> <i>Западно-Тургайская группа:</i> Белинское, Аятское, Северо-Ливановское, Покровское и др.; <i>Татарская группа:</i> Татарское, Муружининское, Индыглинское, Сулакшинское и др.; <i>Барзасская группа</i>

Группа месторождений	Тип месторождений	Примеры месторождений
Осадочные месторождения карбонатных толщ	Контактово-карстовый	<i>Приангарская группа:</i> Киргитейское, Верхотуровское, Порожнинское и др.; <i>Западно-Тургайская группа:</i> Темирское и др.
	Карсто-котловинный	<i>Западно-Тургайская группа:</i> Краснооктябрьское; <i>Чадобецкая группа:</i> Центральное
	Контактово-карсто-котловинный	<i>Амангельдинская группа:</i> Аркалыкское, Верхне-Ашутское, Нижне-Ашутское, Северное
	Карсто-пластообразный	<i>Северо-Уральская группа:</i> Красная Шапочка, Кальинское, Ново-Кальинское, Черемуховское, Сосьвинское; <i>Южно-Уральская группа:</i> Межевой Лог, Барсучий Лог, Первомайское, Блиново-Каменское, Кургазакское и др. <i>Венгрия:</i> Халимба, Искасентдьердь; <i>Югославия:</i> Притока — Машин Дол
	Карсто-котловинный	о. Ямайка; <i>Югославия:</i> Подбрачан и др.
	Карсто-линзообразный	<i>Югославия:</i> Черногория, Герцеговина и др.; <i>Венгрия:</i> Ньирад и др.; <i>Греция; Франция</i>
Карсто-воронковый	<i>Югославия:</i> Истрийский полуостров, Черногория, Герцеговина и др.	

Уральском и Южно-Уральском бокситоносных районах, а также в Венгрии (месторождение Халимба и др.).

Карсто-линзообразные и карсто-воронковые месторождения широкое развитие имеют в районах Средиземноморского складчатого пояса, а карсто-котловинные — на о. Ямайка.

III. ГРУППА ЛАТЕРИТНЫХ МЕСТОРОЖДЕНИЙ

Латеритные месторождения бокситов в зарубежных странах имеют огромное практическое значение, их запасы составляют больше половины запасов всех бокситовых месторождений мира.

На территории нашей страны промышленные латеритные месторождения бокситов выявлены только в последнее время в пределах Белгородского бокситоносного района КМА. К латеритному типу относят Высокопольское месторождение, которое долгое время считалось осадочным.

Латериты представляют собой продукты глубокого химического выветривания алюмосиликатных горных пород основного

и среднего состава, образовавшихся в условиях тропического и субтропического климата в результате интенсивной длительной промывки пород теплой дождевой водой, выноса из них щелочных элементов, кремнезема и накопления свободных окислов алюминия, железа и титана.

Формирование промышленных залежей бокситов происходит в латеритном профиле коры выветривания на алюмосиликатных материнских породах различного состава, но богатых глиноземом и бедных кварцем. Бокситорудные залежи, как правило, не дислоцированы, залегают плащеобразно. На долю латеритных бокситов приходится около 65% общих запасов бокситов мира (Bardossy, 1973).

К группе месторождений формации латеритных покровов относятся линейный, линзообразный и бовальный (платообразный) типы.

1. Линейный тип

На латеритных месторождениях линейного (лентообразного) типа залежи бокситов состоят из линейно-вытянутых рудных тел, в которых длина в десятки раз превышает ширину. Формирование коры выветривания происходило на узких гребневидных поднятиях, вытянутых в довизейском рельефе вдоль структур докембрийского фундамента. Эти поднятия были весьма благоприятными формами рельефа для формирования латеритного профиля выветривания с кондиционными бокситами в верхней части. В Белгородском бокситоносном районе КМА образованию гребнеобразных поднятий способствовало наличие в докембрийском фундаменте мощных пластов железных руд. Формирование месторождений бокситов в этом районе происходило в верхних зонах латеритной коры выветривания на филлитовидных сланцах курской серии и амфиболовых сланцах михайловской серии нижнепротерозойского возраста.

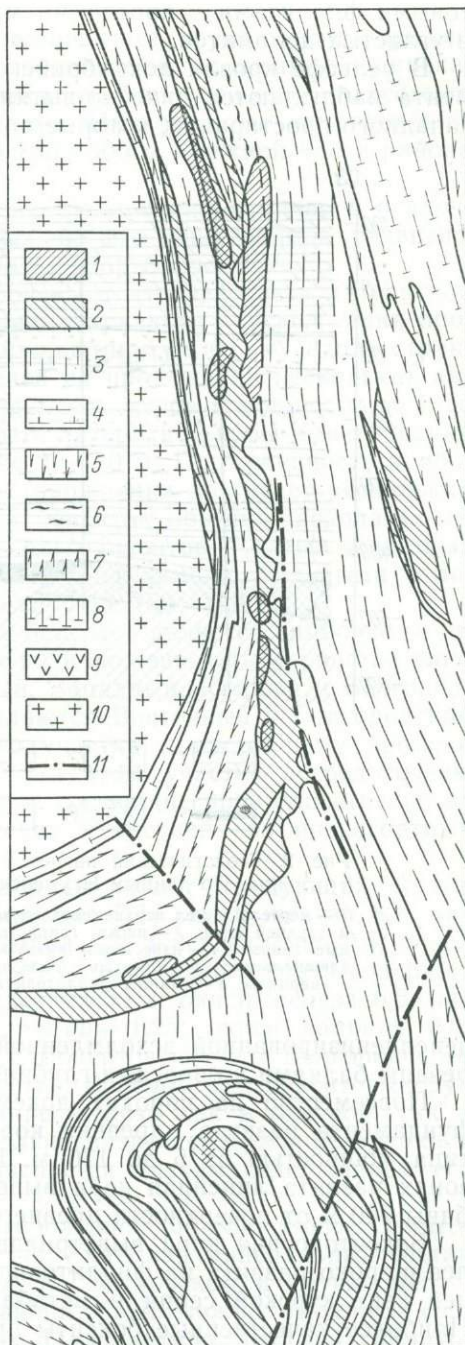
Характерным примером латеритных месторождений линейного типа являются *Висловское* и другие месторождения Белгородского бокситоносного района КМА, которые располагаются в южной части Воронежской антеклизы. Докембрийский кристаллический фундамент района месторождений сложен сильно дислоцированными породами верхнеархейского и нижнепротерозойского возраста (рис. 1). Среди последних выделяют образования михайловской и курской серий, плагиограниты и их мигматиты, а также стойло-николаевский габбро-диоритовый комплекс (Клекля, 1969).

Михайловская серия в нижней части сложена альбит-роговообманковыми амфиболитами, альбит-эпидотовыми сланцами, в верхней части — кератофирами, кератоспилитами и их туфами, кварц-хлоритовыми и другими сланцами.

Породы курской серии разделены на три свиты: нижнюю (песчано-сланцевую), среднюю (железородную) и верхнюю (известняково - сланцевую). Нижняя свита представлена кварцевыми гравелитами, песчаниками, кварцитами, а также филлитовидными биотитовыми и двуслюдяными сланцами. Средняя свита сложена железистыми кварцитами, филлитовидными, углисто-хлоритовыми и хлорит-серцитовыми сланцами. Верхняя свита сложена кварц-серцитовыми, углисто-глинистыми, филлитовидными сланцами, алевроли-

Рис. 1. Геологическая карта Висловского месторождения. Составлена по данным Игуменской ГРП Белгородской ГРЭ (1975 г.):

1 — осадочные бокситы; 2 — остаточные (латеритные) бокситы; породы протерозойского фундамента; 3 — кварц-биотитовые сланцы, алевролиты, метапесчаники и метакогломераты с обломками железистых кварцитов верхней курской свиты, $Pt_1k_3^{1-3}$; 4 — железистые кварциты (богатые железные руды) верхней курской свиты, Pt_1k_2 ; 5 — железистые кварциты (богатые железные руды) с маломощными прослоями сланцев средней курской свиты, Pt_1k_2 ; 6 — углисто-биотит-серцитовые и хлорит-серцитовые филлитовидные сланцы средней курской свиты, $Pt_1k_2^5$; 7 — ритмичнослоистые филлитовидные биотит-серцитовые и биотит-кварцевые сланцы нижней курской свиты, $Pt_1k_1^2$; 8 — гравелиты, полевошпат-кварцевые песчаники и кварциты нижней курской свиты, Pt_1k_1 ; 9 — амфиболиты Михайловской серии, A_2mh ; 10 — граниты, γPIA_2 ; 11 — тектонические нарушения



товыми филлитами с прослоями мраморизованных известняков и углистых доломитов.

В рельефе кровли докембрийского кристаллического фундамента наблюдаются линейно-вытянутые гряды и плато северо-западного простирания, которые возвышаются на 30—100 м над

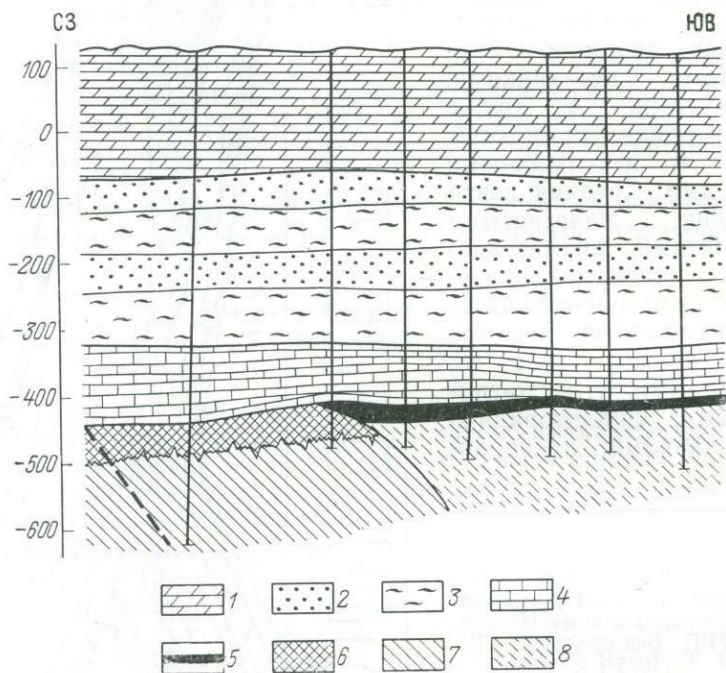


Рис. 2. Геологический разрез Висловского месторождения. По данным Игуменской ГРП (1973 г.):

1 — мергели и мел верхнемелового возраста; отложения средней и верхней юры; 2 — пески, глинистые пески, 3 — глины, песчаные глины; 4 — известняки визейского возраста; 5 — бокситы элювиальные; 6 — богатые железные руды; 7 — железистые кварциты; 8 — сланцы филлитовидные и хлорит-серицитовые

пенепленизированной всхолмленной поверхностью и часто разрезаны балками и оврагами глубиной 40—60 м.

Повсеместно на породах докембрийского кристаллического фундамента развита древняя кора выветривания площадного типа мощностью от 5 до 170 м. В тектонически ослабленных зонах развита линейная кора выветривания, достигающая глубины 700 м от поверхности древнего фундамента.

Бокситоносная кора выветривания латеритного типа наиболее широко развита на филлитовидных сланцах нижней и верхней свит курской серии и метабазах михайловской серии. Наиболее качественные бокситы приурочены к верхним частям коры выветривания.

На докембрийском кристаллическом фундаменте горизонтально залегают покровные образования, сложенные нижнекаменноугольными, средне-верхнеюрскими, меловыми, палеогеновыми и четвертичными породами. Их мощность изменяется от 350 до 400 м в северной и до 700—900 м в южной части района (рис. 2).

Кроме латеритных в районе установлено наличие и осадочных бокситов. Первые из них имеют повсеместное развитие, вторые установлены только на некоторых участках.

Бокситовые залежи приурочены к верхней части латеритной коры выветривания филлитовидных сланцев курской серии протерозоя. Залежи имеют линейно-вытянутую форму вдоль структур докембрийского фундамента на протяжении нескольких километров при ширине несколько сот метров и мощности от 1 до 15 м. При этом общая мощность латеритной коры выветривания изменяется от 5 до 25 м, реже 30—40 м. Протяженность наиболее крупного Висловского месторождения достигает нескольких десятков километров. Залежи бокситов обычно располагаются в непосредственной близости от горизонтов богатых железных руд и залегают непосредственно под каменноугольными отложениями визейского яруса на глубине 450—750 м.

Висловское месторождение бокситов является наиболее крупным в районе, в его пределах расположено четыре участка элювиальных бокситов: Восточный, Западный, Южный и Белгородский. Наиболее крупными являются Восточный и Белгородский участки. Залежи Восточного участка к настоящему времени предварительно разведаны. На этом участке сосредоточены наиболее качественные бокситы, состоящие преимущественно из высококачественных байеровских и частично из низкосортных спекательных бокситов.

Байеровские бокситовые руды имеют следующий состав (в %): глинозема 50,6; кремнезема 7,1; окиси железа 8,1; закиси железа 16,6; двуокиси титана 1,3; окиси кальция 0,6; окиси магнезии 0,6; п. п. п. 14,8. Бокситы спекательного сорта содержат (в %): глинозема 48,4; кремнезема 11,2; окиси железа 6,5; закиси железа 19,1; двуокиси титана 1,25; окиси кальция 0,6; окиси магнезии 0,6; п. п. п. 13,1. Бокситовые руды Белгородского участка имеют такое же качество. В целом для бокситовых руд характерно высокое содержание железа как в окисной, так и в закисной форме и сравнительно низкое содержание двуокиси титана (1—2,3%). Это объясняется низким содержанием его в исходных сланцах.

Бокситы Висловского месторождения обычно имеют бёмитовый и бёмит-гиббситовый состав. Учитывая минеральный состав бокситов и бокситовых пород, на Висловском и других месторождениях Белгородского района КМА можно выделить следующие их разновидности (А. П. Никитина, 1971 г.): бёмитовую (шамозит-бёмитовую, каолинит-бёмитовую), гиббситовую

(шамозит-гиббситовую, шамозит-бёмит-гиббситовую и каолинит-гиббситовую) и шамозит-гематит-диаспор-бёмитовую. Первая из них имеет широкое распространение и является основной, вторая менее распространена, а третья встречается редко.

Бокситы обычно имеют полосчатую, сланцевую и псевдобобовую текстуру, унаследованную от материнской породы. Менее развиты однородные псевдобобовые бокситы.

Месторождения бокситов Белгородского района могут обрабатываться только шахтным способом в комплексе с высококачественными железными рудами.

2. Линзообразный тип

Залежи латеритных бокситов при их малой мощности и перекрытии слоями осадочных пород частично приобретают линзообразную форму. Они отличаются от залежей осадочных бокситов по постепенному переходу от подстилающих пород к бокситовым залежам, в то время как осадочные бокситы с бокситовмещающими породами часто имеют резкие переходы. Латеритные залежи бокситов линзообразной формы могут формироваться как на горизонтально залегающих, так и на вертикально расположенных (головах) слоях материнских пород благоприятного состава.

Линзообразные тела часто имеют сложную, иногда амебообразную форму с замысловатыми контурами в плане. Размеры обычно небольшие: до нескольких сот метров в диаметре. Их мощность изменяется от 0,5 до 6 м. К этому типу относится Высокопольское месторождение бокситов Приднепровской бокситоносной провинции.

Высокопольское месторождение расположено на южном склоне Украинского кристаллического щита и приурочено к верхней части латеритной коры выветривания. Оно выявлено в 1950 г. и изучалось под руководством Ю. Б. Басса (Бокситы. . . , 1971). Породы докембрийского кристаллического фундамента Высокопольского месторождения, по которым развилась бокситоносная латеритная кора выветривания, представлены амфиболитами, хлорит-роговообманковыми, слюдястыми и другими сланцами, ультрабазитами, диабазами, гранитами и их мигматитами (рис. 3).

Латеритные бокситы месторождения повсеместно представляют собой верхнюю зону коры выветривания кристаллических пород основного состава. Наиболее крупные залежи латеритных руд приурочены к амфиболитам, хлоритовым и роговообманковым сланцам. Признаки бокситоносности установлены также в коре выветривания щелочных пород.

Докембрийский кристаллический фундамент и латеритная кора выветривания перекрыты горизонтально залегающими осадками платформенного чехла, которые в нижней части

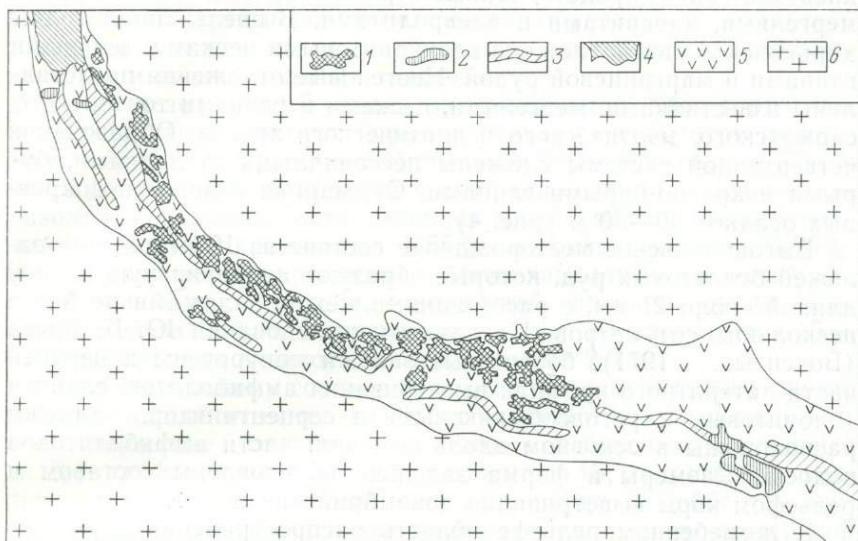


Рис. 3. Схематическая геологическая карта дорудного фундамента и бокситовых залежей Высокопольского месторождения. По данным Южно-Украинской ГРЭ:

1 — залежи бокситов; 2 — залежи аллитов (некондиционных бокситов); 3 — кварц-серицитовые, слюдисто-альбит-кварцевые сланцы, микрогнейсы; 4 — филлиты, антимонит-талковые сланцы криворожской серии; 5 — амфиболиты, хлорит-амфиболитовые, хлоритовые, роговообманковые сланцы; 6 — плагиоклазовые граниты

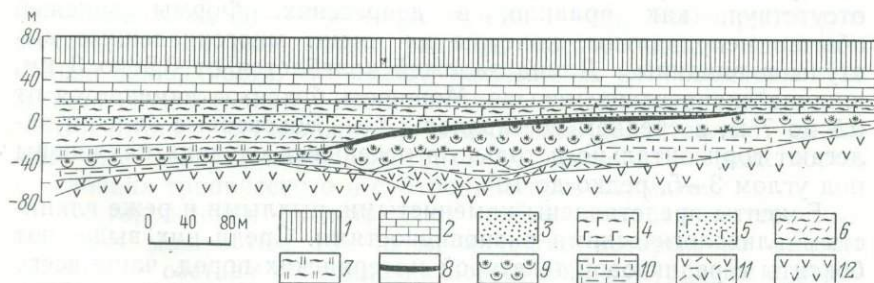


Рис. 4. Геологический разрез через рудную залежь Высокопольского месторождения. По Ю. Б. Бассу (Бокситы..., 1971):

1 — суглинки и глины, Q; 2 — известняки, мергели и глины, N; 3 — пески, N₁; образования харьковской свиты P_g^hr; 4 — глины, 5 — пески кварц-глауконитовые; 6 — мергели, глины, алевролиты киевской свиты, P_g^{kv}; 7 — глины углистые, вторичные каолины бучацкого яруса, P_g^b; 8 — бокситы; 9 — каолины пестроокрашенные первичные; 10 — монтмориллонитовые породы; 11 — амфиболиты выветрелые; 12 — амфиболиты

представлены морскими зеленовато-серыми пластичными глинами среднеэоценового возраста. На последних расположены осадки киевской свиты, представленные серыми мергелистыми глинами, мергелями, алевролитами и алевролитами. Вышележащая толща харьковской свиты сложена глауконитовыми песками, зелеными глинами и марганцевой рудой. Неогеновые отложения представлены известняками, мергелями, песками и глинами тортонского, сарматского, мэотического и понтического ярусов. Образования четвертичной системы сложены лёссовидными суглинками, бурыми и красно-бурими глинами. Суммарная мощность покровных осадков 60—80 м (рис. 4).

Высокопольское месторождение состоит из 10 небольших залежей бокситовых руд, которые образуют неправильную полосу длиной около 21 км, с расстояниями между залежами не более нескольких сот метров. По данным исследований Ю. Б. Басса (Бокситы. . . , 1971), бокситовые залежи приурочены к верхней части латеритного профиля выветривания амфиболитов, сланцев (хлоритовых и роговообманковых) и серпентинитов. Залежи расположены в основном вдоль северной части амфиболитовой полосы. Размеры и форма залежей обусловлены составом и рельефом коры выветривания докембрийских пород.

В погребенном рельефе область распространения коры выветривания основных пород выделяется в виде гребнеобразного поднятия длиной около 30 км и шириной в среднем 2 км. По обе стороны поднятия расположены крупные депрессии, от которых в разных направлениях отходит разветвленная сеть более мелких притоков, разделяющих указанное поднятие на мелкие возвышенные участки. Залежи бокситов приурочены к северной наиболее расчлененной части гребнеобразного поднятия. Они плащеобразно покрывают приподнятые участки древнего рельефа, отсутствуя, как правило, в депрессиях. Формы залежей обычно неправильны, контуры их имеют многочисленные выступы и впадины. Длина залежей колеблется от 0,5 до 3 км, ширина значительно меньше. Мощность бокситов изменяется от 0,5 до 7 м, в среднем составляет 1,4 м. Бокситовые залежи залегают горизонтально и только в отдельных случаях наклонены под углом 3—5, редко до 10°.

Бокситы представлены каменистыми, рыхлыми и реже глинистыми литологическими разновидностями. Среди них выделяют бокситы с реликтовой текстурой материнских пород, чаще всего сланцев, псевдобрекчиевидной текстурой, переходными структурами от брекчиевидной к бобовой. Бобовая структура и трубчатая текстура широко распространены на месторождении. Часто вблизи поверхности крупных глыб бокситов хорошо видна типичная бобовая структура, по направлению к центру глыбы количество бобовин уменьшается, и в ряде случаев в середине глыбы наблюдаются бокситы с реликтами материнских пород. Это свидетельствует о латеритном происхождении бокситов Вы-

сокопольского месторождения. Помимо описанных бокситов коры выветривания на месторождении также встречаются осадочные бокситы среди континентальных образований бучакской свиты, но они не имеют практического значения из-за низкого качества и незначительных запасов.

В разрезе залежей бокситов выделяются три горизонта. В верхней части залегают бурые железняки с гиббситом мощностью 0,5 м и содержанием глинозема 20%, кремнезема 7% и окиси железа 55%. В средней части расположен бокситовый горизонт гиббситового состава мощностью 1,5 м, содержащий глинозема 38,05%, кремнезема 8,55% и окиси железа 25,25%. Нижний горизонт представлен гиббсит-каолинит-железистой породой мощностью 1—1,5 м, содержащей глинозема около 35%, окиси железа 30% и повышенное количество кремнезема 15—17%. Суммарная мощность залежи обычно 2,5 м.

По минеральному составу бокситы относятся к гиббситовому, гиббсит-гидрогётитовому и гиббсит-каолинитовому типам. Среднее содержание отдельных минералов в бокситах следующее (в %): гиббсита 43; бёмита 4; каолинита 18; гидрогётита, гидрогематита и гётита 31; ильменита 2; кварца 1. Гиббсит в бокситах находится как в кристаллической, так и в дисперсной форме.

3. Бовальный (платообразный) тип

Латеритные месторождения бовального (платообразного) типа широко развиты в странах Западной Африки, Индии и Бразилии. Эти месторождения обладают крупными запасами бокситов и характеризуются их высоким качеством с содержанием глинозема 50—60% и кремнезема 1—3%, благоприятными условиями для разработки, так как месторождения залегают вблизи поверхности, не имеют вскрыши и не обводнены. Их добыча осуществляется исключительно открытым способом.

Бокситовые месторождения этого типа представляют собой конечный продукт коры выветривания алюмосиликатных пород в условиях тропического и субтропического климата.

Месторождения представляют собой покровы латеритных бокситов мощностью 10—40 м, качество которых во многом зависит от состава материнских пород. Они приурочены к верхним частям платообразных возвышенностей и распространены регионально в современных тропических и субтропических областях. На некоторых месторождениях этого типа в разрезе латеритного покрова наблюдается вертикальная зональность, отображающая степень изменения исходных материнских пород.

Боваль представляет собой обширную плоскую возвышенность обычно изометричной или близкой к ней формы с высокими крутыми обрывистыми склонами, разделенную узкими речными долинами глубиной до нескольких десятков метров.

Поверхность бовалей обычно относительно ровная или слабо-волнистая с мягкими очертаниями, мелкими впадинами и возвышенностями.

Крупные бокситовые залежи этого типа слагают верхнюю часть бовальных возвышенностей и в некоторых случаях их склоны (рис. 5).

Е. М. Патерсон (Patterson, 1967) эти месторождения относит к так называемому покровному типу. В работах американских геологов эти месторождения называются «грунтоводными» латеритами, а индийские исследователи называют их латеритами высоких уровней.

Месторождения Западной Африки. Наиболее крупные месторождения бокситов в Западной Африке расположены на территории Гвинеи, Ганы, Камеруна, Сьерра-Леоне и

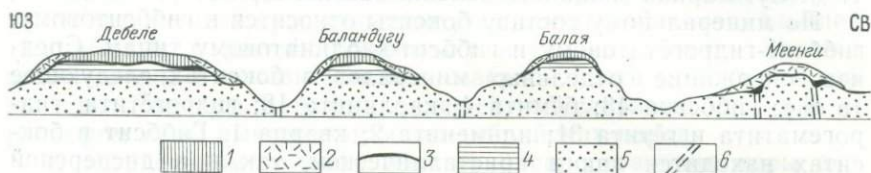


Рис. 5. Схематический геологический разрез по месторождениям бокситов района Киндиа (Гвинея). По Е. Ф. Романько, М. И. Никульшину и др. (1975 г.):

образования коры выветривания: 1 — структурные бокситы, 2 — обломочные бокситы, 3 — аллиты, каолиновые глины, пески; 4 — глинистые сланцы силура; 5 — песчаники ордовика; 6 — зоны разломов и трещиноватости

Мали. Эти месторождения образовались в палеоген-неогеновое время за счет интенсивного латеритного выветривания коренных пород палеозойского возраста, почти горизонтально залегающих на древней докембрийской платформе. Формирование месторождений бокситов происходило в континентальных условиях при спокойной тектонической обстановке. Континентальный режим на Африканском континенте существует с палеозоя и характеризуется в настоящее время чередованием в течение года двух очень различных климатических периодов: сухого и дождливого, во время которого выпадает около 2500—3000 мм осадков.

Размещение и качество латеритных бокситов определяются составом исходных материнских пород и геоморфологическими условиями их залегания. Латерит-бокситы наиболее широко развиты в районах сохранения элементов рельефа древнего пенеплена, т. е. на плоских, относительно ровных приподнятых водораздельных участках. Эти плоские водоразделы, имеющие значительные площади, слабо затронутые боковой эрозией, обусловили сохранность крупных месторождений бокситов от по-

следующих размывов. В горных районах они почти отсутствуют.

В Гвинее сосредоточено около 80% запасов бокситов Африканского континента. Здесь располагаются крупнейшие месторождения районов: Боке, Фриа, Киндиа, Туге, Дабола и др. По количеству запасов и качеству бокситовых руд наибольшую ценность представляют месторождения района Боке. Подавляющее большинство бокситовых месторождений Гвинее приурочено к площадям развития глинистых сланцев силура и в небольшом количестве нефелиновых сиенитов. Бокситы обычно залегают на поверхности или перекрыты небольшим слоем почвы.

Общие запасы бокситов Гвинее составляют 10 млрд. т, а с учетом более низкокачественных латеритов около 35 млрд. т.

Среди бокситовых месторождений Гвинее, как указывает В. И. Огороднева (1967 г.), различают два типа: коренные, образовавшиеся на месте в результате химической переработки материнских пород, и делювиальные, образовавшиеся в результате сноса с близлежащих возвышенностей коренных латеритов и бокситов. Делювиальные бокситы обычно имеют конкреционный характер.

Преобладающая масса бокситов сложена гидроокислами алюминия и железа. Содержание глинозема в бокситах изменяется от 30 до 63%, а в среднем по различным месторождениям составляет 45—55%; кремнезема от 0,7 до 4% (в среднем около 2%); окислов железа от 4 до 30% (в среднем 16—22%). Основными рудообразующими минералами являются гиббсит, бёмит, гематит, гётит и гидрогётит, в виде примеси встречаются каолинит и минералы титана.

На территории Ганы расположены следующие месторождения: Ньинахин, Сефви—Беквей (Аффо), Нсисеро (Асафе), Эджуанема, Кйи и др. Общие запасы бокситов Ганы составляют 405 млн. т, т. е. она занимает второе место среди стран Африки. Месторождения приурочены к бокситоносной зоне протяженностью 240 км и шириной 80 м, расположенной в 150 км к северу от побережья Гвинейского залива. Бокситы располагаются на вершинах плосковерхих возвышенностей с абсолютными отметками 300—700 м. Залежи бокситов приурочены к верхней части латеритной коры выветривания, развитой на дислоцированных метаморфизованных туфах, филлитах, серицитовых и хлоритовых сланцах протерозойского возраста и полого залегающих глинистых сланцах, аргиллитах и песчаниках нижнепалеозойского возраста. Бокситы имеют хорошее качество, содержание глинозема в них 45—50%, кремнезема менее 3%, окиси железа около 20%, двуокиси титана 2—3%.

Месторождение Боке (Гвинея). Месторождение Боке является крупнейшим не только в Африке, но и в мире. Оно расположено в северо-западной части Гвинее, в 135 км от побережья

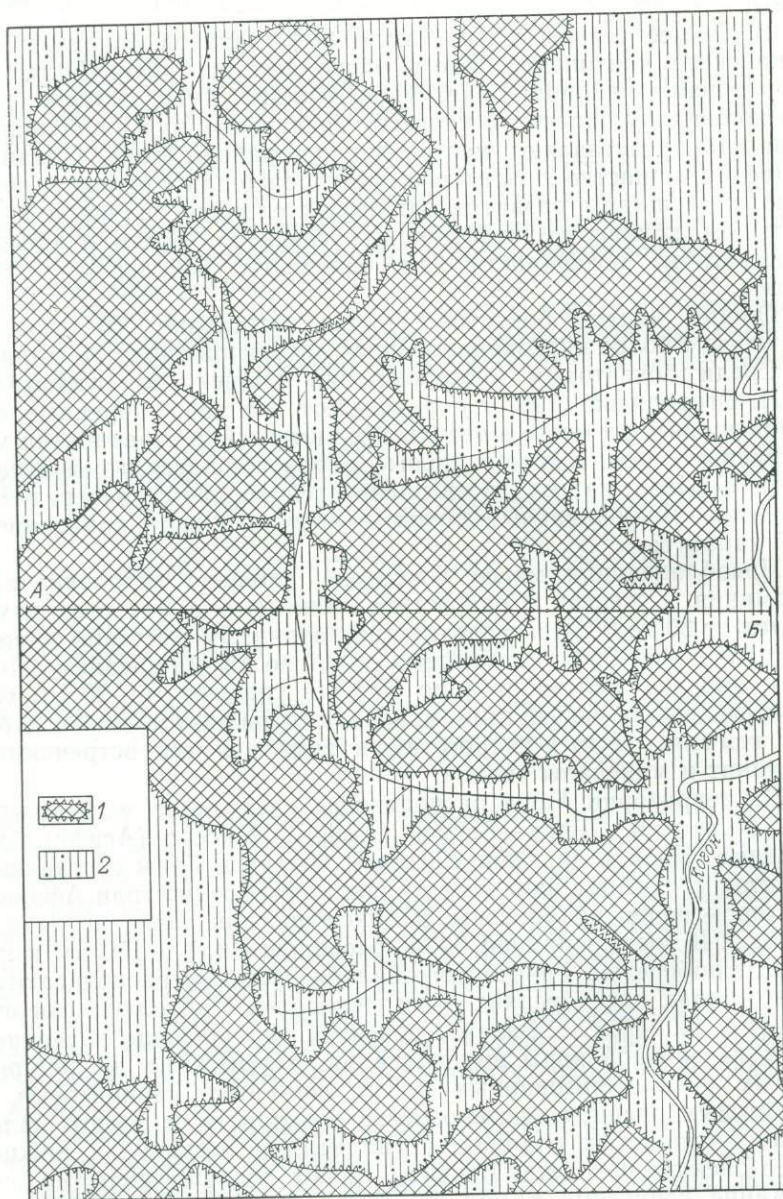


Рис. 6. Схема расположения бокситорудных залежей месторождения Боке (Гвинея). По данным М. В. Дубовской и Б. Н. Одокия:

1 — залежи кондиционных бокситов, расположенные на вершинах бовалей (возвышенностей); 2 — граптолитовые сланцы и другие терригенные породы ордовика

Атлантического океана. Бокситовые залежи месторождения приурочены к холмистой возвышенности, располагающейся на высоте 160—400 м над уровнем моря, которая лишена растительности и расчленена залесенными речными долинами на отдельные участки, называемые бовалями (рис. 6).

Боваль представляет собой поднятый участок, покрытый латеритными бокситами или железистой латеритной корой выветривания мощностью до 10—15 м. Поднятые участки обычно окаймлены долинами рек глубиной до 100 м. Бокситовые и железистые латериты выходят на поверхность и лишены покрова. В большинстве случаев они залегают непосредственно на коренных породах, которые представлены граптолитовыми сланцами силура. В некоторых случаях они отделены от коренных пород слоем пестроцветных глин мощностью до 10 м (рис. 7).

На месторождении расположено более 100 бокситовых бовалей, которые образуют бокситоносную зону, вытянутую в северо-восточном направлении на 130 км при ширине 30—60 км, площадью свыше 3500 км². Бокситовые залежи отличаются выдержанностью по площади и в разрезе, иногда содержат очень крупные запасы, достигающие 100—200 млн. т, имеют четкие поисковые признаки, легко разведываются и просты в эксплуатации.

Дорудный фундамент месторождения Боке сложен нижне-среднепалеозойскими породами, прорванными силлами мезозойских долеритов. Наиболее древними породами являются кварцевые песчаники ордовика, которые залегают почти горизонтально, обнажаются в долинах рек в пределах бокситоносной площади и выходят на поверхность на многих участках, прилегающих к месторождению. На песчаниках ордовика согласно залегают глинистые и граптолитовые сланцы с прослоями гравелитов, а также алевролиты и глинистые песчаники силура. В северной части месторождения, на наиболее возвышенных участках на силурийских породах залегают песчаники с прослоями сланцев девонского возраста.

По условиям формирования и залегания, а также структурно-текстурным особенностям латеритные бокситы Гвинеи вообще и месторождения Боке в частности делятся на две разновидности: элювиальные (остаточные) и делювиальные (перемещенные, переотложенные) (В. И. Огороднева, 1967 г.; Б. Н. Одокий, 1968 г.). Эти типы образуют единые залежи бокситов, переходят друг в друга, генетически и пространственно тесно связаны между собой.

Элювиальная разновидность латеритных бокситов представляет собой плотные каменные руды (массивные, полосчатые, сланцеватые) со структурой материнских пород. Они обычно слагают верхнюю часть латеритной коры выветривания. В нижней части бокситоносной толщи иногда встречаются рыхлые и землистые разновидности бокситов. Латеритные бокситы

приурочены к поверхностям плосковерхих возвышенностей (бобалей), образуя плащеобразные бокситовые залежи площадью до нескольких квадратных километров. Они, как правило, залегают на глинистых продуктах коры выветривания каолинового состава. Между элювиальными бокситами и глинами наблюдается резкая волнистая граница, а между последними и подстилающими материнскими породами видны постепенные переходы.

Делювиальная разновидность латеритных бокситов представляет собой перемещенные продукты элювиальных (структурных) бокситов. Они образуют шлейфы, примыкающие к залежам

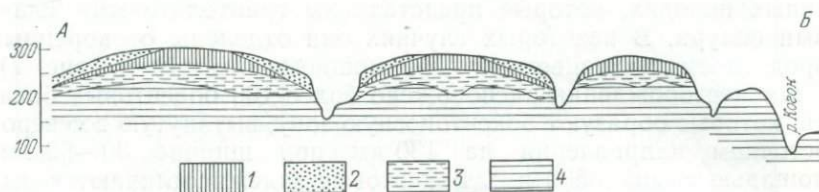


Рис. 7. Схематический геологический разрез по линии А—Б месторождения Боке (Гвинея). По данным М. В. Дубовшой и Б. Н. Одокия:

образования коры выветривания: 1 — преимущественно структурные бокситы, 2 — обломочные бокситы, 3 — аллиты, каолиновые глины; 4 — грантолитовые сланцы и другие терригенные породы ордовика

элювиальных бокситов, и располагаются на пониженных участках или верхних частях пологих склонов платообразных (бобальных) возвышенностей. Делювиальные бокситы представляют собой угловатые или слегка округлые обломки элювиальных (структурных) бокситов размером от нескольких сантиметров до 15—12 см, сцементированные пелитовым, алевролитовым или псаммитовым материалом того же состава, что и структурные (псевдоморфные) бокситы. Цвет бокситов обычно светло-розовый, бурый или красновато-коричневый. Бокситы обычно имеют брекчиевую, конгломератовую и пористую текстуру.

Бокситы месторождения Боке обладают наилучшим качеством по сравнению с другими месторождениями Западной Африки. Они образовались в результате интенсивного латеритного выветривания силурийских грантолитовых сланцев в палеоген-неогеновое время в условиях слабо расчлененной пенепленизированной равнины.

По химическому составу бокситы характеризуются высоким содержанием глинозема (51—62%), низким содержанием кремнезема (1—2%) и окислов железа (2—6%); содержание двуокиси титана обычно 2,5—3%. При этом бортовое содержание глинозема 50%, а общие суммарные запасы около 3 млрд. т.

Если при оконтуривании бокситов бортовое содержание глинозема понизить до 35%, то запасы бокситов возрастут в 5 раз

и достигнут величины более 15 млрд. т, при этом ухудшится качество бокситов.

Основными рудообразующими минералами на месторождении Боке являются гиббсит, гематит с незначительной примесью бёмита, каолинита и минералов титана. Количество бёмита не превышает 10% и он приурочен, как правило, к верхним частям залежей; количество каолинита не превышает 2—3%. Бокситы разрабатываются карьерным способом.

Месторождения Индии. Преобладающее большинство месторождений бокситов Индостанского полуострова относятся к латеритному типу и приурочены к латеритной коре выветривания деканских траппов верхнемелового — эоценового возраста. Известны бокситы, образовавшиеся в результате латеритного выветривания чарнокитов, гранитов, песчаников и других пород. Латеритные коры имеют мощность 20—30 м. Месторождения бокситов образуют две бокситоносные провинции: Центральную (Деканскую) и Прибрежную (Западно-Индийскую).

Бокситовые залежи образуют пластообразные и линзообразные рудные тела мощностью 1—10 м, в среднем 2—6 м, приуроченные к двум гипсометрическим уровням: высокому и низкому (рис. 8). Первые из них залегают в абсолютных отметках около 1000 м и распространены в штатах Мадхья-Прадеш, Бихар, Орисса и др. Бокситы низких уровней приурочены к абсолютным отметкам 50—300 м в штатах Гуджарат, Махараштра, Керала и др. Приуроченные к плосковершинным останцовым возвышенностям бокситовые месторождения залегают на поверхности и имеют, как правило, небольшие запасы: от 3 до 15 млн. т.

Формирование месторождений бокситов происходило, по-видимому, в раннеэоценовое время (Валетон, 1974) на первичном не затронутом тектоническими подвижками пенеплене, который располагался на более низких уровнях. В неогеновое время тектонические подвижки сместили бокситы на различные гипсометрические уровни, т. е. образование латеритов предшествовало углублению речных долин и проходило на более низких гипсометрических уровнях.

Большинство месторождений Индии приурочены к латеритной коре выветривания деканских траппов, которые образуют мощную серию горизонтально залегающих базальтовых покровов, переслаивающихся с пеплами и туфами.

Трапповая толща иногда расчленена на многочисленные гряды и холмы. Многие плоские плато или столовые горы вдаются в полосу побережья Аравийского моря. Латериты обычно располагаются на высоте 600—1200 м над уровнем моря. Это может быть связано с наличием нескольких периодов пенепленизации, к которым была приурочена латеритизация, или с существованием одного латеритизированного пенеплена, разбитого сбросами и поднятого на разную высоту.

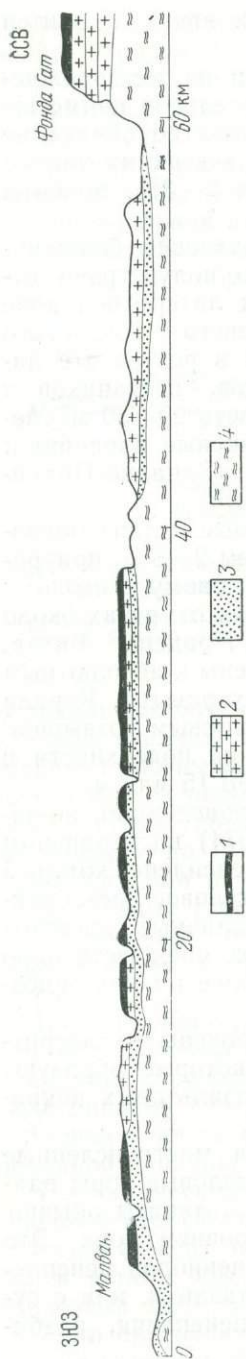


Рис. 8. Останцы плато Мусба полуострова Индостан. По И. Валетон (1974 г.).

1 — бокситы и латериты; 2 — деканские трапповые базальты; 3 — глинистые песчаники; 4 — гнейсы

Наиболее крупные разведанные месторождения расположены в штатах Бихар, Гуджарат, Мадхья-Прадеш, Мадрас, Махараштра и др. Часто бокситы залегают вблизи поверхности. Мощность и состав латеритных образований значительно изменчивы. Имеются крупные залежи высокосортных бокситов с весьма благоприятными горнотехническими условиями разработки. Выявленные и разведанные месторождения позволяют резко расширить добычу бокситов, которая в значительной степени сдерживается удаленностью большинства месторождений от путей сообщения.

Для бокситовых месторождений Индии характерна форма покровов, которые протягиваются на многие километры и располагаются на поверхности высокого плато. В некоторых случаях месторождения имеют форму холмов-останцов с плоскими вершинами до 500—800 м в диаметре. Форма, мощность и характер латеритного покрова изменяются не только на различных месторождениях, но даже в пределах одного месторождения. Мощность бокситов изменяется от 1 до 22 м. На месторождениях встречаются участки, сложенные высокосортными бокситами, залегающие, как правило, в верхних частях коры выветривания, железистыми латеритами, бокситовыми породами, серыми плотными бокситами, которые внизу переходят в розовый и железистый кремнистый латерит, серые бокситовые глины, белый и розовый литомарж. На месторождении Панхала-Хилл верхняя часть покрова сложена высокожелезистыми латеритами, а нижняя — неравномерно переслаивающимися белыми кремнисто-глинистыми бокситами и бокситовыми глинами, которые подстилаются бе-

лым и розовым литомаржем. Между этими породами наблюдаются постепенные переходы. Во многих местах на поверхности латеритного и бокситового покрова несогласно залегает конкреционный и пизолитовый высокожелезистый боксит мощностью до 1 м.

На плато Амаркантак в штате Мадхья-Прадеш в разрезе латеритного покрова мощностью около 24 м, образовавшегося по базальтовым лавам, наблюдаются несколько обособленных зон. На базальтах расположена зона литомаржа с горизонтами гётитовой руды мощностью до 1 м. Выше залегает темно-красный латерит с большим содержанием железа, переходящий в бокситовый латерит с содержанием глинозема 45%, кремнезема 5,8%, окиси железа до 21%. На них располагается розовый, серый или желтоватый боксит, содержащий 56% глинозема, 2,8% кремнезема, 10,8% окиси железа и 7,7% двуокиси титана. Бокситы содержат 47% гиббсита, 27% бёмита, 6% каолинита, 12% гётита и 8% рутила. Выше обычно залегают пизолитового сложения латериты мощностью до 8 м.

Некоторые исследователи часть бокситов Индии относят к осадочным образованиям, так как эти месторождения иногда не представляют собой сплошных покровов, а являются пластообразными телами, связанными со впадинами на поверхности лавовых покровов. К тому же форма и размеры латеритных залежей зависят от форм и размеров депрессионных понижений, в которых они сформировались, а залежи месторождения Сурат расположены в окраинах крупных котловин.

С нашей точки зрения некоторую небольшую часть месторождений Индии можно отнести к полигенным месторождениям, представленным структурными, делювиальными и, возможно, осадочными бокситами.

Среди месторождений высоких уровней И. Валетон (1974) выделяет три литологические разновидности бокситов, которые образовались в различных фациальных условиях и имеют различное качество. Это латериты центральных участков плато, имеющие повышенное содержание железа и кремнезема; латеритные бокситы, приуроченные к погребенным склонам речных долин и обладающие повышенным содержанием глинозема; бокситы и каолинитовые толщи, богатые глиноземом и кремнеземом, сформировавшиеся на окраинах погребенных плоских поверхностей с медленным дренажем.

Качество бокситовых месторождений Индии сравнительно высокое. Содержание в них глинозема 45—60%, кремнезема 1,4—6,8%, окиси железа 3—11%. Для них характерно повышенное содержание двуокиси титана (6—15%) и пятиокиси ванадия (0,15%). Однако широко развиты и железистые бокситовые латериты низкого качества, которые используются как строительный материал. Разрабатываются бокситы с содержанием глинозема 55—60%, двуокиси титана 5—10% и кремнезема

1,5—3%. Общие запасы бокситов Индии составляют около 273 млн. т. Среди них выделяют бокситы двух сортов: 1 — с содержанием глинозема более 50—55% (запасы 75 млн. т) и 2 — глинозема 45—50% (200 млн. т). Добыча бокситов составляет 3 млн. т в год.

Месторождения Бразилии. Подавляющее большинство месторождений бокситов Бразилии расположено в южной части страны и также относится к бовальному (платообразному) типу. Месторождения приурочены к латеритным корам выветривания, развитым по древним кристаллическим гнейсам и сланцам, а также диабазам и нефелиновым сиенитам. Залежи бокситов обычно располагаются на вершинах платообразных поднятий с крутыми склонами. Общие запасы бокситов составляют 200 млн. т, а потенциальные — 600 млн. т. Наиболее крупными месторождениями являются Посус-ди-Калдас, Ору-Прету, Нова-Лима, Белу-Оризонти.

Месторождения Посус-ди-Калдас занимают большие площади на вершинах одноименного платообразного поднятия, сложенного нефелиновыми сиенитами. Рудные тела бокситов приурочены к верхней части латеритной коры выветривания нефелиновых сиенитов и имеют среднюю мощность 3 м. Бокситы высококачественные, содержат 60% глинозема, 1—5% кремнезема, 4—10% окислов железа. По минеральному составу они относятся к гиббситовому типу. Мощность вскрышных пород до 1,5 м, суммарные запасы бокситов этого месторождения оцениваются в 170 млн. т. Имеются геологические предпосылки к значительному увеличению запасов бокситов на территории Южной и Северной (район Амапа) Бразилии.

4. Латеритные месторождения складчатых областей

Как справедливо указывает Г. И. Бушинский (1967), латеритных бокситов, расположенных в складчатых (геосинклинальных) областях, немного. Они установлены на Кавказе в районе г. Батуми, на о. Скопелос в Греции, на юге Турции и в штатах Орегон и Вашингтон на северо-западе США. Обычно они представлены залежами небольшого размера.

Наиболее крупные запасы латеритных бокситов геосинклинальных областей сосредоточены в штатах Орегон и Вашингтон, где они образуют сравнительно крупный бокситоносный район. Запасы бокситов районов Портленд и Салем штата Орегон оцениваются в 100 млн. т. Бокситы имеют структуру базальта и бобовую, гиббситовый состав. Мощность бокситового горизонта 4—6 м. Среднее содержание глинозема 35%, кремнезема 6,7%, окиси железа 31,5%, двуокиси титана 6,5%. Бокситы залегают на выветрелых базальтах средне-позднемиоценового и раннеплиоценового возраста. Возраст бокситоносной коры выветривания позднемиоцен-плиоценовый.

Возможно, к этому типу относятся некоторые месторождения Турции, расположенные у городов Зонгулдак и Эль-Малы, на Яргуз-Яйле и Гюлиюлек-Тепе. В этих районах бокситы залегают на офиолитах и перекрываются в последнем пункте офиолитами, а в первых трех — известняками. Между офиолитами и покрывающими их бокситами наблюдается постепенный переход, поэтому есть основание предполагать, что эти бокситы являются латеритными.

Основная масса бокситов в Турции обычно залегает на закарстованной поверхности известняков.

В Греции на о. Скопелос бокситы залегают на основных туфах и диабазах и, по-видимому, представляют их кору выветривания. Бокситы образуют небольшие залежи и имеют диаспоровый состав с хлоритондом и зернами хлорита.

В СССР кора выветривания этого типа встречается в районе г. Батуми в зоне Аджаро-Триалетской складчатой системы Кавказа. Она развита на молодых авгит-лабрадоровых порфиритах и туфоконгломератах, а также на плиоценовых конгломератах. Латеритная кора выветривания имеет мощность 5—15 м, сохраняет структуру материнских пород и состоит из галлуазита с примесью гидрохлорита, гидроокислов железа, гиббсита и каолинита. Содержание глинозема в коре выветривания 36,3%, кремнезема 9,2%, окиси железа 26,2%, двуокиси титана 1,4%.

IV. ГРУППА ПОЛИГЕННЫХ МЕСТОРОЖДЕНИЙ

Группа полигенных месторождений объединяет месторождения, в которых имеются залежи и рудные тела или отдельные их части, состоящие из латеритных бокситов и продуктов их ближайшего переотложения. Эта группа является переходной между латеритными месторождениями и осадочными месторождениями терригенных толщ. Эти месторождения являются полигенными (Сапожников, 1974), или комплексными (Бушинский, 1971).

В этой группе выделяются три типа бокситовых месторождений: карсто-линзообразные, линзообразные и пластообразные. Первые из них развиты в СССР в пределах Средне-Тиманского бокситоносного района, вторые (линзообразные) — в Арканзасском районе США и Гвианской береговой равнине и пластообразные — в Северной и Западной Австралии, Западной Африке (Сангареди).

1. Карсто-линзообразный тип

Месторождения представлены крупными линзообразными залежами, которые приурочены к закарстованной поверхности карбонатных и сланцево-карбонатных пород Среднего Тимана.

Залежи бокситов сложены латеритными (структурными), делювиальными и осадочными (переотложенными) бокситами.

Бокситовые залежи и рудные тела иногда имеют сложные линейно-вытянутые вдоль структур подстилающего фундамента формы и извилистые очертания в плане и в разрезе. Поверхность кровли обычно слабоволнистая, а почва, как правило, имеет сложные извилистые контуры, обусловленные дорудным карстовым рельефом или сложной границей латеритной коры выветривания.

Среди бокситов по минеральному составу выделяют гётит-шамозит-бёмитовый и каолинит-бёмитовый типы. Образование бокситов происходило на пенепленизированной поверхности с мелким карстовым рельефом, на прибрежной равнине нижефранского моря.

Вежаю-Ворыквинское месторождение расположено в юго-восточной части Четласской грабен-антиклинальной структуры (Абрамов, Лебедев, Смирнов, 1972). Бокситы залегают на верхнерифейских доломитах, доломитизированных известняках и сланцево-карбонатных породах быстринской свиты. Эти породы в верхней части сильно разрушены и подвергнуты выветриванию, превращены в глыбы и обломки, заключенные в темно-коричневых, желтых, бурых и серо-зеленых глинах. На карбонатных и карбонатно-сланцевых породах быстринской свиты широко развиты продукты коры выветривания, представленные красными, красно-бурыми, желтыми и желтовато-зелеными алевритистыми и песчанистыми глинами гидрослюдистого и каолинит-гидрослюдистого состава мощностью до 20 м. Возможно, что вся эта толща или ее часть является осадочной.

На породах быстринской свиты или на их коре выветривания залегают бокситовмещающая толща, которая сложена свежими или интенсивно выветрелыми туфами и туффитами, аллитами, бокситами, алевролитами и песчаниками с прослоями аргиллитоподобных, алевритистых и углистых глин. Алевриты и глины иногда сильно каолинизированы. Мощность толщи достигает 30 м (рис. 9).

По данным специалистов Ухтинского геологического управления (Абрамов, Лебедев, Смирнов, 1972), бокситы Верхне-Ворыквинского, Вежаю-Ворыквинского и Верхне-Шугорского месторождений представляют собой латеритную кору выветривания туфов и туффитов или продукты ближайшего ее переотложения нижефранского возраста. Бокситы легкие, пористые имеют коричневатую-красную окраску. Под микроскопом иногда в них наблюдается литокластическая структура туфа, в обломках которого видны порфиробласты плагиоклаза, замещенные бёмитом.

На бокситах или терригенных осадках залегают плотные афонитовые базальты, которые также имеют нижефранский возраст. Мощность базальтов, лежащих над бокситами, состав-

ляет 10—20 м, а за пределами рудных залежей 60—70 м. На базальтах залегают осадочные породы также нижнефранского возраста, представленные песчаниками, алевролитами и глинами.

Вежаю-Ворыквинское месторождение представлено одной

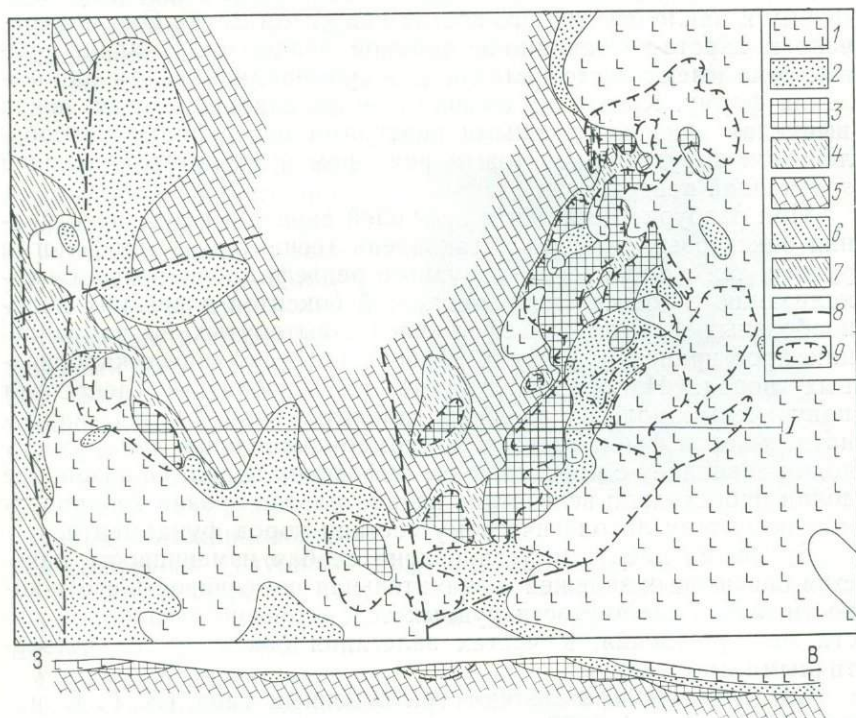


Рис. 9. Схематическая геологическая карта и разрез по линии I—I Вежаю-Ворыквинского и Верхне-Ворыквинского месторождений бокситов. По данным Четласской ГРП (1975 г.):

породы франского яруса, пашийского и кыновского горизонтов, $\Gamma_3^1 ps - kn$: 1 — базальты, туфы, туффиты; 2 — песчаники, аргиллиты, алевролиты; 3 — laterитные бокситы, аллиты и продукты их переотложения, $D_2 - D_3 gr$; 4 — глинистые породы каолинт-гидрослюдистой зоны коры выветривания, $D_2 - D_3 gr$; образования верхнерифейского возраста: 5 — доломиты, доломитизированные, мраморизованные известняки с подчиненными прослоями глинисто-карбонатных сланцев быстринской свиты верхнего протерозоя, 6 — глинистые сланцы, кварцево-слюдистые алевролиты, кварцито-песчаники аныюгской свиты, 7 — кварциты, кварцито-песчаники, алевролитоглинистые сланцы, филлиты; 8 — границы тектонических нарушений; 9 — контуры рудных залежей кондиционных бокситов

крупной линзо-пластообразной залежью, вытянутой в субширотном направлении на несколько километров. Ее мощность достигает 29 м. Глубина залегания кровли бокситов 0,5—25,8 м, абсолютные отметки подошвы 249—281 м.

Бокситовая залежь состоит из шести изолированных рудных тел. Бокситовые тела иногда имеют сложные причудливые

формы, извилистые очертания. Максимальные мощности рудных тел приурочены к карсто-эрозийным депрессиям в дорудном рельефе карбонатных пород рифейского фундамента. Внутреннее строение всех рудных тел идентичное, но по размерам, форме и промышленной значимости они не одинаковы. Наиболее крупное Центральное тело имеет линзо-пластообразную форму и наклонено на юго-восток под углом 2—3°. Оно приурочено к карсто-котловинно-эрозийной депрессии. В плане рудные тела имеют часто вытянутую в субмеридиональном направлении форму. Кровля их обычно ровная, слабоволнистая, почва выпуклая вниз со сложными контурами поверхности, обусловленными дорудным карстовым рельефом и характером древней эрозийной поверхности.

При разбурке детальных профилей вкрест и вдоль простирания бокситовых залежей установлена тесная связь морфологии рудных тел с характером дорудного рельефа, обусловившим локализацию максимальных мощностей бокситов в древних долинообразных формах рельефа, линейно-вытянутых по направлению простирания рифейских карбонатных и сланцево-карбонатных пород. Наиболее глубокие корытообразные депрессии приурочены к полосам развития глинистых сланцев среди карбонатных пород фундамента, т. е. субмеридиональная вытянутость долин совпадает с простиранием рифейских пород. Образование долин происходило вследствие избирательной эрозии неоднородных по своему литологическому составу пород фундамента.

Буровыми работами установлена слабая изменчивость качества бокситовых залежей и значительная изменчивость его мощности вкрест вытянутости рудных тел, особенно в западной части месторождения, в местах залегания бокситов под четвертичными отложениями.

Среди бокситов выделяют три основных типа (В. Г. Смирнов, Ю. М. Лысов, 1973 г.): 1) структурные (элювиальные) бокситы по сланцево-карбонатным и вулканогенным породам; 2) пролювиально-делювиальные; 3) переотложенные (осадочные).

Количество структурных бокситов в различных частях залежей изменяется от 50 до 80%. Среди них выделяют несколько литологических разновидностей, отличающихся между собой по структуре, текстуре и цвету.

Пролювиально-делювиальные бокситы представляют собой продукты ближайшего переотложения и латеритизации структурных бокситов и занимает более пониженные участки по сравнению с ними.

Переотложенные бокситы имеют четкую или слабо выраженную обломочно-бобовую или бобово-обломочную текстуру, слоистую сортировку материала со следами водноосадочного происхождения. Среди этих бокситов выделяют три разновидности. Эти бокситы представляют собой, по-видимому, озерные или

озерно-болотные образования, которые перекрываются лигнито-подобными породами и углистыми аргиллитами. Они обычно занимают более пониженные участки, редко перекрывают, а чаще примыкают к залежам структурных бокситов. Центральная часть месторождения сложена преимущественно переотложенными бокситами, приуроченными к долинообразной депрессии и залегающими на карбонатных породах рифея. Эти бокситы составляют около 20—50% общей массы бокситов. Образование их происходило, по-видимому, в первые этапы пашийско-кыновской трансгрессии верхнего девона.

Дорудный рельеф месторождения карсто-эрозионный с мелкими западинами и мелкими возвышенностями, которые обычно характеризуются изометричными и овальными формами с размерами 300—500 м, выступами и впадинами с перепадами высотой 10—20 м, а в зонах тектонических нарушений 25—35 м. Наиболее крупная ложбинообразная депрессия глубиной до 50 м с крутым западным бортом и пологим восточным приурочена к центральной части месторождения. Мелкие карстовые формы рельефа глубиной 3—5 м развиты в западной части месторождения в местах выхода бокситов на дневную поверхность. Абсолютные отметки дорудного фундамента в основном изменяются от +110 до +300 м, в глубоких депрессиях достигают +60 м. Дорудная поверхность наклонена на юго-восток под углом 2—3°.

Бокситы представляют собой плотные, маркие, редко пористые и ноздреватые руды с псевдообломочной, обломочной, пятнистой, трубчато-пятнистой и трубчатой текстурой, сильножелезистые: в среднем около 25% окислов железа (рис. 10).

Основным рудообразующим минералом является бёмит, содержание которого 30—70%, в значительных количествах присутствуют гётит и гидрогётит (20—30%), шамозит (20—30%), каолинит (до 30—50%), диаспор и др. По вещественному составу бокситы представлены гётит-шамозит-бёмитовым и каолинит-бёмитовым типами.

Содержание основных рудообразующих компонентов в пробах бокситов колеблется в значительных пределах (в %):

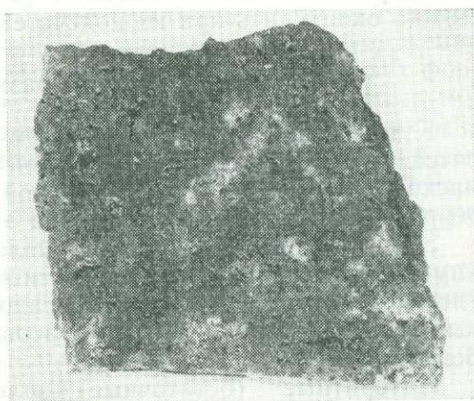


Рис. 10. Боксит железистый из верхней части бокситовой залежи Вежаю-Ворыквинского месторождения. Канавка 7. Al_2O_3 — 37%, SiO_2 — 15%.

глинозема 38,3—59,6, кремнезема 2,5—17,3, окислов железа 12,0—38,6; кремневый модуль 2,1—19. Среднее содержание компонентов по различным рудным телам также изменяется (в %): глинозема 44—49, кремнезема 9,2—12,7, окислов железа 23,4—28,8, окиси кальция 0,3—0,5; кремневый модуль 3,6—8,4.

Байеровские руды составляют около 60% общих запасов. Распределение основных рудообразующих компонентов и технологических сортов в залежах бокситов, как правило, закономерно, однако наиболее качественные бокситы залегают в центральных частях залежей (в разрезе и плане), которые можно оконтурить при их подсчете и добыть селективно.

2. Линзообразный тип

К полигенным месторождениям линзообразного типа относятся месторождения Арканзасской группы США, а также Гвианской береговой равнины северной части Южной Америки. На территории СССР месторождения этого типа не встречены.

Эти месторождения представлены многочисленными мелкими, иногда крупными латеритными залежами структурных (псевдоморфных) бокситов и осадочными залежами пизолитовых (бобовых), реже конгломератовых, глиноподобных и других бокситов.

Латеритные (остаточные) залежи бокситов приурочены к вершинам и склонам платообразных и холмообразных возвышенностей древнего фундамента. Эти бокситы имеют повышенное качество и обладают крупными промышленными запасами.

Осадочные (переотложенные) бокситы приурочены к толще каолинистых глин и располагаются на склонах и у подножья платообразных возвышенностей древнего рельефа. Они образовались в результате оползней и плоскостного смыва первичных латеритных бокситов на расстояние от десятков метров до первых километров. Некоторые залежи бокситов располагаются на склонах и днищах древних оврагов. У подножий склонов бокситовые залежи залегают частью на породах древнего фундамента, но главным образом на песчано-глинистых породах мезокайнозойского возраста.

В некоторых районах (Гвианская равнина) выделяют месторождения четырех уровней: плато, высоких, средних и низких уровней.

Латеритные залежи структурных (псевдоморфных) и псевдобобовых бокситов образовались главным образом на вершинах и частично на склонах платообразных возвышенностей в результате интенсивного латеритного выветривания глинистых сланцев, нефелиновых сиенитов и других метаморфических и изверженных пород древнего фундамента.

Образование осадочных (переотложенных) бокситов происходило, по-видимому, в озерных и озерно-болотных условиях, в ко-

торых наряду с бокситами формировались каолинитовые и лигнитоносные глины. Источником бокситообразующих компонентов служили латеритные коры выветривания пород дорудного фундамента.

Арканзасское месторождение. Палеозойский дорудный фундамент района Арканзасского месторождения сложен темноокрашенными глинистыми и кремнистыми песчаниками и сланцами различного возраста (от ордовика до карбона), которые смяты в пологие складки и прорваны батолитами нефелиновых сиенитов верхнемелового возраста.

На размытой поверхности пород фундамента или на склонах массивов нефелиновых сиенитов располагаются отложения группы Мидвей палеоценового возраста, состоящей из двух формаций: Кинкайд и Уилс-Поинт. Первая из них сложена серыми и бурыми кварцевыми и аркозовыми песками и песчаниками, известняками и монтмориллонитовыми глинами с глауконитом, а также линзами лигнита и каолинитовой глины. Вторая формация (Уилс-Поинт) сложена темно-серыми однородными каолинитовыми глинами местами с тонкослоистой текстурой.

Смена аркозовых песчаников, залегающих в нижней части толщи, на каолинитовые глины и кварцевые алевриты, располагающиеся в верхней ее части, свидетельствует об увеличении интенсивности корообразовательных процессов во время формирования группы Мидвей.

На последней расположена группа Уилкоккс (Вилкоккс) нижнеоценового возраста общей мощностью до 300 м. Она состоит из трех формаций (снизу вверх): Бергер, Зелине и Детонти.

Бокситоносной является формация Бергер, которая сложена серыми и черными каолинитовыми глинами с прослоями лигнита и линзами кварцевого песка, а также бокситовыми залежами в основании этих отложений. Они представлены латеритными и осадочными бокситами, имеющими линзообразную форму, и приурочены к шлейфу каолинитовых глин, обрамляющих холмистые возвышенности нефелиновых сиенитов. Бокситы и каолинитовые глины образуют боксит-каолинитовую фацию мощностью 10—30 м, которая располагается на выветрелых или свежих сиенитах. По падению от холмов сиенитов в сторону понижения фундамента боксит-каолинитовые отложения переходят в фацию лигнитоносных алевритистых глин и еще далее — в фацию зеленовато-серых песков. Образование осадков формаций Бергер происходило в озерно-болотных и речных условиях на склонах рельефа дорудного фундамента. Во время бокситообразования климат был тропический или близкий к нему. Источником бокситообразующих компонентов служила кора выветривания нефелиновых сиенитов.

Отложения формации Зелине с размывом залегают на породах формации Бергер, достигают 130 м мощности и представлены преимущественно кварцевыми глинами. Выше располага-

ются песчаные отложения формации Детонти, песчано-глинистые осадки верхнего эоцена и четвертичные образования.

Бокситоносные отложения представлены многочисленными мелкими залежами бокситов, имеющими сложную неправильную линзообразную форму. Промышленные залежи бокситов приурочены к вершинам, склонам и подножьям холмов нефелиновых сиенитов. Бокситовые залежи часто содержат высокосортные огнеупорные глины. Мощность бокситовых залежей изменяется от 3 до 10 м и редко до 20 м. По запасам наиболее крупные залежи достигают несколько миллионов тонн, а обычно составляют несколько сот тысяч тонн. Размещение бокситовых залежей определяется факторами: дорудным рельефом, источником

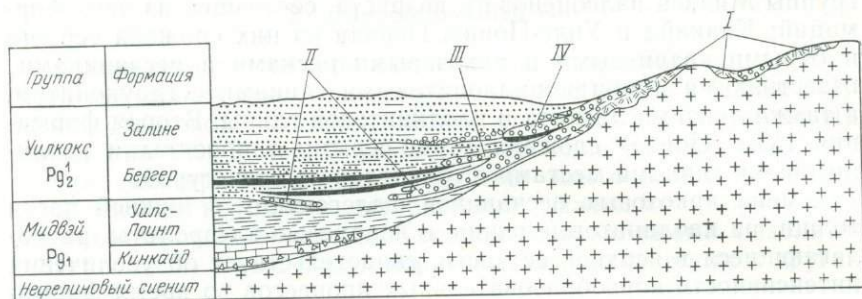


Рис. 11. Обобщенный профиль важнейших типов залежей бокситов Арканзасского месторождения (США). По М. Гордону (1958 г.):

I — остаточный (экстралатеритный) тип на нефелиновом сиените; II — коллювиальный тип у основания группы Уилкокс; III — слоистый тип близ нижней части группы Уилкокс; IV — конгломератовый тип в основании формации Зелине

бокситообразующих компонентов, эрозией и переотложением бокситового материала во время образования формации Бергер.

Многочисленные залежи бокситов месторождения М. Гордон (1958 г.) разделены на четыре генетических типа (рис. 11): 1) остаточный (латеритный) 2) коллювиальный (делювиально-пролювиальный), связанный с отложениями боксит-каолинитовой фации, залегающей в основании формаций Бергер; 3) аллювиальный (слоистый) внутри той же формации и 4) конгломератовый, связанный с конгломератовыми отложениями в основании формации Зелине.

Залежи первого типа приурочены к вершинам или верхним и средним частям холмов, сложенных нефелиновыми сиенитами, и отделены от последних толщей каолинитовой глины мощностью до 10 м. Второй тип залежей располагается у подножья и в нижних частях склонов сиенитовых холмов под пластами каолинитовой глины мощностью до 90 м. Верхняя часть залежи сложена конкреционными бокситами, нижняя — с глинистой структурой. Залежи третьего типа сложены галькой и обломками бокситов аллювиального характера, обычно залегают на боксит-

каолиновых отложениях второго типа. Четвертый тип залежей представляет собой конгломератовые отложения, представленные разновеликими обломками бокситов и глин.

Среди бокситов выделяют три наиболее распространенные литологические разновидности: 1) псевдоморфная со структурой нефелинового сиенита, характерная для латеритных первичных бокситов; 2) пизолитовая (бобовая), наиболее распространенная, встречается во всех типах залежей и составляет основную массу бокситов; 3) афонитовая, массивная (глиноподобная бесструктурная), наименее распространенная, но встречается во всех типах залежей. Встречаются и другие литологические разновидности бокситов, но они имеют небольшое распространение; это конгломератовые, брекчиевые, трубчатые, червеобразные, ячеистые, слоистые и др.

По минеральному составу бокситы относятся к гиббситовому типу. Кроме гиббсита в бокситах присутствуют каолинит, гематит, гётит, сидерит, магнетит, ильменит, сфен, анатаз, рутил и др. Химический состав бокситов не постоянен, изменяется в зависимости от типа залежей (присутствия каолинита). Содержание основных компонентов в них изменяется в пределах (в %): глинозема 32—62, кремнезема 2—12, окислов железа 1—9; п. п. п. 15—32.

Образование остаточных латеритных залежей происходило в результате замещения нефелинового сиенита гиббситом и бокситизации каолина. Осадочные (переотложенные) бокситы образовались в результате делювиально-пролювиального переотложения первичных (латеритных) бокситов и частичной бокситизации (латеритизации) переотложенного материала, располагающегося выше уровня грунтовых вод с последующей каолинизацией верхних частей залежей.

Косая и горизонтальная слоистость среди бокситов аллювиального (слоистого) типа залежей указывает на то, что образование их происходило в водной среде: в текучей воде ручьев, а также в озерных и болотных условиях. Бокситы подстилаются, перекрываются и вниз по склону переходят в глины с линзами лигнитов.

Месторождения Гвианской береговой равнины. Многочисленные месторождения Гвианской береговой равнины образуют бокситоносную провинцию, которая вытянута вдоль побережья на 600 км при ширине 100—150 км.

Месторождения Гвианской равнины расположены в пределах Гайаны, Суринама и Гвианы (Фр.). Здесь находятся самые крупные и наиболее важные в промышленном отношении месторождения бокситов Южной Америки. Их общие запасы оцениваются в 3,5 млрд. т, где в настоящее время добывается около 10 млн. т бокситов ежегодно.

Бокситовые месторождения Гвианской береговой равнины расположены в относительной близости от побережья Атланти-

ческого океана в бассейнах рек Суринам, Коттина, Корантейн, Демерары и Бербис. Бокситы обнажаются по берегам потоков и в склонах оврагов, встречаются также на участках, которые слегка приподняты над окружающей местностью. В этом районе имеются месторождения, которые выходят на поверхность или залегают под мощным покровом песчано-глинистых отложений.

Месторождения Гвианской провинции приурочены к северному склону Гвианского щита, который сложен гранитами, диоритами и метаморфизованными осадочными и вулканогенными

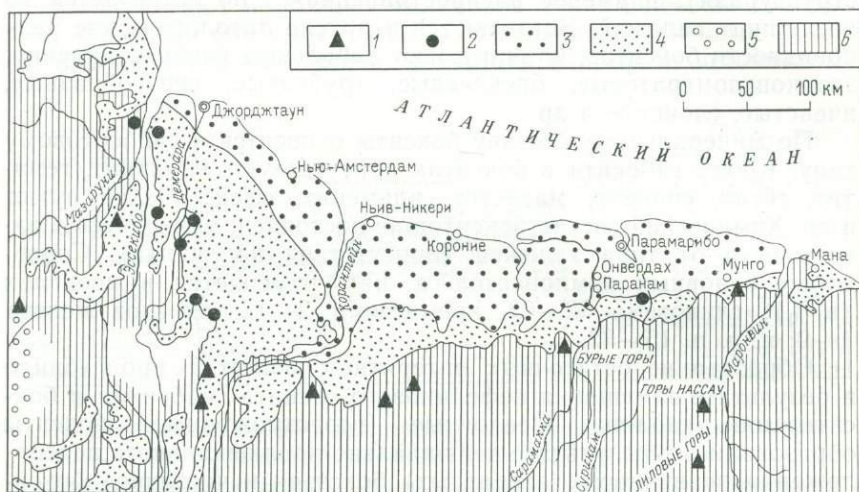


Рис. 12. Геологическая карта месторождений бокситов Гвианского побережья: Гайана, Суринам, Гвиана (Фр.). По Дж. Керсену (1956 г.):

1 — латеритные бокситы; 2 — осадочные бокситы; отложения мезо-кайнозойских формаций; 3 — Демерера (глины с линзами песков и ракушняка) и Коропина (морские пески и плотные глины), 4 — Зандери: белые кварцевые пески с пластами и линзами глин, лигнита и промышленными залежами бокситов (аллювиальные, дельтовые, озерно-болотные и прибрежно-морские отложения), 5 — Рораима: песчаники с редкими прослоями конгломератов; 6 — породы докембрийского фундамента Гвианского щита: гранодиориты, переселенный базальтовый комплекс, метаморфические породы

породами (роговообманковыми гнейсами, слюдястыми сланцами и т. д.). В различных районах преобладают различные из этих пород (рис. 12).

На породах древнего фундамента располагаются покровные отложения мезо-кайнозойского возраста. Непосредственно на породах фундамента залегают песчаники и конгломераты формации Рораима, которые, как и породы фундамента, прорваны дайками и sillами диоритов. Поверхность пород, подстилающих бокситы и обнажающихся в окраинной части прибрежной равнины, представляет собой древний пенеплен, на котором располагаются многочисленные гребни и цепи холмов, выступающие над уровнем свиты «белых песков», слагающей прибрежную

равнину. Бокситы, приуроченные к древнему фундаменту, залегают на вершинах и склонах пологих холмов высотой до 30—55 м, которые окаймляют береговую равнину.

На породах фундамента, на песчаниках и конгломератах располагаются песчано-глинистые отложения третичного и четвертичного возраста, которые разделены на три толщи (формации).

В нижней части располагается бокситоносная формация Зандери, которая залегает на породах фундамента или на их коре выветривания. Она представлена главным образом белыми кварцевыми песками с линзами глин и лигнита. Кроме того, среди

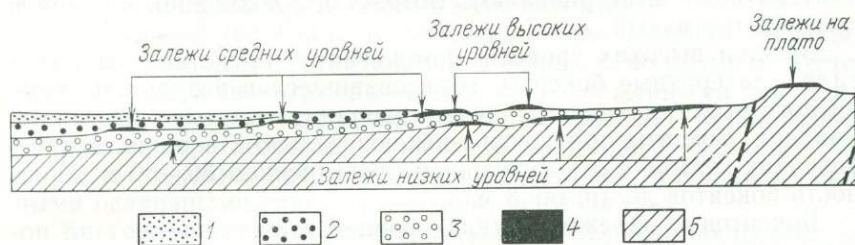


Рис. 13. Схема размещения бокситовых залежей Суринама. По Дж. Керсену (1956 г.):

1 — бокситы; отложения мезо-кайнозойских формаций: 2 — Демерера, глины с линзами песков и ракушняка, 3 — Коропина, морские пески и плотные глины, 4 — Зандери, белые кварцевые пески с пластинами и линзами глин, лигнита и промышленными залежами бокситов; 5 — породы докембрийского фундамента

этой формации встречаются пластичные каолиновые глины, а также горизонтально-слоистые глины и пески различной окраски и текстуры, содержащие в некоторых местах прослойки лигнитов и линзы гравия. С каолиновыми глинами бокситы связаны постепенными переходами. Среди них встречаются аллювиальные, озерно-болотные и прибрежно-морские отложения. Бокситовые залежи располагаются в нижней, средней и верхней частях этой толщи.

На бокситоносной формации располагаются морские отложения формации Коропина, представленные песками и плотными глинами, а также глинами с прослоями и линзами песков и ракушняка формации Демерера. На месторождениях Гайаны, Суринама и Гвианы (Фр.) Дж. Керсен (1956 г.) выделяет четыре типа залежей: 1) плато, 2) высоких уровней, 3) средних уровней, 4) низких уровней.

Бокситовые залежи плато (рис. 13) представляют собой латеритные бокситы мощностью до 12 м, приуроченные к вершинам плоских возвышенностей. Они образовались в результате латеритного выветривания пород древнего фундамента Гвианского щита. Непосредственно рядом с латеритными располагаются осадочные бокситы, залегающие на склонах и представля-

ющие собой коллювиальные и пролювиально-делювиальные образования.

Залежи низких уровней также располагаются на коре выветривания пород фундамента, по абсолютным отметкам значительно ниже залежей, приуроченных к плато. Мощность бокситов достигает 10 м. Наиболее высококачественные бокситы приурочены к центральной части бокситовых залежей. Среди бокситоносных отложений наблюдаются горизонтальная слоистость, линзы и прослои углистых глин и лигнитов. Это свидетельствует о том, что залежи низких уровней могут быть отнесены к осадочным бокситам, которые, возможно, подверглись бокситизации (латеритному выветриванию). Возраст их, возможно, нижний и средний третичный.

Залежи высоких уровней, по-видимому, представляют собой также латеритные бокситы, образовавшиеся в результате латеритного выветривания осадочных каолиновых толщ формации Зандери. Бокситы приурочены исключительно к вершинам плосковерхих холмов с относительным превышением 30—60 м. Мощность бокситов достигает 8 м.

Бокситовые залежи средних уровней также залегают на поверхности кровли формации Зандери и располагаются ниже по склону бокситов высоких уровней. Среди бокситового пласта встречаются линзы бокситового гравия до 2 м мощности, свидетельствующие об осадочном образовании бокситов. Возраст этих бокситов, по-видимому, постплиоценовый.

Таким образом, формирование бокситов в этом регионе происходило в два этапа. Приурочены они к двум стратиграфическим уровням. Месторождения бокситов более древнего уровня залегают на породах древнего складчатого фундамента, а более молодого — на песчано-глинистых породах мезо-кайнозоя.

3. Пластообразный тип

Наиболее крупные полигенные месторождения располагаются в Северной и Юго-Западной Австралии. К этому типу относится также месторождение Сангареди, которое находится в Западной Африке в пределах бокситоносного района Боке.

Полигенные месторождения пластообразного типа представлены крупными пластообразными залежами большой площади и значительной мощности. Бокситы этих месторождений занимают большие пространства и приурочены в большинстве случаев к древним поверхностям выравнивания. В бокситовой толще обычно выделяются два или три горизонта, которые сложены преимущественно пизолитовыми, галечными, гравийными, брекчиевидными бокситами, цементированными более рыхлой массой такого же химического и минерального состава, что и обломочные бокситы. Качество бокситов обычно высокое. Образование бокситовых залежей происходило в результате пере-

отложения на небольшие расстояния и, возможно, последующей бокситизации продуктов латеритной коры выветривания.

Месторождения Северной Австралии. В Австралии расположены крупнейшие в мире месторождения бокситов, потенциальные запасы которых составляют более 10 млрд. т, т. е. более одной трети всех запасов бокситов нашей планеты (Щеглов, Теняков, 1972), в том числе разведанные запасы бокситов 3,2 млрд. т. Наиболее крупные месторождения (около 80% всех запасов бокситов) сосредоточены на севере Австралии: Уэйпа (3 млрд. т), Гов (0,8 млрд. т) и Митчелл-Плато (0,6 млрд. т). Добыча бокситов в 1973 г. составила 14,42 млн. т, в том числе на месторождении Уэйпа 10,5 млн. т.

Месторождение Уэйпа является наиболее крупным в стране, его общие запасы оцениваются в 3 млрд. т. Фундамент месторождения сложен метаморфическими и изверженными породами докембрия. На них почти горизонтально залегает толща песчано-глинистых отложений мелового и третичного возраста. Меловые отложения представлены песчаниками и тонкодисперсными осадочными глинами каолинитового состава.

Бокситовые залежи располагаются на отложениях формации Уэйпа, которая имеет третичный возраст и представлена аргиллитами, алевролитами и аркозовыми песчаниками. Бокситы образовались в результате интенсивного латеритного выветривания и переотложения латеритной коры выветривания подстилающих бокситы пород, особенно аргиллитов и алевролитов.

Бокситы приурочены к латеритным образованиям, распространенным на площади около 500 км², в том числе примерно 200 км² составляет рудное поле месторождения Уэйпа (рис. 14). Оно образовано горизонтальными или пологонаклонными, очень крупными, залегающими на поверхности, пластообразными залежами бокситов, которые приурочены к низменной равнине и образуют бокситоносную зону (полосу) длиной более 240 км при ширине около 50 км. Размеры пласта бокситов выдержаны как по площади, так и по мощности. Бокситы сложены в основном сферическими пизолитами величиной от 1 до 20 мм (в среднем 3—5 мм), заключенными в рыхлый однородный цемент коричнево-бурого цвета.

Среди бокситов выделяются две основные продуктивные зоны: верхняя, представленная бокситами с ясно выраженной пизолитовой структурой, и нижняя, состоящая из желваков, пизолитов, неправильных железистых конкреций, обломков и гальки размытой кирасы, а также частично бокситизированных песчаников и алевролитов, цементированных красной, коричневой и серой песчанистой глиной. Мощность кондиционных бокситов изменяется от 2 до 12 м. Качество бокситовых руд очень высокое, среднее содержание глинозема 55%, кремнезема 3,5% и окиси железа 12%. Бокситы обычно имеют гиббситовый состав при подчиненном количестве бёмита.

Месторождение Гов является вторым по величине после Уэйпа. Оно расположено на п-ове Гов, в северо-восточной части п-ова Арнемленд, вблизи побережья залива Карпентария. Оно состоит из четырех отдельных месторождений, представляющих собой остатки древнего обширного латеритного покрова (Щеглов, Теняков, 1972). В разрезе бокситоносной толщи выделяются два горизонта: верхний мощностью до 5,5 м, представленный пизолитовыми и нодулярными (трубчатыми) бокситами,

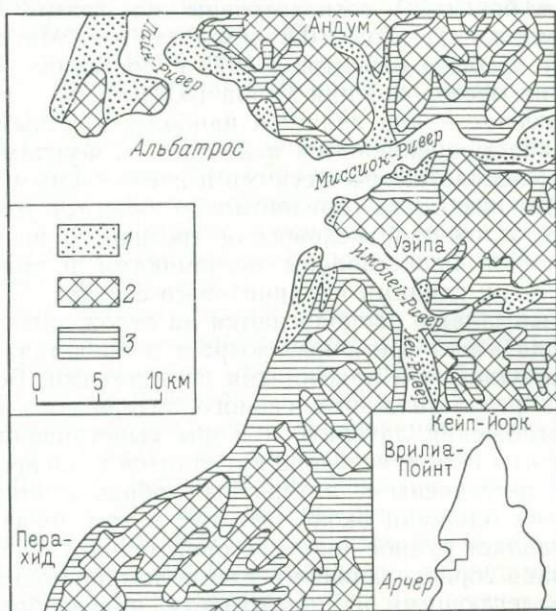


Рис. 14. Геологическая карта месторождения Уэйпа (Австралия). По Ф. К. Лаугэнну и П. Бейлиссу (1964 г.):

1 — современные морские и аллювиальные песчаные отложения; 2 — покровы латеритных бокситов; 3 — песчано-глинистые отложения верхнего мела

и нижний горизонт, сложенный табулярным и землистым кремнистым латеритом с высоким содержанием глинозема. В нижней части этого горизонта располагается грубообломочная железистая порода, состоящая из обломков и галек железистого латерита (размытой кирасы).

Верхняя часть мощностью 1,5—2 м бокситовых залежей сложена пизолитовыми бокситами (пизолитник), а нижняя такой же мощности — табулярными (червеобразными, трубчатыми) бокситами. Между верхним и нижним горизонтами наблюдается резкая литологическая граница со следами некоторого размыва. В нижней части пизолитового горизонта встречаются обломки нижележащих табулярных бокситов. Это свидетельствует

о том, что формирование горизонтов происходило, по-видимому, в различных условиях, и что бокситы этих горизонтов различны по генезису.

Бокситы месторождения Гов имеют высокое качество: в настоящее время добываются руды с содержанием глинозема 52—54%, кремнезема 5%, окислов железа 18—20%. По различным участкам среднее содержание компонентов изменяется (в %): глинозема 49—52; кремнезема 3—5,6; окислов железа 13—18,5; двуокиси титана 3,4—3,7. Средняя мощность бокситового горизонта 2,4—3,5 м, вскрышных пород 1,5 м. По минеральному составу бокситы относятся к гиббситовому типу. Достоверные запасы около 300 млн. т, а общие 800 млн. т.

Бокситовые залежи месторождения Гов, как и на других месторождениях Северной Австралии, располагаются на очень низком гипсометрическом уровне с абсолютными отметками 5—25 м, залегают практически горизонтально с выдержанной мощностью по площади. В связи с этим некоторые наиболее низкие части бокситовых залежей заболочены или погружаются под уровень моря. Это, по-видимому, обусловлено тем, что в настоящее время северные берега Австралийского материка медленно погружаются. Имеются предположения (Щеглов, Теняков, 1972), что под водой залива Карпентария и возле других частей побережья Северной Австралии находятся огромные запасы бокситов, по качеству аналогичные залегающим на суше.

Месторождение Митчелл-Плато приурочено к одноименной платообразной возвышенности, расположенной вблизи залива Адмиралтейства. Достоверные запасы бокситов месторождения Митчелл-Плато составляют около 200 млн. т, которые занимают площадь около 200 км², а общие запасы оцениваются в несколько сот миллионов тонн.

Бокситовые залежи месторождения Митчелл-Плато приурочены к площади развития латеритного покрова по базальтам и пирокластическим породам протерозоя с силлами и дайками долеритов. Эти породы залегают почти горизонтально и переслаиваются с песчаниками. Бокситовые залежи располагаются на останцах дотретичного или третичного плато. В нижней части бокситовых залежей содержатся обломки железистой кирасы, которая бронировала первичные латеритные покровы до их размыва (Щеглов, Теняков, 1972).

В верхней части бокситового горизонта также содержатся обломки железистой кирасы, под которыми залегают обломочные, брекчиевидные или плотные сливные боксигы с гелеморфной структурой. Между прослоями этих бокситов устанавливаются четкие границы. Верхняя часть бокситовых залежей представлена кондиционными бокситами, ее мощность в среднем составляет 3,7 м при максимальной 9 м. Литологические разновидности бокситов отличаются по плотности, степени цементации и окраске. Основная цементирующая масса бокситов сложена

рыхлой железистой массой, в которую включены железистые пизолиты, имеющие концентрическое строение.

Бокситы имеют высокое качество. Содержание глинозема в них 47—62%, кремнезема 2,5—3,5%. По минеральному составу бокситы являются гиббсит-бёмитовыми.

Месторождения Юго-Западной Австралии. В Юго-Западной Австралии сосредоточено около 20% общих запасов бокситов, которые находятся в бокситоносном районе Дарлинг-Рейндж, в 64 км от г. Перта. Кроме месторождения Дарлинг-Рейндж в этом районе известно еще два месторождения: к северу Шаттеринг и Джаррахдейл в южной части района. Эти месторождения образуют Западно-Австралийскую бокситоносную провинцию. Они приурочены к бокситоносной зоне, вытянутой вдоль побережья на 350 км при ширине 30—40 км. Месторождения состоят из нескольких бокситоносных участков, приуроченных к останцам мел-палеогеновой поверхности выравнивания, которые образуют уступ в современном рельефе. Фундамент района месторождений сложен гнейсами и метаморфизованными глинистыми сланцами архея с силлами долеритов.

Бокситовые залежи располагаются на склонах и вершинах древних возвышенностей, а также выполняют углубления в рельефе подстилающего древнего фундамента. Среди бокситоносных образований выделяются четыре обособленных горизонта (Grubb, 1971). В верхней части залегает горизонт (1—2 м) однородных мелкопизолитовых бокситов, ниже находится горизонт (1,5—2,5 м) нецементированных крупнопизолитовых бокситов. Под ним располагается грубообломочный конкреционный горизонт бокситовых образований, часто железистых. На всех участках эти горизонты подстилаются пятнистоокрашенными или палевыми песчаными глинами. В бокситах установлены следующие минералы: гиббсит, бёмит, гематит, магнетит, каолинит, диаспор, корунд, кварц и др.

По данным П. Л. Грабба (Grubb, 1971), образование бокситов происходило не в результате выветривания сланцев и гнейсов древнего фундамента, а путем латеритизации покровных осадочных пород, представленных глинами и полевошпатовыми (или даже аркозовыми) песчаниками мелового возраста. Формирование бокситов происходило, по-видимому, в поздне-меловое и раннетретичное время и было прекращено в поздне-третичное время в результате поднятия региона.

По данным А. Д. Щеглова и В. А. Тенякова (1972), месторождения района Дарлинг-Рейндж сложены осадочными обломочными пизолитовыми бокситами, которые приурочены в основном к склонам, а также к вершинам древних холмов и быстро выклиниваются при погружении древнего рельефа в направлении речных палеодолин. В размещении бокситовых залежей района Дарлинг-Рейндж, возможно, существует какая-то аналогия с Тихвинским районом.

Бокситовые залежи имеют площадь 300—800 м² при мощности 3,5—4,5 м. Располагаются они на каолиновых корках выветривания или слегка выветрелых гранито-гнейсах. В связи с этим в бокситах часто присутствует значительное количество обломочного кварца, который при добыче удаляется простой отмывкой. Источником бокситового вещества в этом районе, по-видимому, являлись долериты и глинистые сланцы архейского возраста. По ним развивались латеритные первичные (структурные) бокситы, обломки которых встречаются в бокситовых залежах.

Бокситы обычно представлены рыхлой разновидностью, имеющей желтовато-красный цвет. По минеральному составу бокситы являются гиббситовыми. Качество бокситов довольно высокое: глинозема 48—50%, кремнезема около 8%, окиси железа 22%. Однако по отдельным пробам различных участков наблюдается значительное колебание содержания компонентов (в %): глинозема 40—52; кремнезема 6—12; окиси железа 17—27; двуокиси титана 1—3.

Запасы бокситов этого района составляют около 500 млн. т, а годовая добыча более 3 млн. т.

Месторождение Сангареди. В Западной Африке на территории Гвинеи, Ганы, Сьерра-Леоне и Мали расположено большое количество крупных месторождений бокситов, которые являются латеритными и сложены в большинстве случаев структурными (псевдоморфными) бокситами. Однако по особенностям геологического строения, генезису и литологическому составу бокситов резко отличается от них месторождение Сангареди, которое по ряду признаков относится к пластообразному типу полигенных месторождений латеритно-терригенной формации.

Месторождение Сангареди расположено в 60 км к северо-востоку от г. Боке, ограничено с востока р. Когон, с севера — р. Люмбодиадан и юга — р. Пора. Оно представлено одной компактной залежью, которая приурочена к платообразной возвышенности (бовали) с абсолютными отметками 220—240 м и имеет площадь около 15 км² при средней мощности 23 м. Имеет длину 7 км, ширину 0,5—2 км и мощность от 12 до 28 м. Запасы бокситов 150 млн. т при содержании глинозема 60%, кремнезема 1%, окислов железа 1,2—6,1% и двуокиси титана 3,3%. Если при оконтуривании бокситовых руд бортовое содержание глинозема принять 30—35%, то запасы этой залежи возрастут до 250—300 млн. т.

Месторождение расположено в юго-восточной части бокситового района Боке и приурочено к площади развития пород силурийского возраста, которые сложены глинистыми и граптолитовыми сланцами, алевролитами и глинистыми песчаниками с прослоями гравелитов.

В настоящее время нет единого взгляда на условия образования бокситов месторождения Сангареди. Одни исследователи считают их типичными представителями латеритного типа, другие — типично осадочными месторождениями.

Б. Н. Одокий (1971 г.) на протяжении ряда лет неоднократно высказывал мнение об остаточном элювиально-латеритном генезисе бокситов месторождения Сангареди. С. Т. Акаемов (1974 г.) относит их к нормальноосадочным коллоидально-терригенным образованиям. По его мнению, бокситы этого месторождения являются обломочными, переотложенными (осадочными) образованиями, которые различаются по литологическому составу, сортировке, окатанности, размеру обломков, количеству и характеру цемента.

По литологическим особенностям в разрезе месторождения Сангареди выделяются три толщи (Акаемов, 1972). В верхней части располагается толща пестрого состава, сложенная мало-мощными линзообразными прослоями различных по литологическому составу разновидностей бокситов: от конгломератовидных и гравелитовых до песчаниковидных и глиноподобных. Прослои сложены в основном хорошо окатанными, но плохо сортированными обломками структурных (элювиальных) бокситов гиббситового состава.

Средняя толща литологически однородна. Она сложена светлоокрашенными обломочными гравелитоподобными бокситами, состоящими из сортированных и хорошо окатанных галек овальной формы структурных гиббситовых бокситов, образовавшихся при латеритном выветривании пород различного литологического (петрографического) состава. В подчиненном количестве содержатся гелеморфные и тонкокристаллические гальки осадочных бокситов гиббсит-бёмитового состава.

Нижняя толща сложена преимущественно микрослоистыми глиноподобными пелитоморфными разностями бокситов с примесью тонкообломочного терригенного материала. По мнению С. Т. Акаемова (1974 г.) формирование верхней толщи происходило в руслах древних речных долин, и эти бокситы он относит к аллювиальным фациям. Бокситы второй толщи образовались в прибрежно-морских (пляжевых) условиях. Накопление бокситов нижней толщи осуществлялось, по-видимому, на низменной приморской аллювиальной равнине в обширных спокойных озерных водоемах, возможно, лагунного типа, т. е. месторождение Сангареди является полифациальным, а бокситовые горизонты являются разновозрастными, образовавшимися в различных палеогеографических обстановках.

На месторождении Сангареди (рис. 15) Д. Г. Сапожников (1973 г.) описал следующий сводный разрез (снизу вверх):

1) делериты гранофировые мелкозернистые, с призматически-офитовой структурой (силлы нижнемезозойского возраста), мощность 6,5 м;

2) сланцы, алевролиты, аргиллиты, местами сильно оже-
ленные (по высыпкам), относимые к девонской системе,
до 40 м;

3) кора выветривания на сланцах и других осадочных по-
родах девонского возраста, до 35 м;

4) бокситы обломочно-пизолитовые, гиббсит-бёмитового со-
става, с прослоями землистой и фарфоровидной разновидностей,
до 28—30 м;

5) бокситы обломочные, гравелистые, гиббситового состава,
до 12 м.

Бокситовая залежь имеет простую пластообразную форму,

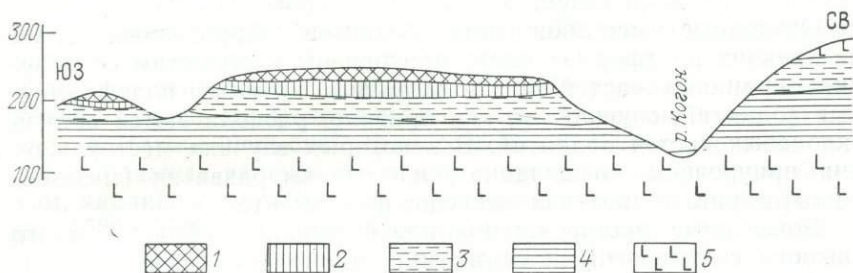


Рис. 15. Геологический разрез месторождения Сангареди (Гвинея, район Боке). По Д. Г. Сапожникову (1975 г.):

1 — гиббситовый боксит с гравелистой структурой; 2 — обломочно-пизолитовый боксит гиббсит-бёмитового состава; 3 — глинистые каолинит-гидролюдитовые породы (кора выветривания пород свиты Форо); 4 — аргиллиты и алевролиты свиты Форо, D₃g; 5 — долериты, βMz

непрерывно прослеженную по всей площади бовая, мощность выдержана, изменяется в пределах 18—24 м.

По данным Д. Г. Сапожникова (1973 г.), в нижнем горизонте обломочно-пизолитовых бокситов гиббсит-бёмитового состава содержание компонентов изменяется в пределах (в %): SiO₂ следы — 0,61; Al₂O₃ 64,9—69; Fe₂O₃ 0,88—1,48; TiO₂ 2,9—4,6; CaO следы — 1; п. п. п. 25—27,3. В верхнем горизонте обломочных бокситов гиббситового состава содержание компонентов колеблется в пределах (в %): SiO₂ 0,04—0,5; Al₂O₃ 62,5—64,7; Fe₂O₃ 0,24—2; TiO₂ 2—4,3; CaO до 1,3; п. п. п. 30,2—32,2.

Месторождение Сангареди по генезису является полигенным: нет сомнения (Д. Г. Сапожников, 1973 г.), что два указанных бокситовых горизонта образовались в различных условиях.

Нижний горизонт обломочно-пизолитовых бокситов является осадочным, в основном хемогенным образованием (с незначительной примесью терригенного материала). О переносе значительной части глинозема в растворенном состоянии наряду с тонкодисперсной цементирующей массой свидетельствует преобладание в бокситах пизолитовых, сферолитовых и гелеморфных структур. Формирование нижнего бокситового горизонта

происходило в неглубоком пресноводном озерном водоеме, возможно лагунного типа (по С. Т. Акаемову), окруженном невысоким плато.

Верхний горизонт бокситов с песчаниковой или гравелитовой структурой образовался в речной долине, на что указывают окатанность обломков, наличие слоистости и сортировка обломочного материала. В этом верхнем горизонте С. Т. Акаемов (1972) выделяет две пачки: аллювиальную и прибрежно-морскую.

V. ГРУППА ОСАДОЧНЫХ МЕСТОРОЖДЕНИЙ ТЕРРИГЕННЫХ ТОЛЩ

Осадочные месторождения бокситов терригенных толщ на древних платформах часто приурочены к областям сочленения окраинных частей щитов антеклиз, крупных платформенных поднятий, синеклиз и, как правило, располагаются вблизи склоновых частей поднятий. В некоторых случаях месторождения приурочены ко впадинам или полям развития (мезозойского) карста в пределах выступов фундамента.

Бокситовые месторождения платформенных областей часто связаны с угленосными осадками, однако бокситообразование и угленакопление несколько разобщены во времени и в пространстве. Угленосные осадки в разрезе обычно располагаются выше бокситоносных или удалены от выступов фундамента на большее расстояние, чем бокситы.

Характерными примерами этой группы являются месторождения, располагающиеся в пределах северной части Русской платформы (Северо-Онежский, Тихвинский и Южно-Тиманский районы), юго-западной части Сибирской платформы и на Енисейском кряже (Чадобецкий, Татарский и Приангарский районы), а также в Северном Казахстане (Западно-Тургайский и другие районы).

Бокситовые месторождения Русской платформы находятся в западной и северной периферических зонах Московской синеклизы. Их образование связано с начальными этапами визейской трансгрессии нижнего карбона. В визейское время на этой территории существовал теплый и влажный климат, при этом наблюдается почти совпадение по времени бокситообразования и угленакопления, однако бокситоносные осадки занимают по отношению к угленосным наиболее окраинные части Московской синеклизы.

На Русской платформе бокситовые месторождения имеют обычно пластообразную форму и в ряде случаев значительную площадь и мощность (Северо-Онежский и Южно-Тиманский районы). В Тихвинском районе бокситовые залежи имеют вытянутую долинообразную форму.

В Северном Казахстане, а также в юго-западной части Сибирской платформы и Енисейском кряже месторождения бок-

ситов приурочены к площадям развития карбонатных пород складчатого фундамента. Формирование их происходило в пределах карстовых областей в меловое и палеогеновое время в карстовых воронках, контактово-карстовых и карсто-котловинных депрессиях. Форма бокситовых залежей зависит от дорудного рельефа, обычно линзообразная, карманообразная и гнездообразная.

В зарубежных странах бокситовые месторождения этой группы располагаются на Китайской и Северо-Американской древних платформах. Здесь бокситы также связаны с угленакплением и залегают в основании угленосных осадков.

В Ляонине, Шаньдуне, Юньнани и других провинциях Китая пластовые месторождения бокситов приурочены к окраинным частям угленосных бассейнов и залегают на карбонатных отложениях в основании угленосных толщ. Образование месторождений связано со среднекаменноугольной, верхнекаменноугольной, а также пермской трансгрессиями. Пластообразные или линзообразные залежи бокситов, сложенные в основном бёмитом, каолином и гиббситом, прослеживаются по простиранию на 1500—3500 м. Бокситы отличаются сравнительно высоким содержанием глинозема: в среднем 50%, в отдельных залежах до 60%.

Сравнительно небольшие месторождения пластообразного типа расположены в Пенсильванском и Западном угленосных бассейнах США. В этих районах пластообразные залежи бокситов располагаются среди плотных маложелезистых каолининовых пород типа флинклей, которые образовались в результате переотложения каолининовых продуктов коры выветривания.

1. Долинный тип

Наиболее типичным представителем долинного (овражно-балочного) типа являются месторождения Тихвинского бокситоносного района, формирование которых происходило в желобообразных депрессиях палеорельефа. Последние являются руслами древних водотоков, главным образом оврагов, при этом рудные залежи располагаются преимущественно в верхних частях долинно-овражной сети (рис. 16).

Для месторождений этого типа характерны бокситовые залежи, имеющие узкую линейно-вытянутую линзообразную форму. Поверхность кровли этих залежей плоская, слабовогнутая, неровная или слабоволнистая, а подошва выпуклая, желобообразная, имеет более сложные очертания.

Бокситовые залежи обычно имеют концентрическое строение. В центральной части залегают бокситы с лучшим качеством, которые к периферии сменяются низкосортными, затем аллитами и сиаллитами. В связи с этим и изменяется содержание

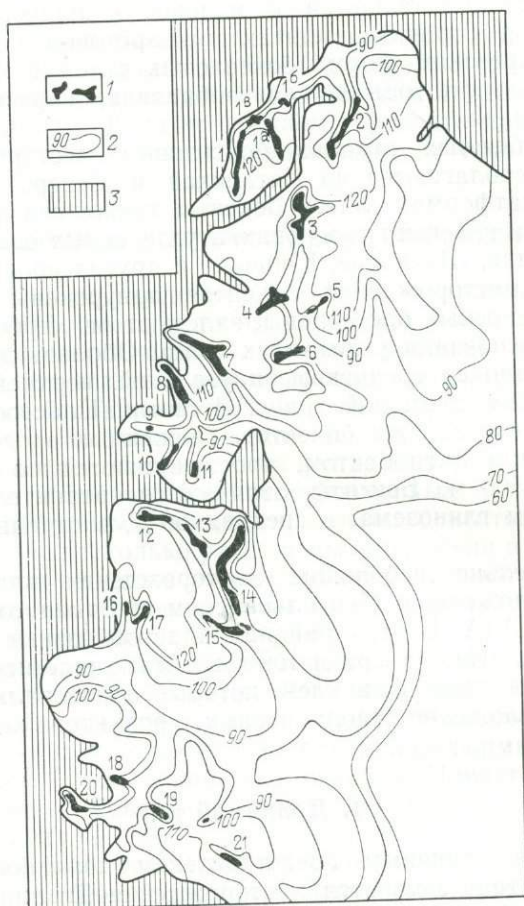


Рис. 16. Схема дорудного рельефа центральной части Тихвинского бокситоносного района. По Ф. А. Кирееву (1972 г.):

1 — залежи бокситов; 2 — изолинии дорудного рельефа; 3 — пестроцветные глины верхнего девона. Месторождения бокситов (цифры на схеме): 1 а, б, в — Батьковское; 2 — Синенское; 3 — Мало-горское; 4 — Радыньское; 5 — Дубнягское; 6 — Магатиное; 7 — Подсосненское; 8 — Губское; 9 — Губско-Почаевское; 10 — Веселовское; 11 — Селищенское; 12 — Ново-Усадинское; 13 — Малявинское; 14 — Задорское; 15 — Велгинское; 16 — Красноручейское; 17 — Новое; 18 — Дороховское 1; 19 — Дороховское 2; 20 — Максимовское; 21 — Овнецкое

основных рудообразующих компонентов бокситов. Среди бокситов обычно выделяют каменистые, рыхлые и глинистые литологические разновидности.

Кроме тихвинских к этому типу относятся Мугайское и месторождения восточной части Каменск-Уральского бокситоносного района, которые расположены на восточном склоне Урала. Эти месторождения также приурочены к долинообразным линейно-вытянутым депрессиям, однако возраст их является нижнемеловым.

Тихвинская группа месторождений. Месторождения Тихвинской группы приурочены к полосе развития нижнекаменноугольных отложений северо-западного крыла Московской синеклизы, где бокситоносная зона вытянута в субмеридиональном направлении на 260 км. В пределах этой зоны расположено более 30 месторождений: Батьковское, Синенское, Подсосненское, Малявинское, Ярцевское, Запольское, Максимовское, Горское и др.

Дорудный фундамент месторождений сложен породами пестроцветной свиты фаменского яруса и осадочными образованиями нижнего карбона. Осадки верхнего девона представлены песчанистыми, часто слюдистыми пластичными глинами синевато-серого цвета с линзами песков и пестроцветных песчаников. В южной части района в верхней части песчано-глинистой толщи встречаются горизонты мергелей, известняков и доломитов, которые относятся к турнейскому ярусу.

Бокситоносные осадки приурочены к средней части тульского горизонта окского подъяруса нижнего карбона. Они с признаками перерыва залегают на пестроцветных глинах девона. Перекрывается бокситоносная толща нижнекаменноугольными пестроцветными глинами с линзами песков. В некоторых случаях на бокситоносной толще залегают валунные глины и другие ледниковые отложения с почвенно-растительным слоем. На породах тульского горизонта располагаются песчано-глинистые породы с прослоями известняков и доломитов окского и серпуховского подъярусов нижнего карбона. Выше залегают четвертичные глины и суглинки с валунами коренных пород.

Дорудный рельеф развивался на девонских отложениях и представляет широкую возвышенность, вытянутую в меридиональном направлении и расчлененную долинами рек, широкими и глубокими оврагами. Длина этих долин обычно 1—4 км, редко 7 км. Максимальная ширина их в низовьях до 500—1000 м и минимальная в верховьях 100 м. Глубина обычно 10—30 м, редко 40 м. Склоны долин имели пологую сглаженную поверхность и постепенно сливались с водораздельным пространством. Промышленные залежи бокситов приурочены к овражно-балочным долинам и депрессиям в дорудном рельефе. От размеров и формы последних зависят величина месторождений и морфология залежей.

В Тихвинском районе выделяются две палеогеографические зоны: континентальная (водораздельная) и прибрежно-морская вытянутые в субмеридиональном направлении. Бокситоносные осадки приурочены к долинам континентальной палеогеографической зоны, а в долинах, имеющих непосредственную связь с морем, бокситы отсутствуют.

Рудные залежи имеют узкую вытянутую линзообразную форму с плоской слабовогнутой или неровной поверхностью кровли и выпуклой подошвой (рис. 17). Залежи наклонены в сторону падения вмещающих их девонских толщ. Глубина залегания бокситов от 1—2 до 100—150 м, но обычно не более 40 м.

В поперечном сечении бокситовые залежи имеют концентрическое строение. В центральной части залегают кондиционные бокситы, которые к периферии сменяются аллитами, а затем сналлитами. В связи с этим содержание глинозема и окиси железа постепенно увеличивается, а кремнезема уменьшается от периферии к центру залежей.

Бокситы характеризуются красновато-коричневой окраской, почти полным отсутствием слоистости, слабой сортировкой обломочного материала, наличием значительного количества растительных остатков, большим количеством вторичного кальцита. Среди бокситов выделяют каменные, рыхлые

и глинистые литологические разновидности. По текстурным признакам среди них различают: обломочные, тонкодисперсные (пелитовые) и оолито-бобовые.

Исходным материалом при формировании бокситов служила кора выветривания девонских глин. Различия в масштабах залежей и качестве бокситовых руд объясняются, по-видимому, локальными и палеогеографическими условиями.

По минеральному составу бокситы относятся к гиббсит-бёмит-каолинитовому типу с разным соотношением рудообразующих минералов. Средневзвешенный состав бокситов по отдельным месторождениям колеблется в пределах (в %): глинозема 35,7—48,8; кремнезема 11—17,9; окислов железа 10,1—

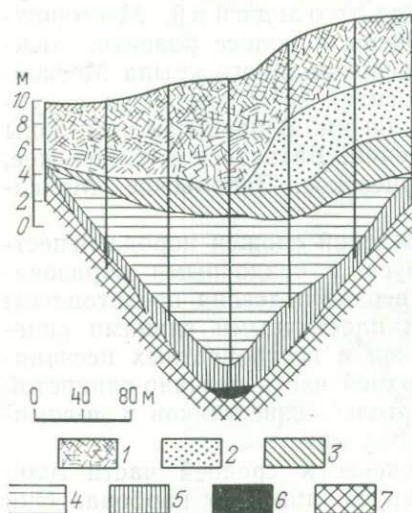


Рис. 17. Геологический разрез средней части Красноручейского месторождения бокситов. По С. Ф. Малявкину (1934 г.):

1 — ледниковые отложения; нижнекаменноугольные отложения; 2 — песок, 3 — глина, 4 — боксит, 5 — пестроцветные глины, 6 — углистые глины; 7 — синие, голубые и красные глины верхнего девона

19,5; окиси титана 1,6—2,8; окиси кальция 0,6—10,3; средняя величина кремневого модуля 3,5 (2,8—4,1).

Наиболее изучена центральная часть района, где расположено 34 месторождения, включающих 80% промышленных запасов бокситов района.

Мугайское месторождение находится на восточном склоне Урала в пределах Алапаевского бокситоносного района. Бокситовые залежи располагаются в нижней части континентальных бокситоносных отложений синарской свиты нижнего мела. Они приурочены к глубокой депрессии, вытянутой в субширотном направлении на протяжении около 3 км при ширине ее 150—400 м. Депрессия располагается в зоне контакта известняков и порфиринов девонского возраста. Кондиционные бокситы более высокого качества обычно сосредоточены в центральной части депрессии, где общая мощность бокситоносных пород достигает 50 м. Бокситовая залежь состоит из нескольких рудных тел, имеющих форму линейно-вытянутых линз, которые разделены между собой прослоями аллитов и сиаллитов различной мощности.

Бокситоносная толща сложена красноцветными континентальными отложениями синарской свиты нижнего мела, которые располагаются на пестроцветных глинах коры выветривания. Она сложена различными литологическими разновидностями бокситов, аллитов и глинами буровато-красной пятнистой окраски с примесью песчаного материала. Бокситовый горизонт перекрывается каолиновыми глинами, которые иногда замещают бокситы по простиранию. На бокситоносных отложениях залегают песчано-глинистые озерно-аллювиальные отложения мывоской свиты и морские верхнемеловые и палеогеновые образования.

Бокситы представлены каменистыми рыхлыми и глинистыми литологическими разновидностями. Каменистые бокситы обладают более высоким качеством и приурочены к верхней части залежей. Они обычно имеют оолитовую структуру с размерами оолитов от 2—3 мм до 3 см, которые имеют округлую или удлиненную форму.

По минеральному составу бокситы Мугайского месторождения относятся к гиббситовому типу. Химический состав бокситов непостоянен. Содержание основных рудообразующих компонентов изменяется в широких пределах (в %): глинозема 48—38, кремнезема 5—22, окиси железа 2,17, закиси железа 2—12, двуокиси титана 1,1—2,1, окиси кальция 0,16; п. п. п. 19—23.

2. Пластообразный тип

Месторождения пластообразного типа приурочены главным образом к древним (эпикаледонским) и в меньшей степени к молодым (эпигерцинским) платформам.

Бокситовые месторождения древних платформ, как правило, приурочены к основанию трансгрессирующих серий окраинных частей синеклиз Русской платформы, а также Северной Америки, Китая и т. д. Бокситы связаны с угленосными осадками, однако в большинстве случаев с угленакоплением они разделены во времени и в пространстве и, как правило, залегают в основании угленосных слоев. Бокситоносные осадки часто располагаются у выступов кристаллического фундамента и в сторону выступа часто замещаются пестроцветными продуктами переотложенной коры выветривания, а в некоторых случаях бокситовые залежи примыкают к коре выветривания.

Залежи бокситов обычно имеют пластообразную форму с неправильными извилистыми очертаниями в плане. В ряде случаев они занимают значительную площадь, которая ограничивается извилистой линией, повторяющей очертания котловинообразных депрессий, склонов и выступов. Мощность залежей часто не выдержана и зависит от рельефа дна бокситовмещающих депрессий. Бокситы обычно представлены бёмитовым, гиббситовым или смешанным бёмит-гиббситовым типами. Бокситы обычно имеют пестрый состав компонентов.

Типичными пластообразными месторождениями древних платформ являются месторождения Северо-Онежского и Тиманского бокситоносных районов. Из зарубежных месторождений к этому типу можно отнести некоторые месторождения Китайской и Северо-Американской платформ. Месторождения этого типа обычно являются весьма крупными.

Бокситовые месторождения пластообразного типа молодых (эпигерцинских) платформ также залегают на алюмосиликатных, терригенно-карбонатных породах или на их коре выветривания. Рудные залежи, как правило, маломощные со сложными контурами в плане и разрезе, имеют плоскую линзообразную форму. Они приурочены к окраинным (прибрежным) или центральным частям мелких дорудных впадин, имеющим пологие склоны. Древние водоемы, в которых происходило накопление бокситов, обычно располагались в пониженных участках пенепленизированной поверхности выравнивания, в непосредственной близости от выходов на поверхность эффузивных пород основного состава, покрытых в те времена мощным слоем древнего элювия. К месторождениям пластообразного типа молодых платформ относятся Наурзумское, Кушмурунское, Приозерное и Западно-Убаганское месторождения Центрально-Тургайского района, а также некоторые залежи Аятского и Мамыркульского месторождений Западно-Тургайского района Тургайской провинции.

К этому типу относятся также Актогайское, Кировское, Соркульское и другие месторождения Мугоджарского района.

Северо-Онежская группа месторождений. Месторождения этой группы расположены в пределах Северо-

Онежского бокситоносного района в зоне трансгрессивного налегания нижнекаменноугольных отложений Московской синеклизы на кристаллические породы восточного склона Балтийского щита.

Кристаллические породы фундамента разделяются на две формации. Более древняя, карельская представлена основными изверженными породами и хлорит-амфиболитовыми кристаллическими сланцами; посткарельская сложена диабазовыми порфиритами и базальтами, прорванными перидотитами и пироксенидами. На породах кристаллического фундамента повсеместно развита древняя кора выветривания.

В депрессионных понижениях кристаллического фундамента горизонтально залегают слабометаморфизированные верхнерифейские образования валдайской серии, сложенные зеленовато-серыми аргиллитами и алевролитами, напоминающими ленточные глины.

На верхнерифейских образованиях трансгрессивно залегают верхнедевонские отложения, сложенные в нижней части зеленовато-серыми глинами и серыми алевролитами, в верхней — пестроцветными глинами и кварцевыми алевролитами (рис. 18).

На верхнедевонских, а там, где их нет, на более древних отложениях трансгрессивно залегает песчано-сланцевая бокситоносная толща нижнего карбона. Распределение бокситоносных отложений в районе определяется рельефом и литолого-петрографическим составом пород древнего кристаллического фундамента. Бокситовые залежи обычно приурочены к обширным долинообразным или котловинообразным депрессиям, слабо наклоненным к востоку, и всегда располагаются вблизи поднятий и выступов, сложенных базальтами и андезитовыми порфиритами верхнего рифея.

Северо-Онежский район к началу визейского века представлял собой плато, поверхность которого была расчленена древними долинами, унаследованными от рельефа фундамента, глубиной 60—70 м и шириной 1—3 км. Они открывались в обширные котловинообразные впадины, слабо наклоненные к востоку, которые имели длину до 10—15 км, ширину 5 км и глубину до 50—80 м. В этих замкнутых котловинах и приустьевых участках древних долин происходило формирование крупных залежей бокситов. Бокситоносные осадки приурочены к плоским котловинам и долинообразным депрессиям в дорудном рельефе древнего фундамента (Кальберг, Левандо, Махнач, 1971). Они занимают нижнюю часть нижнекаменноугольных осадков (рис. 19). Их мощность в депрессиях достигает 45 м, на выступах рельефа резко уменьшается до полного выклинивания. Бокситоносные отложения разделяются на четыре толщи (снизу вверх): подрудную, бокситовую, железо-бобовую и надрудную. Выше по разрезу залегают карбонатные породы девятинской свиты противинского горизонта намюрского яруса.

Подрудная толща по возрасту относится к тульскому горизонту яснополянского подъяруса визейского яруса. Она сложена песками, алевритами, глинистыми песчаниками, алевролитами, реже глинами. На склонах гряды Ветренного пояса в ней встречаются базальные конгломераты с прослоями углистых глин и линзочками углей.

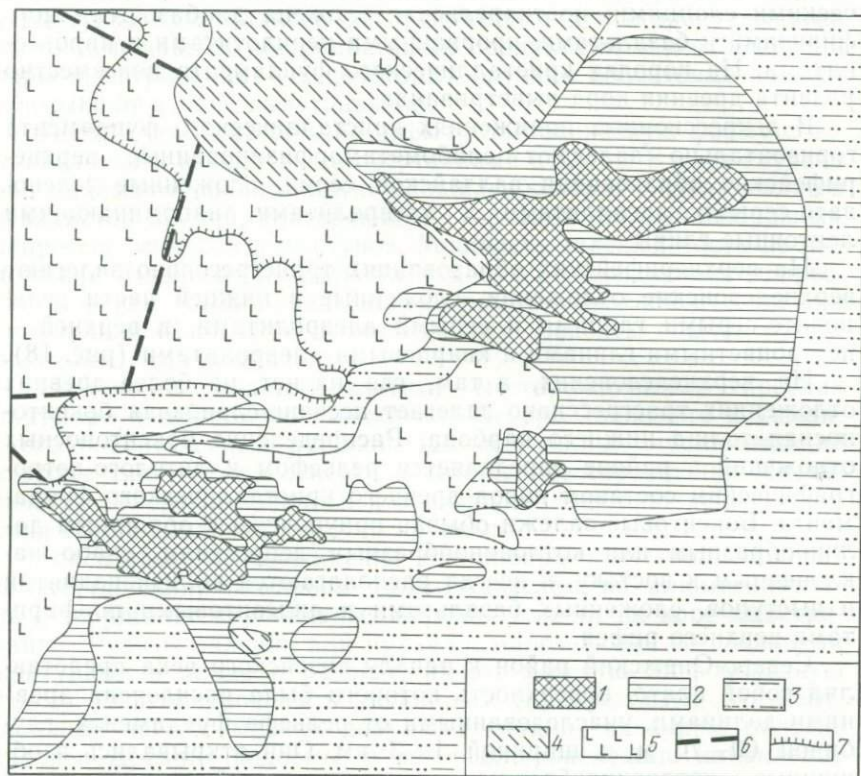


Рис. 18. Геолого-литологическая карта дорудного (докарбонного) фундамента и бокситоносных отложений Северо-Онежского бокситоносного района. По данным Плесецкой ГРЭ (1975 г.):

1 — бокситы, $C_{1vll} - al$; 2 — аллиты и бокситовмещающие глинистые породы, $C_{1vll} - al$; 3 — глины, алевритистые глины, алевролиты, D_{3ir} ; 4 — глины, аргиллиты, алевролиты, песчаники валдайской серии верхнего рифея, Pt_{2vd} ; 5 — базальты, метадиабазы и зеленые сланцы по ним, Pt_{2vl} ; 6 — тектонические нарушения; 7 — граница палеозойских отложений

Бокситовая толща выполняет плоские широкие долинообразные и котловинообразные понижения в эрозионном рельефе, залегает на подрудной толще или на отложениях девона, верхнего кембрия, а на склонах поднятий — на коре выветривания базальтов, диабазовых порфиритов и хлорит-амфиболитовых сланцев. Она сложена каолиновыми глинами, сиаллитами,

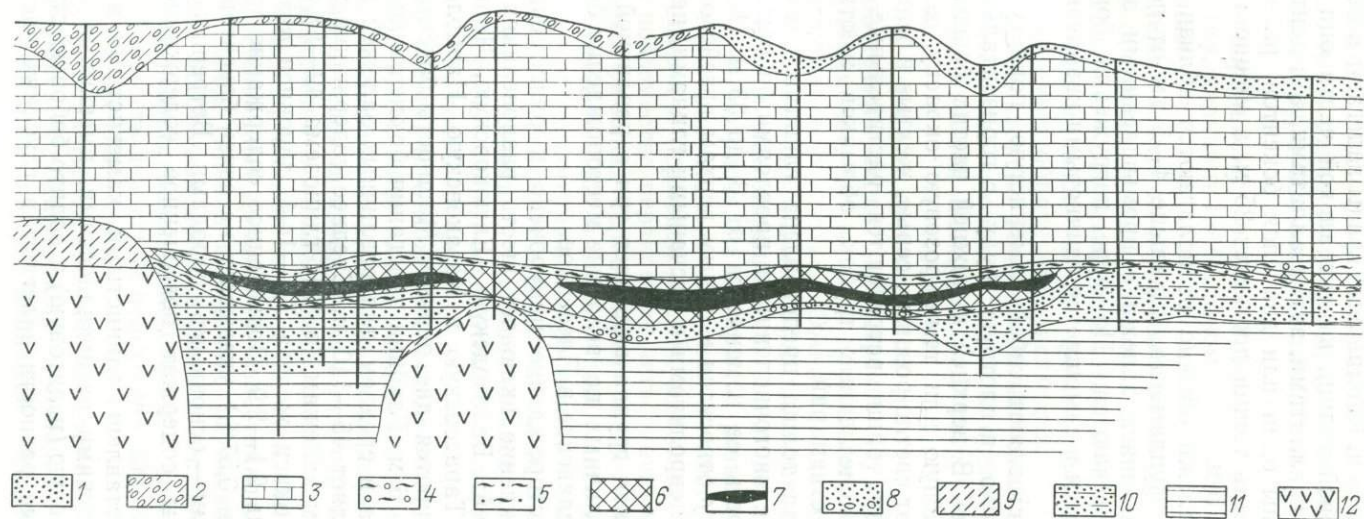


Рис. 19. Геологический разрез Плесецкого месторождения бокситов. По данным Плесецкой ГРЭ (1975 г.):

1 — пески; 2 — валуновые суглинки; 3 — известняки верхнего карбона; 4 — сильножелезистые каолиновые глины с железистыми бобовинами михайловского горизонта; отложения тульского и алексинского горизонтов; 5 — глины, 6 — бокситовые породы, аллиты, 7 — бокситы, 8 — каолиновые пески с галькой; 9 — глинистые образования коры выветривания; 10 — глинистые пески; 11 — аргиллиты верхнего рифея (валдайская серия); 12 — базальты, метабазиты и зеленые сланцы

аллитами и бокситами. Каолиновые глины залегают в основании и кровле бокситовой толщи, к центральной части они симметрично сменяются сиаллитами, затем аллитами, а в центральной части расположены один или два слоя бокситов, разделенных аллитами. Мощность толщи достигает 25 м, а мощность бокситов не превышает 5 м.

Бокситовые залежи обычно располагаются вблизи склонов кристаллического фундамента, и дальше 4—5 км от подножья гряды Ветренного пояса залежи с промышленными запасами бокситов не встречаются. По мере погружения бокситовая толща расщепляется и замещается глинистыми кварцевыми песками.

Бокситы представляют собой каменистую, пористую, хрупкую, трещиноватую и плотную руду с горизонтальной или косой слоистостью. В верхней и нижней частях бокситоносная толща имеет красную или темно-розовую окраску, в средней части преобладают светло-розовые, серые, желтые и белые цвета. По всему разрезу толщи встречаются растительные остатки в виде полых ожелезненных трубок, обрывков и отпечатков корней и стволов стигмарий.

Железо-бобовая толща представлена глинами каолинит-гётитового состава с многочисленными прослоями бобовых железных руд. Мощность ее изменяется от 3 до 33 м. Надрудная толща по возрасту относится к самым верхам визейского яруса и представлена алевrolитами и песчаными глинами, песками и песчаниками.

Северо-Онежская группа включает три в различной степени изученных и различных по величине месторождения бокситов: Икское, Дениславское и Плесецкое.

Икское месторождение приурочено к одноименной котловине. Месторождение включает шесть разновеликих пластообразных залежей: Беловодскую, Евсюковскую, Чирковскую, Кудрявцевскую, Тарасовскую и Казаковскую. Наиболее крупными из них являются две первые. Мощность бокситов изменяется от 0,8 до 16 м. Глубина залегания бокситов колеблется от 39 до 137 м, а в среднем для различных залежей и месторождений составляет 45—110 м. Среднее содержание в бокситах по различным залежам (в %): глинозема 49—53, кремнезема 16,7—18,5, окиси железа 7,3—14,4, двуокиси титана 2,4; кремневый модуль 2,1—2,9. Повышенное содержание трехокиси хрома (в среднем 3,57%) указывает на связь бокситов с породами источниками — основными породами Ветренного пояса. Подрудные глины содержат повышенное содержание пятиокиси ванадия.

Бокситы представлены глинистыми, каменистыми и сухаристыми литологическими разновидностями, имеющими обломочную, тонкодисперсную (пелитовую) и оолито-бобовую структуру. Крупнообломочные разности залегают в глубоких частях впа-

дин, в средней части разреза бокситы представлены средне- и мелкобобовыми разностями, в верхней части они имеют пелитовую структуру с большим количеством растительных остатков.

По минеральному составу бокситы относятся к каолинит-бёмитовому, каолинит-гиббситовому и каолинит-гиббсит-бёмитовому типам.

В залежах бокситов наблюдается закономерность в распределении основных рудообразующих компонентов. Максимальное содержание глинозема сосредоточено в центральных частях залежей, минимальное — в ее краевых частях; распределение кремнезема имеет обратную зависимость.

Кроме бокситов на Иксинском месторождении имеются запасы аллитов, залегающих в почве и кровле бокситовых залежей, а также запасы железных руд, которые расположены над бокситами.

Южно-Тиманская группа месторождений. В состав этой группы входят Тимшерское, Пузлинское, Верхне-Ухтинское, Лоимское, Ваповское и другие месторождения, которые располагаются в пределах Южно-Тиманского бокситоносного района. Наиболее древними образованиями в этом районе являются породы метаморфической серии верхнепротерозойского (рифейского) возраста, на которых с резким угловым несогласием почти горизонтально залегают отложения девонской, каменноугольной и пермской систем, имеющие широкое развитие и почти повсеместно перекрытые четвертичными образованиями.

Метаморфическая серия рифея развита в западной части района и представлена в нижней части переслаивающимися известняками и доломитами с прослоями глинисто-хлорит-кварцевых и кварц-углисто-глинистых сланцев, а в верхней части — однообразной толщей переслаивающихся серых, зеленовато-серых и черных хлорит-серицитовых и полевошпат-кварцевых сланцев очпармской свиты.

Среди девонских отложений выделяются породы среднего и верхнего отделов. Эйфельские, живетские и нижнефранские отложения представлены глинами, песчаниками и алевролитами с редкими прослоями известняков в верхней части. Верхнефранские образования в нижней части сложены органогенными известняками с прослоями глин, в верхней части — чередованием слоев загипсованных доломитов, известняков, глин, гипсо-доломитовых пород, гипса и ангидрита (ухтинская свита). Нижнефаменские отложения представлены известняками, доломитизированными известняками, доломитами с прослоями песчаников и глин. Мощность девонских отложений 300—350 м, в том числе нижнефранских 130—180 м.

Каменноугольные отложения представлены породами визейского, намюрского, башкирского и московского ярусов. Образование визейского яруса являются бокситоносными, имеют

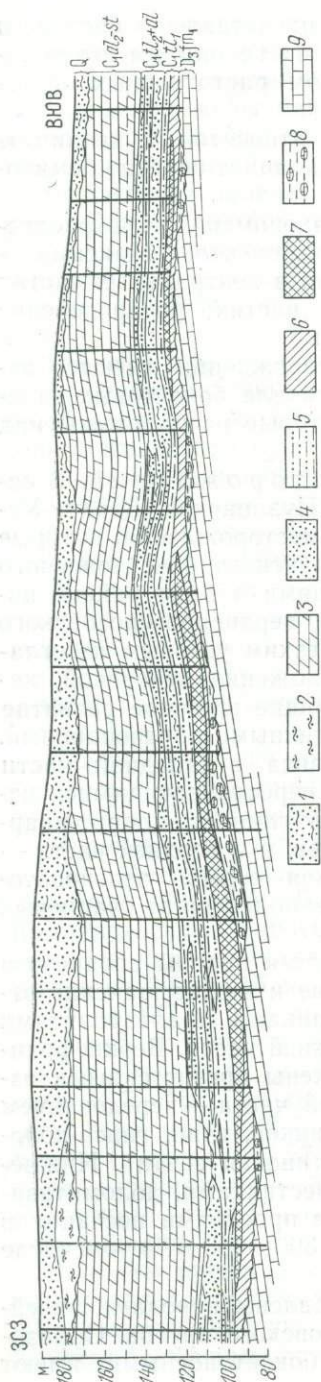


Рис. 20. Геологический разрез бокситовой залежи 1 Тимшерского месторождения. По А. И. Крицовой (1973 г.):

четвертичные образования: 1 — суглинки, супеси, 2 — пески глинистые; нижнекаменноугольные отложения: 3 — доломиты и доломитизированные известняки алексинско-стешевского возраста, 4 — песчаники полимиктовые, слюдястые, пестроцветные, 5 — алевролиты глинистые, пестроцветные, иногда углистые, 6 — аллиты светло-серые, бобовой или оолитовой структуры, 7 — бокситы светло-серые, каменные, пиритизированные, иногда углистые, 8 — аллиты светло-серые, бобовой или оолитовой структуры, 7 — бокситы светло-серые, каменные, пиритизированные, иногда углистые, 9 — известняки светло-серые, плотные, фаменского яруса

широкое развитие и залегают на размытой поверхности фаменских и в юго-восточной части района турнейских отложений. Представлены они терригенными породами тульского и нижнего подгоризонта алексинского горизонтов, глинисто-карбонатными отложениями верхней части алексинского горизонта, доломитами, доломитизированными известняками михайловского, веневского, тарусского и стешевского горизонтов.

Бокситы связаны с терригенными осадками тульского и нижней части алексинского горизонтов (рис. 20). Они залегают на карбонатных и карбонатно-глинистых породах верхнего девона или на делювиальном слое бокситоносной толщи, а перекрываются карбонатными отложениями визейского возраста мощностью до 70 м.

Бокситоносные осадки на дневную поверхность выходят очень редко, преимущественно в долинах рек. Известно около 15 таких выходов, где они представлены каолиновыми глинами и аргиллитами.

Терригенная толща тульско-нижнеалексинского возраста, по данным геологов Ухтинского геолуправления (Абрамов, 1970 и др.), разделяется на четыре пачки (снизу вверх): подрудную (подбокситоносную), делювиальную, бокситорудную и углисто-пестроцветную. Мощность терригенной толщи

в пределах поднятий изменяется от нескольких метров до 30 м, а во впадинах довизейского рельефа ее мощность достигает 100 м и более, за счет увеличения мощности подрудной пачки (до 75 м).

Подрудная (терригенная) пачка имеет максимальное развитие только в пределах впадин дорудного (довизейского) рельефа. Она сложена в нижней части мелкогалечными и гравийными конгломератами каолиновых и бокситоподобных пород, сцементированных песчано-глинистым материалом. Их мощность 0,5—1 м, достигает 10 м. Выше залегают мелкозернистые полевошпатовые песчаники с сидерит-известково-глинистым цементом, алевролиты и алевритистые глины. В этой пачке редко встречаются линзы глиноподобных и гравелитовых бокситов, возраст пачки нижнетульский, максимальная ее мощность 75 м.

Делювиальная пачка (слой) встречается только в пределах бокситовых залежей в небольших, но относительно глубоких (10—15 м) эрозионных понижениях в рельефе девонских известняков. Она сложена плохо окатанными валунами, галькой, глыбами и щебнем тонкослоистого глинистого известняка девонского возраста. Цементом служат глины и аргиллиты различной окраски, часто с оолито-бобово-обломочной структурой.

Бокситорудная пачка располагается полосами (зонами) различной ширины (0,1—6 км) по склонам поднятий и залегает на девонских известняках или делювиальном слое, а во впадинах — на отложениях подрудной пачки. Она сложена каолиновыми глинами, аллитами и различными литологическими разновидностями бокситов. Бокситовые залежи приурочены к средней части пачки; кверху и книзу, а также к периферии бокситы переходят в аллиты, а затем в каолиновые аргиллиты. Залежи бокситов имеют вытянутую форму с извилистыми контурами и залегают на глубине 10—180 м, чаще 40—100 м. Средняя мощность вскрышных пород по разведанным залежам изменяется от 57 до 77 м.

Углисто-пестроцветная пачка распространена шире бокситоносной. В нижней части ее располагается пласт углистых аргиллитов, выше залегают алевритистые или аргиллитоподобные углистые глины, постепенно переходящие вверху в темно-серые и серые алевролиты. Выше углистых пород, а на севере района над бокситоносной пачкой залегают пестроокрашенные алевриты, глинистые алевролиты и алевриты, алевритистые глины. Общая мощность пачки 8—28 м, чаще 15—20 м.

Бокситы Южно-Тиманского района являются высокоглиноземистыми и высококремнистыми, маложелезистыми и часто высокосернистыми. Содержание в них глинозема изменяется от 40 до 64%, в среднем по залежам 47—54%. Содержание кремнезема от 12 до 31%, в среднем по залежам — от 16 до 30%. Окиси железа в бокситах содержится от 4,5 до 13,8%, в среднем

по залежам 2,7—9,7%, двуокиси титана 1,5—4,1%. Серы содержится от 0,38 до 3%, в среднем по залежам 1,7—2,3%, сера

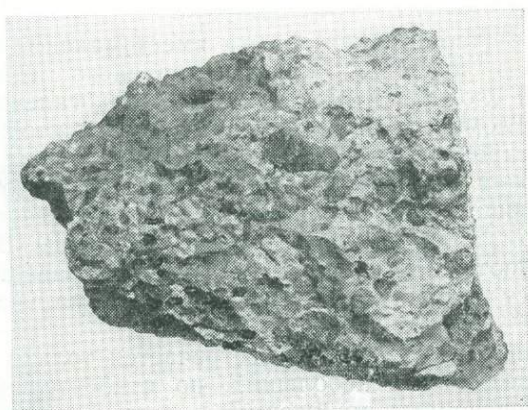


Рис. 21. Боксит каолинит-гипсбит-бёмитовый серый. Северная залежь Пузлинского месторождения (шахта 1). Al_2O_3 —53,2%; SiO_2 —22,9%; Fe_2O_3 —2,5%; TiO_2 —2,5%; S—1,5%; CaO—0,5%

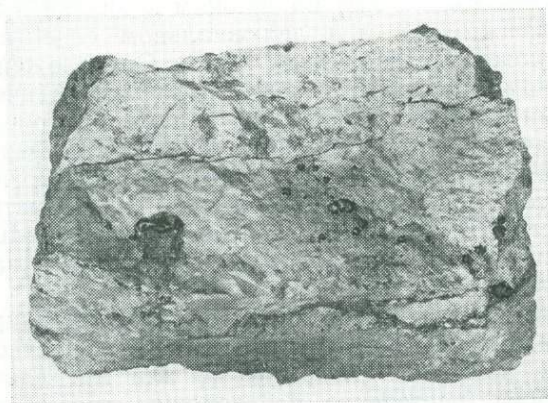


Рис. 22. Боксит каолинит-бёмитового состава, сернистый, светло-серый. Северная залежь Пузлинского месторождения (шахта 1). Al_2O_3 —55,82%; SiO_2 —12,1%; Fe_2O_3 —7%; TiO_2 —2,7%; S—5%; CaO—2,1%

в основном пиритная; кремневый модуль по пробам от 2 до 28, а средний по залежам 2,4—3,2.

По минеральному составу бокситы относятся к каолинит-гипсбит-бёмитовому и каолинит-бёмитовому типам (рис. 21, 22).

Первый из них развит в северо-западной, второй — в юго-восточной частях района. Содержание серы в северо-западной части района резко снижается и изменяется от сотых долей процента до 0,7%.

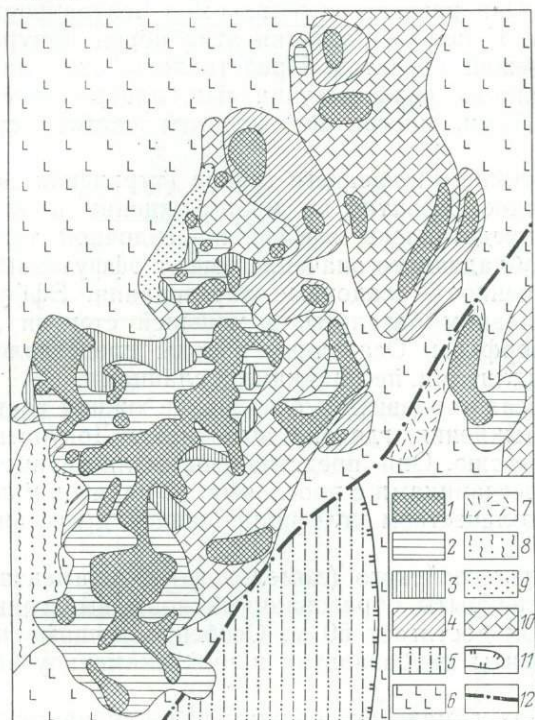


Рис. 23. Геолого-литологическая карта домелового фундамента и бокситовых отложений Наурзумского месторождения бокситов:

отложения альб-сеноманского возраста; 1 — бокситы каменные, рыхлые и глинистые, 2 — аллиты, бокситоподобные глины, 3 — пестроцветные и песчаные глины; 4 — каолиновые глины коры выветривания; 5 — алевриты, аргиллиты, песчаники и бурые угли средней юры; образования триаса; 6 — базальты, долерты, 7 — кварцевые порфиры, 8 — алевролиты, аргиллиты, песчаники; 9 — песчаники, алевролиты, аргиллиты, конгломераты верхнего палеозоя; 10 — известняки с прослоями песчаников, алевролитов, аргиллитов турней-визейского возраста; 11 — контуры угленосной депрессии; 12 — линии тектонических нарушений

Наурзумское месторождение расположено в южной части Центрально-Тургайского бокситоносного района. В геологическом строении месторождения принимают участие породы домелового дислоцированного фундамента и горизонтально залегающие на них породы мела и кайнозоя. Домеловой дорудный

фундамент сложен породами нижнего карбона, нижнего и среднего триаса, средней юры (рис. 23).

Нижнекаменноугольные образования представлены нерасчлененной толщей нижнего турнейского—нижнего визейского подъярусов. Они развиты в основном в центральной части месторождения. К полосе развития этих пород приурочено большинство залежей бокситов. Представлены они главным образом известняками, реже песчаниками, алевролитами, аргиллитами, туффитами, иногда наблюдается частое переслаивание этих пород.

Породы нижнего и среднего триаса (туринская свита) имеют весьма широкое развитие на месторождении и за его пределами. Они представлены эффузивно-осадочной толщей, среди которой преобладающее значение имеют эффузивные породы и резко подчиненное—осадочные образования. Эффузивные породы—в основном базальты, в меньшей степени долериты и кварцевые порфиры. Осадочные породы представлены алевролитами, аргиллитами, песчаниками и сланцами.

Юрские осадки развиты в основном в южной части Наурзумского месторождения, где они выполняют Докучаевскую угленосную депрессию. Они представлены мелкозернистыми полимиктовыми песчаниками с прослоями аргиллитов и алевролитов, с большим количеством углефицированной древесины и бурого угля.

Породы палеозойского (домелового) фундамента почти повсеместно перекрыты образованиями коры выветривания, мощность которых достигает 50 м. Особенно мощные коры выветривания развиты на базальтах и нижнекаменноугольных отложениях.

На породах домелового фундамента или на их коре выветривания залегают континентальные бокситоносные отложения альбского и сеноманского возраста с суммарной мощностью 30—80 м (рис. 24). Перекрываются бокситоносные осадки морскими отложениями маастрихтского яруса (журавлевская свита), среднего и верхнего эоцена (тасаранская свита), верхнего эоцена—нижнего олигоцена (чеганская свита) и четвертичными образованиями.

В структурном отношении Наурзумское месторождение расположено в пределах Кушмурунской грабен-синклинали. Бокситоносные осадки в пределах месторождения выполняют пологую и неглубокую депрессию в домеловом фундаменте, именуемую Наурзумской впадиной с абсолютными отметками ложа—90+10 м. Представлены они в основном песчано-глинистыми осадками и в меньшей степени бокситами, аллитами и бокситовыми глинами.

В отличие от других бокситоносных районов Тургайского прогиба бокситовые залежи Наурзумского месторождения не располагаются в карстовых депрессиях, а залегают в средней

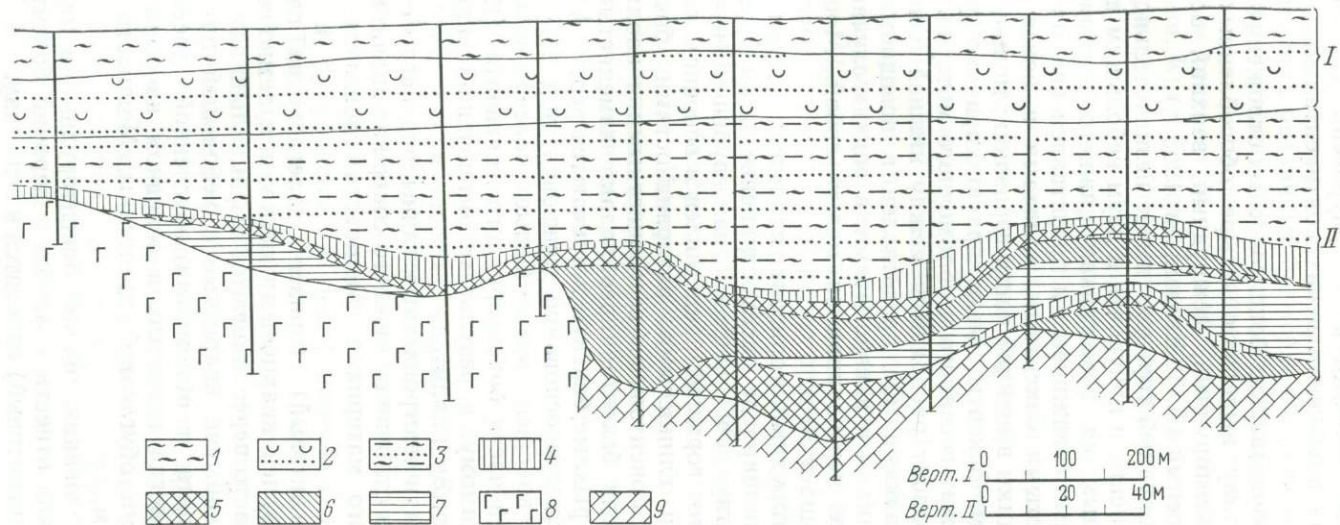


Рис. 24. Геологический разрез Наурзумского месторождения:

I — супеси, суглинки, пески; 2 — переслаивание опок, песчаников и песков, тасаранская свита; бокситоносные осадки альб-сеноманского возраста; 3 — переслаивание лигнитовых и каолиновых глин с кварцевыми песками, 4 — аллиты и каолиновые глины с сидеритом, 5 — бокситы каменные, рыхлые и глинистые, 6 — бокситоподобные глины и песчаники кирпично-красного цвета, 7 — переслаивание песчаников, алевролитов и аргиллитов; 8 — базальты нижнего и среднего триаса; 9 — известняки нижневизейского возраста. *I* — покровные
и *II* — бокситоносные отложения

части бокситоносных отложений и приурочены к площадям сплошного развития альб-сеноманских континентальных бокситоносных осадков.

В разрезе альб-сеноманских бокситоносных отложений по литологическому составу выделяют четыре обособленных горизонта: нижний бокситорудный, междрудный, верхний бокситорудный и лигнитоносный (А. Т. Евлампьев, 1965 г.).

Нижний бокситорудный горизонт имеет незначительное площадное распространение и приурочен к двум небольшим депрессиям, расположенным на известняках нижнего карбона. Он встречен несколькими скважинами и представлен каменистыми, рыхлыми и глинистыми бокситами, аллитами и бокситовыми глинами, залегающими в нижней части горизонта; мощность его не превышает 13 м. Бокситы имеют яркую кирпично-красную окраску и не содержат песчаного и обломочного материала.

Междрудный горизонт расположен между нижней и верхней бокситорудными пачками. Он представлен в основном полимиктовыми песчаниками и алевролитами, в редких случаях аргиллитами, которые переслаиваются между собой. Мощность горизонта не превышает 30 м.

Верхний бокситорудный горизонт является основным, он имеет сравнительно широкое распространение и выдержан по мощности и качеству. Он залегает на глубине 134—196 м, в среднем 160 м. Этот горизонт представлен в основном каменистыми, рыхлыми и глинистыми разновидностями бокситов, а также аллитами, бокситовыми пестроцветными и каолинитовыми глинами. Среди бокситов преобладают каменистые разновидности; глинистые и рыхлые бокситы встречаются редко. Аллиты, как правило, залегают в основании горизонта, под бокситами, и имеют кирпично-красный цвет. Серые бокситы и аллиты встречены в верхней части бокситорудного горизонта. Образовались они, по-видимому, в результате интенсивной сидеритизации красных бокситов и аллитов.

Бокситы, аллиты и пестроцветные глины верхнего бокситорудного горизонта в отличие от нижнего содержат значительное количество песчаного материала. Мощность горизонта изменяется от 1 до 15 м.

Надрудный (лигнитовый) горизонт залегает на глубине 120—180 м, представлен кварцевыми песками и темно-серыми глинами, которые часто переслаиваются и фациально замещают друг друга. Пески обычно кварцевые с небольшой примесью зерен полевого шпата и обломками обугленной древесины. Глины песчаные, иногда слоистые, в основном каолинитового состава, с обломками обугленной древесины. Мощность горизонта достигает 80 м.

По времени образования нижний бокситорудный и междрудный горизонты можно отнести к альбу, а верхний бокситорудный и надрудный (лигнитовый) относятся к сеноману.

Наурзумское месторождение представлено одной основной залежью бокситовых руд, которая состоит из девяти рудных тел, имеющих различные размеры, неправильную форму, сложную конфигурацию и различную промышленную ценность. Рудное тело 1 по размерам и запасам является наиболее крупным, в котором содержится около 90% всех запасов бокситов месторождения. Кроме основной залежи в восточной части месторождения расположены две залежи, выявленные одиночными скважинами.

Основная залежь протягивается с севера на юг на несколько десятков километров при ширине в пределах нескольких километров. Она представлена двумя бокситорудными горизонтами: нижним и верхним. Каждый горизонт состоит из нескольких рудных тел. Преобладающая часть бокситовых руд сосредоточена в верхнем горизонте. Его мощность изменяется в широких пределах, залегает он на глубине от 110 до 191,2 м. Нижний рудный горизонт представлен двумя небольшими залежами с незначительными запасами бокситов. Мощность его изменяется от 2,8 до 11,5 м. Залегает он на глубине 176,6—200,9 м.

Бокситовые руды Наурзумского месторождения характеризуются повышенным содержанием железа (22,5%), двуокиси титана (4,8%), углекислоты (2,08%) и сравнительно пониженным содержанием глинозема (39,98%). Повышенное содержание железа и титана объясняется тем, что источником глинозема служили базальты. Минеральный состав бокситов сравнительно прост. Основными рудообразующими минералами являются гиббсит, гидроокислы железа и окислы титана. Спектральные анализы бокситов и вмещающих пород показывают повышенное содержание ванадия, хрома, никеля, кобальта, циркония, молибдена, цинка, скандия, ниобия и др.

Месторождения Юго-Восточной Азии. Месторождения пластообразного типа широко развитие имеют в пределах бокситоносных районов на Корейско-Китайской и Южно-Китайской платформах. Они связаны с угленосными бассейнами каменноугольного и пермского возраста. В этих районах месторождения бокситов связаны с угленосными формациями и приурочены к периферическим частям угленосных впадин. Бокситовые залежи часто располагаются среди мало-железистых плотных каолинистых глин и флинтклевов, которые обычно являются высокосортным огнеупорным сырьем.

Бокситоносные районы такого характера на указанных платформах часто приурочены к выступам древнего фундамента и примыкающим к ним краевым частям угленосных депрессий. Бокситовые залежи при этом располагаются в нижней части угленосных осадков, в основании трансгрессивной толщи. Вглубь депрессии угленосные отложения обычно фациально замещаются морскими карбонатными отложениями. Примером могут служить месторождения бокситов, расположенные на

границе провинций Юньань, Гуйчжоу и Сычуань в пределах Южно-Китайской платформы, а также районы, расположенные на территории Корейско-Китайской платформы в районе Северо-Китайского массива, в Южной Маньчжурии и в пределах Ляодунского полуострова.

В пределах юго-западной части Южно-Китайской платформы расположена крупная бокситоносная провинция, где широкое развитие имеют бокситоносные отложения нижнекаменноугольного возраста. Здесь, в восточной и северо-восточной частях провинции Юньань, нижнекаменноугольные бокситоносные отложения представлены бокситоносными сланцами и оолитовыми бокситовыми образованиями, которые переслаиваются с пластами угля, доломитов, глинистых известняков и сланцев. Они залегают на среднедевонских кварцитах, песчаниках и глинистых сланцах. Бокситы перекрываются отложениями средне- и верхнекаменноугольного, а также пермского возраста. В некоторых районах бокситы залегают непосредственно на закарстованной поверхности карбонатных пород. Здесь бокситоносный пласт мощностью 7—15 м имеет выдержанное залегание и располагается в основании угленосной толщи. Бокситы содержат (в %): глинозема 57—76, кремнезема 6—23, окислов железа 1—16, окиси титана 3—4.

На Корейско-Китайской платформе бокситы представлены несколькими горизонтами среди каменноугольных и пермских отложений (Горецкий, 1960). В этом районе бокситоносные отложения располагаются на нижнесилурийских тонкослоистых известняках и представлены в нижней части песчаниками и сланцами с прослоями известняков среднекаменноугольного возраста, в ряде районов имеются линзы и пласты высокоглиноземистых сланцев. Выше располагаются пермо-карбоновые отложения, которые представлены чередованием черных и серых сланцев и песчаников с прослоями угля и аллитовых пород. На последних залегают песчаники и угленосные сланцы пермского возраста с линзами бокситов, на которых располагаются также пермские отложения, представленные в нижней части песчаниками, конгломератами и сланцами, переходящими вверх по разрезу в морские отложения, состоящие из сланцев и песчано-глинистых угленосных осадков.

В провинции Шаньдун бокситоносные отложения имеют пермский или пермо-триасовый возраст и приурочены к крупной синклинальной структуре, выполненной угленосными отложениями и расположенной на известняках нижнего силура. Бокситы залегают в средней части свиты, которая сложена песчаниками и сланцами и не является угленосной. Бокситовые породы имеют оолитовую структуру, выдержанное строение и прослеживаются на протяжении 30 км по простиранию. Общие запасы бокситовых сланцев этого района оцениваются

в 300 млн. т, в том числе около 70 млн. т являются высокосортными кондиционными бокситами.

В Корейской Народно-Демократической Республике вблизи г. Пхеньяна также наблюдаются признаки, указывающие на наличие месторождений бокситов пластообразного типа.

3. Карстовый тип

Месторождения бокситов этого типа залегают в карстовых воронках среди карбонатных пород. Размеры древних водоемов, в которых происходило образование бокситов, определялись, по-видимому, площадью одной или нескольких сближенных карстовых воронок. Между воронками бокситы обычно отсутствуют. В плане контуры бокситоносной свиты и контуры рудных тел часто совпадают. Особенностью этого типа месторождений является наличие большого числа мелких залежей бокситов, большая суммарная их мощность (до 150 м), незначительная площадь, как правило, небольшие запасы и сравнительно плохое качество руд. Конфигурация залежей в плане может быть изометричной или вытянутой вдоль структур фундамента. В разрезе рудные залежи имеют сложное строение, где наблюдается частое переслаивание глинистых пород и кондиционных бокситов.

Химический и литологический состав бокситов при этом не выдержан как по площади, так и по разрезу. Бокситы в верхней части разреза иногда содержат много сидерита, поэтому абразивные сорта, а также огнеупорные глины в карстовых месторождениях, как правило, отсутствуют. В современном рельефе месторождения карстового типа обычно проявляются в виде понижений, просядок и биданков, заполненных болотами и озерами. К этому типу относятся Белинское, Аятское, Южно-Ливановское, Северо-Ливановское, Покровское, Славянское, Кужукульское и многие другие месторождения Западно-Тургайского бокситоносного района Тургайской провинции; Майбалыкское, Кайнарлинское и др. Целиноградского района; Майсорское и др. Экибастузского района; Уртабасское, Фогелевское и др. Причимкентского района, Барзасская группа Южно-Сибирской провинции, Татарское, Средне-Татарское, Сохатиное, Мурлиное, Пуня, Ибджибдек, ряд других месторождений Центрально-Сибирской бокситоносной провинции. Наиболее крупные из них Белинское и Аятское месторождения в настоящее время эксплуатируются.

Белинское месторождение расположено в северной части Западно-Тургайского бокситоносного района Тургайской провинции. Палеозойский складчатый фундамент месторождения сложен известняками, андезитовыми порфиритами среднего состава, их туфами, туфоалевролитами, туфопесчаниками, туфоконгломератами, аргиллитами и алевролитами. Породы

фундамента прорваны многочисленными интрузиями гранодиоритов, диоритов, диоритовых порфиритов, а также дайками альбитофиров и диабазовых порфиритов.

Известняки занимают центральную часть месторождения (рис. 25). Они разбиты на отдельные разновеликие блоки суб-

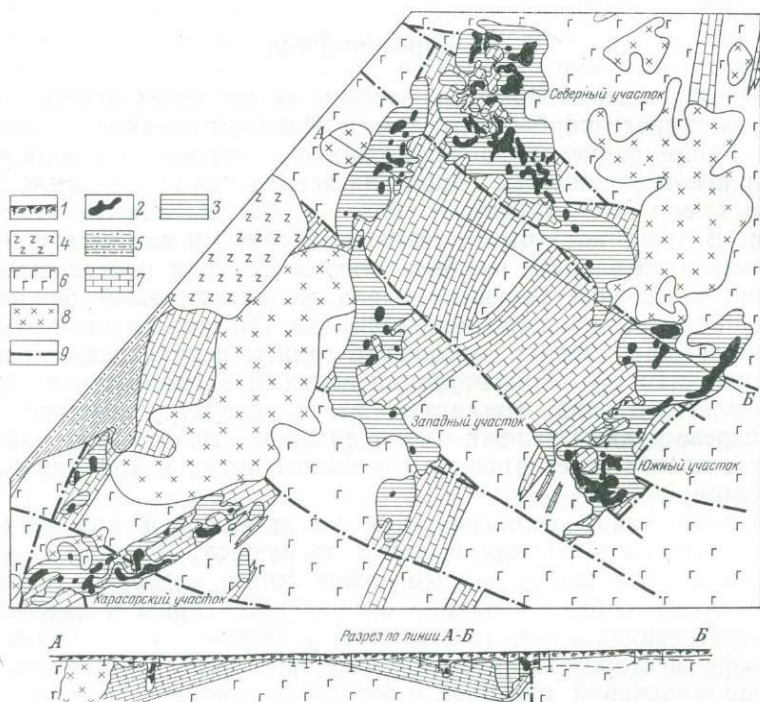


Рис. 25. Геолого-литологическая карта и разрез палеозойского фундамента и бокситоносных отложений Белинского месторождения (Кирпаль, Теняков, 1974):

1 — покровные песчано-глинистые отложения палеогенового и четвертичного возраста (только на разрезе); 2 — бокситы, аллиты и бокситоподобные породы; 3 — бокситоносные отложения: бокситовые, пестроцветные и пролювиально-дельтавиальные глины сеноман-туронского возраста; 4 — базальты, базальтовые порфириты триаса; 5 — красноватые полимиктовые конгломераты, песчаники, алевролиты, аргиллиты среднего и верхнего карбона; породы средне- и верхневизейского возраста; 6 — андезитовые, андезито-базальтовые порфириты, туфы, туффиты, туфобрекчии и туфопесчаники; 7 — известняки; 8 — диориты, кварцевые диориты, диоритовые порфириты нижнего карбона; 9 — предполагаемые тектонические нарушения

меридиональными, широтными и косоширотными тектоническими нарушениями, сдвинуты и взброшены относительно друг друга. Полосы известняков в южной части месторождения чередуются с полосами эффузивно-осадочных пород и осложнены тектоническими нарушениями. Породы фундамента смяты в складки с пологими крыльями и имеют субмеридиональное простирание.

На породах палеозойского фундамента повсеместно развита кора выветривания, представленная каолинитовыми и гидрослюдасто-монтмориллонитовыми глинами. Максимальная мощность коры выветривания (до 60 м) приурочена к зонам тектонических нарушений и к зонам контактов различных по составу пород (рис. 26).

На бокситоносных осадках, а там, где их нет, на породах палеозойского складчатого фундамента или на их коре выветривания лежат морские листоватые глины чеганской свиты верхнеэоценового возраста, а также континентальные песчаные и

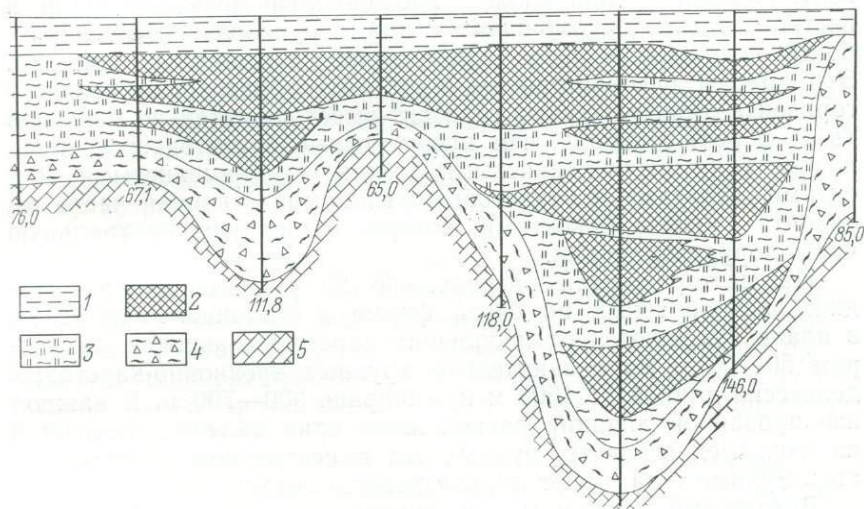


Рис. 26. Геологический разрез Северного участка Белинского месторождения:

1 — суглинки, супеси, глины, пески четвертичного возраста; 2 — бокситы массивные, рыхлые и глинистые; 3 — пестроцветные глины сеноман-туронского возраста; 4 — глины пестроокрашенные грубообломочные; 5 — известняки средне-верхневизейского возраста

глинистые осадки олигоценного времени и четвертичные суглинки. Суммарная мощность осадков, покрывающих бокситы, от 6 до 55 м.

Бокситоносные осадки выполняют эрозионно-карстовые депрессии и карстовые воронки, которые расположены на площадях развития карбонатных пород. Наиболее крупные по размерам и глубокие депрессии находятся в юго-восточной и северной частях месторождения и приурочены к зонам стратиграфических и тектонических контактов известняков с вулканогенными породами. Площади развития бокситоносных осадков, их мощность и морфология находятся в прямой зависимости от размеров и морфологии дорудных карстовых и эрозионно-карстовых депрессий.

Бокситоносные отложения представлены переслаиванием пестроцветных каолининовых и бокситовых глин, аллитов, углестых глин, каменистых, рыхлых и глинистых бокситов. В нижней части преобладают глинистые осадки: рудные тела бокситов приурочены к верхней части разреза. Общая мощность бокситоносных осадков достигает 170 м. По возрасту они относятся к сеноман-турону, но преобладающая часть бокситовых залежей образовалась, по-видимому, в туронское время.

Бокситоносные отложения по литологическому составу и условиям залегания делятся на два горизонта: нижний — пестроокрашенных глин и верхний — собственно бокситорудный горизонт. Первый из них сложен пролювиально-делювиальными и пестроцветными обломочными глинами с небольшими линзами бокситовых глин, аллитов, алюмогетитов и глинистых бокситов. Эти породы распространены шире, чем образования верхнего горизонта. Бокситорудный горизонт имеет значительно меньшую (в 4—5 раз) площадь, чем продуктивные бокситоносные отложения. Он сложен глинистыми, рыхлыми и каменистыми бокситами, аллитами и бокситовыми глинами. Основная часть горизонта сложена бокситами, которые выполняют центральную часть дорудных впадин.

На месторождении расположено 26 рудовмещающих впадин, разнообразных по своей форме и величине. Размеры их в плане изменяются от небольших карстовых воронок диаметром 50—60 м до сравнительно крупных эрозионно-карстовых депрессий длиной до 1500 м при ширине 300—700 м. В каждой изолированной впадине расположена одна залежь, состоящая из двух-трех основных рудных тел и нескольких второстепенных. Рудные тела имеют линзообразную форму.

Бокситовые залежи месторождения сгруппированы в четырех обособленных участках: Южном, Северном, Западном и Карасорском, расположенных в зоне контакта тектонических блоков карбонатных пород с вулканогенными. Всего на месторождении насчитывается 230 рудных тел, в том числе 128 имеют промышленное значение.

Бокситы представлены каменистыми (30,2%), рыхлыми (30,4%) и глинистыми (36,5%) литологическими разновидностями, которые в вертикальном разрезе часто переслаиваются с пестроокрашенными глинами и аллитами. К бортам депрессий кондиционные бокситы фациально замещаются бокситовыми и пестроцветными глинами. Каменистые бокситы, как правило, слагают верхние части бокситоносных отложений, а глинистые расположены в нижней, наиболее глубокой части рудовмещающих депрессий.

По минеральному составу бокситы относятся к трехгидратному (гиббситовому) типу. Основные рудообразующие минералы: гиббсит, содержание которого изменяется от 50 до 70%, каолинит (2—20%), гематит и гидрогематит (10—23%). В не-

больших количествах присутствуют: корунд (1—5%), кварц (до 3%), кальцит (до 1,5%), сидерит (до 10%) и рутил (1,7—2,9%).

По химическому составу бокситы Белинского месторождения лучшие в районе. Содержания в залежах бокситов изменяются (в %): глинозема 40,4—46,8, кремнезема 5,8—9,64, окиси железа 12,83—23,86, окиси титана 1,84—2,34, окиси кальция 0,3—1,64; кремневый модуль 4,2—7,1.

Татарская группа месторождений расположена в пределах Центрально-Сибирской бокситоносной провинции. Она включает следующие месторождения бокситов: Татарское, Мурожинское (Ивановское), Индыглийское и Сулакшинское, которые состоят из нескольких рудных участков.

Месторождения бокситов этой группы приурочены к Центральному антиклинорию Енисейского кряжа, который сложен комплексом сложнодислоцированных метаморфизованных протерозойских осадочных пород, прорванных интрузиями кислого и основного состава. Древний фундамент перекрыт бокситоносными пестроцветными глинистыми отложениями палеоцен-эоценового возраста мурожинской свиты, неогеновыми и четвертичными образованиями.

Бокситоносные осадки залегают в карстовых воронках и эрозионно-карстовых депрессиях, которые локализуются на площадях распространения мраморизованных карбонатных пород пенченгинской свиты вблизи амфиболитов. Месторождения представляют собой группы сближенных бокситовых залежей, располагающихся в эрозионно-карстовых депрессиях и карстовых воронках (рис. 27, 28).

Татарское месторождение включает ряд бокситорудных участков. Наиболее крупными из них являются Татарский, Средне-Татарский, Сохатинский, Мурлинский, Березовский, Подголецный и др., а также мелкие бокситопроявления. Месторождение относится к карстовому типу со сложными рудными телами небольших размеров, имеющими гнездообразную и линзообразную форму, которые приурочены к древним карстовым воронкам, расположенным в зонах контактов амфиболитов и амфиболитовых сланцев с карбонатными породами пенченгинской свиты верхнего протерозоя. Глубина карстовых воронок достигает 230 м. Количество рудных тел на Татарском участке 14, Средне-Татарском — 11, Сохатинском — 6.

Среди бокситоносных осадков на различных участках и залежах выделяется от одного до трех продуктивных бокситорудных горизонтов, которые сложены пестроцветными и бокситовыми глинами, рыхлыми и глинистыми бокситами с обилием обломков и стяжений каменистого боксита. Бокситорудные горизонты разделены между собой пестроцветными глинами или налегают друг на друга. В основании каждого из них наблюдается повышенное содержание песчаного или щебенистого материала. В кровле бокситов залегают углистые глины и бурые угли.

Бокситы представлены в основном рыхлыми, а также глинистыми литологическими разновидностями. Глинистые бокситы и бокситовые глины слагают нижние части рудных залежей. Среднее содержание основных компонентов в бокситах составляет (в %): кремнезема 6,5—9,2; глинозема 38,5—37,4; окиси железа 30,5—31,7; двуокиси титана 4,2—4,7. Основными минералами являются гиббсит, гематит, маггемит, гётит, магнетит, каолинит, галлаузит, гидрослюда, ильменит, рутил, кварц и др.

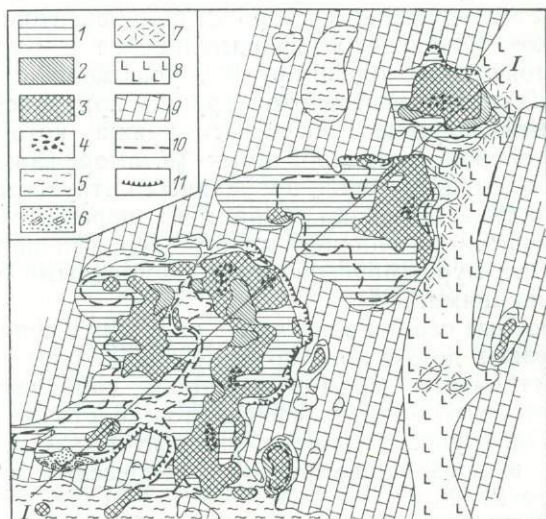


Рис. 27. Схематическая геологическая карта центральной части Татарского месторождения бокситов. По Е. И. Пельтеку (1967 г.):

бокситоносные отложения: 1 — глины пестроцветные, каолиновые, 2 — глины бокситовые, 3 — бокситы рыхлые, 4 — бокситы каменные; подрудные отложения: 5 — брекчиевидные глины и алевролитоглинистые отложения с обломками пород фундамента и бокситов, 6 — известковый кварцевый песок; 7 — кора выветривания амфиболитов; протерозойские образования: 8 — амфиболиты, 9 — известняки; 10 — контуры погребенных рудных тел; 11 — уступы карстового рельефа

Индыглинское месторождение расположено к востоку от Татарского и приурочено к одноименной котловине. В его пределах расположены рудные участки Долгожданый, Восточный, Митрофановский, Таловский и др. Древний фундамент котловины сложен филлитизированными глинистыми и песчано-глинистыми сланцами удерейской свиты нижнего силура, которые прорваны пластовыми интрузиями амфиболитов. На древнем фундаменте залегают бокситоносные отложения палеогенового возраста, которые представлены углистыми и каолиновыми глинами с линзообразными залежами бокситов, аллитов и

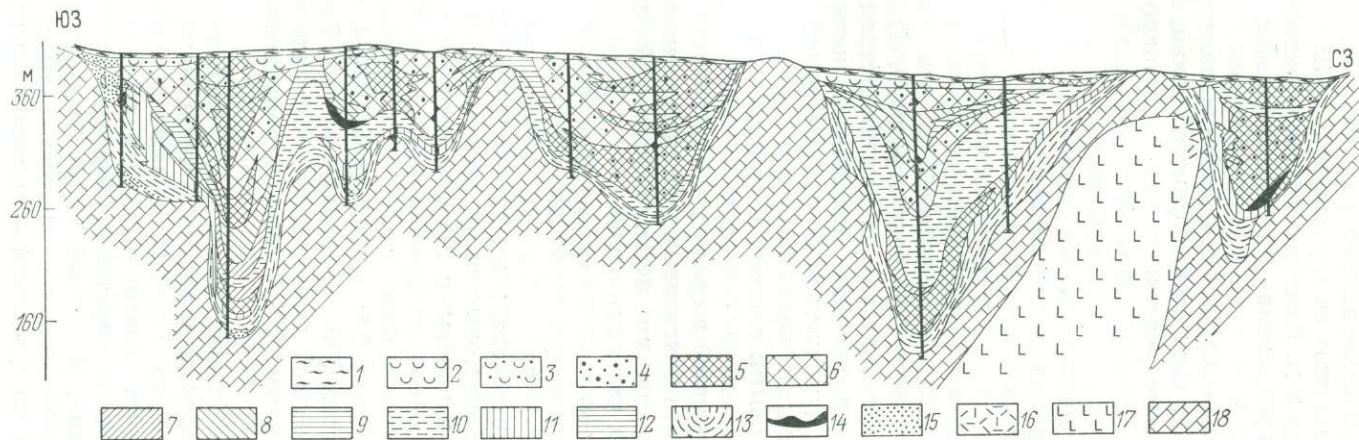


Рис. 28. Геологический разрез по линии I—I Татарского месторождения бокситов. По Е. И. Пельтеку (1967 г.):

1 — суглинки четвертичные; неогеновые отложения: 2 — глины, 3 — песчано-глинистые породы; бокситоносные отложения: 4 — обломки каменистых бокситов, 5 — бокситы рыхлые, 6 — бокситы рыхлые и глинистые, 7 — бокситы глинистые, 8 — глины бокситовые, 9 — пестроцветные каолиновые глины третьего рудного горизонта, 10 — пестроцветные каолиновые глины второго рудного горизонта, 11 — пестроцветные каолиновые глины первого рудного горизонта, 12 — углистые глины и угли; подрудный горизонт: 13 — песчано-глинистые отложения с обломками бокситов и пород фундамента, 14 — бурые железняки и железистые бокситы, 15 — кварцевые пески, 16 — глины коры выветривания амфиболитов; 17 — амфиболиты; 18 — известняки

бокситовых пород. Бокситовые залежи располагаются в Индыглинской котловине и залегают на глубине от 3 до 35 м; их мощность изменяется от 1 до 8 м. Качество бокситов низкое. Содержание в них (в %): кремнезема 10; глинозема 32; окислов железа 38; окиси титана 4.

Мурожнинское (Ивановское) месторождение включает Мурожнинский, Чикальский, Северный, Афиногеновский, Маломурожнинский бокситорудные участки и ряд бокситопоявлений. Оно располагается в Маломурожнинской котловине, хорошо выраженной морфологически в современном рельефе.

Древний фундамент месторождения сложен в основном кристаллическими известняками с прослоями кварцево-слюдистых сланцев, а в периферических частях котловины — хлорит-актинолитовыми сланцами, амфиболитами и филлитами. Бокситоносные отложения относятся к мурожнинской свите и по литологическому составу пород разделяются на два горизонта: нижний — подрудный и верхний — бокситорудный. Подрудный горизонт сложен песчанистыми и алевролитовыми пестроцветными и охристыми глинами, содержащими дресву кремнистых пород, и обломками бобового каменистого боксита. Рудный горизонт сложен пестроокрашенными каолиновыми глинами, аллитами, гиббсит-каолиновыми глинами с линзовидными и гнездообразными рудными телами бокситов, а также углистыми глинами с пропластками углей в средней части разреза. Обычно выделяются два горизонта бокситовых руд, разделенных между собой глинами, содержащими местами углистый материал с делювием в окраинных частях залежей.

На Мурожнинском месторождении выявлено восемь залежей бокситов, которые приурочены к глубоким карстовым воронкам. Бокситовые залежи имеют линзообразную, реже карманообразную форму; мощность в центральных частях 20—50 м, в периферических 1—15 м. Бокситовые руды представлены преимущественно рыхлыми и глинистыми литологическими разновидностями с глыбами и стяжениями каменистого боксита. Содержание основных компонентов в бокситах (в %): глинозема 35,3; кремнезема 8,1; окиси титана 2,8; окислов железа 34,4.

Сулакшинское месторождение расположено от Татарского к северу; в непосредственной близости от него находятся Гуррахтинское, Малокадринское, Ильинское, Баландинское и другие бокситопоявления.

Древний фундамент Сулакшинского месторождения сложен известняками протерозойского возраста и интрузиями амфиболитов. В зоне контакта карбонатных пород с амфиболитами, а также на известняках на некотором удалении от алюмосиликатных пород расположены карстовые воронки, выполненные бокситоносными осадками. В нижней части бокситоносные отложения сложены грубообломочными делювиальными песчано-глинистыми образованиями, в верхней — пестроцветными, тонко-

дисперсными каолинитовыми глинами с линзами бурых железняков, бокситов и бокситоносных пород.

На месторождении выявлено и разведано десять бокситовых залежей сложного строения мощностью от 1 до 35 м. Три наиболее крупные по размерам приурочены к одной карстовой депрессии с максимальной глубиной 142 м. Бокситы Сулакшинского месторождения характеризуются высоким содержанием окиси железа (до 45—50%), окиси кремнезема (8—25%), окиси титана (4—12%) и сравнительно низким содержанием глинозема (24—48%).

4. Контактново-карстовый тип

Бокситовые месторождения контактно-карстового типа залегают в карстовых, суффозионно- и эрозионно-карстовых узких ложбинообразных депрессиях, линейно-вытянутых вдоль зоны стратиграфического или тектонического контакта алюмосиликатных и карбонатных пород, а также на узких полосах известняков среди алюмосиликатных пород палеозойского фундамента. Со стороны алюмосиликатных пород депрессии имеют пологий борт, а со стороны карбонатных пород борта депрессий обычно крутые. Залежи бокситов состоят из нескольких рудных тел, имеющих форму сложных вытянутых линз при значительном превышении длины над шириной и резком колебании мощности в поперечном разрезе и по продольной оси.

Площадь распространения рудных залежей и их мощность целиком зависят от размеров и форм вмещающих их депрессий. Среди бокситоносных осадков обычно выделяются два обособленных горизонта. В нижней части залегает горизонт пестроокрашенных каолинит-гидрослюдистых глин; на последних расположен собственно бокситорудный горизонт, который представлен чередованием различных литологических разновидностей бокситов с прослоями аллитов и бокситовых глин. Разрез бокситоносных отложений иногда заканчивается горизонтом каолинит-лигнитовых глин, которые сохранились в наиболее глубоких карстовых депрессиях.

К этому типу относятся месторождения Приангарского бокситоносного района (Порожнинское, Киргитейское, Верхотуровское и др.), а также Темирское и Таунсорское месторождения Западно-Тургайского района; Толдик-Ашейское и Кандинское Мугоджарского района; Софиевское, Суворовское и Семеновское Целиноградского района Казахстана.

Приангарская группа месторождений. Месторождения бокситов Приангарской группы приурочены к Ангаро-Питскому синклинию и Иркинеевскому выступу Енисейского кряжа, которые сложены интенсивно дислоцированными образованиями протерозоя. На последних в карстовых воронках и эрозионно-карстовых депрессиях, линейно-вытянутых вдоль

структур древнего фундамента, залегают пестроцветные бокситоносные отложения мел-палеогенового возраста. Размеры карстовых воронок от 25×50 до 150×600 м, депрессий — от 50×200 до 1200×12000 м. Карстовые воронки в основном приурочены к площадям развития карбонатных пород, а эрозионно-карстовые депрессии располагаются в зонах контакта алюмосиликатных и карбонатных пород. Протяженность контактовой зоны между карбонатными породами джурской толщи и терригенными породами красногорской толщи потоскуйской свиты около 350 км. Однако бокситоносность в этой зоне развита только на отдельных участках. На Порожнинском месторождении длина бокситоносной зоны 15 км, на Киргитейском — 30 км. Бокситовые залежи в плане имеют форму сложных вытянутых линз, в которых длина обычно в несколько раз превышает ширину при резком колебании мощности по продольной оси и вкрест вытянутости. Кроме удлиненных обычно имеются отдельные изолированные изометричные в плане залежи.

Мощность бокситоносных осадков, выполняющих депрессии и воронки, достигает 120 м. Они в большинстве случаев расчленяются на две толщи: нижнюю — подрудную, мощность которой достигает 50 м, и верхнюю — бокситорудную мощностью до 100 м. Подрудная толща обычно сложена гидрослюдистыми и каолинит-гидрослюдистыми глинами с обломками выветрелых коренных пород. Верхняя бокситорудная толща представлена каолинитовыми, каолинит-гидрослюдистыми глинами и различными литологическими разновидностями бокситов.

В пределах Приангарской группы располагается несколько месторождений бокситов: Киргитейское, Верхотуровское, Порожнинское и Ендинское, а также ряд отдельных обособленных бокситопроявлений, находящихся между Иркинеевским выступом и Чадобецким поднятием. Каждое месторождение обычно включает несколько бокситорудных участков.

Киргитейское месторождение бокситов приурочено к западному крылу Ангаро-Питского синклинория и включает Киргитейский и Верхне-Киргитейский бокситорудные участки, а также Нижне-Киргитейское, Средне-Киргитейское, Иллерконское, Рыбинское, Гремячинское, Кокченгинское и другие бокситопроявления. Рудные участки и бокситопроявления располагаются в депрессии, которая линейно протягивается в субмеридиональном направлении более чем на 30 км.

Древний фундамент месторождения сложен песчано-глинистыми филлитизированными сланцами и карбонатными породами удерейской свиты нижнего рифея, которые имеют между собой тектонический контакт. В зоне контакта располагаются карстовые воронки и эрозионно-карстовые депрессии, которые выполнены пестроцветными песчано-глинистыми осадками мелового и палеогенового возраста, содержащими бокситоносные горизонты, разобценные между собой глинами.

На Киргитейском участке расположено 17 рудных тел, четыре из них мелкие. Наиболее крупное имеет размеры 570×80 м, мощность до 45—80 м. Среди бокситов выделяют каменистые, рыхлые и глинистые литологические разновидности; преобладают среди них последние. Содержание в кондиционных бокситах изменяется в пределах (в %): глинозема 34—48; кремнезема 2—16; окислов железа 15—28; окиси титана до 3,5.

Рудные тела бокситов Верхне-Киргитейского участка залегают в обширной линейно-вытянутой депрессии с размерами 5000×100 —1000 м, которая приурочена к зоне контакта красногорской толщи с доломитами аладинской свиты. Глубина депрессии 10—130 м. Среднее содержание основных рудообразующих компонентов в бокситах (в %): глинозема 40,1, кремнезема 15,7, окиси железа 20,6, окиси титана 2,4; кремневый модуль 2,6.

Верхотуровское месторождение расположено на южном крыле Ангаро-Питского синклиория. На месторождении выявлено 18 рудных тел, которые имеют линзообразную форму. Бокситы приурочены к верхней части бокситоносных отложений мел-палеогенового возраста, выполняющих депрессию, которые находятся в зоне контакта терригенных и карбонатных пород древнего фундамента.

Рудные тела бокситов имеют размеры 50×100 —300 м и расположены в единой бокситорудной зоне, приуроченной к депрессии длиной около 12 км, шириной 600—1200 м и глубиной 50—215 м. Эта депрессия приурочена к зоне контакта глинистых сланцев красногорской подсвиты и доломитов джурской подсвиты потоскуйской свиты. Среднее содержание компонентов в бокситах (в %): глинозема 44,5, кремнезема 14,8; кремневый модуль 2,4—4,2.

Порожнинское месторождение бокситов приурочено к Иркинеевскому выступу. В его пределах расположены Порожнинский (рис. 29) и Ульдинский бокситорудные участки, а также Артюгинское, Лунчское, Нижне-Теринское, Акинское и другие бокситопоявления.

В пределах Порожнинского участка известно 19 рудных тел, которые залегают среди пестроцветных, кирпично-красных каолиновых и гиббсит-каолиновых глин. Форма их сложная карманообразная в карстовых воронках и линзообразная в эрозивно-карстовых депрессиях (рис. 30). Протяженность рудных тел 130—2000 м, глубина залегания от 0,1 до 94 м. Рудные тела с наиболее высоким качеством бокситов приурочены непосредственно к контактному зонам глинистых сланцев красногорской толщи с карбонатными породами. По мере удаления от возможных источников глинозема качество бокситов ухудшается.

На Ульдинском участке выявлено 6, на Артюгинском — 9, на Лунчском — 8 рудных тел. Всего на бокситовых участках Порожнинского месторождения выявлено более 30 рудных тел.

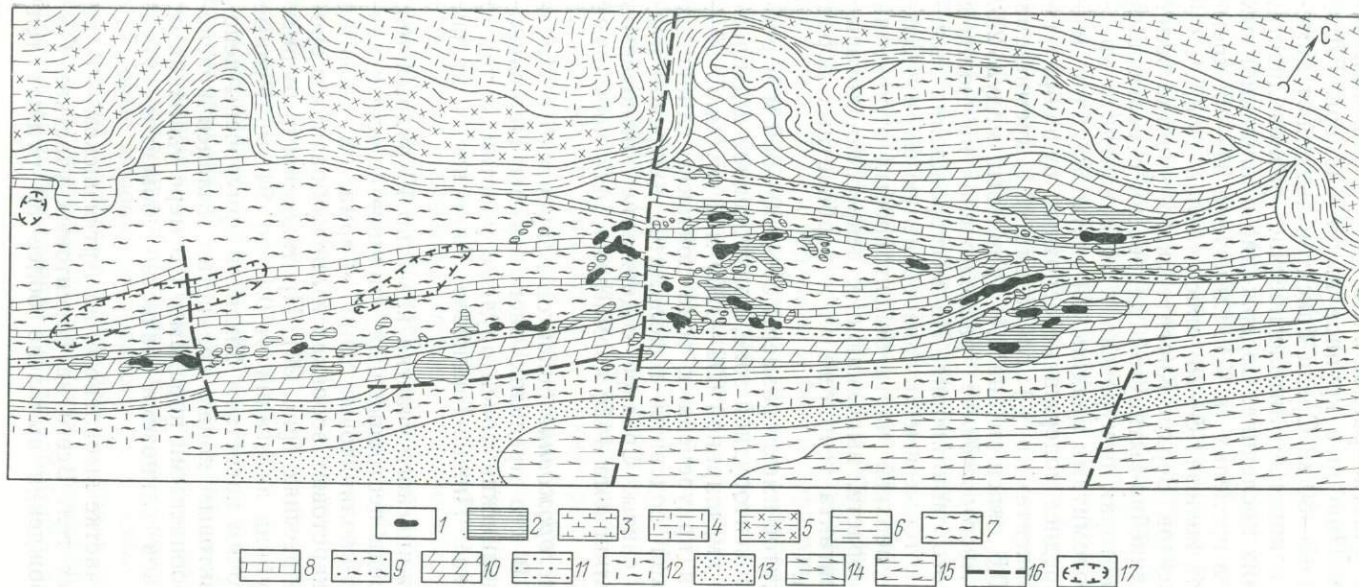


Рис. 29. Схематическая геологическая карта палеозойского фундамента и бокситоносных отложений Порожнинского месторождения. По данным Ангарской ГРЭ (1970 г.):

1 — залежи бокситов; 2 — каолиновые, каолинит-гипсбитовые пестроцветные глины с залежами бокситов, Сг—Рг; породы палеозойского фундамента: 3 — битуминозные доломиты, доломитизированные известняки, доломиты и аргиллиты, С₁и₁; 4 — песчаники с линзами доломитов и аргиллитов машаковской свиты, Р₁С₁и₁ms; 5 — песчаники, аргиллиты, доломиты чистяковской свиты, Р₁С₁и₁cs; 6 — песчаники, алевролиты, аргиллиты аleshинской свиты, Р₁С₁и₁as; отложения потоскуйской свиты, Р₁pt; 7 — глинистые сланцы, аргиллиты джурской толщи, Р₁п₁; 8 — карбонатные породы джурской толщи, 9 — глинистые сланцы, аргиллиты, песчаники красногорской толщи, Р₁п₁; 10 — доломиты, известняки аладынской свиты, Р₁al; 11 — глинистые известняки, доломитизированные известняки свиты картички, Р₁к₁rt; отложения погоруйской свиты: 12 — алевро-глинистые и глинистые сланцы, песчаники, кварциты, Р₁п₁г₁; 13 — песчаники, кварциты, алевролиты, Р₁п₁г₁; 14 — алевролиты, песчаники, алевролитоглинистые сланцы, Р₁п₁г₁; 15 — глинистые сланцы удерейской свиты, Р₁ud; 16 — линии тектонических нарушений; 17 — площади развития древнего карста

Среднее содержание основных компонентов в бокситах (в %): глинозема 43,6, кремнезема 13,1, окиси железа 17,63, окиси титана 2,58; кремневый модуль 3,4.

Ендинское месторождение расположено на восточном крыле Ангаро-Питского синклиория, в зоне сочленения последнего с Сибирской платформой. Оно включает Ендинский, Верхне-Ендинский и Сухой бокситорудные участки, а также Велиндинское, Ендинское, Ельчимское, Каталангское и другие бокситопроявления.

Рудные тела обычно локализуются в контактовой зоне красногорской сланцевой и карбонатной толщ джурской свиты, выполняя крупную долинообразную карсто-котловинную депрессию,

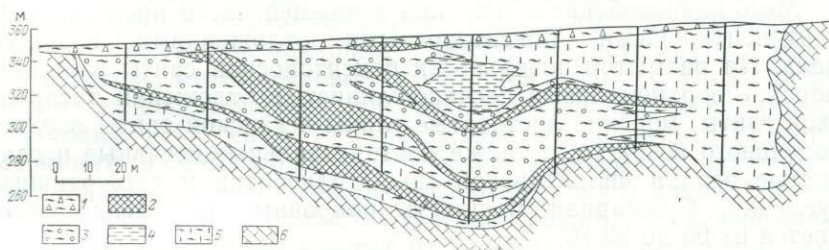


Рис. 30. Геологический разрез рудной залежи Породжинского месторождения:

1 — делювиальные отложения; 2 — бокситы; 3 — бокситовые глины; 4 — глины белые мало-железистые, 5 — глины пестроокрашенные; 6 — известняки, доломиты

которая вытянута вдоль контакта указанных толщ на 20 км при ширине 350—2000 м и глубине до 120 м.

Подрудная толща на месторождении залегает на закарстованной волнистой поверхности карбонатных и отчасти терригенных пород потоскуйской свиты и представлена железистыми гидрослюдисто-каолиновыми и песчанистыми глинами мощностью 25—80 м. Рудный горизонт сложен каолиновыми пестроцветными глинами, аллитами и бокситами суммарной мощностью до 80 м.

На месторождении выявлено 20 рудных тел бокситов линзообразной и карманообразной формы мощностью 1,5—25,6 м. Среднее содержание в них компонентов (в %): глинозема 40,5, кремнезема 13,8, окиси железа 24, окиси титана 2,78; кремневый модуль 2,9.

В результате технико-экономических расчетов института СибЦветметНИИ проект установлен непромышленный характер месторождений Приангарской группы в связи с небольшими залежами, высокой удельной вскрышей, отсутствием транспортных связей в районе и низким качеством бокситовых руд (бокситы могут перерабатываться на глинозем только малоэффективным спекательным способом).

Темирское месторождение расположено в северной части Краснооктябрьской бокситоносной зоны Западно-Тургайского района Тургайской провинции.

Палеозойский фундамент месторождения сложен известняками, порфиритами, их туфами и туфопесчаниками средне-верхневизейского возраста. Среди пород палеозойского фундамента известняки залегают в виде полосы субмеридионального простиранья, которая имеет ширину до 1,5 км и длину до 4 км. Породы фундамента смяты в складки и прорваны мелкими интрузиями диоритов верхнепалеозойского возраста. Бокситовые залежи Темирского месторождения выполняют линейно-вытянутые вдоль контакта известняков с туфопесчаниками и туфами карстовые депрессии.

Мезо-кайнозойские отложения в нижней части представлены континентальными бокситоносными отложениями верхнего мела. На размытой поверхности бокситоносной свиты залегают морские верхнемеловые песчано-глинистые отложения тасаранской свиты, морские листоватые глины чеганской свиты верхнеэоценового возраста, а также континентальные песчаные и глинистые осадки чиликтинской свиты олигоцена и четвертичные суглинки. Суммарная мощность покровных отложений изменяется от 60 до 80 м.

Темирское месторождение представлено десятью бокситовыми залежами. Наиболее крупные из них, в которых содержится преобладающая часть запасов бокситов, приурочены к восточному контакту полосы карбонатных пород.

Рудные залежи месторождения приурочены к эрозионно-карстовым депрессиям, которые расположены вдоль восточного контакта известняков с вулканогенными породами валерьяновской свиты. В вертикальном разрезе рудные тела имеют сравнительно сложное строение и состоят из двух-трех пачек кондиционных бокситов, разделенных прослоями бокситовых и пестроцветных глин. На флангах залежей в поперечном и продольном разрезах они расщепляются на отдельные менее мощные прослои. Мощность кондиционных бокситов по скважинам колеблется от 1 до 65 м.

Бокситы представлены главным образом каменистыми и рыхлыми литологическими разновидностями и в меньшей степени глинистой разновидностью. Соотношение литологических разновидностей бокситов по месторождению: каменистые 43,62%, рыхлые 33,55%, глинистые 22,83%.

Основными рудообразующими минералами являются гиббсит, гётит, гематит, магнетит, гидрогематит и каолинит. Реже встречаются кварц, корунд; аксессуарными являются циркон, ильменит и пирит.

Химический состав руд Темирского месторождения довольно разнообразен и характеризуется значительным колебанием содержания компонентов. Средний химический состав руд по от-

дельным блокам и рудным телам колеблется в значительных пределах.

Среднее содержание компонентов бокситов в рудных залежах изменяется в пределах (в %): глинозема 39,8—45,7, кремнезема 5,9—11,4, окислов железа 20,2—27,1, углерода 0,43—0,94; кремневый модуль 3,5—6,9.

5. Карсто-котловинный тип

Месторождения этого типа залегают в крупных котловинах карстового, эрозионно-карстового и суффозионно-карстового происхождения, которые располагаются, как правило, на площадях развития карбонатных пород, включая зону контактов карбонатных и алюмосиликатных пород, выполненных бокситами и бокситовмещающими песчано-глинистыми осадками. В пределах месторождений этого типа имеются также более мелкие залежи бокситов, приуроченные к сравнительно мелким карстовым депрессиям. Рудные залежи обычно имеют большие мощности кондиционных бокситов, значительные площади рудных тел, повышенное качество бокситовых руд и крупные включения огнеупорных глин. Строение разреза бокситоносных отложений полностью зависит от морфологии вмещающих впадин. К котловинам обычно приурочены очень крупные и большой мощности залежи кондиционных бокситов. Как и на бокситовых месторождениях других типов, морфология, размеры и мощность бокситовых залежей находятся в прямой зависимости от размеров и глубины дорудных котловин и более мелких карстовых депрессий.

Бокситы месторождений этого типа представлены преимущественно каменистой и рыхлой, реже глинистой литологическими разновидностями. Месторождения обычно комплексные, так как бокситоносная свита содержит значительные запасы высокосортных огнеупорных глин. Характерным примером этого типа является Красноярское месторождение Западно-Тургайского района и Центральное месторождение Чадобецкого района.

Красноярское месторождение расположено в центральной части Западно-Тургайского района и приурочено к одноименной бокситоносной зоне. В геологическом строении этого месторождения участвуют дислоцированные породы палеозойского дорудного фундамента и горизонтально залегающие на них отложения мезозоя и кайнозоя. Породы фундамента и бокситоносные осадки не имеют выхода на дневную поверхность и перекрыты песчано-глинистыми отложениями кайнозойского возраста мощностью от 27 до 60 м, в среднем 40 м.

Палеозойский фундамент в северо-восточной части месторождения сложен аргиллитами, алевролитами, песчаниками, известняками, глинистыми сланцами и туффидами верхнего и нижнего

визе. Преобладающая часть палеозойского фундамента сложена в основном породами среднего и верхнего визе и намюра, которые представлены толщей карбонатных пород и вулканогенными породами: андезитовыми порфиритами среднего состава и их туфами, туфобрекчиями и туфопесчаниками. Отложения палеозоя прорваны небольшими по размеру интрузиями диоритов и плагиогранит-порфиров. Отметки кровли палеозойского фундамента на месторождении изменяются от +140 до +200 м.

Поверхность фундамента осложнена разрывными нарушениями преимущественно субширотного направления, а также карстовыми, эрозионно-карстовыми депрессиями и карстовыми воронками, заполненными бокситоносными осадками и бокситами (рис. 31).

Мезозойские и кайнозойские отложения в нижней части представлены образованиями коры выветривания, бокситоносными осадками, которые перекрыты морскими листоватыми глинами чеганской свиты, а также континентальными песчано-глинистыми осадками кутанбукской, чиликтинской, чаграйской, наурзумской и аральской свит и четвертичными суглинками.

Бокситоносные осадки залегают в эрозионно-карстовых, суффозионно-карстовых замкнутых котловинах и карстовых воронках, расположенных на площади развития карбонатных пород, вытянутой в северо-восточном направлении. На месторождении выделено 26 рудных залежей или участков, которые разделены между собой выступами карбонатных пород палеозойского фундамента или пестроцветными глинами подрудной толщи.

По литологическим особенностям и возрасту бокситоносные осадки месторождения разделяются на два горизонта: нижний — подрудный и верхний — бокситорудный. Подрудный горизонт представлен пестроцветными глинами, часто с обломочной структурой, красновато-коричневого, бурого, желтого, иногда до серого цвета. Глины имеют гидрослюдисто-каолинистый состав. В верхней части горизонта иногда залегают небольшие линзы кондиционных бокситов. Возраст подрудного горизонта сеноманский. Бокситорудный горизонт на пестроцветных глинах подрудного горизонта залегают с размывом и сложен преимущественно каменистыми, рыхлыми, сухаристыми и глинистыми разновидностями бокситов. Мощность его колеблется от нескольких метров до 120 м. В верхней части рудного горизонта на наиболее крупных залежах залегают каолинит-лигнитовые глины мощностью до 20 м. Они включают прослои и линзы серых, темно-серых и черных лигнитовых глин. Осадки рудного горизонта по данным спорово-пыльцевого анализа относятся к турон-сантонскому возрасту.

Краснооктябрьское месторождение представлено двумя рудными полями: Северным и Южным. На Северном рудном поле расположено 17 залежей бокситов, на Южном — девять. Все бокситовые залежи приурочены к эрозионно-карстовым, карсто-

котловинным и карстовым впадинам фундамента с весьма сложным рельефом. Наиболее крупные из них образовались в зоне контакта известняков с андезитовыми порфиритами. По форме

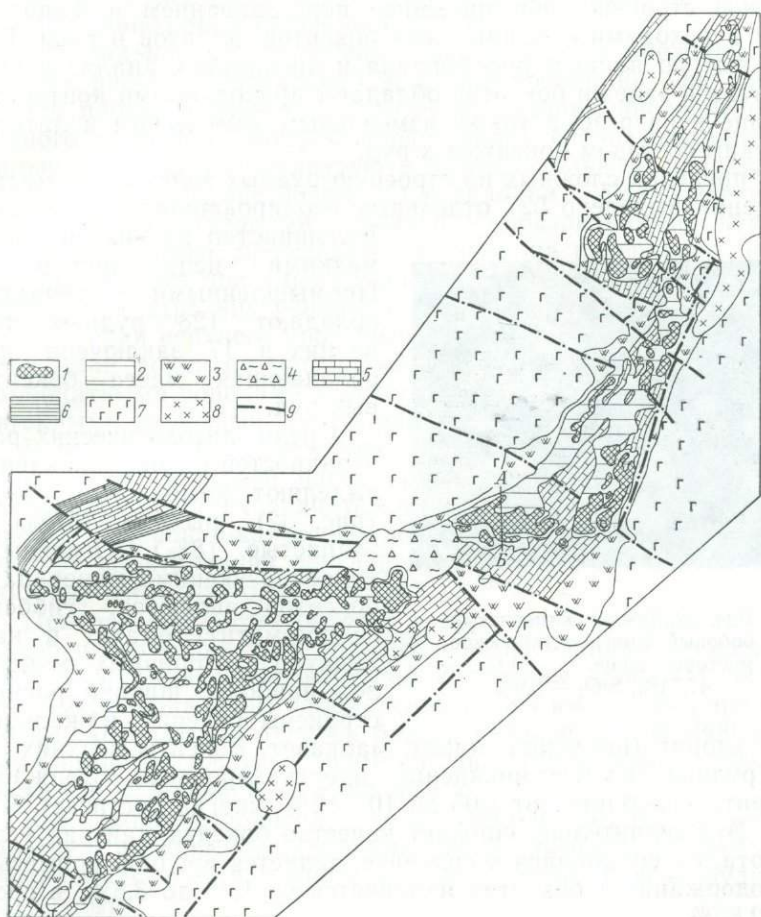


Рис. 31. Геолого-литологическая карта палеозойского фундамента и бокситоносных отложений Красноярского месторождения бокситов. По Д. А. Венкову, Г. Р. Курпалю (1971 г.):

1 — бокситы и бокситовые породы; 2 — бокситоносные отложения: бокситовые, каолиновые и пестроцветные глины, S_1 ; 3 — кора выветривания эффузивно-пирокластических пород; 4 — кора выветривания интрузивных пород; образования визе-намуорского возраста: 5 — известняки, 6 — переслаивание известняков и аргиллитов с туфами и порфиритами, 7 — порфириты и их туфы, 8 — диориты, диоритовые порфириты, плагиограниты, S_1 ; 9 — тектонические нарушения

и строению дорудного рельефа месторождение относится к карсто-котловинному типу, некоторые залежи месторождения являются карстовыми. Морфология бокситовых залежей находится

в прямой зависимости от дорудного рельефа. Рудные залежи представляют собой совокупность линейно-вытянутых или изометричной формы рудных тел, расщепляющихся на флангах как в поперечном, так и в продольном направлениях. Они имеют сложное строение, обусловленное переслаиванием и фаціальными переходами кондиционных бокситов, аллитов и глин. Выделенные по данным опробования и химических анализов рудные тела и залежи бокситов обладают прихотливыми контурами в плане и разрезе, а также изменчивым химическим и литологическим составом бокситовых руд.

В пределах сложных по строению рудных залежей на месторождении выделено 527 отдельных изолированных рудных тел.

Большинство из них являются мелкими непромышленными. Промышленными запасами обладают 128 рудных тел, из них в 17 заключена преобладающая масса бокситовых руд.

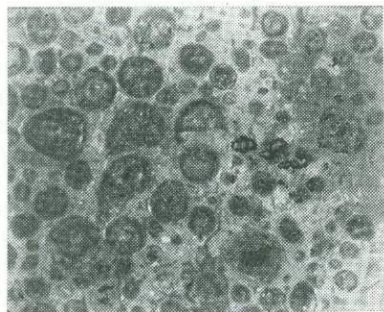


Рис. 32. Боксит каменистый бобовый. Краснооктябрьское месторождение. Al_2O_3 — 47,74%, SiO_2 — 5,6%

Среди литологических разновидностей на месторождении выделяют каменистые (35%) (рис. 32), рыхлые (57%) и глинистые (8%). Основными рудообразующими минералами бокситов являются: гиббсит, гидрогематит, гематит и каолинит. Из вторичных минералов наиболее широко распространены сидерит и кальцит,

реже хлорит (шамозит), пирит, марказит. Бокситы верхних частей рудных тел месторождения сидеритизированы, содержание сидерита колеблется от 1,05 до 10—12%, иногда достигает 21—25%. Это значительно снижает качество боксита, так как углекислота, содержащаяся в сидерите, является вредной примесью. Ее содержание в бокситах изменяется от 1,48 до 3,8%, в среднем 2,85%.

Химический состав бокситов характеризуется значительным колебанием содержаний компонентов. Содержание глинозема в бокситах колеблется в среднем по различным рудным телам от 41,78 до 49,86%, кремнезема от 5,23 до 14% и окиси железа от 7,21 до 24,22%.

В зависимости от технологических особенностей и использования бокситовых руд в промышленности (производство глинозема и черная металлургия) среди бокситов выделяются следующие типы или сорта руд: гидрохимические (байеровские), спекательные и металлургические.

Краснооктябрьское месторождение является комплексным,

так как в составе рудного горизонта содержатся значительные запасы аллитов, огнеупорного сырья в виде гиббситсодержащих каолинистых глин, а в бокситах — ценные элементы-примеси.

К аллитам относятся бокситовые породы с содержанием глинозема не менее 36%, кремневым модулем выше 1,5 и соотношением глинозема к окиси железа более 1,5.

Центральное месторождение расположено в пределах Чадобецкого района Центрально-Сибирской провинции. Оно приурочено к площади развития известняков одноименного куполообразного поднятия, которое представляет собой брахиантиклинальную складку, вытянутую в меридиональном направлении на 45 км при ширине 30 км. Ядро складки сложено верхнепротерозойскими породами, крылья — образованиями кембрия. Породы верхнего протерозоя выходят на поверхность в двух местах, образуя два ядра поднятия: северное и южное. Обрамляются эти ядра внутренним кольцом терригенных пород тасевской серии верхнего протерозоя — нижнего кембрия. Затем по периферии поднятия расположено внешнее кольцо, сложенное карбонатными породами ленского яруса нижнего кембрия и терригенными породами верхнеленской свиты верхнего кембрия.

Бокситоносные отложения наибольшим развитием пользуются в центральной части брахиантиклинали; на площадях внешнего кольца их значительно меньше. Залегают они в обширных эрозионно-карстовых депрессиях и карстовых воронках на коре выветривания верхнепротерозойских и нижнепалеозойских карбонатных толщ (рис. 33).

Центральное месторождение приурочено к центральной части Чадобецкого поднятия и находится на юго-западном склоне обширной эрозионно-тектонической котловины (рис. 34), вытянутой в меридиональном направлении на 3,5 км при ширине около 1,8 км. Абсолютные отметки бортов котловины 220—300 м, минимальные абсолютные отметки дна котловины в северной части 130 м, в южной — около 30 м.

Котловина выполнена бокситоносными осадками, которые залегают на коре выветривания пород древнего фундамента и разделяются на три горизонта: подрудный, бокситорудный и надрудный.

Подрудный горизонт сложен делювиальными образованиями, представленными охристо-желтыми песчанистыми глинами с гнездами и линзами каолинистых глин и включениями обломков бурого железняка и коренных пород; мощность горизонта 30—40 м.

Бокситорудный горизонт залегают с размывом на неровной поверхности подрудного осадочного горизонта и делится на два подгоризонта. Нижний подгоризонт общей мощностью 10—15 м представлен алевролитовыми глинами, высокоглиноземистыми бурыми железняками с линзами железистых бокситов. Верхний подгоризонт сложен рыхлыми, каменистыми и глинистыми

литологическими разновидностями бокситов, а также бокситовыми породами с линзами каолинитовых и лигнитовых глин. Максимальная мощность подгоризонта в наиболее пониженных участках котловины достигает 80 м. Между нижним и верхним



Рис. 33. Схематическая геологическая карта Центрального месторождения бокситов. По данным Чадобецкой ГРП (1969 г.):

1 — бокситы каменистые, рыхлые и глинистые; 2 — глины бокситовые, аллиты; 3 — глины пестроокрашенные, каолинитовые; глинистые образования коры выветривания пород дорудного фундамента; 4 — глинистых, алевролит-глинистых и кремнистых сланцев, алевролитов и песчаников; 5 — щелочных ультраосновных пород

подгоризонтами иногда залегает межрудная пачка каолинитовых глин мощностью 30—40 м.

Надрудный горизонт залегает с размывом на бокситорудном и представлен алевролитовыми глинами бурой окраски с обломками кремнистых пород бурового железняка и каменистого боксита. В плане и по вертикали бокситы обычно переходят в аллиты и глины. В средней части разреза в некоторых случаях наблюдается два и более горизонтов бокситов. Подрудный горизонт распространен значительно шире, чем рудный.

На Центральном месторождении железистые продукты переотложения латеритного панциря залегают в нижней части осадочной бокситоносной толщи. Кондиционные бокситы повышенного качества располагаются в верхних частях разреза, образуя линзообразные залежи, отделенные от железистого горизонта прослоями бокситовых каолинитовых глин, а также углей. Такое строение бокситоносной толщи отражает разрез латеритного профиля выветривания.

Центральное месторождение включает несколько рудных залежей, располагающихся на двух разных гипсометрических уровнях. Большинство из них связано с верхним рудным подгоризонтом, некоторые — с нижним. Каждая залежь в свою очередь состоит из ряда рудных тел. Крупные рудные тела характеризуются сложной пластообразной формой с многочисленными раздувами и пережимами, а мелкие — линзовидной и карманообразной формой.

По литологическому составу выделяются каменистые бокситы (47%), обычно слагающие центральные части крупных залежей, рыхлые (33%), окаймляющие каменистую разность, и глинистые (22%), приуроченные в основном к флангам, а также к почве и кровле рудных тел бокситов. По минеральному составу

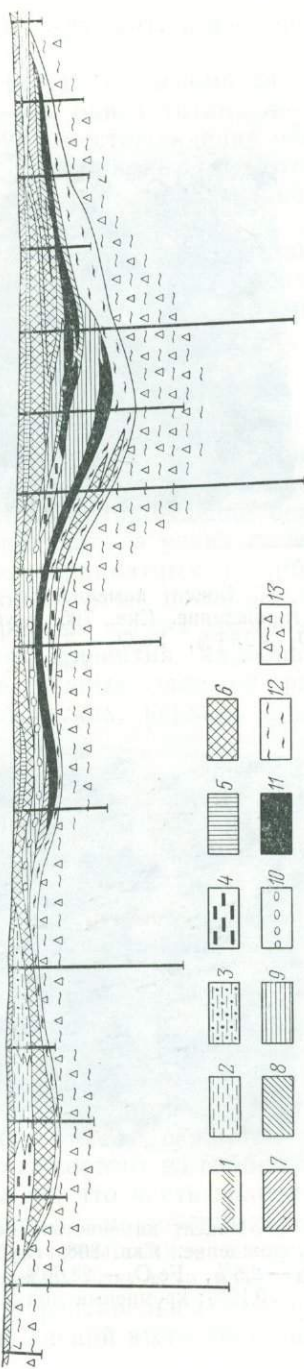


Рис. 34. Геологический разрез Второго рудного тела Центрального месторождения. По данным Чалобекской ГРП (1965 г.).
 1 — четвертичные суглинки; 2 — каолиновые глины олигоценца; 3 — пески с обломками и линзами переотложенных бокситов; 4 — углистые глины; бокситоносные отложения (рудная толща) верхнего мела (сеона); 5 — тонкодисперсные каолиновые глины, 6 — бокситы каменистые и рыхлые верхнего рудного горизонта, 7 — бокситы глинистые, 8 — бокситы железистые, 9 — бокситовые глины, 10 — подокатан-ные обломки пород фундамента, бокситов, бурых железняков и кварца, 11 — железистые бокситы нижнего рудного горизонта; отложения подрудной толщи: 12 — брекчиевидные глинистые отложения с обломками фундамента; 13 — глины пестроокрашенные, брекчиевидные, с обломками кремнистых пород железняка и пород фундамента

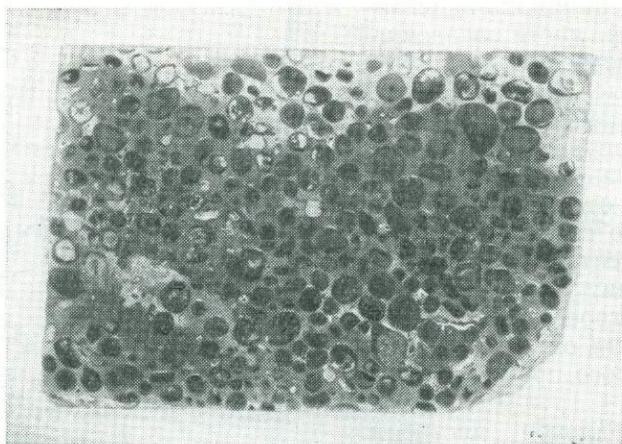


Рис. 35. Боксит каменный, железистый. Центральное месторождение. Скв. 795, глуб. 19 м. Al_2O_3 —37,24%, SiO_2 —2,14%, Fe_2O_3 —7,2%; кремневый модуль 17,4. Уменьш. 1,5

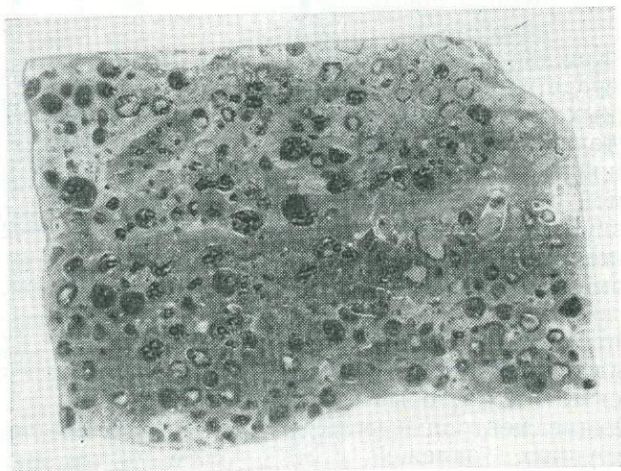


Рис. 36. Боксит каменный, осветленный. Центральное месторождение. Скв. 808, глуб. 55 м. Al_2O_3 —46,82%, SiO_2 —2,8%, Fe_2O_3 —23,66%, TiO_2 —6,72%, п. п. п.—20,10%; кремневый модуль 11,5. Уменьш. 1,5

бокситы относятся к гиббсит-гематитовому и каолинит-гиббситовому типам.

Содержание в бокситах (в %): глинозема 24—36, кремнезема 5—16, окиси железа 15—40, окиси титана 5—18; кремневый модуль 5,3. Бокситовые руды месторождения обычно имеют бобовую структуру (рис. 35, 36) и характеризуются повышенным содержанием минералов титана и сравнительно низким содержанием глинозема.

На Центральном месторождении подсчитаны запасы каолиновых огнеупорных глин, которые залегают преимущественно в нижнем рудном подгоризонте, реже над бокситами.

6. Контактво-карсто-котловинный тип

Эти месторождения представляют собой сочетание признаков карсто-котловинных и контактово-карстовых месторождений (Кирпаль, 1976). Формирование месторождений бокситов этого типа в начальные этапы происходило в узких линейно-вытянутых вдоль зоны контакта алюмосиликатных и карбонатных пород депрессиях. В завершающий этап преобладающая масса бокситов формировалась в краевых частях дорудных котловин, образовавшихся на площадях развития карбонатных пород. В результате нижняя часть рудных залежей располагается в карстовых воронках и депрессиях, верхняя — находится на склонах обширных котловин.

Породы бокситоносной толщи в большинстве случаев располагаются на периферических частях пологих склонов обширных эрозионно- и суффозионно-карстовых депрессий. Они литологически одинаковы по всей площади месторождения или всего бокситоносного района и представлены различными литологическими разновидностями бокситов, аллитов, гиббсит-каолиновых и пестроцветных глин. Среди бокситов выделяются каменистые, рыхлые, сухаристые и глинистые разновидности, которые связаны между собой постепенными переходами.

Для этого типа месторождений характерно широкое развитие сухаристых бокситов, которые в некоторых случаях образуют отдельные линзы и пласты, а также присутствие иногда мощных пластов углистых глин, лигнитов и углистых бокситов. Последние представляют собой легкие сажистые или лигнитоподобные породы, зола которых состоит из гиббсита с примесью каолинита. Это указывает на то, что часть залежей этого типа месторождений формировалась в заболоченных условиях.

Эти месторождения имеют повышенное качество бокситов, характеризуются наличием среди бокситов высокосортных каолиновых огнеупорных глин, рентабельны для промышленной отработки. Примером месторождений этого типа является Амангельдинская группа.

Амангельдинская группа месторождений расположена в пределах одноименного района, в западной части Центрально-Казахстанской бокситоносной провинции в вер-

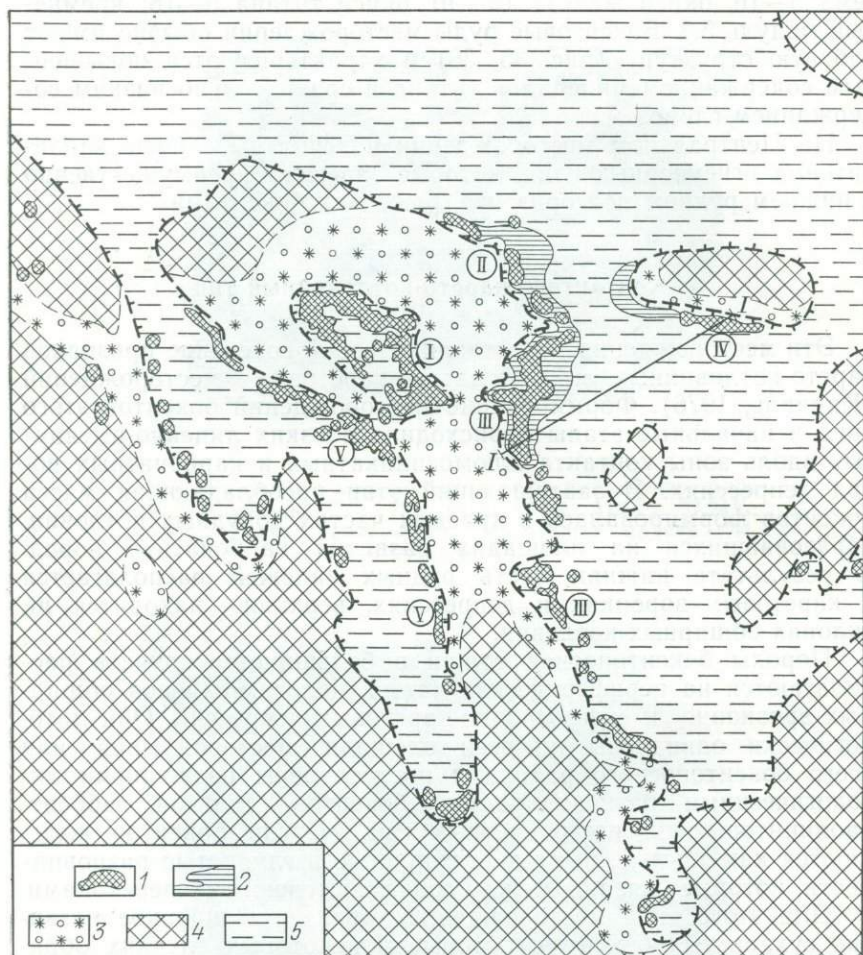


Рис. 37. Литолого-палеогеографическая схема палеоцен-эоценового времени Амангельдинского бокситоносного района:

1 — бокситы каменные, рыхлые и глинистые; 2 — гилы бокситоносные пестроцветные, каолиновые; 3 — области развития коры выветривания песчано-глинистых сланцев, реже гнейсов и гранитов; 4 — области суши с мелкосопочным рельефом; 5 — предполагаемые водные бассейны максимальной фазы бокситообразования; месторождения бокситов (цифры в кружках): I — Аркалыкское, II — Северное, III — Верхне-Ашутское, IV — Уштобинское, V — Нижне-Ашутское

ховьях р. Ащитастытургай. В состав группы входят пять важных обособленных промышленных месторождений бокситов, которые образуют центральное рудное поле бокситоносного

района. Это Аркалыкское, Северное, Верхне-Ашутское, Нижне-Ашутское и Уштобинское месторождения (рис. 37).

Геологически район месторождений имеет двухъярусное строение: нижний ярус — складчатый фундамент, сложенный дислоцированными метаморфическими, осадочными и изверженными породами докембрия и палеозоя, верхний ярус — горизонтально залегающая континентальная песчано-глинистая толща мезо-кайнозойских отложений — располагается на неровной поверхности размытого палеозойского фундамента.

Наиболее древние верхнепротерозойские и нижнекембрийские образования слагают западную и южную части района месторождений и представлены кристаллическими сланцами, гнейсами, кварцитами, основными эффузивами и их туфами, кремнистыми сланцами. Эти породы прорваны каледонскими гранитоидными интрузиями.

Центральная часть района месторождений сложена песчано-глинистыми и карбонатными породами среднего и верхнего девона и нижнего карбона. В нижней части девонские отложения представлены конгломератами, аркозовыми и полимиктовыми песчаниками, выше залегают красноцветные песчано-глинистые и гидрослюдистые сланцы и аргиллиты франского яруса. Последние постепенно без перерывов сменяются известняками, доломитизированными и глинистыми известняками фамена и нижнего турне. Выше трансгрессивно залегают кремнистые известняки и мергели верхнего турне, которые постепенно сменяются переслаиванием аргиллитов, алевролитов, известняков и песчаников визейского яруса. Заканчивается разрез палеозоя Амангельдинской группы месторождений отложениями намюра, представленными сероцветными песчаниками, алевролитами и глинистыми известняками.

На породах палеозойского фундамента развита древняя кора выветривания мощностью от нескольких метров до 50—60 м. На последней залегают аркалыкская бокситоносная свита палеоцен-эоценового возраста, представленная в нижней части песчано-глинистыми отложениями, на которых располагаются каменные, рыхлые, сухаристые и глинистые бокситы. Бокситы фациально сменяются гиббситсодержащими огнеупорными глинами каолинитового состава.

На бокситоносной свите залегают толща олигоценовых пород, среди которых выделяется маломощная чаграйская свита, представленная крупнозернистыми кварцевыми песками и слабосцементированными песчаниками. Выше лежит наурзумская свита, сложенная пестроокрашенными тонкодисперсными глинами. На них располагается аральская свита, представленная плотными гипсоносными монтмориллонитовыми глинами. На последней залегают жиландинская свита красно-бурых суглинков с известняками и гипсовыми конкрециями. Разрез мезо-кайнозоя заканчивается четвертичными суглинками и супесями.

Рудные залежи и бокситоносные участки Амангельдинского района сконцентрированы в пяти бокситоносных зонах, которые приурочены к контакту алюмосиликатных (песчано-глинистых) пород франского яруса и карбонатных пород (известняков и доломитов) фамена. Три бокситоносные зоны: Актасская, Нижне-Ашутская и Верхне-Ашутская вытянуты в субмеридиональном направлении, одна (Аркалыкская) имеет овальную форму, Уштобинская зона протягивается в широтном направлении. Каждая из зон, как правило, образует самостоятельное месторождение, а Верхне-Ашутская зона состоит из двух месторождений: Северного и Верхне-Ашутского.

Большинство бокситовых залежей на месторождениях Амангельдинской группы относятся к контактово-карсто-котловинному типу, но некоторые мелкие залежи являются типично карстовыми. Залежи обычно состоят из нескольких рудных тел, которые залегают горизонтально или слабо наклонены и имеют очень неровную почву и кровлю.

Залежи бокситов обычно приурочены к краевым частям дорудных котловин, образовавшихся на площадях развития карбонатных пород. В связи с этим они залегают на склонах депрессий, приуроченных к контакту алюмосиликатных пород с карбонатными. Нижние горизонты некоторых залежей месторождения расположены в линейно-вытянутых вдоль структур палеозойского фундамента узких и глубоких долинообразных карстовых и эрозионно-карстовых депрессиях (рис. 38, 39).

Рельеф дорудного фундамента во время бокситонакопления был сравнительно простым. Здесь выделяются Улутавское, Тастинское, Аркалык-Ашутское и Уштобинское поднятия и Акжаро-Ашутская, Аркалыкская, Верхне-Ашутская и Аркалык-Тастинская депрессии. Поднятия отвечают антиклинальным структурам, депрессии — синклиналим, сложенным, как правило, карбонатными и терригенно-карбонатными породами. Относительные превышения в рельефе изменяются от единиц метров до нескольких десятков метров.

Во время бокситообразования на площадях депрессий, по видимому, существовали континентальные водные бассейны, по берегам которых (сложенным алюмосиликатными породами) происходило интенсивное химическое выветривание пород фундамента.

Поднятия в эпоху бокситонакопления служили сушей. На склонах большинства депрессий вдоль зоны контакта красноцветных песчано-глинистых пород франа и карбонатных пород фамена и турне в первую стадию бокситообразования происходило формирование линейно-вытянутых и изометричных карстовых воронок и депрессий и заполнение их бокситоносными осадками. В стадию максимального бокситонакопления образование бокситов в большинстве случаев переместилось на склоны депрессий, сложенные алюмосиликатными породами.

Бокситы и генетически связанные с ними огнеупорные глины залегают на глубине от 0 до 150 м. Они располагаются в виде непрерывной цепочки обособленных рудных залежей, разделенных участками некондиционных пород. Бокситовые залежи представляют собой различного размера горизонтальные или

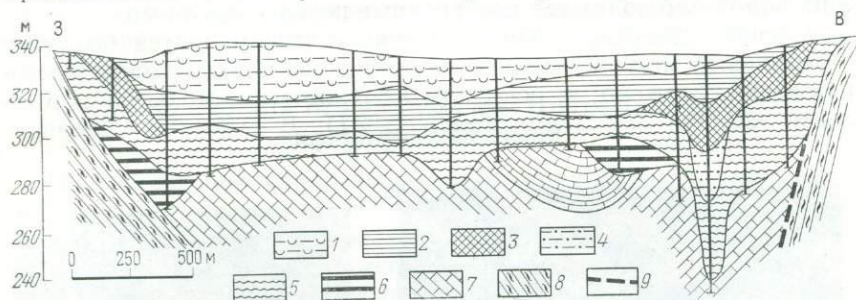


Рис. 38. Геологический разрез по линии I—I Аркалыкского месторождения: 1 — глины зеленовато-серые, плогные, N_1^1 ; аральская свита; 2 — глины пестроцветные, Pg_3^3 , наурузмская свита; 3 — бокситы каменные рыхлые и глинистые; 4 — углисто-глиноземистая порода; 5 — глины подрудные; 6 — глины коры выветривания; 7 — известняки, D_3f и C_1f ; 8 — песчано-глинистые сланцы, D_3fg ; 9 — линии тектонических нарушений

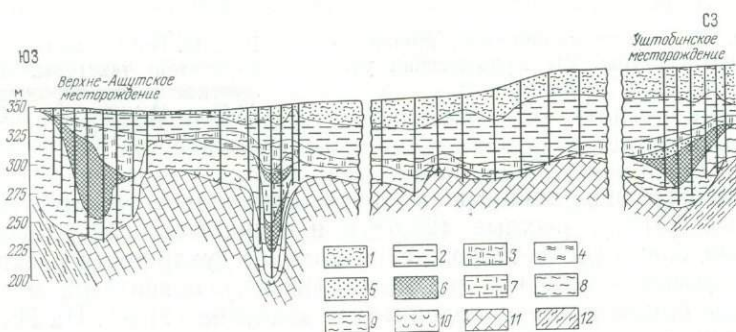


Рис. 39. Геологический разрез по линии I—I Верхне-Ашутского и Уштобинского месторождений:

1 — четвертичные суглинки; 2 — глина плотная, зеленовато-серая, аральская свита; 3 — глина пестроцветная, наурузмская свита; 4 — глина белая и пятнистоокрашенная, наурузмская свита; 5 — песок глинистый, чагайская свита; 6 — бокситы каменные, рыхлые, глинистые и бокситовые глины (рудный горизонт); 7 — глины междрудные, желтые, полосчатые; 8 — глины бурые и желтые (подрудный горизонт); 9 — глины темно-серые и черные; 10 — глины коры выветривания; 11 — известняки верхнего девона и нижнего карбона; 12 — песчано-глинистые сланцы и алевролиты франского яруса

пологонаклонные линзы неправильного извилистого очертания в плане. Мощность залежей колеблется от 1 до 60 м.

Литологический состав бокситов и вмещающих пород является для всех месторождений района сравнительно однообразным. Бокситы обычно представлены каменными, рыхлыми,

сухаристыми и глинистыми литологическими разновидностями, а огнеупорные глины — гибситсодержащими каолинитовыми разновидностями. Пестроцветные вмещающие бокситы глины также имеют каолинитовый состав. Между различными литологическими разновидностями бокситов, огнеупорных глин и вмещающих пород наблюдаются постепенные переходы.

Степень участия литологических разновидностей бокситов в различных месторождениях не одинакова. Аркалыкское месторождение сложено в основном каменистыми (46,63%) и рыхлыми (29,1%) бокситами (рис. 40, 41). В строении Северного

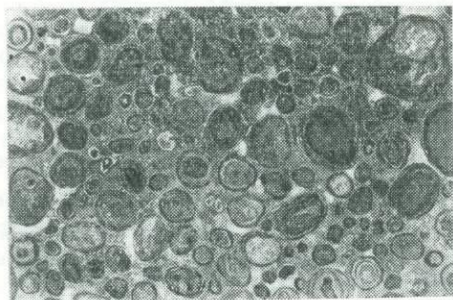


Рис. 40. Боксит каменистый, крупнобобовой текстуры. VII Аркалыкский участок



Рис. 41. Боксит каменистый, трубчатой текстуры. Аркалыкское месторождение.
 Al_2O_3 — 41,16%; SiO_2 — 7,44%

месторождения принимают почти одинаковое участие каменистые (31%), рыхлые (23,6%) и глинистые (27%) бокситы. Верхне-Ашутское месторождение сложено сухаристыми (32,6%), глинистыми (26,2%) и рыхлыми (22,2%) бокситами, а каменистые бокситы имеют подчиненное значение (11%). На Нижне-Ашутском месторождении каменистые бокситы составляют 34,4%, рыхлые — 28,4%, сухаристые и глинистые — 17,4%.

Основными бокситообразующими минералами являются гибсит, гематит и каолинит. Их содержание изменяется в зависимости от литологической разновидности и сортности руд. Из второстепенных минералов выделяют корунд, галлуазит, кварц, гётит, рутил, гипс, кальцит и др.

Химический состав бокситов Амангельдинской группы очень пестрый и не выдержан как по залежам, так и по рудным телам. Он характеризуется значительным колебанием компонентов (в %): глинозема от 28 до 60, а в среднем по месторождениям от 26,42 до 57,11; кремнезема от 1,8 до 20, а в среднем 9,57—14,54; окиси железа от 0,5 до 30, а в среднем 11,2—14,56.

В зависимости от потребления (производство глинозема,

черная металлургия, абразивная промышленность) бокситовые руды разделяются на следующие сорта или типы: гидрохимические (байеровские), спекательные, металлургические и абразивные.

Бокситовые месторождения Амангельдинского района являются комплексными, так как бокситовые осадки содержат высокосортные огнеупорные глины, а бокситовые руды — ценные элементы-примеси.

VI. ГРУППА ОСАДОЧНЫХ МЕСТОРОЖДЕНИЙ КАРБОНАТНЫХ ТОЛЩ

Месторождения карбонатных толщ приурочены к геосинклинально-складчатым областям. Впервые в самостоятельный генетический тип эти месторождения выделил А. В. Пейве (1947). Эти месторождения залегают на закарстованной поверхности карбонатных пород и образовались в геосинклинальных условиях во время континентальных перерывов в накоплении морских осадков.

Месторождения карбонатных толщ приурочены к герцинским и альпийским складчатым сооружениям, возникшим на месте Уральской, Алтае-Саянской, Тянь-Шаньской, Средиземноморской и других геосинклиналей.

Эти месторождения, как справедливо отмечает Г. И. Бушинский (1967), залегают среди морских карбонатных отложений на поверхности карбонатных пород, лишенных терригенного материала. Формирование месторождений бокситов происходило вслед за перерывом в осадконакоплении. Для этой группы месторождений наблюдается цикличность в образовании бокситоносных отложений. Каждый цикл обычно начинается бокситовым горизонтом, который сменяется вверх темно-серыми битуминозными и затем серыми рифоподобными известняками. Формирование дорудной закарстованной поверхности на карбонатных породах в различных геосинклинальных областях происходило в разные этапы их развития. Карст иногда возникал вскоре после заложения геосинклинали, и развитие его продолжалось почти на всех этапах ее истории. Формирование карста и накопление бокситов происходило во время континентальных перерывов обычно на рифогенных известняках мелководного происхождения. Для накопления промышленных залежей бокситов необходима относительно небольшая длительность перерывов в осадконакоплении. В мелководных районах достаточно небольшого поднятия морского дна, чтобы море отступило, появилась суша, началось выветривание и образование бокситов в карстах. Далее происходит небольшое опускание, образовавшиеся бокситоносные осадки погружаются ниже уровня моря и перекрываются новым слоем карбонатных пород.

Бокситы этой группы располагаются в краевых частях геосинклинальных областей, что характерно для месторожде-

ний Южно-Уральского бокситоносного района, Крыма, Карпат, района Лржеж во Франции, а также к внутренним частям геосинклинальных областей (Сапожников, 1971): месторождения Северно-Уральского района, Южной Ферганы, Бердско-Майское на Салаире, бокситовые месторождения Югославии, Австрии и др.

В геосинклинальных областях бокситы, как правило, занимают определенное стратиграфическое положение. Они приурочены к перерывам в осадконакоплении и всегда располагаются выше поверхности несогласия. Эти перерывы обычно кратковременны и прослеживаются в толще пород одного яруса или горизонта. В некоторых случаях формирование бокситов связано с более длительными перерывами, когда бокситы залегают на границе фундамента и осадочного чехла платформенных областей. Одной из основных закономерностей, контролирующих размещение геосинклинальных бокситов, является их приуроченность к толщам карбонатных пород.

В геосинклинальных областях бокситоносные карбонатные отложения часто локализируются в краевых частях крупных прогибов или в периферических частях поднятий. Наиболее перспективными для поисков бокситов являются районы, где карбонатные породы расположены вблизи развития пород благоприятного состава (эффузивные породы основного и среднего состава, различные сланцы и т. д.), по которым могла развиваться аллитная и латеритная кора выветривания, служащая источником основных рудных компонентов при формировании бокситов. К карбонатным формациям приурочены карсто-пластообразный, карсто-котловинный, карсто-линзообразный и карсто-воронковый типы бокситовых месторождений.

1. Карсто-пластообразный тип

К карсто-пластообразному типу относятся месторождения, имеющие пласто- и линзообразную форму в верхней части, кармано- и гнездообразную в нижней части бокситовых залежей. Поверхность кровли этих месторождений обычно ровная или слабоволнистая, в то время как почва неровная, изрезанная, сильнозакарстованная, с выступами и углублениями до нескольких (иногда десятков) метров. Рельеф почвы обусловлен неровностями кровли рифовых известняков и дорудным карстовым рельефом, на котором происходило формирование месторождений этого типа. В некоторых случаях почва бокситовых залежей относительно ровная, например на месторождениях Южно-Уральского района и Притока — Машин Дол (Югославия). Месторождения имеют очень крупные и средние размеры залежей, прослеживаются на сотни метров или несколько километров, мощность их достигает 5—7 м, иногда 10—12 м.

Карсто-пластообразные месторождения карбонатных толщ часто приурочены к окраинным частям геосинклинальных прогибов и располагаются в зоне их примыкания к выступам кри-

сталлического фундамента платформы или внутригеосинклинальных массивов. Формирование месторождений происходило в пределах узких, линейно-вытянутых бокситоносных зон, которые иногда в одной и той же области повторяются и смещаются в последующее время от геосинклинали к прилегающей платформе. Месторождения этого типа распространены в позднем рифее (венде), среднем и позднем девоне, раннем и позднем мелу и палеогене.

Этот тип месторождений связан исключительно с карбонатными и карбонатно-сланцевыми формациями и приурочен к перерывам в осадконакоплении карбонатных толщ. Бокситы перекрываются в большинстве случаев темно-серыми известняками с повышенным содержанием органического вещества, а подстилаются рифогенными известняками. Бокситоносные толщи обычно смяты в складки и нарушены разрывами.

Бокситы карсто-пластообразных месторождений обычно отличаются высоким и выдержанным качеством и устойчивой мощностью рудных залежей. Преобладают моногидратные диаспор-бёмитовые, диаспоровые и бёмитовые разности бокситов; слабодислоцированные месторождения мелового возраста иногда содержат гиббсит.

Месторождения этого типа развиты в Северо-Уральском, Южно-Уральском, Салаирском (Агеенко, 1970), Боксонском и других бокситоносных районах СССР, а также в Венгрии, Франции, Югославии и других странах.

В связи с тем, что месторождения пластообразного типа являются погребенными, их добыча осуществляется подземным способом, но некоторые месторождения Югославии, Венгрии и Франции разрабатываются карьерным способом.

Ниже приведена характеристика карсто-пластообразных месторождений, формирование которых происходило в различных тектонических условиях: окраинных частях внутригеосинклинальных поднятий (Северо-Уральская группа месторождений), на границе Уральской геосинклинали и Русской платформы (Южно-Уральская группа месторождений), центральной части Средиземноморской геосинклинали (месторождение Притока — Машин Дол, Югославия), в пределах Паннонского срединного массива (месторождения Халимба, Искасентдьердь и др.).

Северо-Уральская группа месторождений. В состав Северо-Уральской группы входят следующие месторождения: Красная Шапочка, Калининское, Новокалинское, Черемуховское, Сосвинское и Всеволодо-Благодатское, а также ряд бокситопроявлений.

Месторождения приурочены к плоской меридионально вытянутой депрессии, ограниченной с запада Предуральской грядой, сложенной главным образом основными эффузивами (андезитобазальтовыми и диабазовыми порфиритами), прорванными интрузиями габбро и гранодиоритов. В восточной части района

расположена полоса увалов, сложенных андезито-базальтовыми порфиритами.

В геологическом строении Северо-Уральской группы месторождений (рис. 42) принимают участие образования верхнего силура и девона (Родченко, 1964; Большун, 1970; Большун, Ткаченко, 1970). Венлокский ярус силура представлен андезито-базальтовыми порфиритами (покровская свита). Выше по разрезу располагаются образования лудловского яруса, которые в нижней части сложены массивными розовыми известняками (воскресенская свита) и слоистыми известняками темно-серого цвета (колонгинская свита), а в верхней — диабазовыми порфиритами, конгломератами, туфобрекчиями, туфосланцами с прослоями серых известняков (сосьвинская свита).

Непосредственно бокситы субровского горизонта подстилаются нерасчлененными отложениями лудловского и жединского ярусов. В нижней части они сложены конгломератами, песчаниками, сланцами и темно-серыми битуминозными известняками сарайной свиты, а в верхней — рифогенными известняками розового и светло-серого цвета петропавловской свиты.

На неровной закарстованной поверхности рифогенных известняков петропавловской свиты располагаются бокситовые залежи субровского горизонта.

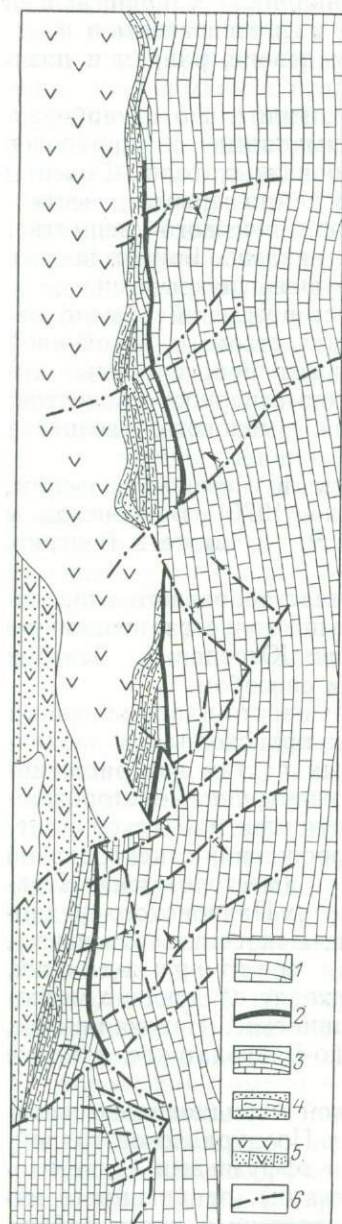


Рис. 42. Схематическая геологическая карта Северо-Уральского бокситоносного района. По Е. С. Гуткину и Ю. М. Родченко (1965 г.) с дополнением Г. Р. Кирпалы:

1 — карбонатные отложения: известняки рифовые, битуминозные, глинисто-известковые сланцы, D_2 ; 2 — бокситоносные отложения; 3 — известняки светлые, рифовые, D_1 , петропавловская свита; 4 — известняки, глинистые сланцы, песчаники и конгломераты, S_2^2 — D_1^1 , сарайская свита; 5 — порфириты с прослоями песчаников и известняков, S_2^2 , сосьвинская свита; 6 — тектонические нарушения

Перекрываются бокситы известняками эйфельского яруса, в разрезе которых выделяются три обособленных горизонта (снизу вверх): темно-серые, битуминозные, амфипоровые, слоистые; светло-серые, массивные, рифогенные; темно-серые, плитчатые и тонкоплитчатые с прослоями глинистых и глинисто-кремнистых сланцев. Выше в разрезе залегают известняки жигетского и франского ярусов.

Возраст бокситового горизонта является нижнейфельским, но в пределах Северо-Уральского района известны рудопоявления и верхнейфельского возраста, которые не имеют промышленного значения.

В тектоническом отношении Северо-Уральский бокситоносный район располагается в западной части Нижне-Тагильского синклинария. Бокситовое оруденение приурочено к моноклиальной зоне западного крыла крупной Шегульганской синклинали, сложенной известняками силура и девона. Весь комплекс пород имеет восточное падение под углом $18-40^\circ$.

В пределах бокситоносной полосы широко развиты дизъюнктивные нарушения (преимущественно крутопадающие сбросы и взбросы) с различными амплитудами смещения, наиболее крупные из них имеют субширотное или диагональное (косоширотное) простирание, вертикальную амплитуду смещения около 200—400 м и протяженность более 10 км (Северо-Черемуховский, Центрально-Черемуховский, Южно-Черемуховский и другие сбросы). Границами месторождений и участков являются, как правило, крупные дорудные тектонические нарушения. В настоящее время выделено 11 главных дорудных сбросов, разбивающих площадь бассейна на ряд опущенных и приподнятых блоков (Е. С. Гуткин, Ю. М. Родченко, 1965 г.). Опущенные в дорудное время блоки явились наиболее благоприятными структурами для бокситонакопления. Помимо указанных сбросов геологоразведочными выработками зафиксировано более 240 пострудных тектонических нарушений, которые влияют на качество бокситового оруденения на участках, примыкающих к плоскостям смещения.

Промышленное оруденение связано с субровским горизонтом, залегающим среди известняков девона (эйфельский ярус). Подошвой рудного горизонта являются рифогенные массивные известняки петропавловской свиты (жединский ярус) с очень неровной поверхностью, в кровле находятся битуминозные известняки, глинистые, местами углистые сланцы эйфеля (рис. 43). Рудный горизонт подразделяется на два подгоризонта: нижний — красных марких, немарких и яшмовидных бокситов и верхний — пестроцветных пиритизированных бокситов. Мощность красных бокситов колеблется от нескольких сантиметров до 22 м, изредка более (в карстовых воронках). Мощность подгоризонта пестроцветных бокситов достигает 3 м, в среднем 0,5—0,7 м. Красные маркие бокситы заполняют

впадины в известняках почвы, красные немаркие и яшмовидные бокситы тяготеют к склонам депрессий, пестроцветные имеют повсеместное распространение. Основную промышленную ценность представляют красные бокситы, запасы которых составляют на отдельных месторождениях 85—97%.

Месторождения бокситов Северо-Уральского района приурочены к обширной древней карстовой провинции. Основная масса промышленных руд залегает в крупных депрессиях дорудного



Рис. 43. Боксит маркий, вишнево-красный. Месторождение Красная Шапочка.
 Al_2O_3 — 55%, SiO_2 — 2,5%

карстового рельефа. Безрудные участки имеют неправильные очертания, приурочены в большинстве случаев к дорудным возвышенностям, на которых боксит не отлагался или сносился с них в близлежащие участки. Кровля бокситов ровная, представлена битуминозными известняками и глинистыми сланцами. При формировании бокситов снос материала происходил с запада. Источником основных бокситообразующих компонентов служили массивы верхнесилурийских эффузивно-обломочных пород.

Рудные залежи бокситовых месторождений Северо-Уральской группы имеют сложную пластообразную форму, которая обусловлена рельефом подстилающих рифогенных известняков, пост-

рудной тектоникой и процессами карстообразования. Бокситы залегают на закарстованных известняках, изобилующих крупными котловинами и воронками неправильной формы глубиной от 1 до 25 м, в связи с этим изменяются и мощности рудных тел.

Бокситовые залежи отдельных месторождений, будучи приуроченными к отрицательным формам карстового рельефа силур-девонских известняков, изменчивы по мощности и имеют сложные очертания в плане. Длина их по простиранию колеблется от нескольких сотен метров до нескольких километров. Строение их довольно сложное вследствие перемежаемости литологических разновидностей бокситов: красных марких (см. рис. 43), немарких, яшмовидных, пестроцветных (рис. 44), а также порфиридовидных и пиритных (бокситов-колчеданов),

встречающихся в виде отдельных линз и гнезд. В основании рудных залежей иногда залегает известняково-бокситовая брекчия (рудная) мощностью 0,2—0,5 м, которая отличается низким содержанием глинозема и промышленного значения не имеет.

По степени сложности и устойчивости мощности бокситового пласта рудные поля делятся на три типа: непрерывный, непрерывно-прерывистый и прерывистый. Первый тип характеризуется непрерывным оруденением, в котором безрудные окна встречаются спорадически, имеют небольшие размеры: от нескольких квадратных метров до нескольких сот квадратных метров и на их долю приходится не более 20% всей площади рудного поля. Второй тип — промежуточный, непрерывно-прерывистый, в котором безрудные окна занимают 20—30% площади рудного пласта. Третий тип отличается прерывистым оруденением, безрудные окна занимают 30% и более общей площади, группируются в вытянутые полосы или в участки иной конфигурации значительных размеров: до нескольких тысяч квадратных метров.

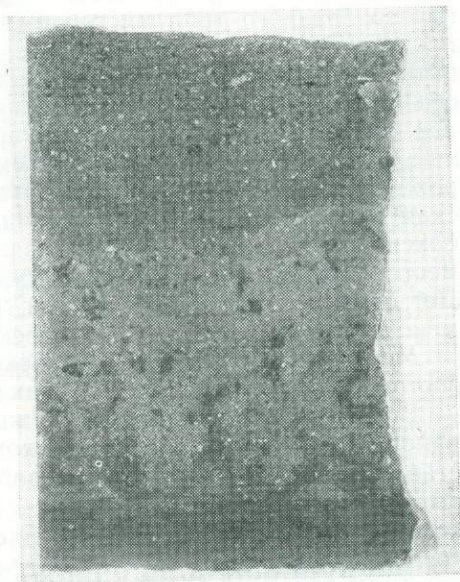


Рис. 44. Боксит пестроцветный, пиритизированный, серый. Месторождение Красная Шапочка. Al_2O_3 — 50%, SiO_2 — 6%

К первому типу рудных полей относятся 2-й и 3-й Северные участки месторождения Красная Шапочка, ко второму типу — Южный участок месторождения Красная Шапочка, Южный и Кедровский участки Черемуховского месторождения и к третьему типу — Восточная залежь Кальинского, Ново-Кальинского и Сосьвинского месторождений.

По минеральному составу красные бокситы относятся к диаспоровым; яшмовидные и пестроцветные — к диаспор-бёмитовым; бокситы-колчеданы — к пирит-диаспор-бёмитовым.

Красные бокситы имеют высокое качество и характеризуются следующим химическим составом (в %): глинозема 53—55; кремнезема 2—6; окислов железа 23—25; окиси кальция 1,6—2,5; серы 0,12—0,4 (до 1,1%); двуокиси углерода 1,9—3,6; окиси титана 2—2,5. Высокосернистые колчеданные и

пестроцветные бокситы, содержащие от 1 до 15% серы (в среднем 5,4—7,3%), составляют 5% общих запасов.

В настоящее время месторождения обрабатываются методом слоевого обрушения под гибким настилом со сплошным креплением горных выработок. В последние годы стала применяться камерно-столбовая система обработки с креплением кровли камер штангами.

Южно-Уральская группа месторождений. В отличие от северо-уральских и других месторождений карстопластообразного типа месторождения Южно-Уральской группы представлены пластообразными залежами, которые имеют сравнительно ровную слабозакарстованную почву. Это, по-видимому, объясняется тем, что формирование их происходило в переходной зоне между Русской платформой и Уральской геосинклиналью. В пределах Южно-Уральской группы бокситовых месторождений выделяются три подгруппы: Новопристанская, Вязовская и Кукшинская, а также ряд отдельных месторождений и бокситопоявлений. Каждая подгруппа объединяет несколько месторождений. Наиболее крупными из них являются: Межевой Лог, Барсучий Лог, Соснин Лог (Первомайское), Блиново-Каменское, Кургазакское, Алексеевское и Улуирское.

Месторождения Южно-Уральской группы приурочены к юго-восточному крылу Улуирской синклинали.

В геологическом строении Южно-Уральского бокситоносного района принимают участие два комплекса пород. Нижний представлен немymi верхнепротерозойскими образованиями, которые сильно дислоцированы и метаморфизованы. Породы этого комплекса образуют поднятия, расположенные в пределах бокситоносного района и на его периферии. Верхний комплекс представлен фаунистически охарактеризованными осадками девона, карбона и перми, которые приурочены исключительно к депрессионным структурам (рис. 45).

Верхнепротерозойские породы представлены кварцевыми песчаниками, различными сланцами, известняками и доломитами авзянской, зильмердакской, катовской, цизерской и миньярской свит общей мощностью до 4000 м. Нижний палеозой представлен образованиями ашинской свиты, которая сложена преимущественно кварцевыми песчаниками, алевролитами и сланцами общей мощностью 40—60 м.

Образования девонской системы сложены в нижней части однородными кварцевыми песчаниками, алевролитами, аргиллитами, доломитами и известняками такатинских, ванаизвинских и вдовеских слоев нижнеэйфельского возраста, залегающими трансгрессивно на образованиях верхнего протерозоя и нижнего палеозоя. Выше располагаются известняки кальпедовых и бийских слоев верхнеэйфельского подъяруса мощностью до 100 м. Живетский ярус объединяет гусовские слои, состоящие в основ-

ном из песчаников, и исоаявские слои, сложенные карбонатными породами общей мощностью до 40 м.

Бокситоносными являются отложения верхнедевонского возраста, трансгрессивно залегающие на образованиях среднего девона и представленные в нижней части кварцевыми гематитизированными известняками пашийской свиты и известняками

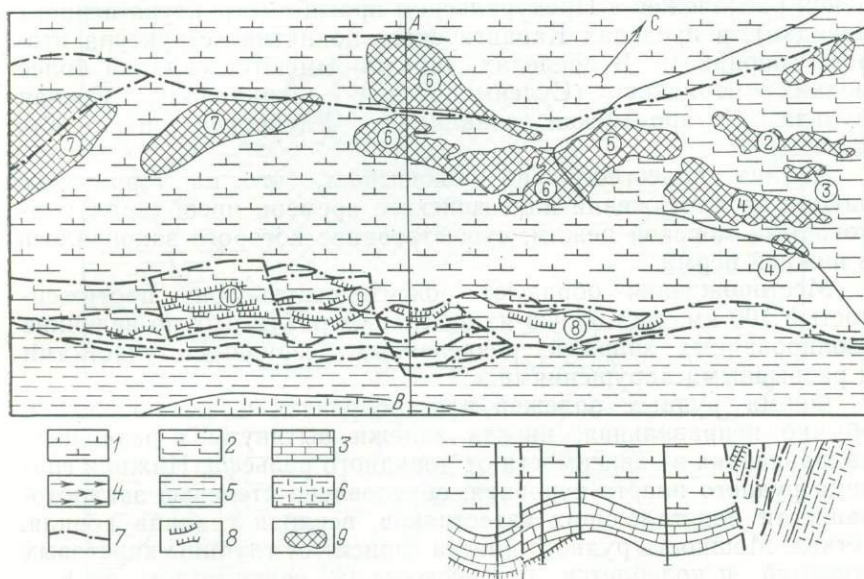


Рис. 45. Схематическая геологическая карта и разрез Южно-Уральского бокситоносного района. По данным Бакальской ГРП:

1 — доломитизированные известняки, доломиты, D₃fm; 2 — известняки, доломиты, песчаники, бокситовые породы и бокситы, D₃fg; 3 — битуминозные и амфиболовые известняки, доломиты и доломитовые известняки, D₃fg — айская свита (на разрезе); 4 — известняки, доломиты, глины с прослоями песчаников, D₂e-gv; 5 — доломиты и доломитизированные известняки, R₂ml, миньярская свита; 6 — песчаники, глинистые сланцы и известняки, R₂pl, инзерская свита; 7 — линии тектонических нарушений; 8 — выходы пластов бокситов на поверхность; 9 — проекция пластов бокситов на дневную поверхность. Месторождения бокситов (цифры в кружках на схеме): 1 — Межевой Лог; 2 — Барсучий Лог; 3 — Соснин Лог (Первомайское); 4 — Блиново-Каменское; 5 — Кургазакское; 6 — Алексеевское; 7 — Улуирское; 8 — Краснокаменское; 9 — Айское, 10 — Новое

кыновских слоев суммарной мощностью до 20 м. Средне-франские отложения представлены известняками сарпеевских, доманиковых и самсоновских слоев, причем последние сильно закарстованы. В нижней части верхнефранских отложений залегают орловские слои, которые представлены бокситами, аллитами, бокситовыми породами, песчаниками, конгломератами, алевролитами, аргиллитами и известняками мощностью до 40 м. Они перекрываются известняками и доломитами айских слоев мощностью до 220 м. На последних залегают известняки и доломиты фаменского яруса мощностью до 800 м.

Каменноугольные отложения представлены в основном известняками с редкими прослоями глин, их общая мощность около 2000 м. Нижний отдел пермской системы сложен известняками, сланцами, песчаниками и конгломератами мощностью до 600 м, на которых залегают четвертичные образования. Магматические породы в пределах района отсутствуют.

В структурном отношении Южно-Уральский бокситоносный район расположен в Предуральском прогибе (структура первого порядка), в пределах Карангауского поднятия (структура второго порядка). В пределах района имеются складки более мелких порядков (Сулеймановская антиклиналь, Сиская мульда, Улуиро-Айская синклиналь, Улуирская синклиналь и т. д.).

Анализ палеогеографии показывает, что на территории района на протяжении палеозойского времени преобладал мелководный морской режим, существование которого закончилось в нижней перми.

Месторождения образуют бокситоносную зону протяженностью 100 км, состоящую из отдельных различных по величине изолированных залежей, разделенных безрудными участками и разрывными нарушениями.

Форма рудных залежей пластообразная и линзообразная, обычно неправильная, иногда залежи вытянуты в различных направлениях в зависимости от дорудного рельефа. Нижняя граница рудного пласта неровная, обусловлена степенью закарстованности подстилающих известняков, верхняя граница ровная, четкая. Мощность рудного пласта зависит от глубины карстовых полостей и колеблется от нескольких сантиметров до 8 м. Рудный пласт осложнен разрывными и складчатыми нарушениями.

Рудные залежи образованы красными, серыми, пестроцветными обломочными и оолитовыми (диаспор-шамозитовыми) бокситами. Бокситовые руды сложены диаспором, из которого состоят бобовины и обломки; бёмитом, каолинитом, шамозитом, входящими в состав цементирующей массы; гематитом, минералами окиси титана, присутствует пирит в трещинах и прожилках, кальцит и доломит. Содержание пирита в серых бокситах достигает 40%.

Месторождения Халимба и Искасентдьердь приурочены к Паннонскому срединному массиву Задунайского среднегорья (Венгерская Народная Республика). В отличие от других месторождений Венгрии бокситовые залежи месторождений Халимба и Искасентдьердь имеют пластообразную форму, при этом кровля пласта ровная, почва волнистая, а дорудная поверхность карбонатных пород слабо закарстована. Это обусловлено тем, что формирование дорудных бокситовмещающих депрессий, занимающих большие площади и имеющих пологие склоны, происходило в относительно спокойной тектонической обстановке.

новке, при которой карстообразовательные процессы на протяжении длительного времени протекали очень медленно. В таких мелких и обширных по площади впадинах происходило образо-

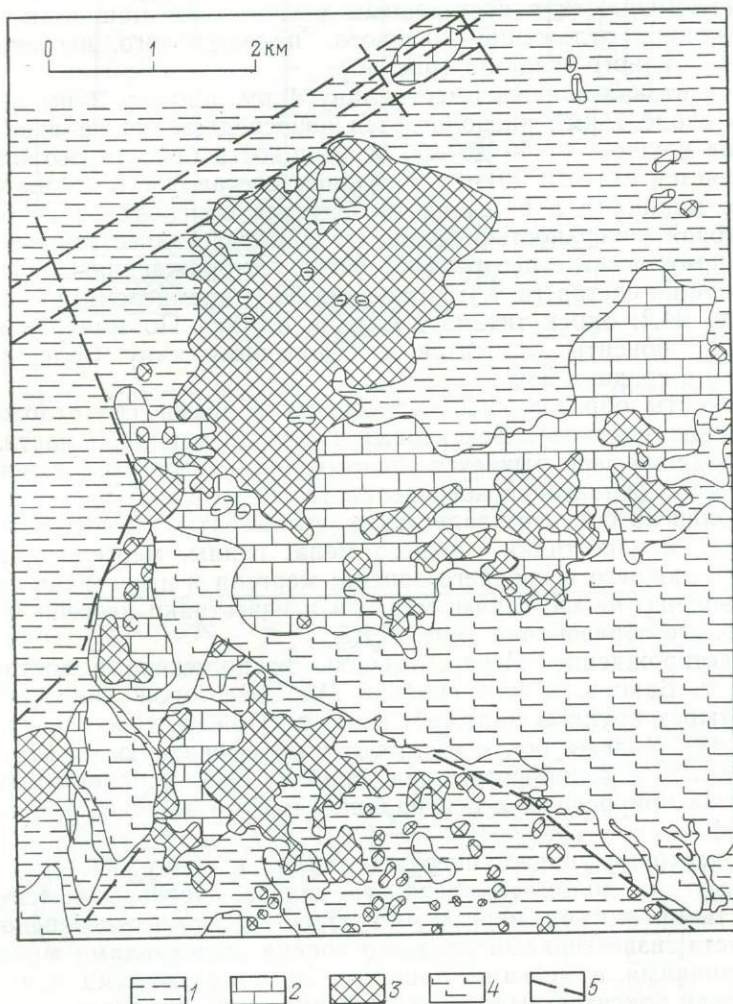


Рис. 46. Геологическая карта месторождения Халимба—Сец (Венгрия). По И. Фюлепу (1969):

1 — послезоценовые отложения; 2 — алевроитовые мергели с прослоями глин и известняки эоценового возраста, залегающие в кровле бокситовых залежей; 3 — проекция залежей бокситов мелового возраста на дневную поверхность; 4 — доломиты верхнего триаса; 5 — линии тектонических нарушений

вание относительно маломощных простых по форме и строению пластообразных залежей бокситов.

Месторождение Халимба расположено в северо-восточной части Нирадского бокситоносного района. Дорудный фундамент

месторождения сложен слабозакарстованными доломитами и известняками рэтского яруса верхнего триаса, поверхность которых погружается к северу в направлении Малой Венгерской низменности с постепенным увеличением мощности перекрывающих отложений мелового, палеогенового, неогенового и четвертичного возраста (рис. 46).

Бокситовая залежь имеет длину 4 км, ширину 2 км и площадь около 7 км², располагается непосредственно на известняках на глубине от 50 до 400 м. Мощность бокситового пласта изменяется от 1 до 30 м и в среднем составляет 6—8 м. Колебание мощности в большинстве случаев обусловлено неровной карстовой поверхностью подошвы. Наиболее качественные бокситы приурочены к центральной части месторождения. Они имеют следующий состав (в %): глинозема 56,1; кремнезема 2,7; окиси железа 24,3; окиси титана 2,7; п. п. п. 12,6. По минеральному составу бокситы относятся к бёмитовому типу. Содержание бёмита в среднем 55%.

Бокситы образовались в досенонское время (до отложения сенонских осадков). Бокситовый горизонт в южной части месторождения перекрывается глинами, мергелями и известняками ниже- и среднеэоценового возраста. В северной части месторождения на бокситах залегают конгломераты, углистые глины, мергели и известняки верхнего мела; глины, мергели и известняки нижнего и среднего эоцена; мергели и известняки верхнего эоцена; пески, глины, мергели и известняки неогена и четвертичные образования (рис. 47).

Месторождение Искасентдьерд расположено в восточной части г. Баконь, в зоне грабена Мор. Месторождение состоит из четырех крупных залежей: Кинчеш, Йожеф, Ракхедь и Бито (рис. 48). Залежи бокситов имеют пластообразную форму с постепенным выклиниванием на краях. Бокситы более высокого качества приурочены к центральным частям залежей Кинчеш и Йожеф.

Бокситовые залежи погружаются на глубину 300—350 м и залегают на доломитах верхнего триаса. Перекрываются они углистыми глинами, мергелями и известняками нижнеэоценового возраста, известняками среднего эоцена, галечниками миоцена, известняками и песками плиоцена и четвертичными глинами.

Среди бокситов выделяют следующие разновидности (сверху вниз): 1) серые пиритовые бокситы низкого качества, залегающие под угленосной кровлей, 2) фиолетовые бокситы, образовавшиеся в результате окисления серого боксита, 3) брекчиевидные или пизолитовые бокситы, пестроцветные; 4) пестроокрашенные бокситы, иногда полосчатые, 5) красные бокситы в верхней части с желтыми пятнами, в нижней — однородные глинистые. Бокситы обычно имеют смешанный гиббсит-бёмитовый состав, но, как правило, в некоторых залежах один минерал является преобладающим. Залежи Кинчеш и Йожеф сложены

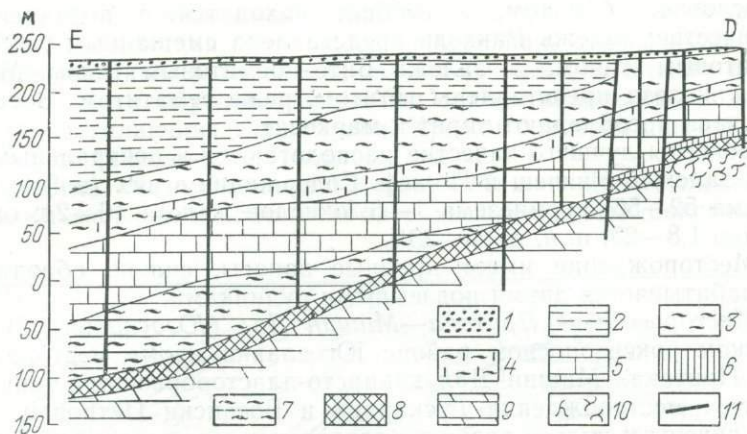


Рис. 47. Геологический разрез месторождения Халимба (Венгрия).
По М. Биро (1969 г.):

1 — глина и галька плейстоцена; породы верхнего эоцена; 2 — глина, мергель, 3 — мергель, 4 — известняк, мергель; 5 — известняк среднего и нижнего эоцена; 6 — лигнитсодержащая глина нижнего эоцена; образования верхнего мела: 7 — мергель, пестроцветная глина, 8 — бокситы; породы верхнего триаса: 9 — известняки рэта, 10 — доломиты; 11 — тектонические нарушения

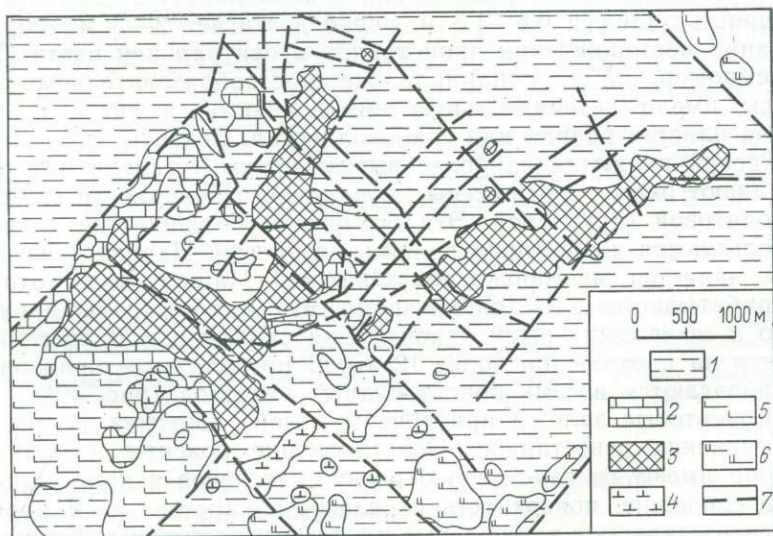


Рис. 48. Геологическая карта месторождения Искасентдърбър (Венгрия).
По И. Фюлепу (1969):

1 — послезоценовые отложения; 2 — известняки, мергели, глины среднего эоцена; 3 — бокситы мела; 4 — бокситовые глины; 5 — доломиты карнийского и норийского ярусов; 6 — доломиты ладинского яруса; 7 — линии тектонических нарушений

в основном бёмитом, а гиббсит находится в подчиненном количестве; залежь Ракхедь представлена смешанным гиббсит-бёмитовым типом, а залежь Бито—бёмитовым типом. Минералы железа представлены гётитом, реже гематитом. В серых бокситах преобладают пирит и марказит.

Бокситы лучшего качества располагаются в центральных частях залежей Кинчеш и Йожеф. Содержание в них (в %): глинозема 52—56; кремнезема 1—6; окислов железа 16—24; окиси титана 1,8—29; п. п. п. 15—23%.

Месторождение имеет крупные запасы, сильно обводнено, разрабатывается двумя подземными рудниками.

Месторождение Притока—Машин Дол (Югославия). В Босанском бокситоносном районе Югославии кроме месторождения Притока—Машин Дол к карсто-пластообразному типу относятся месторождения Гускарица и Босански Петровац. Они приурочены к полосе развития верхнемеловых отложений, вытянутой в широтном направлении на 65 км, в северо-западной части республики Босния и Герцеговина.

Бокситовые залежи этих месторождений имеют пластообразную, реже линзообразную форму и прослеживаются на значительном протяжении. Они располагаются между двумя параллельными различными стратиграфическими горизонтами или пластами различного возраста. Кровля и почва залежей этих месторождений имеет ровную или слабоволнистую поверхность, мощность залежей 0,6—1,3 м, редко достигает 2—3 м. Формирование месторождений происходило в центральной части Средиземноморской геосинклинали, где карстообразовательные процессы имели незначительную интенсивность, в связи с этим почва пластов ровная или слабоволнистая. Бокситы этих месторождений являются наиболее высокосортными, среди них преобладают белые, светло-серые и желтые разновидности с оолит-пизолитовой структурой. Эти бокситы в большинстве случаев используются в абразивной промышленности. Наиболее изученным является месторождение Притока—Машин Дол, которое разрабатывается в настоящее время. Это месторождение приурочено к северному крылу одноименной синклинали и прослеживается на протяжении более 12 км. В пределах месторождения располагаются восемь бокситорудных участков (рис. 49).

Бокситовые залежи приурочены к зоне контакта туронских и сенонских известняков. Подстилающие бокситы известняки турона имеют светло-серую окраску, массивное и кристаллическое сложение, поверхность их слегка закарстована. В кровле бокситов залегают темно-серые плотные известняки и флишоидные отложения (конгломераты, песчаники, мергели) сенонского возраста. Бокситовые залежи обычно имеют крутое, близкое к вертикальному залегание, а также обратное (инверсное) падение. Они располагаются почти вертикально или наклонены под углом более 60° на северо-северо-запад.

Залежи бокситов имеют пластообразную и линзообразную форму. Генетическая почва залежей неровная, слегка волнистая, с неравномерным распределением небольших углублений и выпуклостей, что обусловлено слабой закарстованностью поверхности подстилающих известняков. Кровля бокситов обычно ровная. Средняя мощность бокситов 1—2 м.

Бокситы месторождения Притока—Машин Дол отличаются высоким качеством. Это наиболее высокосортные бокситы не

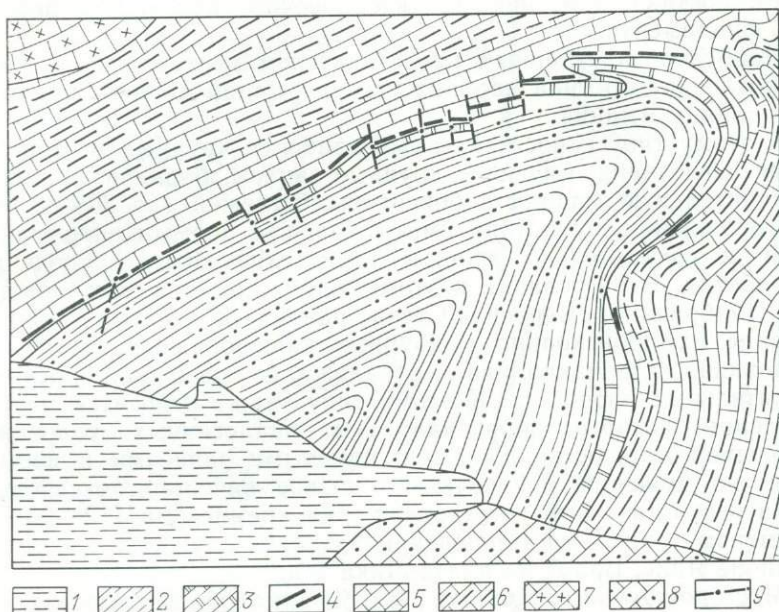


Рис. 49. Геологическая карта месторождения Притока—Машин Дол (Югославия):

1 — глинистые мергели и мергелистые известняки неогенового возраста; 2 — мергели, песчаники и конгломераты (флишoidные отложения) маастрихта; 3 — темно-серые известняки кампана; 4 — линзы и пласты бокситов; 5 — рудистовые известняки, реже доломиты белого и светло-серого цвета сеноман-турона; 6 — слоистые и массивные известняки баррем-апг-альба; 7 — известняки и доломиты верхней юры; 8 — доломиты среднего триаса и верхней юры; 9 — линии тектонических нарушений

только Югославии, но и всего Средиземноморского пояса, а возможно, и мира. Содержание в них (в %): глинозема 68—72; кремнезема 0,1—4; окиси титана 2,8—3; окислов железа 6—14; окиси кальция 0,1—0,3. По минеральному составу бокситы относятся к бёмитовому типу. Бокситы представляют собой трещиноватую, иногда плотную, но чаще слабосцементированную породу. В зависимости от содержания железа выделяются светлые (светло-желтые, желтые) и красные разновидности.

2. Карсто-котловинный тип

Формирование месторождений бокситов этого типа происходило в обширных карстовых областях, где среди большого количества разновеликих карстовых форм (польев) преобладают обширные сложные по форме карстовые котловины, впадины и эрозионно-карстовые депрессии. Распределение различных по форме и величине бокситовых залежей находится в прямой зависимости от геоморфологических особенностей карстовой области, состава, строения и тектонического положения дорудного фундамента.

Наиболее характерным представителем месторождений карсто-котловинного типа карбонатных формаций являются месторождения о. Ямайка.

К этому типу относятся также наиболее крупные месторождения Югославии, имеющие крупные запасы, большие размеры и значительную мощность бокситовых залежей (до 30—35 м). Месторождения этого типа имеют большое промышленное значение и сравнительно простые горнотехнические условия их разработки. В Югославии к этому типу относятся месторождения Подбрачан и Червена Стена района Власеница. Формирование их происходило в крупных чашеобразных карстовых котловинах, где накапливались залежи большой мощности на значительных площадях. К этому типу также относятся месторождения, которые образовались в аналогичных условиях, с большой мощностью залежей, крупными запасами и размерами, но имеющие сравнительно низкое качество бокситовых руд в результате высокого содержания кремнезема (12—20%). Примером этих месторождений может служить Срнегича в районе Яйце, Враце на плато Лика и др.

Месторождения о. Ямайка. На о. Ямайка сосредоточены очень крупные запасы высокосортных бокситов (около 1 млрд. т). В настоящее время они интенсивно разрабатываются, годовая добыча составляет около 13 млн. т, т. е. около четверти мировой добычи.

Бокситовые месторождения Ямайки располагаются на карбонатных породах среднеэоцен-нижнемиоценового возраста, которые несогласно залегают на меловом и нижнеэоценовом фундаменте (рис. 50). Последний сложен разнообразными породами: конгломератами и сланцами, переслаивающимися с известняками, метаморфическими, эффузивными и интрузивными породами, главным образом андезитового и среднего состава, а также серией вулканических туфов и грубых пирокластических пород андезитового состава. Породы фундамента иногда выходят на дневную поверхность.

Наиболее интенсивное карстообразование карбонатной толщи происходило в среднемиоценовое время; в это же время начался главный этап формирования бокситовых залежей.

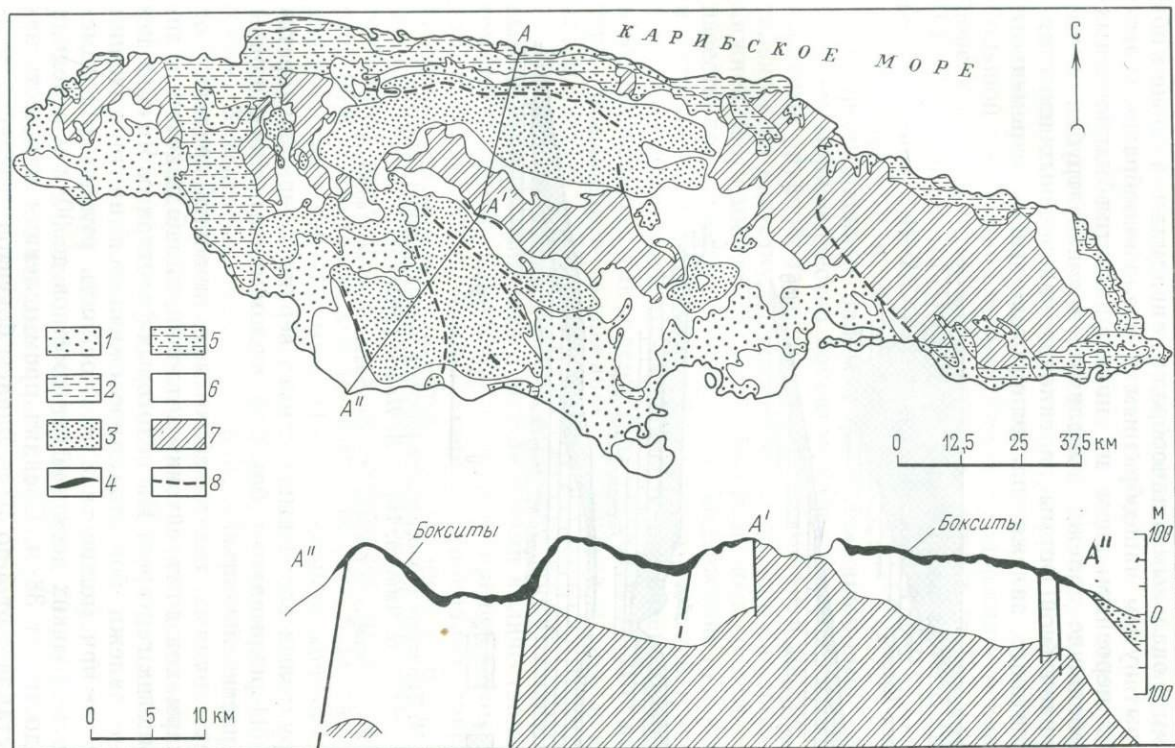


Рис. 50. Геологическая карта и разрез о. Ямайка. По Дж. Б. Комеру (Comer, 1974):

Плейстоценовые и современные образования: 1 — аллювиальные отложения, 2 — известняки и терригенные породы; бокситы и бокситоносные образования миоцен-четвертичного возраста: 3 — на карте, 4 — на разрезе; 5 — мергелистые известняки среднего и верхнего миоцена; 6 — чистые известняки среднего эоцена — нижнего миоцена, вмещающие залежи бокситов; 7 — изверженные, метаморфические и терригенные породы мелового и нижнетретичного возраста; 8 — линии тектонических нарушений

Как отмечает В. А. Цанс (1964), карстовый рельеф и форма карстовых депрессий определяют форму и размеры бокситовых залежей (рис. 51). Крупные залежи бокситов приурочены к округлым и овальным долинообразным впадинам, а также к обширным вытянутым чашеобразным и котловинообразным депрессиям с неровным дном на полях развития карбонатных пород. Небольшие залежи выполняют воронки, трубки и полости неправильной формы на склонах кавернозных известняков. Бокситовые залежи располагаются выше современного

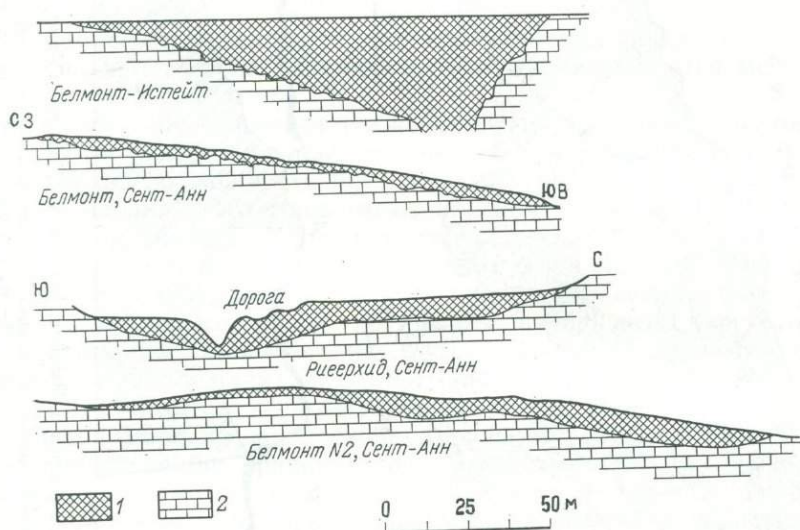


Рис. 51. Типичные геологические разрезы месторождений бокситов о. Ямайка. По В. А. Цансу (1953 г.):

1 — кондиционные бокситы; 2 — известняки эоценового возраста

уровня грунтовых вод и выше самого верхнего зеркала карстовых вод. Перекрываются бокситы маломощным слоем почвы с редкой растительностью.

Размеры рудных тел колеблются в широких пределах от мелких карманов до гигантских котловин, площадь которых достигает многих гектаров. На некоторых участках о. Ямайка непрерывные залежи бокситов прослеживаются на протяжении около 30 км при мощности 8 м. Мощность рудных тел изменяется от нескольких десятков сантиметров до 30 м и в редких случаях достигает 38 м. Средняя промышленная мощность залежей составляет от 3 до 10 м. Запасы бокситов отдельных рудных тел изменяются от немногих тысяч тонн до нескольких миллионов тонн.

Бокситовые залежи залегают в пределах отметок от 70 до

1000 м. Наиболее качественные промышленные месторождения бокситов располагаются на высоте более 300 м над уровнем моря. Бокситовые месторождения иногда приурочены к зонам тектонических нарушений, где происходило более интенсивное карстообразование карбонатных пород.

Качество бокситов различно на различных месторождениях. Качество также изменяется в пределах одного месторождения как в плане, так и в вертикальном разрезе. Особенно хорошо это наблюдается на залежах, расположенных на сравнительно небольшой абсолютной высоте. Среднее содержание основных компонентов в бокситах изменяется в пределах (в %): кремнезема 0,4—3,5, глинозема 46,4—50,3, окиси железа 17,5—22,8, двуокиси титана 2,4—2,6, пятиокиси фосфора 0,3—2,8, окиси кальция 0,1—1,2, п. п. п. 26—27,8.

В промышленных залежах, расположенных выше 300 м над уровнем моря, качество бокситов более высокое, а содержание основных рудообразующих компонентов изменяется незначительно и по качеству руды однородны по всему разрезу. Но для нижней части многих залежей бокситов, непосредственно выше известняков характерно повышенное содержание окиси марганца и пятиокиси фосфора. Руды бокситовых залежей, расположенных ниже 300 м, весьма изменчивы по химическому составу как в горизонтальном, так и вертикальном сечениях. Для них характерно повышенное содержание кремнезема и пониженное глинозема.

По минеральному составу ямайские бокситы состоят главным образом из гиббсита с подчиненными количествами бёмита, гематита, гётита. Глинистые минералы представлены каолинитом и галлуазитом. Из аксессуарных минералов присутствуют ильменит, пиролюзит, магнетит, кварц, циркон и др. В большинстве промышленных залежей отношение гиббсита к бёмиту составляет примерно 3:1, а их суммарное содержание достигает 60%. В землястых и плотных твердых бокситах преобладают частицы 0,1—1,0 мкм. Цвет их обычно красный, красновато-бурый и желтовато-бурый с желтыми пятнами.

Разработка месторождений осуществляется карьерным способом. Бокситовые руды на глинозем перерабатываются методом Байера. Для получения 1 т алюминия расходуется 6 т бокситовой руды. Экономическое значение ямайских месторождений бокситов чрезвычайно велико, так как они имеют огромные запасы и залегают вблизи поверхности.

Месторождение Подбрачан (Югославия). Месторождение расположено в восточной части Боснии в 30 км к юго-востоку от г. Власеница, в верховьях р. Ядар.

Бокситовые залежи месторождения приурочены к закарстованной поверхности рифогенных известняков среднетриасового возраста. Перекрываются они неогеновыми отложениями, которые представлены различными глинами, мергелистыми

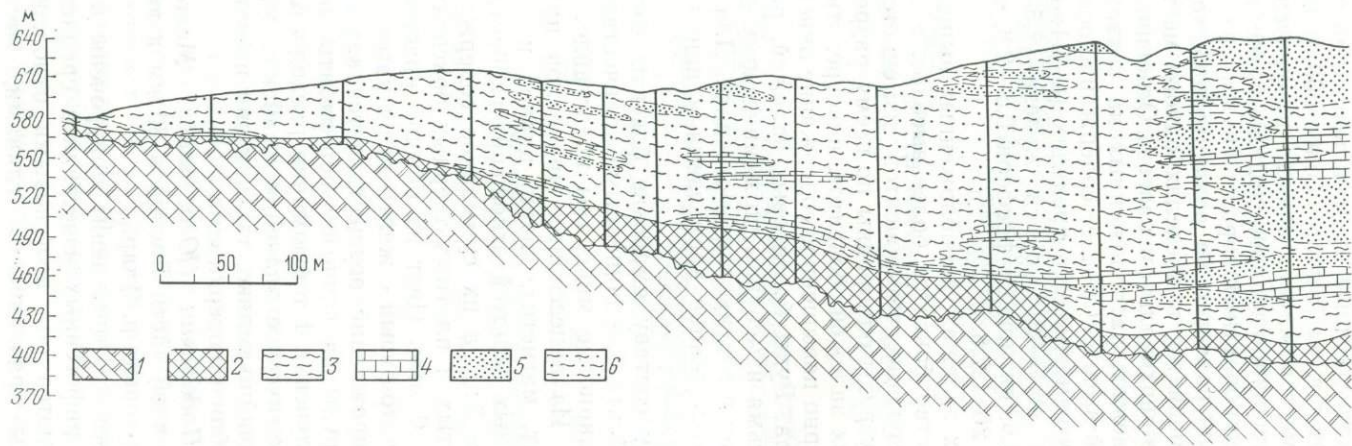


Рис. 52. Геологический разрез месторождения Подбрачан, район Власеница (Югославия):

1 — известняки среднего триаса; 2 — бокситовый горизонт; отложения неогенового (возможно, эоценового) возраста; 3 — глины различной плотности, 4 — мергелистый известняк, 5 — разнозернистые слабосцементированные глинистые песчаники, 6 — песчаные глины

известняками, кварцевыми слабобцементированными песчаниками и песками, разноцветными глинистыми песками и песчаниками.

Месторождение Подбрачан имеет крупные запасы и большую (до 30 м) мощность бокситовых залежей (рис. 52).

Качество бокситов относительно высокое, бокситовые руды перерабатываются по способу Байера или используются как абразивное сырье. На месторождении выделено четыре сорта бокситовых руд со следующим содержанием компонентов (в %): глинозема 47—55, кремнезема 1,4—15,4, окиси титана 2,2—2,3, окислов железа 23—28, окиси кальция 0,001—0,12, п. п. п. 11,5; кремневый модуль в зависимости от сорта изменяется от 3 до 23. Четвертый сорт не используется для производства глинозема, в связи с этим средний кремневый модуль добываемых бокситов 8—10. Среднее содержание в бокситах с учетом четвертого сорта по всему месторождению Подбрачан (в %): глинозема 51,7, кремнезема 7,7, окиси титана 2,6, окислов железа 26,3, окиси кальция 0,03, п. п. п. 11,4; кремневый модуль 6,7.

На этом месторождении наиболее высококачественные бокситы залегают в центральных частях залежей. На флангах содержатся более низкосортные бокситы и аллиты. Это свидетельствует о том, что снос бокситового материала во время бокситообразования, по-видимому, происходил со всех сторон месторождения, а процессы бокситизации материала в бокситовом горизонте имели ограниченное распространение. На мелких карстовых воронках бокситовые залежи, как правило, не имеют аллитовой оболочки.

Месторождение Подбрачан в настоящее время разрабатывается открытым и подземным способами.

3. Карсто-линзообразный тип

Месторождения этого типа имеют линзообразную форму в верхних, кармано- и гнездообразную — в нижних частях залежей. Поверхность кровли этих месторождений обычно ровная или слабоволнистая, в то время как почва неровная, изрезанная, сильнозакарстованная с выступами и углублениями до нескольких (иногда десятков) метров. Это обусловлено карстовым рельефом, на котором происходило формирование месторождений этого типа. Месторождения имеют меньшие по сравнению с карсто-пластообразными размеры, залежи прослеживаются на десятки и сотни метров, мощность их достигает 5—7 м, иногда 10—25 м. Качество бокситов этих месторождений не хуже, чем карсто-пластообразных. Залежи бокситов обычно залегают между двумя различными по возрасту стратиграфическими горизонтами. Месторождения этого типа имеют большое практическое значение в Югославии (Черногории, Герцеговине и других районах), Венгрии, Греции, Италии, Франции и других

странах, расположенных в пределах Средиземноморского бокситоносного пояса. Эти месторождения разрабатываются как карьерным, так и шахтным способами.

Месторождение Ньирад (Венгрия). Месторождение приурочено к Паннонскому срединному массиву Альпийской складчатой зоны в пределах Задунайского среднегорья. Дорудный фундамент месторождения, по данным Д. Бардоши (1957) и И. Фюлепа (1969), сложен верхнетриасовыми доломитами, ко-

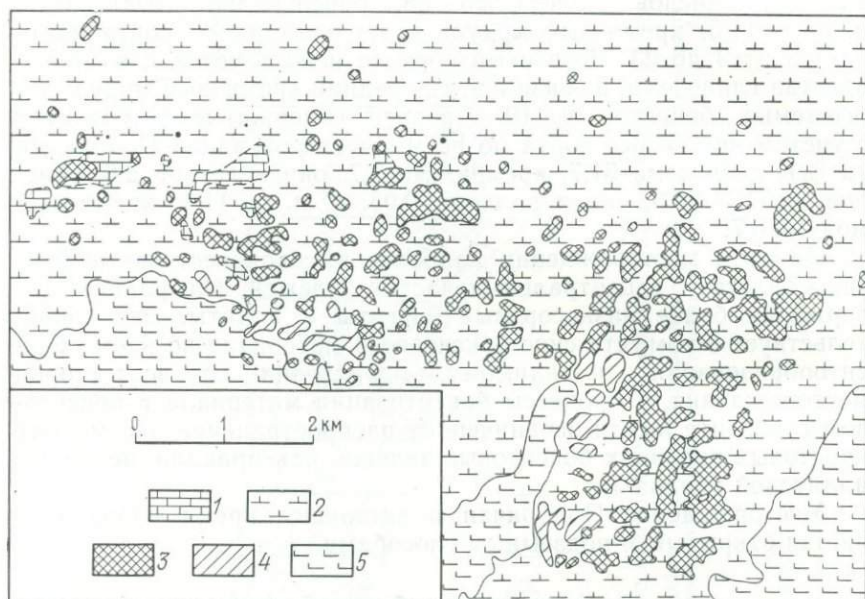


Рис. 53. Геологическая карта Ньирадского бокситового месторождения (Венгрия). По И. Фюлепу (1969):

1 — карбонатные отложения эоценового возраста; 2 — карбонатные и песчано-глинистые отложения мелового возраста; 3 — залежи бокситов; 4 — отработанные залежи бокситов; 5 — доломиты верхнетриасового возраста, подстилающие бокситы

торые на юге выходят на дневную поверхность, а к северу постепенно погружаются в направлении Малой Венгерской низменности и перекрываются верхнемеловыми, третичными и четвертичными отложениями с увеличивающейся в северном направлении мощностью. Бокситовые залежи Ньирадского месторождения располагаются в карстовых депрессиях доломитов с характерной линзообразной формой. Глубина залегания линз увеличивается в северном направлении и достигает 150—180 м.

Площадь распространения отдельных линз колеблется от 0,1 до 10 га и составляет в среднем 2 га (рис. 53). Мощность бокситов изменяется от 1 до 30 м, в среднем равна 5 м. Каче-

ственные руды содержат (в %): глинозема 55,5; кремнезема 2,4, окиси железа 25,2, окиси титана 3,1; п. п. п. 12,9. По минеральному составу бокситы относятся к бёмитовому типу; они содержат около 54,5% бёмита и около 2% гиббсита.

Залежи бокситов перекрыты ниже- и среднеэоценовыми глинами, мергелями и известняками, неогеновыми конгломератами, песчаниками, глинами и известняками, а также четвертичными образованиями. В северо-западной части месторождения в разрезе отложений, перекрывающих верхнетриасовый дорудный фундамент, имеются верхнемеловые (сеноманские) мергели и известняки, а бокситы иногда располагаются на двух различных стратиграфических уровнях: между верхнетриасовыми доломитами и верхнемеловыми гиппуристовыми известняками, а также между последними и нижеэоценовыми глинами.

Ньирадское бокситовое месторождение в настоящее время интенсивно разрабатывается подземным способом, но притоки карстовых вод вызывают большие трудности и приводят к значительному удорожанию добычи бокситовых руд. Подавляющее большинство бокситовых залежей расположено под статическим уровнем карстовых вод, содержащихся в верхнетриасовых доломитах; в процессе отработки бокситов горные выработки находятся под угрозой прорыва карстовых вод. Для предварительного осушения бокситовых залежей производят интенсивную откачку и после этого отрабатывают те залежи, которые в результате образовавшейся депрессионной воронки оказались над уровнем карстовых вод.

4. Карсто-воронковый тип

Месторождения этого типа имеют воронкообразную, карманообразную и гнездообразную формы. Они располагаются на интенсивно закарстованной поверхности карбонатных пород. Отдельные углубления в них или выступы (пирамиды) достигают десятков метров. Образование многочисленных залежей на этих месторождениях происходило, по-видимому, в отдельных изолированных карстовых воронках, между воронками бокситы обычно отсутствуют. Месторождения этого типа состоят, как правило, из большого числа мелких залежей, обладающих сложными контурами. Перекрываются бокситовые залежи карбонатными или песчано-глинистыми породами, их кровля, как правило, имеет ровную или слабоволнистую поверхность.

Бокситовые залежи месторождений этого типа обычно имеют резкие и четкие контакты с перекрывающими и подстилающими породами. Однако в некоторых случаях при интенсивно

закарстованной почве образуется бокситовая брекчия в нижней части бокситового горизонта и бокситы с уменьшением рудной массы постепенно переходят в подстилающие известняки, т. е. наблюдаются постепенные переходы от бокситов к известнякам через разделяющий их горизонт невыдержанной по мощности бокситовой брекчии.

Иногда встречаются залежи жильные (секущие), залегающие в карстовых и тектонических трещинах в виде жил, являющихся результатом тектонической и карстовой деятельности. Эти залежи имеют небольшое распространение и являются непромышленными.

Между месторождениями карсто-воронкового и карсто-линзообразного типов иногда наблюдаются взаимные переходы. На карсто-воронковых месторождениях, представленных многочисленными гнездо- и карманообразными рудными телами, встречаются отдельные крупные залежи линзообразной формы. И наоборот, на месторождениях карсто-линзообразного типа встречаются мелкие кармано- и гнездообразные рудные тела. Геологическая позиция, условия залегания и качество карсто-воронковых месторождений аналогичны месторождениям карсто-линзообразного типа. Запасы карсто-воронковых месторождений обычно незначительны и изменяются от 1 млн. т до нескольких десятков миллионов тонн. Промышленное значение этих месторождений также невелико. Они обычно разрабатываются карьерным и иногда шахтным способами. К этому типу относятся некоторые месторождения Франции, Италии, Венгрии, Греции, Турции и других стран, расположенных в Альпийской складчатой зоне. Характерным примером являются месторождения Истрийского полуострова. Кроме того, они имеют развитие в Боснии и Герцеговине, Черногории и других районах Югославии.

Месторождения Истрии (Югославия). На Истрийском полуострове широкое развитие имеют мелкие месторождения карсто-воронкового типа. Они располагаются в средней части полуострова, где образуют бокситоносную зону общей шириной около 10 км, состоящую из отдельных узких зон шириной до нескольких сотен метров. Каждая из зон состоит из многочисленных мелких месторождений (залежей). Бокситовые залежи имеют северо-западное простирание. Они располагаются на косо залегающих или лестничных известняках верхнемелового возраста с фауной рудистов и перекрываются горизонтально залегающими тонкослонистыми глинистыми известняками эоценового возраста (казанские соли). Бокситовые залежи располагаются в небольших карстовых воронках, углублениях и трещинах. В современном рельефе карстовые залежи месторождений Истрии проявляются в виде небольших понижений, образовавшихся в результате прогибания перекрывающих слоев кровли.

Бокситы представлены рыхлым сыпучим материалом желто-красного, желтого и красновато-коричневого цвета. Качество бокситов значительно меняется в вертикальном и горизонтальном направлениях. Содержание глинозема колеблется в пределах 51—57%, кремнезема 2—7%, окислов железа 12—29%, окиси титана 3,1%. Основными минералами бокситов являются бёмит и каолинит. Многие месторождения Истрии разрабатываются открытым и подземным способами.

ЧАСТЬ II. ГЕОЛОГО-ЭКОНОМИЧЕСКАЯ ОЦЕНКА РАЗЛИЧНЫХ ТИПОВ МЕСТОРОЖДЕНИЙ БОКСИТОВ

Геолого-экономическая оценка различных типов бокситовых месторождений имеет большое практическое значение, особенно в последнее время, когда в нашей стране большое внимание уделяется повышению качества и экономической эффективности геологоразведочных работ. Геолого-экономическая оценка должна способствовать сохранению и бережному расходованию запасов бокситов, а также целесообразному и наиболее эффективному проведению поисковых, геологоразведочных и научно-исследовательских работ на бокситы.

Геолого-экономическая оценка месторождений бокситов имеет большое народнохозяйственное значение. Она призвана решать очень важные задачи, стоящие перед геологами производственных и научно-исследовательских организаций. От результатов правильной, научно обоснованной геолого-экономической оценки зависит эффективность оперативного и перспективного планирования поисковых и геологоразведочных работ, а также выбор наиболее перспективных месторождений для первоочередного промышленного освоения.

Геолого-экономическая оценка является неотъемлемой частью геологических исследований. Она осуществляется на всех этапах геологоразведочных работ — от поисков до детальной разведки включительно, а в некоторых случаях и при эксплуатации месторождений. Результаты геолого-экономической оценки используются для обоснования затрат на проведение предварительных или детальных разведочных работ на месторождении, строительство или реконструкцию бокситдобывающего предприятия.

Достоверные и качественные геологические материалы поисковых и геологоразведочных работ являются основой геолого-экономической оценки бокситовых месторождений. Надежность оценки зависит от полноты изучения геологического строения, масштабов, месторождений и качества бокситов, морфологии, пространственного положения, размеров, условий залегания и внутреннего строения бокситовых залежей, а также гидрогеологических, инженерно-геологических условий и других факторов, влияющих на выбор способа вскрытия и разработки месторождения.

Оценка бокситовых месторождений осуществляется путем сравнения технико-экономических показателей оцениваемого

месторождения с показателями действующих и запроектированных бокситовых рудников на аналогичных месторождениях Советского Союза. Большое значение при этом имеет потребность народного хозяйства страны в алюминии, а также удельный вес определенных типов месторождений бокситов в балансе запасов бокситов провинции (района) или всей страны.

1. Цели и задачи геолого-экономической оценки

Основной задачей геолого-экономической оценки месторождений бокситов является определение количества и качества бокситов, их условий залегания, пространственного расположения и в конечном счете технико-экономических показателей добычи бокситовых руд, порядка и очередности освоения месторождения. При этом очень важным является значение условий, систем и экономики разработки месторождений и переработки бокситов на глинозем. Большое значение при оценке имеют географо-экономические условия района, в котором расположено месторождение. В некоторых случаях при оценке месторождений учитываются интересы развития экономики стран социалистической системы и всего мира.

Исходными геологическими материалами для определения способов, масштабов добычи бокситовых руд и оптимальных экономических показателей разработки месторождений являются количество запасов и качество бокситов, глубина, условия залегания, размеры и морфология бокситовых залежей, геологическое строение и гидрогеологические условия разработки месторождения. Геолого-экономическая оценка бокситов должна проводиться на стадии поисков, предварительной разведки и детальной разведки.

При геолого-экономической оценке месторождений большое значение имеют требования промышленности к качеству бокситов и горно-геологическим параметрам, т. е. соответствие условиям каждого конкретного месторождения. В результате оценки должен быть выбран оптимальный вариант разработки месторождения, обеспечивающий максимальное использование запасов бокситов при минимальных затратах труда и средств.

Основными задачами геолого-экономической оценки месторождений бокситов, как и любого другого вида минерального сырья, в условиях планомерного и пропорционального развития народного хозяйства СССР являются:

- 1) определение текущих и перспективных потребностей (на ближайшие 25—30 лет) народного хозяйства в бокситах и прежде всего в высокосортных бокситах, слагающих месторождения с благоприятными горнотехническими условиями; с учетом широкого использования алюминия в различных отраслях народного хозяйства;

2) установление основных показателей оценки горнотехнических условий эксплуатации месторождения, которые являются определяющими при выборе способа вскрытия и разработки месторождения, производительности рудника и в конечном итоге при определении капитальных вложений и себестоимости на 1 т бокситовой руды (или глинозема);

3) выбор технологической схемы переработки бокситовых руд, который определяется главным образом качеством (химическим и минеральным составом) бокситов; значительное различие технологических схем переработки бокситов на глинозем приводит к различным затратам на строительство глиноземных заводов;

4) определение народнохозяйственной значимости месторождения как источника получения алюминия для удовлетворения потребностей страны;

5) установление относительной экономической эффективности и очередности промышленного освоения месторождения, а также определение доли участия намечаемых к освоению месторождений в обеспечении потребности страны бокситами и вообще алюминиевым сырьем.

Кроме того, геолого-экономическая оценка месторождений бокситов является частью отчетов на всех стадиях геологоразведочных работ и проводится с целью (Хрущов, 1973):

1) решения вопросов о переходе к последующим стадиям геологоразведочных работ и их основных направлениях, а также определения необходимых для их осуществления объемов работ и затрат;

2) определения экономической целесообразности промышленного освоения разведываемого месторождения;

3) определения возможного значения разведываемых месторождений для покрытия потребности народного хозяйства страны в бокситах с учетом состояния и перспектив развития сырьевой базы;

4) охраны недр, исходя из общегосударственных интересов страны, т. е. определения наиболее рациональных путей использования сырьевых ресурсов без нанесения ущерба другим отраслям хозяйства, например сельскохозяйственным угодьям.

Геолого-экономическая оценка необходима на всех стадиях геологоразведочных работ и осуществляется при завершении поисков (составление ТЭС), предварительной разведки (ТЭД, временные кондиции) и детальной разведки (ТЭД, постоянные кондиции). Оценка месторождений по данным детальной разведки с запасами, утвержденными в ГКЗ, имеет большое значение. Так, на основании этих данных составляется проект разработки и осуществляется строительство подземных или открытых бокситовых рудников.

В результате геолого-экономической оценки должны быть установлены основные технико-экономические показатели, ха-

рактизирующие промышленную ценность месторождения, т. е. оценка месторождения должна быть сравнительной: с использованием метода аналогии. Основные технико-экономические показатели разведанного или разведываемого месторождения бокситов должны сравниваться с такими же показателями действующих и запроектированных рудников на аналогичных месторождениях СССР. Это позволяет установить ожидаемую эффективность использования данного месторождения.

I. СОВРЕМЕННЫЕ ТРЕБОВАНИЯ ПРОМЫШЛЕННОСТИ К КАЧЕСТВУ И ГОРНО-ГЕОЛОГИЧЕСКИМ ПАРАМЕТРАМ МЕСТОРОЖДЕНИЙ БОКСИТОВ

Различные геолого-промышленные типы бокситовых месторождений обладают различным качеством, минеральным составом и горнотехническими условиями. В связи с этим требования промышленности к качеству бокситов и горно-геологическим параметрам различных месторождений являются неодинаковыми.

Некоторые месторождения пластообразного, пласто-линзообразного, долинного, карстового, контактово-карстового, карстокотловинного и других типов, расположенные в Северном Казахстане, на Среднем Тимане, в Северо-Онежском, Тихвинском и других бокситоносных районах, залегают неглубоко и могут разрабатываться открытым карьерным способом, в то время как месторождения Северо-Уральского, Белгородского и других районов расположены глубоко и пригодны для отработки только подземным способом. При этом качество бокситов месторождений, пригодных как для открытой, так и для подземной отработки, колеблется в широких пределах.

В настоящее время в Советском Союзе используются главным образом высокосортные бокситы геосинклинальных месторождений карсто-пластообразного типа Северо-Уральского района и в меньшей степени бокситы платформенных месторождений Амангельдинского и Тихвинского районов. В ближайшее время увеличение добычи бокситов будет осуществляться за счет освоения месторождений бокситов среднего качества Северо-Онежского и Западно-Тургайского районов. Платформенные осадочные месторождения терригенных толщ, как правило, имеют худшее качество по сравнению с месторождениями латеритной группы и карбонатных толщ.

1. Оценка качества бокситов по государственным стандартам

В отличие от других рудных полезных ископаемых для бокситов существует ГОСТ 972—74, который регламентирует содержание полезных компонентов и вредных примесей для сортов и типов бокситов, используемых в различных отраслях промышленности (Бокситы, 1974). По этому ГОСТу в настоящее время

и осуществляется оценка качества бокситовых руд. С 1950 по 1975 г. включительно действовал ГОСТ 972—50 (Боксит, 1954; Алюминий, 1962). Кроме того, при определении качества бокситов в кондициях некоторых месторождений имеются и отступления от этих стандартов (месторождения Южно-Тиманской, Чадобецкой групп и др.). Кондиции различных месторождений отличаются параметрами.

В связи с ростом производства алюминия в нашей стране и вовлечением в промышленное освоение все новых и новых месторождений, имеющих различный вещественный состав, меняются ГОСТы и требования промышленности к качеству бокситов.

Первый стандарт на бокситы (ГОСТ 22—4308) в нашей стране был утвержден в конце 1937 г. В 1941 г. этот стандарт был заменен другим (ГОСТ 972—41). В 1950 г. был утвержден новый стандарт на бокситы (ГОСТ 972—50), который действовал до конца 1975 г. Требования этого ГОСТа к качеству бокситов приняты в кондициях большинства эксплуатируемых и разведываемых месторождений Советского Союза. В связи с этим имеется необходимость привести требования этого ГОСТа к качеству бокситовых руд.

В зависимости от содержания глинозема и величины кремневого модуля (отношение глинозема к кремнезему) определяются области применения различных бокситов (табл. 2).

Таблица 2

Требования ГОСТ 972—50 к качеству бокситов в зависимости от их использования

Марка боксита	Содержание Al_2O_3 (в пересчете на сухое вещество) %	Весовое отношение Al_2O_3 к SiO_2	Примерное назначение
Б-В	52	12,0	Производство электрокорунда
Б-0	52	10,0	
Б-1	49	9,0	Производство глинозема, электрокорунда и глиноземистого цемента
Б-2	46	7,0	Производство глинозема, плавленных огнеупоров и глиноземистого цемента
Б-3	46	5,0	
Б-4	42	3,5	Производство глинозема и огнеупоров
Б-5	40	2,6	
Б-6	37	2,1	Производство огнеупоров, мартевское производство
Б-7	30	5,6	Производство глинозема и глиноземистого цемента
Б-8	28	4,0	Производство глинозема

Бокситы, предназначенные для производства глинозема, не должны содержать серы более 0,7% в марках Б-1, Б-2, Б-7, Б-8 и более 1% в марках Б-3, Б-4, Б-5.

Бокситы марок Б-1, Б-2, Б-7 и Б-8 выпускаются двух сортов: первый сорт с содержанием углекислоты до 1,3%, второй сорт с содержанием углекислоты свыше 1,3% от веса сухого боксита.

В бокситах, предназначенных для производства глинозема способом спекания (марок Б-3, Б-4 и Б-5), допускается пониженное содержание окиси алюминия за счет увеличения содержания углекислого кальция.

В бокситах, предназначенных для производства электрокорунда, устанавливаются следующие содержания окиси кальция: для марок Б-В и Б-0 — не более 0,5%; для марки Б-1 — не более 0,8%. Содержание серы не более 0,3%.

В боксите, предназначенном для мартеновского производства, содержание серы не должно превышать 0,2%, фосфора — 0,6% в пересчете на P_2O_5 .

В боксите, предназначенном для производства глиноземистого цемента, содержание серы по требованиям ГОСТ 972—50 не должно превышать 0,5%.

В боксите для производства плавящихся огнеупоров содержание окиси кальция не должно превышать 1,5%, серы — 0,5%.

Содержание в боксите видимых разубоживающих примесей (глины, известняка, земли и т. п.) не должно превышать 1%.

Допускается следующая влажность боксита для месторождений: Южно-Уральского района — 7%, Северо-Уральского — 12%, Тихвинского — 22%.

ГОСТ 972—50 предусматривает технические требования к бокситам, перерабатываемым по трем основным способам, применяемым в настоящее время в СССР: гидрохимическому Байера, спекания, комбинированному способу Байера со способом спекания. Бокситы марок Б-В, Б-0, Б-1 и Б-2 могут перерабатываться по гидрохимическому способу Байера при температуре 225°C, бокситы марок Б-7 и Б-8 перерабатываются также по этому способу, но при 105°C; бокситы марок Б-3, Б-4 и Б-5 могут перерабатываться по способу спекания. Бокситы марки Б-6 для производства глинозема не используются. Марки Б-7 и Б-8 характеризуют бокситы, в которых глинозем находится в виде гидраргиллита (гиббсита). Остальные марки охватывают моногидратные и тригидратные бокситы.

В 1974 г. утвержден новый стандарт, который распространяется на бокситы, используемые в качестве сырья для производства глинозема в алюминиевой промышленности, а также в абразивной, цементной, огнеупорной промышленности и черной металлургии. В этом ГОСТ 972—74 основными показателями качества бокситов являются: кремневый модуль (весовое отношение окиси алюминия к двуокиси кремния) и содержание окиси алюминия. Требования ГОСТ 972—74 учтены в кондициях

для восточной части Иксинского месторождения (Беловодская залежь).

По определению в указанном стандарте, бокситы — это горная порода, состоящая из гидроокислов алюминия, окислов и гидроокислов железа, глинистых минералов, кварца, в которой отношение содержания окиси алюминия к содержанию двуокиси кремния (кремневый модуль) не менее 2. В зависимости от содержания окиси алюминия и кремневого модуля бокситы подразделяют на марки и сорта (табл. 3).

Таблица 3

Марки и сорта бокситов по ГОСТ 972—74

Марка	Сорт	Содержание окиси алюминия (в %), не менее	Кремневый модуль, не менее	Преимущественная область использования
Б-00	—	50	12,0	Производство глинозема, электрокорунда марки А16 и глиноземистого цемента
Б-0	—	50	10,0	Производство глинозема, электрокорунда марок А15 и А14 и глиноземистого цемента
Б-1	—	48	8,0	Производство глинозема и электрокорунда марки А14
Б-2	—	43	6,0	Производство глинозема и электрокорунда марки А14
Б-3	I	45	5,0	Производство глинозема
	II	35	5,0	
Б-4	I	43	3,9	Производство глинозема
	II	42	3,0	
	III	40	3,0	
Б-5	—	48	2,6	Производство глинозема, огнеупоров, мартеновское производство
	I	45	2,0	
Б-6	II	37	2,0	Производство огнеупоров и мартеновское производство

Кроме того, учитываются и другие показатели качества бокситов: содержание двуокиси углерода, серы, окислов железа в пересчете на Fe_2O_3 и гигроскопической влаги. В зависимости от величины этих показателей бокситы подразделяются на типы (табл. 4).

Бокситы, используемые для производства глинозема по методу Байера, подразделяют на моногидратные (бёмитовые и диаспоровые) и тригидратные (гиббситовые). Содержание минералов бёмита и диаспора в тригидратных бокситах не должно превышать 5%.

Бокситы, используемые для производства электрокорунда, глиноземистого цемента, огнеупоров и мартеновского производства, должны соответствовать требованиям, указанным в табл. 5.

Типы бокситов по ГОСТ 972—74

Типы боксита	Показатели качества	Величина показателей качества, %
Малокарбонатные Карбонатные Высококарбонатные	Содержание двуокиси углерода	До 0,6 От 0,6 до 2 Более 2
Малосернистые Сернистые Высокосернистые	Содержание серы	До 0,3 От 0,3 до 0,8 Более 0,8
Маложелезистые Железистые Высокожелезистые	Содержание окислов железа в пересчете на Fe_2O_3	До 10 От 10 до 18 Более 18
Маловлажные Влажные Высоковлажные	Содержание гигроскопической влаги	До 10 От 10 до 15 Более 15

Таблица 5

Требования ГОСТ 972—74 к бокситам в зависимости от их использования

Область использования	Марка бокситов	Содержание (в %) не более			Кальциевый модуль не менее *
		S	P_2O_5	CaO	
Производство электрокорунда	Б-00, Б-0	0,3	0,5	—	250
	Б-1, Б-2				180
Производство глиноземистого цемента	Б-00, Б-0	0,8	—	2,0	—
Производство огнеупоров	Б-5, Б-6, 1с	0,5	—	1,5	—
Мартеновское производство	Б-5, Б-6	0,2	0,6	—	—

* Кальциевым модулем бокситов называется отношение содержания окиси алюминия к содержанию окиси кальция.

При обозначении бокситов указывают марку, сорт, тип (карбонатность, сернистость, железистость и влажность), минеральный состав (для бокситов, перерабатываемых на глинозем по

методу Байера), например: боксит марки Б-00, малокарбонатный, малосернистый, высокожелезистый, влажный, моногидратный.

Нормы, правила и требования к бокситам для конкретных видов их потребления устанавливаются нормативно-технической документацией, утверждаемой в установленном порядке в соответствии с требованиями стандарта.

2. Кондиции различных геолого-промышленных типов месторождений бокситов

Кондиции — это совокупность требований промышленности к качеству полезных ископаемых в недрах и горно-геологическим условиям месторождения, при которых обеспечивается экономически оправданное оконтуривание и разделение запасов на балансовые и забалансовые (Инструкция ГКЗ, 1965 г.).

Кондиции бывают трех типов: браковочные, используемые для оценки месторождений после завершения поисковых работ для отбраковки выявленных бокситопоявлений и месторождений и выдачи рекомендаций для постановки предварительных разведочных работ; временные, разрабатываемые по завершении предварительной разведки и составлении ТЭДа; и постоянные — по завершении детальной разведки и составлении ТЭДа.

Особо важным является требование введения браковочных кондиций и экономического обоснования проведения предварительной разведки, так как до настоящего времени значительное количество мелких непромышленных месторождений и бокситопоявлений не отбраковывались на стадии поисковых работ и необоснованно вовлекались в предварительную разведку. Введение оценочных кондиций в практику геологоразведочных работ на бокситы могло бы дать значительный экономический эффект. К сожалению, оценочные кондиции для бокситов до сих пор не разработаны.

Кроме того, еще не всегда предварительная разведка проводится с необходимым геолого-экономическим обоснованием. С целью облегчения расчета этих обоснований в ВИЭМСе разработана методика составления оценочных кондиций для рудных месторождений (Н. А. Хрущов, 1974 г.). Оценочные кондиции составляются на основании анализа состояния и перспектив развития сырьевой базы того или иного полезного ископаемого, планов увеличения потребности в нем народного хозяйства, а также технико-экономических показателей разработки месторождений различных промышленных типов. Если условия изучаемого месторождения резко отклоняются от нормализованных условий, принятых в оценочных кондициях, то к ним обычно разрабатываются соответствующие поправочные коэффициенты. Они даются в виде таблиц для горнотехнических условий разработки, а влияние географо-экономических условий обычно пока-

зывается на картах географо-экономического районирования.

На основании оценочных кондиций и поправочных коэффициентов к ним по результатам поисковых работ можно отбраковать выявленное рудопоявление или рекомендовать месторождение к предварительной разведке.

В некоторых случаях по результатам поисковых работ составляются технико-экономические соображения (ТЭС) для решения вопроса о постановке на изучаемом месторождении предварительной разведки. Однако оценочные кондиции и ТЭС значительно отличаются. Первые из них обычно составляются для всего Советского Союза, в то время как ТЭС, как правило, составляются для одного бокситоносного района или месторождения.

Временные кондиции для оперативных подсчетов запасов и постоянные кондиции для подсчета запасов, которые утверждаются ГКЗ, разрабатываются на основании соответствующих технико-экономических расчетов. Принципиального различия между ними нет, они отличаются лишь детальностью и достоверностью расчетов. Временные кондиции используются для получения оперативных приростов запасов бокситов, составления ТЭДа и обоснования детальной разведки месторождения. Они разрабатываются геологическими организациями или отраслевыми проектными институтами и утверждаются Минцветметом СССР.

Постоянные кондиции применяются для подсчета и утверждения запасов в ГКЗ, геолого-экономической оценки подсчитанных запасов, составления проектов горнодобывающих предприятий и т. д. Они составляются головными проектными организациями и утверждаются ГКЗ.

Установление кондиций на основании технико-экономических расчетов (ТЭДов) — это наиболее важный и ответственный этап геолого-экономической оценки бокситовых месторождений. По данным предварительной разведки для месторождений устанавливаются временные кондиции, утверждаемые потребителем, а по данным детальной разведки разрабатываются постоянные кондиции, утверждаемые ГКЗ. На основании технико-экономических расчетов (часто по нескольким вариантам) устанавливается, при каких значениях горно-геологических параметров запасы месторождения в целом или отдельные его участки могут быть балансовыми. Обоснование этих параметров является очень важным и решающим фактором геолого-экономической оценки месторождений бокситов. Применительно к месторождениям бокситов наиболее важными горно-геологическими параметрами, которые подлежат обоснованию соответствующими технико-экономическими расчетами, являются:

- 1) содержание глинозема и кремневый модуль в бортовой (окинтуривающей) пробе или в целом по рудному пересечению (выработке);

2) минимальная мощность пласта боксита, включаемая в подсчет балансовых запасов;

3) максимальная допустимая мощность прослоев некондиционных руд и пустых пород, включаемая в контуры рудных тел с балансовыми запасами;

4) предельно допустимый объемный (или линейный) коэффициент вскрыши при среднем угле откоса вскрышных пород для отработки месторождений открытым способом или предельная глубина подсчета запасов бокситов при разработке месторождений подземным способом;

5) выделение при подсчете запасов типов и сортов бокситов, обусловленное необходимостью их отдельной добычи и различными способами переработки.

В некоторых случаях устанавливаются минимальные запасы бокситов пространственно обособленных рудных тел в зависимости от удаления их от основных залежей и от удельной вскрыши.

В связи с тем, что месторождения бокситов СССР различаются по генезису, условиям залегания, морфологии и размерам рудных залежей, химическому и минеральному составу бокситов, горнотехническим, экономико-географическим и другим факторам, кондиции для этих месторождений также неодинаковы. Поэтому имеется целесообразность привести основные параметры этих кондиций для наиболее важных месторождений бокситов.

Наиболее качественными являются бокситы месторождений Северо-Уральского района, которые относятся к карсто-линзовидному типу и эффективно разрабатываются подземным способом на значительных глубинах.

Для подсчета запасов бокситов месторождений Северо-Уральского бокситоносного района постоянными кондициями предусмотрены следующие параметры:

1) бортовое содержание глинозема и кремневый модуль в крайней пробе для оконтуривания рудных тел должны соответствовать требованиям ГОСТ 972—50;

2) предельное содержание серы по рудному пересечению 10%;

3) качество бокситов, их маркировку и сортность по скважинам и подсчетным блокам определять в расчете на полную мощность рудного тела;

4) выделить в числе валовых запасов: а) запасы байеровских и спекательных бокситов; подсчет запасов спекательных бокситов производить в двух вариантах: статистически и по средней характеристике запасов, выделенных в самостоятельные подсчетные блоки, с подсчетом качественной характеристики этих запасов; б) запасы красных и пестроцветных бокситов с качественной их характеристикой;

5) минимальная мощность рудного тела 1 м;

6) максимальная мощность прослоев некондиционных руд и пустых пород, включаемых в подсчет запасов, 1 м;

7) в контурах балансовых запасов бокситов подсчитать запасы ценных элементов-примесей.

Полигенные месторождения пласто-линзообразного типа Среднего Тимана характеризуются повышенным качеством бокситов и благоприятными горнотехническими условиями. Временные кондиции для *Вежаю-Ворыквинского* и *Верхне-Ворыквинского месторождений* предусматривают:

1) бортовое содержание глинозема в пробе и в рудном пересечении для оконтуривания балансовых запасов 40% при кремневом модуле не менее 3;

2) выделение в общем балансовом контуре запасов байеровских бокситов по бортовому кремневому модулю 5,1 (в рудном пересечении);

3) минимальную мощность рудного тела, включаемую в подсчет запасов, 1,5 м;

4) максимальную мощность пустых пород и некондиционных руд, включаемых в подсчет запасов, 1,5 м;

5) максимальное отношение мощности вскрышных пород к мощности рудного тела (коэффициент вскрыши) 20;

6) бортовое содержание глинозема в пробе и в рудном пересечении для оконтуривания забалансовых запасов 37% при кремневом модуле не менее 2.

Для латеритных месторождений линейного типа Белгородского бокситоносного района КМА основными параметрами временных кондиций для оперативных подсчетов запасов бокситов *Висловского месторождения* предусматривается:

1) бортовое содержание глинозема в пробе 40% и кремневый модуль 2,6;

2) минимальная мощность рудных тел 2 м;

3) максимальная мощность некондиционных бокситов и пустых пород, включаемых в контур балансовых запасов, 2 м;

4) к байеровскому сорту относить бокситы при минимальном содержании глинозема 46% и кремневом модуле 5;

5) в контуре балансовых запасов отдельный подсчет запасов байеровских и спекательных бокситов; производить подсчет, исходя из качественной характеристики по всей мощности пласта, пересеченного буровой скважиной;

6) учитывая своеобразие минерального состава бокситов месторождения и наличие различных примесей, при окончательном определении технологических сортов по каждому рудному пересечению определять содержания валовой углекислоты, кремнезема, связанного с каолинитом, и кремнезема, не связанного с каолинитом.

Месторождения пластообразного типа, располагающиеся среди терригенных отложений нижнекаменноугольного возраста, отличаются по качеству и горнохимическим условиям. Для

месторождений Северо-Онежского района (Иксинское месторождение) предусматривается открытая добыча бокситов до глубины 70 м.

Для центральной и западной (Залужемской) частей Беловодской залежи *Иксинского месторождения* постоянные кондиции предусматривают следующие параметры:

1) содержание глинозема, кремнезема и вредных примесей в бокситах по разведочной выработке должно соответствовать требованиям ГОСТ 972—50;

2) минимальная мощность пласта боксита, включаемого в подсчет запасов, 1 м;

3) прослой некондиционного боксита, находящиеся внутри бокситовой толщи, включать в подсчет запасов, если среднее содержание глинозема и величина кремневого модуля по разведочной выработке (скважине) для выделенного интервала (с учетом этих прослоев) будет удовлетворять требованиям ГОСТ 972—50 для марки Б-6 и выше;

4) кроме того, в кондициях рекомендуется при подсчете запасов рассмотреть вопрос о возможности выделения блоков бокситов и аллитов, по качеству удовлетворяющих требованиям абразивной и муллитовой промышленности, при минимальной мощности пласта 1 м; прослой абразивного и муллитового сырья, залегающие в почве или кровле продуктивной толщи, включать в подсчетный контур запасов при мощности 0,5 м и выше.

Для восточной части Беловодской залежи Иксинского месторождения бокситов, которая находится на большой глубине под известняками и в менее благоприятных гидрогеологических и горнотехнических условиях, в постоянных кондициях предусмотрено:

1) содержание глинозема и кремневый модуль бокситов в краевой пробе и в целом по рудному пересечению (выработке) должны соответствовать требованиям ГОСТ 972—74;

2) минимальная мощность пласта бокситов 1,6 м;

3) прослой некондиционных руд и пустых пород включать в подсчетный контур бокситов независимо от их мощности при условии, что качество бокситов в целом по выработке с учетом этих прослоев будет соответствовать требованиям к марке Б-5, а для рудных пересечений, представленных преимущественно бокситами марки Б-6,— требованиям к марке Б-6;

4) подсчитать статистически количественное соотношение запасов бокситов марки Б-6 (и выше) и марки Б-6 ГОСТ 972—74 по каждому подсчетному блоку исходя из данных по рудному пересечению в целом;

5) подсчет балансовых запасов произвести в контурах карьера, согласованных с проектирующей организацией; запасы восточной части Беловодской залежи, находящиеся за пределами карьера, отнести к числу забалансовых.

Кроме того, для этой части Иксинского месторождения предусмотрен подсчет запасов элементов-примесей в бокситах.

Бокситы месторождений Южно-Тиманского бокситоносного района (Тимшерского, Пузлинского и др.) характеризуются высоким содержанием глинозема, кремнезема, серы и низким кремневым модулем. Бокситы этих месторождений представляют собой аргиллитоподобную породу преимущественно скрытокристаллической структуры. Главным породообразующим минералом является бёмит. Бокситы характеризуются довольно высоким содержанием глинозема (52—54%), низким содержанием железа (5—6%) и повышенным содержанием кремнезема (21,15%), что снижает кремневый модуль. Содержание серы (1,5—2,8%), превышающее допустимый ГОСТ 972—50 предел (не более 1%), отличает эти бокситы от других известных в стране.

Разработка разведанных месторождений может осуществляться только подземным способом вследствие большой глубины залегания бокситов (от 38 до 100 м, в среднем около 70 м) при относительно небольшой мощности продуктивного пласта (1,6—2,6 м) и неблагоприятных гидрогеологических условиях (наличие четырех водоносных горизонтов).

Для подсчета запасов бокситов *Тимшерского месторождения* Южно-Тиманского района были утверждены следующие временные кондиции:

1) минимальное содержание глинозема в рядовых пробах бокситов или смеси бокситов и аллитов, а также по скважине 37%;

2) среднее содержание глинозема по залежи не менее 50% и средний кремневый модуль не ниже 2,4;

3) минимальная мощность по скважине в подсчетном контуре 1,6 м как для бокситов по ГОСТ 972—50, так и для бокситовых пород (аллитов) или смеси бокситов и бокситовых пород;

4) максимальная мощность некондиционных прослоев, включаемая в промышленный контур, 1 м;

5) бортовой кремневый модуль рядовых проб 1,5;

6) при подсчете запасов бокситовых руд по месторождению проводить блокировку их с учетом содержания серы.

Во временных кондициях для месторождений Южно-Тиманского района при определении качества балансовых бокситов сделаны значительные отступления от ГОСТ 972—50 в части бортового (принято 1,5 вместо 2,1) и среднего кремневого модуля.

Для месторождений карсто-котловинного типа (Краснооктябрьское, Центральное) были разработаны постоянные кондиции, которые имеют отличительные черты.

На *Краснооктябрьском месторождении* кондиции предусматривают подсчет балансовых запасов бокситов и огнеупорных глин, поскольку это месторождение является комплексным.

Постоянные кондиции предусматривают следующие параметры для бокситов:

1) содержание глинозема, кремневый модуль и маркировку принять по ГОСТ 972—50 без разделения на сорта по содержанию двуокиси углерода;

2) в контуре балансовых запасов подсчитать статистически с усреднением качества бокситов на всю опробованную мощность по выработкам выход следующих сортов бокситов: а) глиноземное сырье с кремневым модулем более 3,6; б) глиноземное сырье с кремневым модулем 3,6—2,6; в) для черной металлургии;

3) подсчет запасов бокситов для производства электрокорунда произвести только на участках и в блоках, где они могут быть геометризованы;

4) минимальная мощность бокситовых залежей, включаемых в подсчет, 1 м;

5) прослой пород и некондиционных бокситов мощностью до 2 м включать в подсчитываемые запасы;

6) контур подсчета запасов бокситов, подлежащих отработке открытым способом, согласовать с проектирующей организацией.

Чадобецкое месторождение в Центральной Сибири сложено своеобразными по вещественному составу и низкосортными по качеству бокситами. Они обладают повышенным содержанием двуокиси титана (5—18%, при среднем по месторождению 8,6%), высоким содержанием трехоксида железа (в среднем 30—35%), повышенным кремневым модулем (5,3), относительно низким содержанием глинозема (в среднем 35,6% при колебании от 24 до 41%), низким содержанием кремнезема (в среднем 6,7% при колебании 3—18%) и повышенным содержанием пятиоксида фосфора (в среднем 0,64%).

Несмотря на относительно низкие экономические показатели освоения бокситов, учитывая отсутствие местного бокситового сырья в Сибири, для подсчета балансовых запасов бокситов месторождений Чадобецкой группы при условии открытой их отработки были утверждены постоянные кондиции, в которых предусмотрены следующие параметры:

1) бортовое содержание в пробе глинозема 28% при минимальном кремневом модуле 2,1;

2) минимальная мощность рудного тела и максимальная мощность внутрирудных некондиционных прослоев 2 м;

3) качество бокситов в подсчетном блоке должно удовлетворять требованиям ГОСТ 972—50;

4) подсчет запасов произвести в контурах карьера, согласованных с проектирующей организацией.

Среди карстовых месторождений повышенным качеством обладают месторождения *Амангельдинской группы* Северного Казахстана. Эти месторождения также являются комплексными,

так как содержат огромные запасы высокосортных огнеупорных глин. Для подсчета запасов бокситов этих месторождений, пригодных для разработки открытым способом, были установлены следующие кондиции:

1) содержание глинозема, кремневый модуль в бокситах, а также маркировку принять по ГОСТ 972—50;

2) минимальная мощность бокситовых залежей, включаемая в подсчет запасов, 1 м;

3) прослой пустых пород и некондиционных бокситов мощностью до 1 м включаются в подсчет запасов, если среднее содержание глинозема и величина кремневого модуля по разведочной выработке (скважине) для выделенного интервала удовлетворяет условиям ГОСТ 972—50;

4) выход отдельных сортов сырья для производства электрокорунда, плавящихся муллитовых огнеупоров, глинозема гидрохимическим способом и способом спекания, а также бокситов для использования в черной металлургии;

5) предельный коэффициент вскрыши для разработки отдельных залежей бокситов открытым способом 17.

По Аркалыкскому и Ашутскому месторождениям Амангельдинского района подсчет балансовых запасов бокситов проводился по более сложным кондициям, предусматривающим выделение и геометризацию среди валовых руд отдельных сортов и литологических разновидностей бокситов.

Кроме бокситов на этих месторождениях подсчитывались балансовые запасы различных сортов огнеупорных глин, для которых в кондициях были предусмотрены отдельные параметры.

Месторождения карстового (Белинское, Аатское, Татарское, Покровское и др.) и контактово-карстового (Таунсорское и др.) типов, приуроченные к небольшим карстовым воронкам и депрессиям, сгруппированным в обособленные участки, обычно имеют гиббситовый состав руд. Руды пригодны для комбинированной технологической схемы переработки последовательно байеровский процесс—спекание. Представителем карстового типа является *Белинское месторождение*, постоянные кондиции которого имеют следующие параметры:

1) содержание компонентов устанавливается по ГОСТ 972—50;

2) минимальная мощность рудного пласта 2 м;

3) максимальная мощность прослоев пустых пород 2 м;

4) качество бокситов по выработке считать на мощность каждого рудного тела;

5) статистически подсчитать: а) бокситы для глиноземной промышленности и черной металлургии с характеристикой по качеству; б) литологические разности бокситов и их качество;

6) предельный коэффициент вскрыши установить 25 при среднем угле откоса вскрышных пород 30°.

Бокситы *Татарского месторождения* пригодны для использования в абразивной промышленности и для получения электрокорунда. Для подсчета запасов абразивных бокситов по Татарской группе месторождений установлены следующие постоянные кондиции:

- 1) минимальное промышленное содержание Al_2O_3 в залежи, рудном теле или блоке с запасами до 0,5 млн. т 32% при кремневом модуле не ниже 4,5 и содержании CaO не выше 0,25%;
- 2) бортовое содержание Al_2O_3 в пробе 28% при кремневом модуле не ниже 4 или содержание Al_2O_3 не ниже 37% при кремневом модуле не ниже 2,1 (по ГОСТ 972—50 для марок Б-6, Б-8);
- 3) минимальная мощность рудного тела, включаемая в контур подсчета, 2 м;
- 4) максимальная мощность прослоев некондиционных руд или пустых пород, включаемая в контур подсчета, 2 м;
- 5) контуры карьеров согласовать с проектной организацией;
- 6) запасы бокситов, расположенные вне рекомендуемых контуров карьеров, а также запасы Средне-Татарского и Мурлиного месторождений отнести к забалансовым.

II. ГЕОЛОГО-ЭКОНОМИЧЕСКАЯ ОЦЕНКА МЕСТОРОЖДЕНИЙ БОКСИТОВ НА РАЗЛИЧНЫХ СТАДИЯХ ГЕОЛОГОРАЗВЕДОЧНЫХ РАБОТ

Геологоразведочные работы на алюминиевое сырье проводятся с целью выявления и промышленной оценки месторождений бокситов и других видов алюминиевого сырья. Оценка осуществляется с различной точностью в зависимости от полноты и достоверности полученных данных. В соответствии со степенью приближенности оценки единый геологоразведочный процесс подразделяется на стадии. Теоретической основой разделения геологоразведочного процесса на стадии является принцип последовательных приближений. От ранних стадий к последующим возрастает детальность исследований, увеличивается объем получаемой информации об изучаемом месторождении и соответственно повышается степень достоверности представлений о нем. Разделение геологоразведочных работ на стадии проводится с целью наиболее полного и экономичного осуществления поисков и разведки месторождений бокситов.

Министерство геологии СССР в 1975 г. установило новые стадии геологоразведочных работ, назначение, содержание и требуемые результаты каждой из них (Методические указания..., 1975). Согласно этим указаниям геологоразведочные работы делятся на шесть стадий: I — региональные геологосъемочные и геофизические работы; II — поиски месторождений полезных ископаемых; III — предварительная разведка; IV — детальная разведка; V — разведка эксплуатируемого месторождения

в пределах горного отвода; VI — эксплуатационная разведка. Результаты каждой стадии являются основанием для перехода к последующей. I и II стадии делятся на подстадии. Поисковые работы делятся на три подстадии: общие поиски с выделением перспективных площадей и определением прогнозных запасов, детальные поиски с определением прогнозных запасов на конкретных участках и поисково-оценочные работы с определением прогнозных запасов рудопроявлений. На каждой стадии геологоразведочных работ осуществляется геолого-экономическая оценка месторождений.

Перекрытие бокситоносных отложений в большинстве районов мощным чехлом покровных отложений (50—600 м), ограниченные площади распространения и сравнительно небольшие по размерам бокситовые залежи создают значительные трудности при проведении поисковых и разведочных работ. Для промышленной оценки бокситовых месторождений приходится большое количество погонных метров скважин колонкового бурения и проводятся значительные объемы геофизических исследований. Поэтому при геолого-экономической оценке бокситовых месторождений большое значение имеют прогнозные исследования.

1. Прогнозные исследования

В последние годы прогнозная оценка запасов бокситов играет все большую роль в экономических расчетах и прежде всего при перспективном планировании развития алюминиевой промышленности (до 2000 г. и на более далекую перспективу). Она осуществляется на стадии геологических съемок и при глубинном картировании с составлением региональных и крупномасштабных прогнозных карт, а также при поисковых работах.

Прогнозные запасы при оценке потенциальных возможностей месторождений, бокситоносных зон, площадей и районов определяются прежде всего на основе прогнозно-оценочных критериев, общих геологических предпосылок, установленных рудоконтролирующих факторов и геофизических данных; бокситоносность подтверждена в некоторых случаях отдельными горными выработками или одиночными буровыми скважинами.

В соответствии с рекомендациями Постоянной комиссии СЭВ по геологии при оценке прогнозных запасов необходимо учитывать следующие наиболее важные принципы и методы (Быховер, 1971₂):

1) прогнозные запасы — это неразведанные запасы полезных ископаемых, предполагаемые на основании закономерностей образования и размещения месторождений полезных ископаемых и исследований, раскрывающих геологическое строение и историю геологического развития оцениваемой территории;

2) эти запасы позволяют судить о возможности расширения минеральносырьевой базы соответствующей отрасли народного

хозяйства и должны служить основой для планирования и выбора направления всех видов геологических исследований и геологоразведочных работ;

3) они отличаются от запасов категории C_2 тем, что параметры оценки по прогнозируемым объектам (размеры по простиранию и мощности, среднее содержание полезных компонентов, вредных примесей и др.) являются предположительными, определяются косвенно и могут подсчитываться вне геометрических контуров;

4) прогнозные запасы оцениваются на основе данных об истории геологического развития и особенностях геологического строения изучаемой территории, полученных в результате широких комплексных геологических, геофизических и геохимических исследований, а также при анализе структурно-тектонических минералого-петрографических, литолого-стратиграфических, палеогеографических и других факторов, определяющих условия локализации полезного ископаемого.

Количественная и качественная оценка прогнозных запасов месторождений полезных ископаемых производится методом аналогии с учетом указанных факторов, известных по другим месторождениям данного типа, а также имеющихся статистических сведений.

Прогнозные запасы полезных ископаемых оцениваются до глубин, достижимых при эксплуатации; качество полезного ископаемого определяется требованиями промышленности и особенностями экономики каждой страны. Для оценки прогнозных запасов во всех странах устанавливаются определенные кондиции по каждому полезному ископаемому.

При оценке прогнозных запасов выделяют три группы:

1) прогнозные запасы по известным месторождениям (эксплуатируемым, разведанным или находящимся в разведке) сверх учтенных по категории C_2 , т. е. новые рудные тела, участки, горизонты;

2) прогнозные запасы за счет возможности открытия новых месторождений в районах с уже известными промышленными месторождениями;

3) прогнозные запасы по районам, в которых еще нет промышленных месторождений, но где по имеющимся геологическим предпосылкам они могут быть выявлены.

Для оценки бокситоносности провинций, районов, зон и месторождений составляются прогнозные карты бокситоносности различных масштабов, среди них выделяют обзорные карты перспектив бокситоносности масштабов 1 : 5 000 000 и 1 : 2 500 000 в целом для СССР и отдельных частей; мелкомасштабные карты (1 : 500 000) для отдельных бокситоносных провинций, среднемасштабные (1 : 200 000 и 1 : 100 000) — для бокситоносных районов, крупномасштабные (1 : 50 000—1 : 25 000) и детальные (1 : 10 000) — для отдельных месторождений.

К настоящему времени мелкомасштабные и частично средне-масштабные карты составлены для большинства бокситоносных провинций и районов СССР.

На всех стадиях прогнозных исследований используются прогнозно-оценочные критерии, основанные на закономерностях размещения бокситовых месторождений, рудоконтролирующих факторах, теоретических предпосылках образования бокситов, геофизических данных и других факторах.

При оценке бокситоносности районов, площадей и месторождений, как правило, даются цифры прогнозных запасов, но количественных расчетов при этом не приводится. Эти запасы даются по аналогии с известными геолого-промышленными типами месторождений на основании общих геологических предпосылок, установленных рудоконтролирующих факторов, геофизических данных и т. д. При определении перспектив бокситоносности зон, участков и площадей большое значение имеют количественные расчеты, подтверждающие их перспективу.

Венгерскими геологами для определения количества прогнозных запасов на перспективной площади предложены количественные расчеты по формуле

$$R = Sfshgr,$$

где R — прогнозные запасы, т; S — общая перспективная площадь, м²; f — среднее число линз на единицу площади, шт/м²; s — средняя площадь бокситовых линз, м²; h — средняя мощность бокситовых линз, м; g — плотность боксита, т/м³; r — средний объемный коэффициент вскрыши для залежей, м³/м³.

Для определения прогнозных запасов карстовых месторождений бокситов Северного Казахстана Г. Р. Кирпалем и В. А. Хацкевич (1966) были предложены коэффициенты: бокситоносности, рудоносности, линейный коэффициент рудоносности, бокситонасыщенности и размытости. Эти коэффициенты отражают степень бокситоносности и могут применяться по аналогии с изученными площадями. Однако эти коэффициенты являются сугубо ориентировочными и не могут учитывать всех условий, при которых происходило образование месторождений бокситов, и геологической истории их последующей сохранности, от которых также зависит перспективность того или иного участка.

2. Поисковые работы

Элементы геолого-экономической оценки в общем виде используются на стадии поисковых работ, так как на этой стадии для определения экономической значимости выявленных бокситопроявлений и участков могут быть использованы прогнозные запасы, качество выявленных и предполагаемых бокситов. По результатам поисковых работ дается геолого-экономическая

оценка выявленных рудопроявлений и перспективных площадей, которая используется для решения вопроса о необходимости постановки на них дальнейших работ.

Поиски бокситовых месторождений в различных бокситоносных районах имеют специфический характер, так как направлены на обнаружение определенных геолого-промышленных типов месторождений бокситов и осуществляются с использованием различных поисково-оценочных критериев, основанных на закономерностях размещения и рудоконтролирующих факторах, присущих для определенного типа месторождений в конкретном районе. Основой для постановки поисковых работ являются среднемасштабные и крупномасштабные прогнозные карты бокситоносности или выявленные в процессе геологической съемки перспективные проявления бокситов.

Поисковые работы выполняются в три подстадии: общие поиски с выделением перспективных площадей и определением прогнозных запасов; детальные поиски с определением прогнозных запасов на конкретных участках; поисково-оценочные работы с определением прогнозных запасов рудопроявлений. Оценка перспектив бокситоносности на стадии поисков осуществляется, исходя из геологического строения и с учетом рудоконтролирующих факторов для определенных типов бокситовых месторождений. Поисково-оценочные работы могут ставиться на участках с бокситопоявлениями, выявленными в процессе глубинного геологического картирования, геофизических исследований (аномалии, депрессии и т. д.) и бурения скважин, встретивших бокситы или бокситоносную толщу.

По данным поисковых работ определяется геолого-промышленный и генетический тип месторождения, что важно для установления характера, формы и размеров бокситовых залежей, иногда качества бокситовых руд, выдержанности бокситового оруденения.

На поисковой стадии определяют, какие из рудопроявлений наиболее перспективны в отношении возможных запасов, качества бокситов и условий их залегания. Учитывая эти данные, можно сравнивать изучаемые с аналогичными месторождениями бокситов и решать вопрос, могут ли выявленные в процессе поисков бокситопоявления представлять промышленный интерес. Это первая геолого-промышленная оценка выявленных проявлений бокситов. При благоприятных результатах составляется проект на проведение предварительной разведки.

Поисковая сеть, по которой осуществляется геолого-экономическая оценка месторождений и бокситопоявлений, неодинакова и зависит от типа месторождений и особенностей геологического строения района.

Общие поиски проводятся с целью выделения перспективных площадей, оценки прогнозных запасов, обнаружения месторождений и рудопроявлений бокситов, установления ориентировоч-

ных границ их распространения. Магнитные аномалии, депрессии и понижения в дорудном рельефе и другие геофизические данные служат признаками, определяющими места вероятного нахождения бокситоносных горизонтов или рудных тел. На этой стадии определяются геолого-промышленный и генетический типы выявленных бокситопоявлений, их связь с вмещающими породами и геологической структурой; оконтуриваются площади установленного и предполагаемого распространения бокситового оруденения; определяются прогнозные запасы, выделяются конкретные площади и участки для детальных поисков.

Детальные поиски с определением прогнозных запасов на конкретных участках проводятся на площадях и участках, выявленных при общих поисках, выделенных на прогнозных картах или по данным геофизических работ, а также на перспективных площадях, примыкающих к известным месторождениям. В результате поисков на этой подстадии должны быть определены перспективы исследованной площади, основанные на более детальных данных, определены установленные и предполагаемые (прогнозные) контуры бокситоносных отложений, дана оценка прогнозных запасов бокситов на конкретных участках.

На стадии поисково-оценочных работ проводятся прогнозная и геолого-экономическая оценки изученных участков с целью определения перспективности выявленных бокситопоявлений и месторождений и выбора среди них наиболее перспективных объектов, заслуживающих предварительной разведки, и отбраковки явно непромышленных бокситопоявлений. В результате поисково-оценочных работ должны быть установлены границы месторождений и бокситопоявлений, определены прогнозные запасы и частично запасы категории C_2 . Эти запасы должны удовлетворять требованиям промышленности по количеству и качеству. Должны быть учтены географо-экономические условия района и горнотехнические условия залегания. На этой стадии устанавливаются особенности минерального состава, примерная качественная характеристика и технологические свойства бокситов.

3. Предварительная разведка

Предварительная разведка проводится на месторождениях бокситов, которые получили положительную оценку по результатам поисковых и поисково-оценочных работ. На этой стадии оценивается месторождение в целом и по существу решается дальнейшая судьба месторождения. Детальная разведка и до-разведка касается лишь некоторых частей месторождения.

Основной целью предварительной разведки является установление общих масштабов месторождения, получение минимально необходимых данных по геологическому строению месторождения, условиям залегания и морфологии рудных тел,

качеству и литолого-технологическим типам бокситовых руд (на лабораторных пробах), общим географо-экономическим, гидро-геологическим и горно-эксплуатационным условиям и других данных, необходимых для промышленно-экономической оценки месторождений в целом и подсчета запасов бокситов по категориям C_1 и C_2 .

По результатам предварительной разведки месторождений, получивших положительную геолого-экономическую оценку, составляется технико-экономический доклад (ТЭД) о целесообразности детальной разведки с разработкой временных кондиций, которые утверждаются Минцветметом СССР.

На стадии предварительной разведки плотность сети должна быть минимальной, но достаточной для оценки общих запасов месторождений, определения размеров, форм и условий залегания бокситовых залежей и рудных тел. На этой стадии при оценке запасов месторождения существенное значение имеют геофизические данные (наличие магнитных аномалий, перспективных на бокситы депрессий и т. д.).

Плотность сети, по которой оцениваются запасы бокситов, зависит прежде всего от геолого-промышленного типа, размеров, морфологии и условий залегания месторождения. Согласно методическим указаниям предварительную разведку бокситовых месторождений можно проводить в два периода. Вначале более редкой сетью скважин охватывают все месторождение в его естественных или некоторых условных границах, в результате определяются запасы всего месторождения (или его части) по категории C_2 . Затем в пределах контура месторождения выбирается наиболее представительная и доступная для разработки его часть с целью подсчета запасов бокситов по категории C_1 . Количество профилей скважин, необходимых и достаточных для решения задач предварительной разведки, т. е. густота сети, по которой осуществляется оценка месторождений, зависит от промышленного типа месторождения с учетом его индивидуальных особенностей.

Геолого-экономическая оценка по данным предварительной разведки, являющаяся предварительной характеристикой будущего предприятия, проводится с учетом планово-экономических, геологических, горно-геологических, технологических и других факторов, имеющих большое значение при решении вопроса о промышленном освоении месторождения. Кроме запасов категорий C_1 и C_2 при составлении ТЭД в некоторых случаях учитывают и геологически обоснованные прогнозные запасы. На этой стадии практически решается дальнейшая судьба месторождения, хотя в случае положительного решения об освоении месторождения при последующих детальных разведочных работах отдельные оценочные показатели месторождения могут немного измениться. По результатам составления ТЭД даются предварительные соображения о возможных способах, системах

вскрытия и разработки месторождения, масштабах добычи, технологических схемах переработки бокситов.

Устанавливается относительная промышленная ценность месторождения и делаются выводы о целесообразности и очередности промышленного освоения данного месторождения, а также о необходимости постановки на нем детальных разведочных работ.

Оценка месторождений по результатам предварительной разведки производится по укрупненным показателям. Расчетные показатели могут быть получены двумя способами: по данным проектов и ТЭД для аналогичных месторождений; путем прямых технико-экономических расчетов на основе полученных при проведении разведки фактических данных. Методика расчетов оценочных показателей во многом зависит от полноты и достоверности фактических данных, полученных при проведении предварительной разведки. При составлении ТЭД для месторождений бокситов оценочные показатели в большинстве случаев определяются прямым расчетом.

4. Детальная разведка

Детальная разведка ставится на тех месторождениях бокситов, которые получили положительную промышленную оценку по данным предварительной разведки и намечены к промышленному освоению в ближайшее время. Детальная разведка обычно проводится на части месторождения, которая предназначена для первоочередного промышленного освоения (отдельные бокситовые тела или отдельные их части) с таким расчетом, чтобы детально разведанные запасы обеспечили работу предприятия на ближайшие 5—8 лет.

При детальной разведке осуществляется окончательная геолого-экономическая оценка бокситового месторождения с целью передачи его для промышленного использования. На этой стадии уточняются представления о структуре месторождения, условия залегания, формы и размеры бокситовых залежей и рудных тел, запасы бокситов, пространственное распределение природных литологических типов и технологических сортов, горнотехнические условия разработки.

При детальной разведке в контурах рудных тел распределение технологических типов и сортов бокситов изучается с детальностью, отвечающей требованиям к промышленным запасам, разведанным по категориям А+В+С₁. Соотношение запасов этих категорий устанавливается в зависимости от сложности геологического строения месторождения, размеров и морфологических особенностей рудных залежей. В действующей классификации все месторождения бокситов отнесены к трем группам, для каждой группы установлены оптимальные соотношения запасов категорий А, В и С₁. Запасы бокситов по результатам

детальной разведки подсчитываются на основании постоянных кондиций.

Для оценки месторождения при детальной разведке места заложения скважин задаются с учетом пройденных при предварительной разведке, со сгущением сети для перевода запасов бокситов в категории В и А. Плотность разведочной сети должна обеспечивать получение данных, необходимых для подсчета запасов бокситов по категориям В и А. Качество и технологические свойства бокситов изучаются в полупромышленных масштабах на пробах большого веса. Все факторы, определяющие условия эксплуатации месторождения, изучаются с детальностью, обеспечивающей проектирование горнодобывающего предприятия. Гидрогеологические работы проводятся с целью определения величин водопритоков в горные выработки и возможных источников водоснабжения будущих горных предприятий.

Детальная разведка осуществляется с более высокой степенью достоверности, чем предварительная разведка. На этой стадии уточняется общая оценка месторождения, данная на предыдущей стадии. Размеры участка (или рудного тела) для детальной разведки определяются в зависимости от производительности предполагаемого горного предприятия, с учетом обеспечения его запасами на установленный нормативный срок.

На многих месторождениях бокситов при производстве геологоразведочных работ иногда трудно отделить стадии предварительной и детальной разведки, часто они сливаются в единый геологоразведочный процесс, однако с точки зрения геолого-экономической оценки они разделяются четко. В результате завершения предварительной разведки и составления ТЭД должны быть установлены временные кондиции и дана (или не дана) рекомендация для постановки детальной разведки. При завершении детальной разведки устанавливаются постоянные кондиции и должен быть решен вопрос о целесообразности промышленного освоения месторождения.

По данным детальной разведки институтами Минцветмета СССР составляется технико-экономический доклад и разрабатываются постоянные кондиции, которые после утверждения в ГКЗ используются для определения балансовых и забалансовых запасов бокситов при их подсчете. В расчет принимается только сумма промышленных запасов, разведанных по категориям $A+B+C_1$ и редко учитываются запасы категории C_2 и прогнозные запасы. Полная промышленная оценка месторождения осуществляется в процессе составления проекта разработки месторождения и строительства горнодобывающего предприятия.

Промышленная оценка месторождений бокситов на стадии детальной разведки производится по тем же показателям, что и на стадии предварительной разведки (по годовой мощности

предприятия, себестоимости готовой продукции, рентабельности разработки месторождений, эффективности капиталовложений и т. д.). Разница в оценке месторождения на стадиях предварительной и детальной разведки заключается в достоверности исходных данных, принимаемых в расчет. На месторождениях, прошедших стадию детальной разведки, достоверность исходных данных значительно выше.

От поисков к детальной разведке постепенно увеличиваются число оценочных показателей и детальность их определения. Кроме того, на стадии поисково-оценочных работ при составлении ТЭС оценочные показатели рассчитываются на основе прогнозных запасов и частично категории C_2 , на стадии предварительной разведки — на основании запасов категорий C_1 и C_2 , при детальной разведке — на основе суммы запасов промышленных категорий $A+B+C_1$, иногда категории C_2 и прогнозных запасов.

5. Разведка в пределах горного отвода и эксплуатационная разведка

Разведка эксплуатируемого месторождения в пределах горного отвода проводится с целью изучения флангов и глубоких горизонтов эксплуатируемого месторождения, а также для детального изучения контуров рудных тел в случае изменений условий с целью повышения обеспеченности разведанными запасами действующего предприятия.

На этой стадии геолого-экономическая оценка обычно не проводится в связи с тем, что работы осуществляются на эксплуатируемых месторождениях, по которым геолого-экономическая оценка давалась ранее (составлены ТЭД и проект на разработку месторождения). Однако в некоторых случаях эти работы выполняются. На месторождениях Северо-Уральского района для определения экономической целесообразности освоения глубоких горизонтов и применения двухъярусного вскрытия месторождений были проведены технико-экономические расчеты и составлен ТЭД.

Эксплуатационная разведка обычно осуществляется с целью уточнения контуров рудных тел, количества и качества запасов бокситов на участках, подготавливаемых к отработке, для планирования добычи бокситовых руд. На этой стадии проводится предельно возможное уточнение контуров бокситовых тел и их качества, а также горнотехнических условий отработки. При этом используются все горноподготовительные и очистные выработки, буровые скважины и шпурсы. По этим данным систематически подсчитываются запасы, готовые к выемке. Расчеты являются основой для годовых, квартальных и месячных планов добычи бокситов требуемого качества.

Однако на эксплуатируемых в настоящее время месторождениях бокситов эксплуатационная разведка обычно не проводится, за исключением месторождений Северного Казахстана, обрабатываемых карьерным способом. При этом уточнение контуров рудных тел осуществляется до их вскрытия для того, чтобы правильно расположить отвалы и не было лишних затрат на транспортировку вскрышных пород. После вскрытия карьером рудного тела или его части проводится эксплуатационная разведка вертикальными скважинами по квадратной сети, в два раза более плотной, чем при детальной разведке.

III. КЛАССИФИКАЦИЯ И ПОДСЧЕТ ЗАПАСОВ БОКСИТОВ

Оценка и подсчет запасов бокситов проводятся на различных стадиях геологоразведочных работ: от прогнозных исследований до завершения детальной разведки, а также при эксплуатационных разведочных работах. При этом в зависимости от степени разведанности и достоверности разведанные запасы классифицируются по различным группам и категориям.

1. Классификация запасов бокситов по категориям

Запасы бокситов — это выявленные в результате геологоразведочных работ скопления определенных количеств бокситовых руд в недрах без вычета потерь при добыче и переработке. Принятой для всех стран мира классификации запасов минерального сырья, в том числе бокситов, не существует.

Согласно принятой в СССР и других социалистических странах классификации запасы бокситов в зависимости от возможности промышленного использования делятся на две группы: балансовые и забалансовые. Использование балансовых запасов экономически целесообразно, и они должны удовлетворять условиям, установленным для подсчета запасов в недрах.

Использование забалансовых запасов в настоящее время экономически нецелесообразно вследствие низкого содержания в бокситах ценных компонентов, незначительных размеров рудных тел, сложности условий эксплуатации и т. д.

Классификация запасов бокситов по категориям производится в соответствии с требованиями ГКЗ, предусмотренными классификацией запасов твердых полезных ископаемых. В зависимости от степени разведанности месторождений, изученности качества сырья и горнотехнических условий разработки месторождений запасы бокситов подразделяются на четыре категории: А, В, С₁ и С₂.

Согласно инструкции по применению классификации запасов (1962) применительно к месторождениям бокситов к категории А могут быть отнесены запасы, изученные с детальностью, отвечающей следующим требованиям:

определены общие и установлены местные отклонения условий залегания; изучены гипсометрия кровли и почвы бокситовых залежей и характер контактов с вмещающими породами; выявлены форма и строение рудных тел, а также переслаивание бокситов и вмещающих пород; изучены вещественный состав руд в среднем и характер его изменчивости по простиранию, падению и мощности; установлены распределение и количественное соотношение различных марок бокситов, а также их литологических разностей; изучены минеральный состав, текстура и структура каждого типа и сорта руды; установлены размеры, количество и пространственное положение имеющихся в рудном теле безрудных участков; изучены технологические свойства бокситов, достаточные для составления проекта переработки бокситов на глинозем; изучены гидрогеологические условия с детальностью, позволяющей рассчитать ожидаемые притоки воды в эксплуатационные выработки; детально изучены горнотехнические условия. Запасы по категории А подсчитываются в пределах участков, оконтуренных горными выработками или скважинами.

К категории В на месторождениях бокситов могут быть отнесены запасы, изученные с детальностью, отвечающей следующим требованиям:

определены достаточно точно элементы залегания рудных тел, а местные изменения элементов залегания могут быть не всегда полностью выявлены; морфология, внутреннее строение и характер взаимоотношения рудных тел с вмещающими породами должны быть изучены с детальностью, исключающей возможность существенных изменений; вещественный состав бокситов и закономерность его изменения изучены с возможной тщательностью; пространственное положение отдельных сортов и типов руд в отдельных случаях установлено приближенно, а количественные их соотношения подсчитаны статистически; безрудные участки и некондиционные руды в пределах рудного тела выявлены и количественно определены; технологические свойства бокситовых руд изучены с детальностью, обеспечивающей выбор наиболее рациональной схемы их переработки; гидрогеологические условия изучены с детальностью, достаточной для приближенного расчета ожидаемых притоков воды в эксплуатационные выработки; горнотехнические условия изучены с детальностью, необходимой для решения вопроса о способе разработки месторождения (открытый, подземный), определения устойчивости и крепости руд и вмещающих пород, особенно тех, которые находятся в кровле рудных тел. Запасы категории В должны быть оконтурены горными выработками или буровыми скважинами.

К категории С₁ могут быть отнесены запасы бокситовых месторождений, изученные с детальностью, отвечающей следующим требованиям:

определены элементы залегания рудных тел и общие закономерности изменения их простирания и падения; выяснены общая морфология рудных тел, их размеры и площадь распространения, пределы колебания и средние значения мощности, наличие внутри рудных тел безрудных или некондиционных участков, пережимов, раздувов и т. д.; изучены основные особенности вещественного состава руд, наличие различных типов и сортов, их минеральный и химический состав, колебание содержания основных компонентов и их средние значения; на основе лабораторных исследований или по аналогии с другими месторождениями установлена возможность переработки руд применяемыми в промышленности способами; определены основные гидрогеологические и горнотехнические условия месторождения. Запасы категории C_1 должны быть оконтурены горными выработками или буровыми скважинами, а для наиболее выдержанных и крупных месторождений контуры могут быть определены геологически обоснованной экстраполяцией по запасам категорий А и В. Величина экстраполяции зависит от степени равномерности и характера изменения оруденения.

В последние годы при определении промышленной значимости месторождений и технико-экономических расчетах все большее значение приобретают запасы категории C_2 (Кибец, Чеботарев, 1975). На месторождениях бокситов запасы категории C_2 подсчитываются на различных стадиях поисковых и разведочных работ. На разведываемых рудных телах запасы подсчитываются путем экстраполяции по простиранию и падению, а на изученных рудных телах — с использованием метода аналогий. При этом решающее значение имеют изученность геологического строения месторождения и закономерности локализации бокситового оруденения, правильное определение геолого-промышленного типа месторождения, наличие естественных обнажений и имеющихся горных выработок и скважин, а также других бокситопроявлений. Экстраполяция запасов категории C_2 принимается с учетом имеющихся пересечений выходов бокситового оруденения или по аналогии с другими подобными рудными телами. Учитываются также геофизические данные, все косвенные признаки и рудоконтролирующие факторы, свидетельствующие о распространении бокситового оруденения.

В отношении точности подсчета запасов по отдельным категориям существуют два мнения. Одни исследователи считают, что для каждой категории необходимо установить определенную точность (допустимые ошибки подсчета) определения отдельных геолого-промышленных параметров (мощности, размеров, морфологии, содержания рудообразующих компонентов и т. д.). Другие же считают, что это предложение неправомерно.

В. М. Крейтер (1960) предлагал следующий уровень погрешностей для отдельных категорий: А 15—20%; В 20—30%; C_1 30—60% и C_2 60—90%. Есть и другие предложения, до-

пускающие следующие погрешности по категориям: $A \pm 10\%$, $B \pm 25\%$, $C_1 \pm 50\%$.

Однако инструкция ГКЗ (1962) не предусматривает погрешностей для различных категорий запасов на том основании, что введение их в практику геологоразведочных работ вызвало бы большие трудности при составлении балансов, планировании прироста запасов и особенно при проектировании горнорудных предприятий.

Инструкцией по применению классификации запасов (1962) по размерам рудных тел, их морфологии и выдержанности качества бокситов, определяющим расположение и плотность сети разведочных выработок, необходимую для отнесения запасов к различным категориям, месторождения бокситов подразделяются на четыре типа: I — крупные пластообразные залежи с относительно выдержанным качеством бокситов; II — пластообразные и крупные линзообразные залежи с выдержанным качеством бокситов; III — средние по размерам линзообразные залежи с невыдержанным качеством бокситов; IV — небольшие линзо- и гнездообразные залежи, имеющие сложную морфологию и очень невыдержанное качество бокситов.

По классификации запасов твердых полезных ископаемых (Инструкция ГКЗ, 1962) все месторождения по соотношению запасов различных категорий, влияющему на составление проектов и выделение капитальных вложений для строительства новых и реконструкции действующих горнодобывающих предприятий, подразделяются на три группы: 1) простого строения с выдержанной мощностью бокситовых тел и равномерным распределением бокситообразующих компонентов; 2) сложного строения с невыдержанной мощностью бокситовых тел или неравномерным распределением бокситообразующих компонентов; 3) очень сложного строения с резкой изменчивой мощностью бокситовых тел или исключительно невыдержанным содержанием бокситообразующих компонентов.

Требования инструкции ГКЗ (1962) по соотношению категорий запасов на различных стадиях геологоразведочных работ сводятся к следующему. На месторождениях первой группы по категориям A и B должно быть разведано не менее 30% запасов бокситов, в том числе по категории A не менее 10%, т. е. должно быть следующее соотношение запасов по категориям: A — 10%, B — 20%, C_1 — 70%. Этой группе соответствуют месторождения бокситов первого типа, к которому относятся месторождения Северо-Уральского и Северо-Онежского бокситоносных районов.

На месторождениях второй группы по категории B должно быть разведано не менее 20%, по категории C_1 — 80%. Этой группе соответствуют месторождения второго и третьего типов. Ко второму типу относятся тектонически нарушенные пластообразные залежи Северо-Уральского, Южно-Уральского и Салаирского районов, а также линзообразные месторождения

Амангельдинской, Краснооктябрьской, Чадобецкой, Тихвинской, Белгородской и Южно-Тиманской групп бокситовых месторождений. К третьему типу относятся Белинское, Аятское, Высокопольское, Татарское и другие месторождения.

На месторождениях третьей группы разведка по категории В обычно нецелесообразна, проектирование горнодобывающих предприятий и выделение капиталовложений допускается на базе запасов категории С₁. Этой группе соответствуют месторождения Западно-Тургайского района (Покровское, Карабайтольское, Таунсорское, Озерное и др.), а также Приангарского, Барзасского и других районов. Месторождения этого типа, как правило, самостоятельного практического значения не имеют и разведываются в тех случаях, когда они расположены вблизи более крупных месторождений или действующих бокситовых рудников.

Запасы категории А должны обеспечивать месячное, суточное или сменное планирование добычи бокситовых руд. Запасы категории В обеспечивают годовое планирование объемов горно-эксплуатационных выработок, вскрышных пород и добычи руды. Запасы категории С₁ должны обеспечивать однозначную промышленную оценку всего месторождения в целом или какой-либо его части, которая бы обеспечила будущее горнорудное предприятие по добыче бокситов на полный амортизационный срок его существования.

2. Оценка запасов бокситов по категориям в зависимости от плотности разведочной сети на месторождениях различного типа

Плотность разведочной сети на различных геолого-промышленных типах бокситовых месторождений для различных категорий неодинакова. Густота скважин разведочной сети зависит прежде всего от типа и группы месторождений (табл. 6), т. е. от размеров рудных тел, их морфологии, строения и выдержанности качества бокситов, а для месторождений Северо-Уральской группы — от непрерывности, выдержанности мощности и глубины залегания бокситовых залежей.

На различных месторождениях Северо-Уральского бокситового района разведочная сеть для различных категорий запасов неодинакова и зависит от морфологии, размеров рудных залежей, типа рудных полей, глубины залегания, тектонической нарушенности и других факторов.

На месторождениях Северо-Уральского района, которые относятся к карсто-пластообразному типу, по степени сложности и устойчивости мощности бокситового пласта рудное поле делится на три типа: непрерывный, непрерывно-прерывистый и прерывистый. К выделенным типам рудных полей применяют

поправочные коэффициенты, понижающие запасы. Кроме того, эти типы оруденения в значительной мере влияют при отнесении запасов бокситов к различным категориям.

На месторождении Красная Шапочка запасы категории В подсчитывались по сети 100×100 м, а на залежах с более сложной морфологией разведочная сеть была более плотной: 72×72 м, т. е. при сети 100×100 м бурилась пятая скважина в центре квадрата. Для запасов категории C_1 принята сеть 200×200 м с пакетной скважиной в центре квадрата, что соответствует ромбической сети 140×140 м. Для подсчета по категории C_2 применялась сеть 200×200 , 140×140 и $400(600) \times 800$ м. Кроме того, разведочная сеть зависела от типа рудного поля, характера прерывистости и глубины залегания бокситового горизонта.

На Кальнинском месторождении запасы категории В оценивались по сети 50×100 м, а при III типе рудного поля запасы, разведанные по этой сети, относились к категории C_1 . По категории C_1 оценивались запасы бокситов, разведанные по сети 140×140 и 200×200 м. В краевых частях Центрального участка запасы, разведанные по сети 100×100 и 140×140 м, относились к категории C_2 в связи с разобщенностью рудных площадей тектоническими нарушениями с амплитудой смещения от 25 до 130 м. По категории C_2 оценивались запасы бокситов, разведанные по сети 400×800 , 800×800 м и одиночными профилями.

На Ново-Кальнинском месторождении при оценке запасов по категории В в зависимости от глубины применялась сеть 50×50 , 70×70 и 100×100 м. Для отнесения запасов к категории C_1 применялись сети 100×100 и 140×140 м. Категория C_2 оценивалась по сети 400×400 и 400×800 м.

На Черемуховском месторождении для оценки запасов по категории В применялась разведочная сеть 100×100 м. Оценка запасов бокситов категории C_1 в зависимости от сложности строения бокситового горизонта проводилась по сети 200×200 м или 200×200 м с дополнительной скважиной в центре квадрата, т. е. по сети 140×140 м. Для категории C_2 бурение скважин осуществлялось через 400 м вкост простирания рудовмещающего комплекса карбонатных пород или по сети 400×800 м. Запасы подсчитывались методом геологических блоков.

На Сосьвинском месторождении запасы категории В оценивались по сети 100×100 м с пакетной скважиной в центре квадрата, т. е. по сети 72×72 м, а запасы категории C_1 — по сети 200×200 м со скважиной в центре квадрата, т. е. по сети 140×140 м.

В связи с тем что на месторождениях Северо-Уральской группы в процессе бурения происходило значительное искривление скважин, разведочная сеть на глубине не соответствует той, которая предусмотрена на дневной поверхности, и расстояния между скважинами в сети на глубине не выдержаны.

Фактические расстояния между разведочными выработками на месторождениях бокситов различных промышленных типов

Группы и месторождения	Геолого-промышленный тип	По инструкции ГКЗ (1962)		Расстояние между выработками (м) для категорий				Метод подсчета запасов
		тип	группа	A	B	C ₁	C ₂	
<i>Северо-Уральская группа:</i> Красная Шапочка, Кальинское, Ново-Кальинское, Черемуховское, Сосьвинское	Карсто-пластообразный	I	1	50 × 50 70 × 70	70 × 70 100 × 100	100 × 100 140 × 140 200 × 200	400 × 400 400 × 800	Геологических блоков
<i>Средне-Тиманская группа:</i> Вежаю-Ворыквинское	Карсто-линзообразный	II	2	—	50 × 50	140 × 140 200 × 200	200 × 400 400 × 400	Геологических блоков
Верхне-Ворыквинское	То же	II	2	—	—	50 × 150	50 × 300 100 × 450	
<i>Южно-Тиманская группа:</i> Тимшерское, Пузлинское	Пластообразный	II	2	—	—	200 × 200 200 × 400	400 × 400	Геологических блоков
<i>Северо-Онежская группа:</i> Иксийское и др.	Пластообразный	I	1	50 × 50 100 × 100	100 × 200 200 × 200	200 × 400 200 × 400	400 × 800 800 × 800	Геологических блоков
Боксовское	Пластообразный	II	2	50 × 100	100 × 200	200 × 400	400 × 400	Геологических блоков
<i>Тихвинская группа</i>	Долинный	II	2	25 × 50	50 × 100	50 × 200	50 × 400	Вертикальных разрезов

Белгородская группа:

Висловское, Белгородское

Линейный

II

2

—

100 × 150

100 × 300

100(200) ×
× 600Вертикальных
разрезов*Высокопольская группа:*

Высокопольское и др.

Линзообразный

III

3

50 × 50

50 × 100

50 × 200

100 × 200
200 × 200Мелких геологических
блоков*Западно-Тургайская группа:*

Краснооктябрьское

Карсто-котло-
винный
Карстовый

II

2

—

50 × 50
50 × 10025 × 100
50 × 100
50 × 200

100 × 200

Вертикальных
разрезов

Белинское

Карстовый

III

3

—

25 × 50
50 × 5050 × 50
50 × 100100 × 200
200 × 400Вертикальных
разрезов

Аятское

Карстовый

III

3

—

—

50 × 50

50 × 200

Вертикальных
разрезов

Покровское

Карстовый

IV

3

—

—

25 × 50
50 × 50

50 × 100

Вертикальных
разрезов

Карабайтальское

Карстовый

IV

3

—

—

25 × 25
25 × 50

50 × 100

Вертикальных
разрезов

Таунсорское

Контактово-
карстовый

IV

3

—

—

25 × 50
50 × 50

50 × 100

Вертикальных
разрезов

Озерное

Карстовый

IV

3

—

—

25 × 50
50 × 50

50 × 100

Вертикальных
разрезов*Амангельдинская группа:*Аркалыкское, Северное,
Верхне-Ашутское, Нижне-
Ашутское и др.Контактово-
карсто-котловин-
ный

II

2

25 × 50
50 × 5050 × 50
50 × 10050 × 100
100 × 100100 × 200
100 × 400Мелких геологических
блоков

Группы и месторождения	Геолого-промышлен- ный тип	По инструкции ГКЗ (1962)		Расстояние между выработками (м) для категорий				Метод подсчета запасов
		тип	груп- па	A	B	C ₁	C ₂	
<i>Центрально-Тургайская группа:</i>								
Западно-Убаганское	Линзообразный	IV	3	—	70 × 70	100 × 100	200 × 200	Геологических блоков
Приозерное	Линзообразный	IV	3	—	62 × 62	62 × 125 125 × 125	125 × 250	Четырехуголь- ников
Кушмурунское	Линзообразный	IV	3	—	62 × 62	125 × 125	250 × 250	Четырехуголь- ников
Наурзумское	Пластообраз- ный	II	2	—	—	—	500 × 500 500 × 1000	Геологических блоков
<i>Чадобецкая группа:</i>								
Центральное	Карсто-котло- винный	II	2	—	50 × 100	50 × 200 100 × 200	100 × 200 100 × 400	Вертикальных разрезов
Ибджибдек, Пуня	Карстовый	IV	3	—	—	25 × 25 50 × 50	50 × 100 100 × 200	Вертикальных разрезов
<i>Приангарская группа:</i>								
Порожнинское, Киргитей- ское, Верхотуровское	Контактово-кар- стовый	IV	3	—	—	25 × 25 25 × 50 50 × 50 50 × 100	50 × 100 50 × 200	Вертикальных разрезов
<i>Татарская группа</i>	Карстовый	IV	3	—	25 × 25 25 × 50	25 × 50	—	Вертикальных разрезов
<i>Барзасская группа</i>	Карстовый	IV	3	—	25 × 25 50 × 50	100 × 100 150 × 150	—	Вертикальных разрезов

Запасы бокситов на месторождениях Северо-Уральского района подсчитывались методом геологических блоков.

На *Вежаю-Ворыквинском месторождении* Средне-Тиманского бокситоносного района, которое относится к пласто-линзообразному типу, установлена тесная связь морфологии рудных тел с характером дорудного рельефа, обусловившим залегание наиболее мощных бокситовых пластов по направлению простирания древних долинообразных форм рельефа, рифейских карбонатно-терригенных пород.

Учитывая вытянутость основных рудных тел месторождения и сравнительно большую изменчивость их мощности вкrest простирания, а также наличие прерывистости бокситового пласта, категория В оценивалась по прямоугольной разведочной сети скважин 50×100 м, ориентированной длинной стороной прямоугольника вдоль вытянутости (по простиранию) рудных тел. При оценке запасов по этой категории в приконтурной полосе залежи и около безрудных окон для уточнения контура рудного тела бурились пакетные скважины в центре прямоугольника или сокращались расстояния между скважинами до 25 м.

Для обеспечения достоверности запасов по категории C_1 разведочная сеть принималась 140×140 м, т. е. бурились скважины в центре квадрата при сети 200×200 м. На участках с более сложной морфологией для уточнения границ рудных тел и оконтуривания крупных безрудных окон проводилось сгущение разведочной сети до 100×100 м.

В блоках категорий В и C_1 для изучения характера изменчивости мощности и качества бокситов вкrest простирания и по простиранию рудных тел на некоторых разведочных линиях производилось сгущение разведочных скважин до 25—50 м. Для категории C_2 на Вежаю-Ворыквинском месторождении принималась прямоугольная сеть 400×400 м.

На Верхне-Ворыквинском месторождении, учитывая вытянутость залежи и ее относительно небольшие размеры, для подсчета запасов категории C_1 применялась прямоугольная разведочная сеть $100(50) \times 150$ м. Для оценки запасов бокситов по категории C_2 на месторождениях Среднего Тимана применялась сеть 200×400 и 400×800 м.

Запасы бокситов на месторождениях Среднего Тимана подсчитывались методом геологических блоков.

Висловское месторождение Белгородского бокситоносного района КМА залегает на глубине 550—700 м и относится к линейному (ленточному) типу. Для оценки запасов бокситов по категории В применялась прямоугольная сеть 100×150 м. Допускалось сгущение скважин до 50 м в линии в случае недостаточно надежной геологической увязки разреза по скважинам, пробуренным через 100 м. Сгущение применялось в зоне примыкания бокситов к горизонтам богатых железных руд и на участках, где бокситовые залежи разделяются прослоями

железистых кварцитов. Для обоснования надежности принятых параметров разведочной сети при оценке запасов по категории В на одном из участков месторождения проводилось сгущение сети до 50×150 м.

Кроме того, взамен рассечек бурились направленные многоствольные скважины в 15—20 м от ствола основных скважин с полным пересечением бокситового горизонта.

Для оценки запасов категории C_1 применялась сеть 100×300 м, категории C_2 — $100(200) \times 600$ м. Запасы бокситов Висловского месторождения подсчитывались методом вертикальных параллельных сечений.

На месторождениях линзообразного типа Высокопольского района оценка запасов бокситов осуществлялась для категории А по сети 50×50 м, категории В — 50×100 м и категории C_1 — 50×200 м. Запасы подсчитывались методом мелких геологических блоков.

Месторождения долинного типа широко развиты в *Тихвинском* бокситоносном районе и представлены линзообразными залежами значительной мощности и протяженности при небольшой ширине. В связи с этим оценка запасов бокситов проводилась с использованием прямоугольной сети. Для категории А применялась сеть 25×50 м, а в периферических частях залежей $12,5 \times 12,5$ м. Для оценки запасов бокситов по категории В применялась сеть 50×100 м, категории C_1 — 50×200 м, категории C_2 — 50×400 м. При этом для прослеживания залежей по простиранию вдоль оси предполагаемых древних речных долин бурились единичные скважины через 200 м.

Месторождения пластообразного типа имеют широкое развитие в Северо-Онежском и Южно-Тиманском бокситоносных районах. Эти месторождения приурочены к мелким пологим котловинообразным впадинам в дорудном рельефе.

В Северо-Онежском районе на *Иксинском месторождении* разведочная сеть ориентирована по простиранию месторождения. Для оценки запасов по категории А применялась сеть 100×100 м, на некоторых участках 50×50 м; для категории В — 200×200 м, в отдельных случаях бурились скважины в центре квадрата. Для категории C_1 применялась сеть 200×400 и 400×400 м, для категории C_2 — 400×800 и редко 800×800 м.

На *Тимшерском и Пузлинском месторождениях* Южно-Тиманского района для подсчета запасов по категории C_1 применялась сеть 200×200 и 200×400 м. Иногда при сети 200×200 м в контурных частях залежи бурились скважины в центре квадрата, т. е. применялась сеть 140×140 м. Оценка запасов категории C_2 в этом районе осуществлялась по сети скважин 200×400 и 400×800 м.

Запасы бокситов месторождений Северо-Онежского и Южно-Тиманского районов подсчитывались методом геологических блоков.

На контактово-карсто-котловинных месторождениях *Амангельдинского района* при оценке запасов бокситов по категории А применялась сеть 50×50 м, а в краевых частях рудных залежей 25×50 м. К категории А относились те участки месторождения, которые разведаны в основном горными выработками (шурфами) с применением расщечек. Запасы категории В оценивались по сети 50×50 и 50×100 м, а категории C_1 — 50×100 и 100×100 м. Сеть скважин 100×400 м при значительных размерах рудных тел обеспечивала оценку запасов бокситов по категории C_2 , а при небольших размерах рудных тел — применялась сеть 100×200 м (Кирпаль, 1962).

Подсчет запасов бокситов на месторождениях *Амангельдинского района* производился методом мелких геологических блоков.

На *Краснооктябрьском* и *Центральном* месторождениях карсто-котловинного типа для оценки запасов по различным категориям разведочная сеть была неодинаковой.

Для оценки запасов бокситов по категории В на *Краснооктябрьском* месторождении применялась сеть 50×50 и 50×100 м, а для категории C_1 в зависимости от размеров и форм выявленных рудных тел использовалась сеть 25×100 , 50×100 и 50×200 м. Наиболее часто употреблялась сеть 50×100 м, при этом по крупным телам запасы бокситов квалифицировались по категории В, а по более мелким — по категории C_1 . С целью оценки запасов по категории C_2 применялась сеть 100×200 , реже 100×400 м. Подсчет запасов по этому месторождению выполнен методом вертикальных параллельных сечений (Кирпаль, 1963).

На *Центральном месторождении* *Чадобецкого бокситоносного района* для оценки запасов по категории В применялась сеть 50×100 м. К категории C_1 отнесены запасы в блоках, оконтуренных сетью 50×200 и 100×200 м. При этом разведочные линии ориентировались в широтном направлении. Для оценки запасов категории C_2 использовалась сеть 100×200 и 100×400 м. Оценка запасов бокситов по различным категориям на *Центральном месторождении* выполнена способом вертикальных параллельных сечений.

Наиболее характерными представителями месторождений карстового типа являются *Белинское* и *Татарское*. Кроме этих месторождений в Северном Казахстане, Западной и Восточной Сибири известно большое количество более мелких карстовых месторождений, разведанных по категории C_1 с применением примерно одинаковой разведочной сети как по плотности скважин, так и по ее конфигурации.

На *Белинском месторождении* для подсчета запасов по категории В на рудных телах, имеющих сложный контур и изменчивую мощность, сеть скважин сгущалась до 25×50 и 50×50 м, а в краевых частях рудных тел и в местах их сложного

строения — до 25×25 м. Оценка запасов бокситов по категории C_1 для сложных изометричных в плане рудных тел проводилась по сети 50×50 м, а для относительно выдержанных тел — по сети 50×100 м. Запасы категории C_2 оценивались по сети 100×200 и 200×400 м. Подсчет запасов бокситов Белинского месторождения произведен способом вертикальных параллельных сечений.

Татарское месторождение также относится к карстовому типу и характеризуется развитием линзо- и гнездообразных бокситовых тел сложной формы и небольших размеров. Оценка месторождения произведена по сети разведочных скважин 25×25 и 25×50 м с применением канав, шурфов и шахт. Наиболее крупные и выдержанные тела, непрерывность которых подтверждена горными выработками, оценены по категории В (при одной и той же сети), а более мелкие — по категории C_1 .

Месторождения контактово-карстового типа широко развиты в Приангарском районе и в меньшей степени в Западно-Тургайском районе Северного Казахстана. В Приангарском районе к этому типу относятся Порожнинское, Верхотуровское, Киргитейское, Верхне-Киргитейское и другие месторождения, которые приурочены к крыльям Ангаро-Питского синклинория и Иркинеевского выступа, сложенным интенсивно дислоцированными образованиями протерозоя. В Западно-Тургайском районе к этому типу относятся Темирское, Таунсорское и другие месторождения.

Оценка запасов бокситов по категории C_1 на *Темирском месторождении* произведена по сети разведочных скважин 50×100 м, а на флангах месторождения сеть сгущалась до 50×50 м.

В *Приангарском районе* при оценке запасов по категории C_1 разведочная сеть не была строго выдержана и выбиралась для каждого рудного тела отдельно. Причем различия в основном заключаются в расстояниях между отдельными разведочными линиями, которые изменяются от 25 м для мелких карстовых тел до 200—400 м для контактово-карстовых (долинообразно-карстовых) месторождений. Расстояния между отдельными скважинами в линии в большинстве случаев, независимо от размеров рудных залежей, составляли 25 и 50 м, что обусловлено резкой изменчивостью качества и мощности бокситов. В этом случае расстояния между линиями также сокращались до 50 и даже 25 м. Оценка запасов бокситовых залежей для категории C_2 производилась по сети 50×200 и 100×400 м.

3. Методы подсчета запасов бокситов

Запасы бокситовых руд, как и других полезных ископаемых, подсчитываются в недрах без вычета потерь при добыче и переработке. Подсчет запасов проводится на всех стадиях разведки, а также во время эксплуатации месторождений.

Подсчет запасов на месторождениях бокситов является за-

вершающим этапом поисковых и разведочных работ. Достоверность подсчета зависит от полноты и качества проведенных исследований, а также от правильной интерпретации и использования полученных при геологоразведочных работах данных, так как полученные данные приходится распространять на объемы, превышающие фактически опробованные в сотни, тысячи и миллионы раз (Коган, 1971).

Густота разведочных выработок (густота опробования), по которым проводится подсчет запасов бокситов, зависит от геологических особенностей месторождений: морфологии и размеров рудных тел, равномерности распределения бокситообразующих компонентов, условий залегания и строения бокситовых залежей и т. д. До настоящего времени при определении плотности разведочной сети пользуются опытными (эмпирическими) данными, так как общепризнанных методов для решения этой сложной задачи еще не разработано. Плотности разведочной сети для различных категорий на разведанных месторождениях приведены в табл. 6.

Подсчеты запасов бокситов на месторождениях СССР производились в основном методом геологических блоков и методом вертикальных параллельных сечений, а в первые годы изучения месторождений применялись методы многоугольников (четыреугольников) и ближайшего района.

Методом геологических блоков подсчитаны запасы бокситов на месторождениях Северо-Уральского, Южно-Уральского, Северо-Онежского, Южно-Тиманского, Амангельдинского, Центрально-Тургайского и других районов.

Положительной чертой этого метода является простота графических построений и вычислительных операций. Кроме того, при подсчете запасов бокситов этим методом выполняются требования промышленных кондиций по геометризации сортов бокситов по усредненному качеству на полную мощность руд по выработкам или подсеченным горизонтам. При этом методе в некоторых случаях можно сблокировать раздельно каждый сорт бокситов, отличающийся содержанием полезных компонентов и вредных примесей, а следовательно, и технологическими свойствами, а также различной степенью разведанности. Этот метод способствует установлению естественного пространственного положения в рудных залежах промышленных сортов бокситовых руд. В связи с этим максимально удовлетворяются требования проектирующих организаций, которые планируют добычу и переработку бокситов в зависимости и от их качества. При этом облегчается проектирование системы отработки залежей бокситов на полную мощность с применением высокопроизводительной техники.

Основным недостатком этого метода является то, что он не детально отражает распределение сортов и марок боксита. Для

устранения этого недостатка приходится разделять бокситовые залежи на более мелкие геологические блоки.

При подсчете методом геологических блоков бокситорудные залежи и пачки разделяются на блоки по преобладающему сорту бокситов, с учетом качества руд на всю мощность, подсеченную выработкой. Блоки характеризуются одинаковой степенью разведанности, сходным строением, сходными условиями залегания и сложностью контура. При этом происходит некоторое усреднение качества руд по блокам, так как в укрупненные блоки с более высокими сортами бокситов иногда включались участки с более низкими сортами, и наоборот.

Средние содержания основных компонентов (глинозема, кремнезема, окиси железа, двуокиси титана и п. п. п.) по выработкам, блокам, рудным телам, участкам и месторождениям вычисляются средневзвешенным или среднеарифметическим способом.

Выход руд по маркам ГОСТ 972—50 и 972—74 и литологическим разновидностям обычно определяется в процентных соотношениях пропорционально суммарному метражу (линейному выходу), пройденному по бокситам каждой марки, литологической разновидности и т. д., в целом для всего месторождения или раздельно для каждого блока, рудного тела, участка.

Средняя плотность бокситовых руд определяется для каждой литологической разновидности лабораторным путем по образцам из скважин или методом выемки целиков в шурфах и рассечках. Для различных разновидностей и различных месторождений средняя плотность колеблется от $1,58 \text{ г/см}^3$ для глинистых бокситов до $2,78 \text{ г/см}^3$ для плотных каменистых бокситов.

При подсчете запасов средняя плотность бокситов в блоках, рудных телах или по всему месторождению вычисляется пропорционально процентному соотношению литологических разновидностей бокситов, принимающих участие в строении блоков, рудных тел или в целом по месторождению. На некоторых месторождениях в последнее время стали вычислять среднюю плотность для всего месторождения среднеарифметическим или средневзвешенным путем.

Рудные тела бокситов для наглядности часто изображаются на трех взаимно перпендикулярных плоскостях: на двух вертикальных (широтные и меридиональные разрезы) и на одной горизонтальной (подсчетные планы). При сравнительно крутых углах залегания бокситов принимаются не пересеченные мощности, а с поправкой на угол наклона пластов, т. е. истинные мощности.

На амангельдинских месторождениях бокситов в первые годы разведочных работ при подсчете запасов методом геологических блоков выделение отдельных сортов и марок бокситов в зависимости от применения их в промышленности и технологии извлечения глинозема проводилось тремя способами:

1) выделением внутри валовых запасов сортов бокситов с учетом сортности боксита по всей мощности рудного тела, вскрытой выработкой, с последующей блокировкой того или иного сорта;

2) геометризацией сортов бокситов путем разделения валовой мощности боксита по рудному телу на отдельные сорта и выделения их на разрезах и планах по усредненному химическому содержанию рудообразующих компонентов бокситов; в последнее время подсчет сортов таким способом не производился ввиду изменений кондиций, а также из-за условности геометризации сортовых пачек;

3) выделением сортов боксита внутри валового подсчета статистическим методом: путем разделения валовых запасов кондиционных руд пропорционально суммарной опробованной мощности сортов и марок бокситов внутри рудного тела.

Метод вертикальных параллельных сечений (разрезов) применялся в основном при подсчете запасов бокситов месторождений Западно-Тургайского (Краснооктябрьское, Белинское, Аятское и др.), Чадобецкого (Центральное) и Белгородского (Висловское) бокситоносных районов.

Применению этого метода благоприятствует то обстоятельство, что большинство месторождений указанных бокситоносных районов разведаны по прямоугольной сети, т. е. параллельными линиями, расположенными вкрест вытянутости рудных тел. Блокировка запасов в этом случае осуществляется на подсчетных геологических разрезах и иллюстрируется кроме разрезов горизонтальной проекцией на план.

Метод вертикальных разрезов относительно прост и удобен при подсчете запасов крупных линзообразных рудных тел со сложным строением, в которых мощность бокситов изменяется в широких пределах на коротких расстояниях, при переслаивании бокситов с огнеупорными глинами и вмещающими породами и при расщеплении бокситового горизонта в краевых частях залежей. При этом методе лучше, чем при других методах, учитываются и отражаются в подсчете особенности геологического строения рудных залежей.

Площади на разрезах подсчитывались аналитически по геометрическим фигурам или планиметром при отстройке подсчетных разрезов по геологическим контурам. Объем подсчетных блоков определялся по формулам определения объема призмы, усеченной пирамиды, конуса и клина. Запасы бокситов для каждого блока, общие запасы по залежи, участку и месторождению подсчитываются путем суммирования запасов отдельных блоков.

Средние содержания основных компонентов бокситов (глинозема и кремнезема) по выработкам, сечениям и блокам на некоторых месторождениях определялись средневзвешенным путем, а содержания остальных компонентов (окиси железа,

двуокиси титана, двуокиси углерода, окиси кальция) и потери при прокаливании определялись среднеарифметически. На других месторождениях по скважинам, сечениям и блокам средние содержания всех компонентов бокситов определялись среднеарифметическим путем. Средние содержания основных компонентов по рудным телам и по месторождениям подсчитывались средневзвешенным путем, так как блоки и рудные залежи, как правило, не являются равновеликими.

Если литологический состав бокситов на месторождении неоднородный, средняя плотность бокситов для блоков, рудных тел или всего месторождения подсчитывается пропорционально процентному соотношению литологических разновидностей бокситов, принимающих участие в строении блоков, рудных залежей и месторождений.

Выход марок ГОСТ 972—50 и 972—74, сортов руд и литологических разновидностей бокситов подсчитывается статистически. На некоторых месторождениях в последнее время в соответствии с условиями статистически подсчитываются марки и сорта руд, усредненные на полную мощность по выработке или горизонту.

Применительно к месторождениям бокситов метод вертикальных разрезов наряду с положительными сторонами имеет и существенные недостатки. При подсчете запасов бокситов этим методом нельзя полностью выполнить требования промышленности, предусматривающие геометризацию сортов бокситовых руд, так как блокировка производится строго по линии без учета сортности руд по выработкам, и средний сорт по блоку получается произвольно.

Если блоки выделять с учетом сортности руд по выработкам, то нарушается принцип подсчета этим методом и получается подсчет методом треугольников (четырёхугольников) или мелких геологических блоков.

Метод вертикальных разрезов обеспечивает лишь вычисление усредненных показателей между двумя линиями и не отражает распределения сортов вкрест вытянутости рудного тела или участка. С усреднением показателей качества бокситовых руд при этом методе можно было бы согласиться в том случае, если бы границы блоков располагались вдоль естественных границ различных сортов. Но качество бокситов является более выдержанным по простиранию рудных тел. В то же время блоки при этом методе располагаются в перпендикулярном направлении к их вытянутости. При методе вертикальных разрезов границы блоков проводят формально по разведочным линиям, не считаясь с естественными контурами отдельных сортов.

Метод ближайшего района применялся главным образом для подсчета запасов бокситов небольших карстовых месторождений, когда в рудоносном карсте пройдена одна или две-три скважины. Этим методом подсчитывались мелкие кар-

стовые месторождения Западно-Тургайского, Целиноградского и других бокситоносных районов Северного Казахстана.

Среднее содержание глинозема, кремнезема и других компонентов бокситов подсчитывалось средневзвешенным или среднеарифметическим путем.

Методом четырехугольников (реже треугольников) подсчитаны запасы бокситов Кушмурунского и Приозерного месторождений Северного Казахстана, в некоторых случаях этот метод применялся для месторождений Амангельдинского бокситоносного района.

Запасы бокситов при этом методе подсчитывались по блокам, опирающимся на 3—4 скважины; блоки в этом случае были равновеликими. Блокировка запасов производилась на подсчетных планах, площади блоков вычислялись планиметром или аналитическим путем по геометрическим фигурам.

Основным недостатком этого метода является слишком дробное деление рудных залежей на мелкие блоки, что приводит к большому объему вычислительных операций. Каждая из выработок участвует в подсчете не менее четырех раз, что значительно увеличивает объем подсчетных таблиц, особенно, если учесть, что боксит является многокомпонентным полезным ископаемым и при вычислениях часто применяется метод средневзвешенного.

Таким образом, все пласто- и линзообразные месторождения Северо-Уральского, Южно-Уральского, Северо-Онежского, Южно-Тиманского, Высокопольского и других районов подсчитывались методом геологических блоков, а все карстовые, контакто-карстовые и карсто-котловинные месторождения Северного Казахстана, Центральной и Южной Сибири подсчитывались методом вертикальных параллельных сечений.

IV. ГЕОЛОГО-ЭКОНОМИЧЕСКАЯ ОЦЕНКА МЕСТОРОЖДЕНИЙ БОКСИТОВ В ЗАРУБЕЖНЫХ СТРАНАХ

В социалистических странах принципы геолого-экономической оценки бокситовых месторождений являются сходными с теми, которые применяются в СССР, в то время как в капиталистических и развивающихся странах они резко отличаются.

Алюминиевая промышленность зарубежных стран базируется на использовании месторождений главным образом высокосортных бокситов Карибского и Средиземноморского районов, Северной Австралии, Западной Африки и северо-восточной части Южной Америки.

Большинство бокситовых месторождений зарубежных стран обладает благоприятными горнотехническими условиями. Залежи бокситов этих месторождений залегают на поверхности выше уровня грунтовых вод. В связи с этим они разрабатываются карьерным способом без предварительного осушения.

Такие месторождения имеют широкое развитие в Африке, Южной Америке, Северной Австралии, на о. Ямайка и в других регионах.

Однако в Венгрии, Югославии, США и других государствах некоторые месторождения бокситов обладают относительно сложными гидрогеологическими и горнотехническими условиями и разрабатываются шахтным способом. На некоторых месторождениях Венгрии затраты на осушение достигают 30%.

1. Требования промышленности к качеству бокситов и классификация запасов

В зарубежных странах общепринятых технических требований к качеству бокситов (стандартов) обычно не существует. Как правило, имеется сортамент бокситов для районов, групп месторождений или отдельных месторождений, определяющий их качество. Но в него обычно не входят требования к горнотехническим условиям бокситовых месторождений.

Однако в Югославии в отличие от других государств имеются технические условия (типа стандарта), разработанные с учетом качества месторождений всей страны. Они регламентируют только химический и минеральный состав бокситов без учета горно-геологических параметров месторождений.

В Венгрии при подсчете запасов выделяют пять сортов бокситов в зависимости от содержания глинозема и величины кремневого модуля: I — глинозема более 45% при кремневом модуле более 10; II — глинозема более 46% при кремневом модуле 7—10; III — глинозема более 40% при кремневом модуле 4—7; IV — глинозема более 40% при кремневом модуле 2,6—4; V — глинозема более 35% при кремневом модуле более 2,6.

Во Франции установлено три сорта бокситов: I — высококачественные с содержанием кремнезема менее 6%; II — средние с содержанием кремнезема 10—12% и III — низкокачественные с содержанием кремнезема более 12%.

Сортность бокситов Гвинейской Республики определяется по содержанию глинозема и кремнезема. Французская компания «САРЕПА» выделяет три сорта бокситов с содержанием глинозема: I сорт — 45%; II — от 40 до 45% и III — до 35—40%. Компания «Боксит де Миди» выделяет два сорта бокситов: руды I сорта содержат глинозема свыше 55%; II — от 50 до 55% глинозема. Содержание кремнезема в этих сортах не превышает 5%.

В США бокситы штата Алабама разделены на два сорта: А — с содержанием глинозема 55% и кремнезема 7% и В — с содержанием глинозема 50—55% и кремнезема 15%. Бокситы штата Арканзас делятся на три сорта: I — глинозема 59%, кремнезема 6%; II — глинозема 52%, кремнезема 10%; III — глинозема 50%, кремнезема 9%.

В зарубежных странах нет единой общепринятой классификации запасов полезных ископаемых, в том числе и бокситов. Но в большинстве капиталистических и развивающихся стран запасы минерального сырья в недрах делятся на три класса: 1) достоверные, доказанные или действительные; 2) вероятные; 3) возможные. К достоверным, доказанным или действительным относятся детально разведанные (горными выработками или скважинами) запасы, в которых детально изучено количество и качество руд. К вероятным относятся запасы, частично вскрытые буровыми скважинами или горными выработками. Возможные запасы обычно примыкают к разведанным; исчисляются ориентировочно (по аналогии) на основе поисково-оценочных признаков. Общие запасы представляют собой сумму этих классов.

В США в 1943 г. принята классификация, в которой выделены следующие категории запасов: 1) измеренные, 2) вероятно исчисленные, 3) предположительные. Но эти категории весьма близки к ранее существовавшим. Измеренные запасы близки к достоверным, вероятно исчисленные — к вероятным, предположительные — к возможным (Быховер, 1967).

В США и некоторых других странах используется термин извлекаемые (в Венгрии — эксплуатационные) запасы, под которым понимаются запасы в недрах за вычетом потерь при добыче (и обогащении).

В 1957 г. в ФРГ предложена классификация, согласно которой геологические запасы делятся на две группы: I — ныне пригодные запасы (действительные запасы), которые отвечают современным требованиям (кондициям) промышленности по содержанию полезных компонентов, мощности рудных залежей, глубине их залегания и т. д., II — потенциальные запасы, которые могут использоваться в будущем, но ныне не отвечают требованиям промышленности.

Каждая группа запасов делится на классы. В I группе пригодных запасов выделяют четыре класса: А — надежные; В — вероятные; C_1 — обозначенные; C_2 — предполагаемые. Во II группе потенциальных запасов выделяют пять классов: а — надежные; б — вероятные; c_1 — обозначенные; c_2 — предполагаемые; d — прогнозныe запасы. При отнесении запасов к указанным классам руководствуются степенью их разведанности и геологической изученности. Эта классификация очень близка к той, которая была ранее принята в нашей стране. Она разрабатывалась с учетом существовавших в социалистических и капиталистических странах классификаций.

Для отдельных классов и групп установлена точность подсчета запасов (табл. 7), которая учитывается при распределении запасов по классам (Быховер, 1967).

К общим относятся запасы, степень разведанности которых примерно соответствует категориям $A+B+C_1+C_2$ советской

Погрешности и достоверности (в %) подсчета запасов различных классов

	Запасы				
	надежные	вероятные	возможные		прогнозные
			обозначенные	предполагаемые	
Верхний предел погрешности	± 10	± 20	± 30	± 30	Нет предела погрешности
Достоверность показаний	> 90	70—90	50—70	30—50	10—30

классификации запасов. В достоверные и вероятные включаются запасы, степень разведанности которых соответствует категориям А+В и частично С₁ советской классификации запасов.

К потенциальным относятся запасы месторождений бокситов с содержанием глинозема 32—45% и повышенным содержанием кремнезема, со сложными горнотехническими условиями, а также месторождения, удаленные от путей сообщения, разработка которых в настоящее время признается за рубежом нерентабельной.

2. Месторождения Паннонской бокситоносной провинции

Месторождения бокситов Паннонской бокситоносной провинции приурочены к одноименному срединному массиву и расположены в основном на территории Венгрии. Многочисленные мелкие месторождения и бокситопоявления находятся в Румынии.

Месторождения Венгрии. На промышленных месторождениях Венгрии запасы бокситов по категориям В и С₁ подсчитываются с учетом следующих требований: предельная глубина разведки 300 м, предельный объемный коэффициент вскрыши для открытой добычи 3,5 м³/т, минимальная мощность рудного тела 1 м, предельный кремневый модуль 2,6 при минимальном содержании Al₂O₃ 40%. При подсчете запасов выделяют пять сортов бокситов: I — при кремневом модуле более 10 и содержании Al₂O₃ более 46%; II — соответственно 7—10 и 46%; III — 4—7 и 40%; IV — 2,6—4 и 40%; V — более 2,6 и более 35%. Допустимое содержание вредных примесей: серы 0,6%, фосфора 0,1%. Запасы бокситов при подсчете классифи-

цируются по категориям В и С₁. К категории В относят внутренние части залежей до глубины не более 100 м во внутренних контурах. К категории С₁ относятся запасы, ограниченные внутренними и внешними контурами, а также залегающие на глубинах более 100 м. Средние содержания основных компонентов бокситов вычисляются средневзвешенным способом.

По форме рудных тел выделяют четыре типа промышленных месторождений: пластообразные, линзообразные, блоковые и гнездообразные.

Пластообразные месторождения сложены залежами площадью более 1 км² с относительно выдержанной мощностью (Халимба, Искасентдьердь, Гонт и другие месторождения). Линзообразные месторождения характеризуются относительно небольшими размерами и изменчивой мощностью (Ньирад, Надьтаркань). Блоковые месторождения ограничиваются сбросами (Фенефе, Дудар). Гнездообразные залежи (Надьхоршань) выполняют отдельные небольшие карстовые воронки. Мощность рудных тел изменяется от 1 до 30 м.

Наиболее важными поисково-оценочными критериями могут служить следующие рудоконтролирующие факторы: бокситовые залежи приурочены к трем стратиграфическим уровням: нижнемеловому (баррем—апт), верхнемеловому (турон—сенон) и нижнепалеогеновому (палеоцен—нижний эоцен); бокситовые тела залегают на доломитах и известняках карнийского и норийского ярусов триаса, реже меловых известняках и перекрываются ниже- и верхнемеловыми глинами, мергелями, известняками и среднеэоценовыми известняками; источником бокситового вещества служили различные домеловые и нижнемеловые алюмосиликатные породы, сохранившиеся в настоящее время вдоль северо-западного берега оз. Балатон; формирование месторождений бокситов происходило в прибрежной зоне морских бассейнов, окружающих возвышенности, сложенные триасовыми и меловыми карбонатными породами; морской берег находился в 10—15 км от районов бокситообразования; климат был тропическим с муссонным режимом.

Оценка бокситоносности перспективных площадей и отдельных месторождений бокситов осуществляется в три стадии: прогнозная оценка площадей с выделением перспективных бокситоносных участков; поиски залежей бокситов; разведка (предварительная и детальная) обнаруженных залежей.

Прогнозные карты составляются по результатам геологической съемки масштаба 1:50 000. По стратиграфическим и литолого-структурным факторам (наличие благоприятных подстилающих и перекрывающих пород), а также по геофизическим данным оконтуриваются площади возможной локализации залежей бокситов. Оцениваются возможные геологические (прогнозные) запасы, которые относятся по степени достоверности к категории D. По степени геологической обоснованности

подсчета запасов перспективные площади подразделяются на три группы. К I группе относятся площади, непосредственно примыкающие к известным бокситоносным участкам; прогноз-ные запасы их оцениваются по методу аналогий. Ко II группе относятся площади, сходные по геологическому строению с известными месторождениями, но непосредственно к ним не примы-кающие; прогнозные запасы их оцениваются ориентировочно на основе особенностей залегания бокситоносной толщи в рай-оне известных месторождений, времени и продолжительности бокситоносного перерыва и типа известных залежей. К III груп-пе относятся площади, удаленные от известных месторождений, сходство геологической обстановки которых с последними только предполагается; прогнозные запасы этих площадей определяются лишь по аналогии выявленной геологической структуры с известными рудными районами или месторожде-ниями.

После определения степени аналогии оцениваемой перспек-тивной площади с уже известными объектами количество про-гнозных запасов определяется по приводимой ранее формуле.

Правильность прогноза проверяется колонковыми скважи-нами по сети 500×500 м (до максимальной глубины 500 м), реже отдельными структурно-поисковыми профилями или груп-пами одиночных скважин. Вокруг скважин, вскрывших боксит или бокситовые породы, развивается оценочная сеть до полного оконтуривания залежей, т. е. до первой пустой скважины в данном направлении сети. Оставшееся после оконтуривания пустое пространство между залежами в дальнейшем разбури-вается для доказательства безрудности по сети 200×200 м. Обнаруженные при этом (пропущенные по сети 500×500 м) залежи бокситов оцениваются аналогично выявленным при поисках.

Разведка ведется практически в одну стадию. Густота при-меняемой разведочной сети зависит от типа залежей, предпола-гаемых размеров и глубины их залегания (табл. 8).

На практике категория разведанных запасов зависит от гус-тоты разведочной сети, мощности залежи, качества бокситов и тектонической нарушенности. В зависимости от этого запасы внутреннего контура могут относиться к категориям В или С. Запасы междуконтурной полосы обычно относятся к катего-рии С₁. Скважины сети 200×200 м являются опорными и про-водятся с полным отбором керна всех пересекаемых пород. В остальных скважинах керн отбирается из рудного горизонта, его непосредственной почвы и кровли.

Подсчет запасов бокситов осуществляется методом геологи-ческих блоков (метод блоковой разработки). В 1971 г. этим методом пересчитаны запасы всех месторождений, ранее под-считанные методом ближайшего района. Выделение блоков производится по степени разведанности с учетом тектонических

Плотность разведочной сети для месторождений различного типа

Тип месторождений	глубина залегания, м		
	менее 50	50—250	более 250
Линзообразный	25 × 25 50 × 50	50 × 50	100 × 100
Пластообразный	50 × 50	70 × 70	100 × 100 70 × 70
Блоковый	50 × 50 35 × 35	50 × 50 35 × 35	70 × 70

границ, а далее — с учетом приблизительно одинаковой мощности и качества бокситов. Среднее качество подсчетных блоков определяется как средневзвешенное. Минимальная рабочая мощность руды, включаемая в контуры промышленных запасов, 1 м. Минимальное содержание глинозема 40%. Минимальный кремневый модуль 2,6.

Разведанные запасы бокситов классифицируются по категориям А+В+С₁ и С₂. Запасы категории А разведываются только путем бурения по сети 5×5 или 10×10 м подземных скважин или опробования шпуров из горных выработок. К категории В согласно инструкции относятся запасы внутренних частей залежей, разведанные по сети 25×25, 50×50 или 100×100 м в зависимости от глубины залегания и морфологического типа залежей. К категории С₁ относятся запасы, разведанные в основном по сети 70×70 и 100×100 м.

Вначале подсчитываются геологические запасы. Затем определяются эксплуатационные (с учетом потерь при добыче подземным способом 20% и 10% карьерным). При подсчете запасов для каждого блока, группы блоков, залежи или рудника рассчитывается коэффициент рентабельности. Среди эксплуатационных запасов в настоящее время выделяются: рентабельные (показатель рентабельности больше 1,0), нерентабельные (показатель менее 0,8) и близкие к рентабельным (резервные) с показателем рентабельности от 0,8 до 1,0.

Рентабельность разработки запасов оценивается по методу предельных затрат и производится дифференцированно для блоков, различающихся по мощности и качеству, относящихся к одной и той же залежи (линзе) и расположенных в одном и том же тектоническом блоке. При амплитудах сброса менее 6—8 м последнее может не учитываться. Размеры запасов такого подсчетного блока не лимитируются, в результате чего наряду с крупными блоками выделяются также карликовые блоки с запасами порядка 1—5 тыс. т.

Основой оценки рентабельности является определение размера предельных затрат или теоретической ценности для народного хозяйства 1 т боксита конкретных месторождений, залежей или групп блоков.

Месторождения Румынии. Преобладающее большинство месторождений бокситов Румынии приурочено к одному бокситоносному горизонту, залегающему на контакте между верхнемальмскими и нижнемеловыми отложениями. Только одно небольшое бокситопоявление залегает среди верхнетриасовых пород. Бокситовые залежи имеют линзообразную или карманообразную форму и приурочены к сильнозакарстованной поверхности известняков. Верхняя поверхность залежей, перекрытых известняками неокома, ровная. Каждое месторождение состоит из большого числа (от 30 до 170) мелких изолированных рудных тел. Различают два типа месторождений: открытые и закрытые. На некоторых месторождениях кровля размыта и бокситы выходят на поверхность. На закрытых месторождениях бокситовые залежи перекрыты известняками.

3. Месторождения Адриатической провинции

Адриатическая бокситоносная провинция объединяет месторождения Югославии, Албании и Греции, которые располагаются вдоль побережья Адриатического моря.

Месторождения Югославии протягиваются от п-ова Истрия на северо-западе через Далмацию, Боснию и Герцеговину, Черногорию до Албании. Бокситовые месторождения приурочены к нескольким стратиграфическим уровням и залегают среди известняковых толщ триаса, юры, мела, палеогена и раннего неогена (Grubič, 1970; Marušič, 1970; Sakač, 1973).

Единых кондиций или технических условий для месторождений этой провинции не существует. Они обычно составляются отдельно для каждого месторождения или района.

Однако в Югославии для всей страны установлена единая классификация бокситовых руд (типа государственного стандарта). В зависимости от минерального состава бокситы делятся на три группы, а в каждой группе в зависимости от химического состава выделяются сорта. По минеральному составу бокситы делятся на группы: моногидратные, тригидратные и смешанные. В первой группе выделяются следующие минеральные типы бокситовых руд: бёмитовые, диаспоровые и бёмит-диаспоровые. Вторая группа представлена одним гидраргиллитовым (гиббситовым) типом; в смешанной группе выделяются два типа руд: бёмит-гидраргиллитовые и (бёмит-гидраргиллит)-диаспоровые. В зависимости от содержания глинозема и кремнезема в каждом минеральном типе выделяют по четыре сорта бокситов. В группе моногидратных бокситов к I сорту относятся бокситы с содержанием глинозема более

55% и кремнезема до 3%; II — соответственно 52% и 3—6%; III — 50% и 6—10%, IV — глинозема менее 50% и кремнезема более 10%.

В группе тригидратных (гидраргиллитовых) бокситов к I сорту относятся руды с содержанием глинозема более 49% и кремнезема до 2,5%; II — соответственно 47 и 2,5—5%; III — 46 и 5—8%; IV — глинозема менее 46% и кремнезема выше 8%. В группе смешанных бокситов к I сорту относятся бокситы с содержанием глинозема более 51% и кремнезема до 2,5%; II — соответственно 49 и 2,5—5%; III — 48 и 5—8%; IV — глинозема до 40% и кремнезема выше 8%.

В бёмит-диаспоровых и (бёмит-гидраргиллит)-диаспоровых бокситах допускается примесь диаспора в I сорте до 1%, во II — 1—3%, в III — 3—7% и IV — до 7%.

Основными прогнозно-оценочными критериями для месторождений бокситов Югославии являются следующие:

образование месторождений бокситов происходило в геосинклинальных условиях, начиная со среднего триаса до миоцена включительно; бокситовые месторождения приурочены к континентальным перерывам (фазам) в осадконакоплении; таких фаз было 11 (Sinkovec, 1969, 1970): среднетриасовая, позднетриасовая, позднеюрская, неокомская, раннемеловая (верхняя часть), сенонская, раннепалеогеновая, среднелютейская, позднелютейская, олигоценовая и неогеновая; продуктивность бокситообразования континентальных перерывов неодинаковая, зависела от площади суши, литологического состава выветривающихся пород и времени существования континентальных условий; источником бокситообразующих компонентов в большинстве районов являлись глинистые минералы мергелей, глинистых известняков и глинистых доломитов; при формировании бокситов существовали обширные площади — поставщики бокситообразующего вещества; во всех бокситоносных районах устанавливается генетическая связь бокситов с закарстованными карбонатными породами, которые являются вместилищами бокситовых залежей (карстовые воронки и депрессии) и источником рудообразующих компонентов; в некоторых районах для определенных стратиграфических уровней источником бокситового вещества служили алюмосиликатные породы (базальты, порфириды и их туфы); накопление первичного бокситового и глинистого вещества происходило в континентальных пресных водоемах, заполняющих карстовые депрессии, воронки и углубления; после высыхания водоемов в суходольных депрессиях в условиях жаркого и влажного климата, возможно, происходила интенсивная латеритизация аллитного и глинистого материала и превращение его в бокситы и аллиты; в последующем бокситы могли переотлагаться и накапливаться в лагунно-пресноводных условиях; в зависимости от форм и размеров карстовых депрессий происходило формирование

различных типов бокситовых месторождений: карсто-котловинных, карстовых (карманообразных, гнездообразных), карсто-линзообразных и пластообразных; формирование месторождений происходило, по-видимому, в начальную стадию трансгрессии моря; в результате месторождения были перекрыты плотными известняками и не подвергались интенсивному размыву.

Кроме прогнозных критериев при оценке бокситоносности перспективных площадей в некоторых районах Югославии используется коэффициент оруденения, который вычисляется путем деления имеющихся запасов (в т) на суммарную рудосную площадь (в км²). Этот коэффициент изменяется от 0,3 до 1,5. Кроме того, учитываются протяженность рудоносного контакта по простиранию и падению, насыщенность рудного контакта залежами бокситов в тыс. т на км² и предполагаемая мощность бокситов. Геофизические данные (геоэлектрического картирования и вертикального электроразведывания) также широко используются при оценке перспективных площадей.

Разведка месторождений производится с применением большого количества канав, шурфов, скважин и наклонных шахт.

При проведении поисковых и разведочных работ в зависимости от типа и размеров бокситовых месторождений и глубины их залегания применяется различная густота буровых скважин. Бокситовые залежи, выходящие на поверхность, в том числе залегающие в зоне контакта двух стратиграфически отличных толщ известняков, разбуриваются по сети с расстояниями скважин 10—20 м. Перспективные бокситовые зоны, в которых известняки, перекрывающие бокситы, имеют мощность 50 м, разбуриваются по сети 70×70 м, а при обнаружении залежей бокситов на этой глубине они разведываются по сети 30×30 м. При мощности известняков, перекрывающих бокситы, 50—100 м перспективные бокситоносные зоны разбуриваются по сети 100×100 м, а при обнаружении залежей бокситов они разведываются по сети 40×40 м. В случае, если кровля бокситов располагается на глубине 100—150 м, перспективные участки опосковываются по сети 130×130 м, а бокситовые залежи разведываются по сети 50×50 м. На участках, где кровля имеет мощность 150×300 м, поисковые скважины бурятся по сети 150×150 м, а разведка залежей осуществляется по сети 60×60 м.

В некоторых районах бокситовые залежи имеют крутое, близкое к вертикальному залегание, а также обратное (инверсное) падение. Они располагаются почти вертикально или наклонены под углом более 60°. В этом случае разведка месторождения осуществляется преимущественно штольнями, а также штреками, наклонными шахтами и восстающими, а в случае выхода рудного пласта на поверхность он прослеживается разведочными канавами. Канавы обычно проходятся через 10—20 м. Высота разведочного этажа на месторождениях такого типа обычно со-

ставляет 80—120 м, т. е. разведочные штреки проходятся через 80 или 120 м.

Отдельные открытые залежи бокситов после их обнаружения (иногда до окончания разведочных работ) сразу же подвергаются отработке с помощью небольших карьеров и мелких наклонных шахт. По мере отработки разведанных залежей изучению подвергаются новые участки. В связи с этим запасы категорий В и С₁ на балансе рудника числятся в небольшом количестве. Горнотехнические условия эксплуатации югославских месторождений обычно простые. Они в значительной мере могут быть отработаны открытым способом или наклонными шахтами, без предварительного осушения, что обеспечивает низкую себестоимость добычи бокситовых руд.

Запасы бокситов при разведочных работах классифицируются по категориям А, В, С₁ и С₂. По многим районам оцениваются прогнозные запасы. Запасы бокситов обычно подсчитываются методами геологических блоков и ближайшего района.

Месторождения Греции. Наиболее крупные промышленные месторождения Греции расположены в центральной части страны в горах Парнас и Гвилон в районе Элеузис, Ламия, Аграгион, Дистомон и др. Кроме того, месторождения бокситов известны на островах Аморгос, Самос, Эвбея, Скопелос и др. Бокситовые залежи месторождений Греции располагаются на выветрелой поверхности смятых в складки известняков и приурочены к трем стратиграфическим горизонтам: верхнеюрскому, нижнемеловому и верхнемеловому.

Общие (суммарные) запасы бокситов Греции по промышленным категориям составляют около 90 млн. т, в том числе 31 млн. т находится в районе гор Парнас—Киона.

В области Парнас—Киона установлено три бокситовых горизонта: нижний — между известняками средней юры и киммерийскими известняками верхней юры; средний — залегает на киммерийских известняках и перекрывается перинеевскими известняками нижнего мела; верхний — приурочен к контакту сеноманских и рудистовых известняков верхнего мела. На каждом месторождении обычно расположено большое количество (25 и более) мелких залежей, которые сильно отличаются по форме, мощности и размерам. Выделяют два типа месторождений: с большой мощностью залежей (до 25 м), в которых рельеф почвы очень неровный и выступы подстилающих известняков (зубы) не доходят иногда до известняков кровли на 3—5 м; и линзообразные месторождения средней мощностью 3—4 м (до 10 м), которые располагаются в периферической части бокситоносных районов.

По степени разведанности месторождения бокситов делятся на три типа, оценка запасов которых осуществляется разными способами: 1) открытые месторождения, обнажающиеся на поверхности и разведанные линиями близко расположенных

скважин; линия выклинивания устанавливается близко расположенными шурфами; 2) закрытые месторождения, когда контуры месторождения устанавливаются буровыми скважинами; 3) погребенные месторождения, когда контуры месторождения неизвестны и устанавливаются на основании эмпирических данных.

Запасы бокситов месторождений делятся на две группы: 1) промышленные запасы, которые могут быть использованы в настоящее время; 2) потенциальные запасы — непригодные в настоящее время для промышленного использования.

Качество промышленных запасов должно отвечать следующим кондициям: минимальное содержание Al_2O_3 не менее 54%; максимальное содержание SiO_2 не более 7%, CaO 3,5% и S 0,35%; минимальная мощность залежей 1,3—1,5 м.

Запасы бокситов промышленной группы делятся на следующие категории (в скобках указаны буквенное обозначение категории, верхний предел погрешности и точность подсчета в %): 1) достоверные (А; ± 10 ; более 90); 2) вероятные (В; ± 20 ; 70—30); 3) возможные — обозначенные (C_1 ; ± 30 ; 50—70); 4) возможные — предполагаемые (C_2 ; ± 30 ; 30—50); 5) потенциальные — прогнозные (d; предела погрешности нет; 10—30).

Группа потенциальных запасов делится на категории a, b, c_1 , c_2 и d и имеет такой же верхний предел погрешности и такую же точность подсчета (достоверность показаний), как и промышленные запасы.

4. Месторождения Либерийской бокситоносной провинции

Месторождения Либерийской бокситоносной провинции приурочены к одноименному кристаллическому щиту Западной Африки. Они расположены на территории Гвинеи, Сьерра-Леоне, Берега Слоновой Кости, Либерии, Мали, Ганы и Верхней Вольты. Наиболее крупные месторождения сконцентрированы в Гвинее (Михайлов, 1969).

Преобладающее большинство месторождений бокситов Либерийской провинции относятся к латеритному типу. Залежи бокситов образовались в результате латеритного выветривания различных по литологическому составу пород палеозойского фундамента в меловое и палеогеновое время. В Гвинее это были преимущественно граптолитовые сланцы, реже глинистые сланцы девона, горизонтально залегающие на древнем докембрийском кристаллическом щите. Месторождения бокситов Ганы приурочены к областям развития метаморфических пород докембрия, которые представлены сильноизмененными туфолавами, пирокластическими образованиями, основными породами, филлитами, граувакками, а также сланцами нижнего палеозоя.

Бокситовые залежи обычно залегают на поверхности и приурочены к вершинам плосковерхих возвышенностей, расчлененного и нарушенного плато и останцов пенеплена. В некоторых

случаях бокситы отделены от материнских пород толщей пестроцветных каолининовых глин мощностью 8—15 м.

В связи с тем, что преобладающее большинство месторождений Либерийской провинции залегает на поверхности, они легко обнаруживаются при пешеходных маршрутах, а в слабоосвоенных и недоступных районах — с применением вертолета.

Месторождения бокситов залегают на поверхности до глубины 20—30 м, имеют простое пластообразное строение, не обводнены, обладают простыми горнотехническими условиями и разрабатываются сравнительно мелкими карьерами без предварительного осушения. Качество бокситов на различных месторождениях неодинаково и изменяется в широких пределах.

Единых технических требований для бокситов одной страны и однотипных месторождений Либерийской провинции не установлено. Каждая фирма или потребитель устанавливает свои требования к качеству бокситовых руд.

Французской фирмой «Боксит де Миди» для района Боке были выделены три сорта бокситов: I — глинозема более 55%, кремнезема менее 5%; II — глинозема 50—55%, кремнезема менее 5%; III (латерит) — глинозема менее 50%; мощность рудного пласта более 1,3 м, коэффициент вскрыши не более 3.

Фирма «САРЕПА» и ранее «Пешинэ» для месторождений района Фриа установили следующие сорта бокситов: I — глинозема более 45%; II — глинозема более 40%; III — глинозема более 35%; во всех трех сортах содержание окиси кремнезема не должно превышать 5%.

Для района Киндиа, месторождений Дебеле, Баландугу, Меенги и др. были приняты следующие кондиции: бортовое содержание глинозема в пробах не менее 40% при кремневом модуле не менее 10 (и не менее 5 для месторождения Меенги); минимальная мощность рудного тела по выработке 2 м; минимальная мощность некондиционных бокситов, включенных в подсчет, 3 м; отношение мощности вскрыши к мощности рудного тела по выработке не более 2.

Оценка месторождений в различных районах различными фирмами проводилась по различной сети скважин, но в основном она осуществлялась в несколько (две-три) стадий. Вначале проводились поиски: обследование перспективных участков рекогносцировочными маршрутами или с вертолета. При обнаружении бокситов проводились поисково-оценочные и разведочные работы. Достоверность и классификация запасов по категориям зависят от густоты поисковой и разведочной сети.

Для месторождений бокситов района Боке в зависимости от густоты разведочных скважин компания «Боксит де Миди» выделяет четыре категории запасов: доказанные — при сети 75×75 и 100×100 м; вероятные — 150×150 м; возможные — 300×300 м и указанные — 600×600 м. Эти категории примерно соответствуют категориям, принятым в СССР: А, В, С₁ и С₂.

В районе Фриа компания «Пешинэ» (ныне смешанная компания «Фриа») проводила разведку шести месторождений бокситов по сети 150×150 м. Эта сеть соответствует категории доказанных запасов. При эксплуатации на отдельных участках месторождений применялась сеть 50×50 и 16×16 м. Эта стадия, по-видимому, соответствует эксплуатационной разведке.

Компания «Пешинэ» в районе Дабола оценку месторождений проводила шурфами и скважинами по сети 200×200 и 150×150 м, в районе Туге по сети 150×150 и 400×400 м, а на месторождениях в южной части района Боке шурфы проходились по сети 500×500 и 250×250 м, затем были пробурены скважины по сети 150×150 м.

В районе Киндиа разведка месторождений осуществлялась бурением шнековых скважин по сети 141×141 и 100×100 м, представительность которых контролировалась шурфами и колонковыми скважинами. Указанная разведочная сеть дает возможность подсчитывать запасы по категориям В и С₁.

На преобладающем большинстве месторождений Гвинеи подсчет запасов различными компаниями производился в основном методом ближайшего района, при котором влияние каждой скважины распространялось на определенную площадь в зависимости от сети скважин. На некоторых месторождениях бокситы подсчитывались методом геологических блоков. При этом, как и при методе ближайшего района, средние содержания компонентов по разведочным выработкам, рудным телам и по месторождениям вычислялись преимущественно среднеарифметическим путем. Средняя плотность бокситов обычно принималась 2 т/м^3 . Категорийность запасов определялась в основном плотностью разведочных выработок.

5. Месторождения бокситов США

Бокситовые месторождения США сосредоточены в основном в двух бокситоносных районах: Арканзасском — в центральной части штата Арканзас и Юго-Восточном — в пределах штатов Джорджия, Алабама, Миссисипи, Теннесси и Виргиния.

В месторождениях Арканзасского бокситоносного района сосредоточено около 98% общих запасов бокситов США. Бокситы залегают в виде разобщенных линзообразных покровных залежей на поверхности нефелиновых сиенитов, а также среди осадочных песчано-глинистых отложений палеоценового возраста (формация Уилс-Пойнт) и нижнего эоцена (формация Бергер).

Месторождения Арканзасского района детально охарактеризованы в монографии М. Гордона, Дж. Треси и М. Элліса «Геология Арканзасского бокситоносного района». Данные этой монографии были опубликованы Г. И. Бушинским (1960).

Добыча бокситов на месторождениях этого района особенно интенсивно проводилась во время второй мировой войны, и в 1943 г. составила 7 млн. т, а в последующие годы сократилась до 1,2 млн. т. В этот период действовало 176 рудников: карьеров и шахт.

Согласно принятым кондициям при подсчете запасов бокситов оконтуривание залежей для подземной отработки проводилось при минимальной рабочей мощности пласта боксита 2,5 м и содержании извлекаемого глинозема более 32%. Кроме того, подсчитывались запасы бокситов с минимальным содержанием извлекаемого глинозема 24% и минимальной мощностью 1,5 м, которые считаются выгодными для отработки в случае чрезвычайной ситуации. Бокситы, содержащие 24—32% извлекаемого глинозема, называются высококремнистыми, а содержащие глинозема более 10% — высокожелезистыми.

Извлекаемый глинозем определялся расчетно, путем вычитания из содержания глинозема процентного содержания кремнезема, умноженного на коэффициент 1,1.

Среди бокситовых залежей выделяют четыре главных типа: 1) осадочные; 2) коллювиальные, или склоновые; 3) осадочные слоистые; 4) конгломератные. Размещение, размеры, форма и качество бокситов этих залежей определяются тремя важнейшими факторами: составом исходных материнских пород; характером дорудного рельефа; осадконакоплением и эрозией во время бокситообразования.

Месторождения бокситов приурочены к выступам, сложенным нефелиновыми сиенитами, или залегают в непосредственной близости от них. Преобладающее большинство бокситовых залежей располагается на склонах этих выступов, начиная от привершинной части до основания. Несколько мелких залежей удалено от подножия на 1—8 км. Бокситовые залежи располагаются на плоских склонах разной крутизны, в оврагах или долинах у подножий выступов нефелиновых сиенитов, а также у оснований холмов в виде шлейфа и в устьях оврагов в виде конуса выноса. Бокситовые залежи в большинстве случаев в плане имеют неправильную амебообразную форму с безрудными участками внутри. Размеры залежей в поперечнике 0,2—1 км, редко 2—3 км, мощность бокситового горизонта 3—12 м, максимальная — 18 м. На Арканзасском месторождении бокситам сопутствуют мощные горизонты высокоглиноземистых каолиновых глин (Бушинский, 1960).

Запасы бокситов, подсчитанные при минимальной мощности 1,5 м, разделены по среднему содержанию глинозема и кремнезема на три сорта: I — Al_2O_3 52%, SiO_2 5%; II — Al_2O_3 52%, SiO_2 10%; III — Al_2O_3 50%, SiO_2 9%.

В отличие от квадратной и прямоугольной сети, которые применяются при разведке месторождений бокситов в большинстве стран мира, на Арканзасском месторождении при поисках

бокситов применялась треугольная сеть с первоначальной длиной стороны треугольника 305 м. Согласно расчетам залежи бокситов с запасами 50 тыс. т при такой сети не должны быть пропущены. При обнаружении бокситов сеть выработок сгущалась до 61 м; разведанные по такой сети запасы бокситов относились к категории разведанных.

V. ФАКТОРЫ, ОПРЕДЕЛЯЮЩИЕ ПРОМЫШЛЕННУЮ ЦЕННОСТЬ МЕСТОРОЖДЕНИЙ БОКСИТОВ

Основные факторы, оказывающие решающее влияние на определение основных технико-экономических показателей и промышленную оценку бокситовых месторождений, условно разделяются на три группы: планово-экономические, горно-геологические и экономико-географические.

1. Планово-экономические факторы

К планово-экономическим факторам прежде всего относится народнохозяйственное значение бокситового месторождения, которое определяется потребностью народного хозяйства в алюминиевом сырье. Оно устанавливается на основании перспективного плана развития алюминиевой промышленности и обеспеченности запасами.

Бокситы являются основным сырьем алюминиевой промышленности как СССР, так и других стран мира. В нашей стране кроме бокситов используются нефелиновые и алунитовые руды, в капиталистических и развивающихся странах для получения алюминия используются исключительно бокситы. Широкое использование алюминия во многих отраслях народного хозяйства активно способствует техническому прогрессу.

Средние темпы роста производства алюминия в СССР за последние годы значительно превысили темпы роста производства алюминия в США. В ближайшей перспективе намечен дальнейший значительный рост производства алюминия в СССР. Если рост производства алюминия будет осуществляться такими темпами, то его производство в 2000 г. достигнет внушительной цифры и возрастет по отношению к производству 1975 г. в несколько раз. Столь высокие темпы связаны с применением алюминия во всевозрастающих объемах в различных отраслях промышленности, строительстве, транспорте и т. д. Кроме того, алюминий и его сплавы с высокой эффективностью могут использоваться взамен других дорогостоящих цветных металлов в кабельной промышленности, производстве грузовых автомобилей, изготовлении консервной тары, упаковочных материалов, предметов быта и т. д.

2. Горно-геологические факторы

Горно-геологические факторы определяют масштабы горнодобывающего предприятия, применение высокоэффективной добычной техники, технологическую схему вскрытия, добычи и переработки руд. Они максимально влияют на промышленную оценку бокситовых месторождений и на основные технико-экономические показатели деятельности горнодобывающего предприятия.

К горно-геологическим факторам относятся: запасы месторождения и качество бокситовых руд; содержание полезных и вредных компонентов, минеральный и химический состав бокситов, которые определяют технологическую схему переработки; размер, строение и условия залегания месторождения, влияющие на выбор способа вскрытия и разработки месторождения; гидрогеологические и инженерно-геологические условия месторождения и т. д.

Запасы месторождения и качество бокситовых руд. Количество и качество бокситовых руд определяются при подсчете запасов в недрах по данным геологоразведочных работ. Чем крупнее месторождение и чем лучше качество бокситовых руд, тем выше экономическая эффективность его разработки. Разведанные запасы месторождения оказывают решающее влияние на размеры годовой производительности будущего бокситового рудника, от которой зависят удельные капитальные затраты и себестоимость бокситовой руды. Качество прежде всего определяется содержанием глинозема, кремнезема и кремневым модулем бокситов. От качества бокситовых руд зависят технологический способ передела бокситов на глинозем и экономичность переработки. Существенное значение имеют величина запасов отдельных технологических сортов бокситовых руд и характер их локализации в общих запасах, которая существенно может повлиять на способ отработки и применение различных типов горнодобывающих механизмов. Характер распределения технологических сортов в общей массе руды обуславливает возможность раздельной их выемки.

При оценке месторождений учитывается комплексность руд. Многие месторождения бокситов являются комплексными, так как бокситоносная свита часто содержит мощные горизонты высокосортных огнеупорных глин и аллитов, а перекрывающие породы — строительные материалы. Сами бокситы помимо алюминиевой промышленности используются для производства электрокорунда, плавающих кислотоупорных муллитных изделий и т. д. Кроме того, из бокситов извлекают металлический галлий, в некоторых случаях ванадий и другие элементы.

Наличие огнеупорных глин и элементов-примесей (галлия и др.) повышает эффективность разработки бокситовых месторождений.

Технологические свойства бокситов. Качественная характеристика бокситов является одним из важнейших факторов, определяющих эффективность промышленного использования, так как она влияет на выбор технологии переработки. Схема технологической переработки бокситов зависит от минерального и химического состава, физических свойств, содержания полезных и вредных компонентов и других факторов. При оценке бокситовых месторождений большое значение имеет степень изученности технологических свойств бокситов при переработке на глинозем. От этого зависят технико-экономические показатели переработки. Чем совершеннее схема технологического процесса, тем выше технико-экономические показатели. От качества бокситовых руд зависит сложность, а значит, и стоимость технологической переработки бокситов. В отличие от руд других цветных металлов бокситы, как правило, поступают на химическую переработку без предварительного механического обогащения.

В настоящее время на глиноземных заводах СССР применяются следующие способы технологической переработки бокситов: гидрохимический способ Байера, способ спекания и комбинированный: способ Байера — спекание.

Гидрохимический способ Байера является наиболее простым и экономичным. Он основан на разложении бокситов раствором щелочи. Себестоимость глинозема, получаемого этим способом, на 20—25% ниже себестоимости глинозема, получаемого методом спекания. Качество глинозема выше, он менее загрязнен кремнеземом и отличается большим размером кристаллов. Однако этот метод применим лишь для переработки высококачественных бокситов с небольшим (3—7%) содержанием кремнезема.

Бокситы с большим содержанием кремнезема во избежание больших потерь щелочи перерабатываются способом спекания, т. е. предварительно спекаются с известняком и кальцинированной содой. Это значительно удорожает производство глинозема. Недостатком способа спекания является относительно большая сложность процесса и большой расход материалов на переработку сырья. При оценке качества бокситов разведваемого месторождения необходимо учитывать, что каждый процент кремнезема связывает 8,5 кг окиси алюминия и 6,65 кг щелочи на 1 т перерабатываемой руды. Таким образом, чем больше кремневый модуль в бокситах, тем выше себестоимость передела бокситов на глинозем и, следовательно, глинозема, полученного из низкосортных бокситов любым способом.

Для переработки высококремнистых бокситов иногда экономически целесообразно применять комбинирование способа Байера со способом спекания. Комбинированный способ применяется в двух вариантах: параллельном и последовательном. При параллельной схеме одновременно перерабатываются на

одном уровне низкокремнистые и высококремнистые бокситы. Первые перерабатываются по способу Байера, вторые — по способу спекания.

Последовательная схема используется при переработке высококремнистых бокситов с относительно невысоким содержанием окиси железа. Боксит сначала выщелачивается по способу Байера, при этом извлекается около 70% глинозема, присутствующего в боксите. Остальной глинозем, связанный в алюмонатриевый силикат, переходит в шлам, который подвергается спеканию с известняком и содой. Алюминатные растворы, полученные в обеих ветвях, смешиваются и выкручиваются. Преимущества этой схемы по сравнению со способом спекания заключаются в возможности сократить число печей спекания и расход топлива, понизить расход соды и повысить степень извлечения глинозема из боксита.

В последнее время для переработки бокситов североонежских месторождений предусмотрена схема комбинированного способа, где в спекательной ветви для компенсации потерь щелочи предусмотрено использование вместо щелочи нефелинового концентрата месторождений Кольского полуострова (700 кг на 1 т глинозема).

Большое значение при оценке качества бокситов имеют вторичные компоненты и прежде всего вредные примеси (сидерит, пирит и др.), образовавшиеся в основном в результате эпигенетических наложенных процессов. Содержание сидерита и пирита в бокситовых рудах регламентируется ГОСТом и условиями для конкретных месторождений.

Присутствие сидерита в бокситах, перерабатываемых гидрохимическим способом Байера, приводит к химическим потерям каустической щелочи и отражается на общем извлечении глинозема. При этом способе сера переходит в щелочно-алюминатный раствор, что значительно ухудшает технологический процесс и загрязняет растворы, а следовательно, и гидроокись алюминия. При переработке сернистых бокситов для улучшения технологического процесса и нейтрализации пирита вводят значительное количество окиси цинка.

Результаты технологических испытаний бокситов месторождений Средне-Тиманского района и Белгородского бокситоносного района КМА позволили институту ВАМИ рекомендовать переработку их на глинозем по параллельно-комбинированной схеме Байер—спекание с соотношением ветвей 85 и 15%. Технико-экономические показатели намечаемого глиноземного производства в этих районах предсказывают его рентабельность и конкурентоспособность по сравнению с действующими и проектируемыми глиноземными предприятиями.

До настоящего времени расчет технико-экономических показателей по месторождениям осуществляется в основном не на конечную продукцию, а на бокситовую руду. Однако технико-

экономическое обоснование промышленного использования месторождений бокситов, равно как и обоснование кондиций, должно производиться с учетом получения глинозема или даже алюминия. Расчет при обосновании на бокситовую руду или промежуточную продукцию (глинозем) не дает полного представления об эффективности промышленного освоения оцениваемого месторождения бокситов.

Технико-экономические расчеты при экономической оценке месторождений бокситов должны осуществляться не только по оптовым ценам, но и по перспективным расчетным затратам на определяющие виды используемого сырья и материалов (бокситы, топливо, флюсовые известняки и т. д.), что позволит учитывать изменения, связанные с намечаемыми быстрыми темпами развития народного хозяйства.

Горнотехнические условия эксплуатации бокситовых месторождений. Способ разработки бокситовых месторождений зависит от глубины залегания, морфологии, размеров и условий залегания рудных тел, а также от гидрогеологических и инженерно-геологических условий месторождения. Наибольшую промышленную ценность представляют месторождения, сложенные рудными телами больших размеров, неглубоко залегающими в благоприятных гидрогеологических и инженерно-геологических условиях. При открытом способе разработки себестоимость добычи бокситов, как правило, значительно ниже, чем при подземном.

Открытым способом разрабатываются обычно бокситы, выходящие на дневную поверхность или залегающие на сравнительно небольших глубинах (50—100 м). Подземным способом предлагается осваивать месторождения, залегающие на глубинах до 1500—2000 м.

В СССР значительная часть бокситовых месторождений обрабатывается открытым способом: месторождения Амангельдинского и Тихвинского районов, Краснооктябрьское, Белинское, Аятское и др.

При определении эффективности открытого способа разработки важное значение имеет количество вскрышных пород, приходящееся на единицу добываемой руды, т. е. объемный или весовой коэффициент вскрыши. Среди них различают максимально допустимый и средний коэффициенты вскрыши.

Максимальный экономически допустимый коэффициент вскрыши определяет предельно допустимую (экономически целесообразную) глубину открытых работ. Этот коэффициент представляет собой количество вскрышных пород, приходящееся на единицу руды, при котором себестоимость добычи открытым способом равна себестоимости добычи подземным способом. Необходимо отметить, что стоимости извлечения из карьера 1 м³ рыхлых и 1 м³ скальных пород различны, так как для извлечения последних необходимо применение взрывных работ.

Средний коэффициент вскрыши представляет собой отношение всего количества пустой породы, подлежащего извлечению из карьера за весь срок его эксплуатации, к общему количеству промышленных запасов руды в этом карьере. Этот коэффициент имеет как весовое, так и объемное выражение. Чем больше пустой породы необходимо удалить для добычи 1 т (1 м³) руды, тем выше ее себестоимость.

Максимальный экономически допустимый объемный коэффициент вскрыши по данным технико-экономических расчетов института Гипроникель 25 м³/м³, т. е. 25 м³ вскрышных пород на 1 м³ бокситовых руд. При определении коэффициента вскрыши на каждом геологическом разрезе наносятся контуры карьера. Общий угол откоса бортов карьера для рыхлых песчано-глинистых пород принимается 30°, для известняков 35—40°.

Подземным способом в СССР разрабатываются месторождения с наиболее высококачественными бокситами Северо-Уральского и Южно-Уральского районов. При разработке месторождений Северо-Уральского района применяются способы слоевого обрушения и камерно-столбовой.

В зарубежных странах преобладающая масса бокситов добывается открытым способом и только незначительная часть подземным способом.

Гидрогеологические и инженерно-геологические условия бокситовых месторождений. При промышленной оценке различных типов бокситовых месторождений большое значение имеют гидрогеологические и инженерно-геологические особенности. Гидрогеологические условия бокситовых месторождений характеризуются степенью обводненности бокситовмещающих пород и залежей бокситов, режимом подземных и поверхностных вод, фильтрационными свойствами пород, бокситовых руд и другими гидрогеологическими показателями.

Факторы, характеризующие инженерно-геологические условия месторождений, оказывают существенное влияние на себестоимость продукции. От крепости пород зависят производительность при бурении шпуров, расход взрывчатки, крепежного материала. Все это влияет на себестоимость добычи бокситовых руд.

Учитывается степень устойчивости горных пород в подземных горных выработках и прежде всего устойчивость пород кровли, а также устойчивость пород в откосах карьеров, особенно при их увлажнении.

Бокситовые месторождения СССР имеют относительно сложные горнотехнические условия. Эти условия нередко являются решающими при определении промышленной ценности отдельных месторождений. Для их разработки требуется выполнение специальных дорогостоящих мероприятий по водопонижению и осушению. Кроме того, при открытой разработке необходимо

создание очень пологих углов откоса бортов карьеров, так как рыхлые покрывающие породы являются малоустойчивыми, особенно в условиях обводненности и при увлажнении. Стоимость осушения некоторых месторождений выражается огромными суммами и составляет весьма существенную долю в себестоимости добычи руды. Так, например, при добыче руды на Северо-Уральском бокситовом руднике значительные средства затрачиваются для предварительного осушения разрабатываемых бокситовых залежей. Необходимость осушения вызывает резкое увеличение капитальных затрат и эксплуатационных расходов, сильно повышающих себестоимость бокситовой руды.

Разработка бокситовых месторождений в сложных гидрогеологических условиях требует дорогостоящих мероприятий по водопонижению и осушению. Сложными гидрогеологическими условиями обладают месторождения Северо-Уральского, Северо-Онежского и Белгородского бокситоносных районов.

На месторождениях Северо-Уральского района гидрогеологические условия весьма сложны из-за значительной закарстованности и тектонической нарушенности рудовмещающего массива известняков, близости рек Вагран, Кальи и Сухой, значительной глубины залегания пласта бокситов и наличия гидравлической связи подземных вод всех месторождений. В связи с этим отработка месторождений ведется после предварительного осушения с помощью специально сооруженных дренажных узлов.

Сложные гидрогеологические условия являются одним из факторов, сдерживающих рост добычи бокситов на северо-уральских месторождениях. Главными водопонижающими точками являются скважинные дренажные узлы: Южный, Кальинский и Черемуховский. Средний приток вод в 1973 г. составил 9,8 тыс. м³/ч, в том числе по шахтам 3,9 тыс. м³/ч, дренажным узлам 5,9 тыс. м³/ч. Максимальный водопиток достиг 12,5 тыс. м³/ч (апрель 1973 г.), минимальный 8,5 тыс. м³/ч (декабрь 1973 г.). Прогнозный максимальный водопиток может достигнуть 16 тыс. м³/ч, а возможные кратковременные притоки при прорывах вод в горные выработки из участков локального карста и в периоды паводков по всем месторождениям Северо-Уральского района могут достигать 27 тыс. м³/ч. В связи с этим необходимы расходы на сооружение дорогостоящих дренажных узлов и осуществление специальных мероприятий по предупреждению и ликвидации последствий аварийных прорывов подземных вод.

Гидрогеологические условия восточной части Иксинского месторождения в Северо-Онежском бокситоносном районе также являются весьма сложными в связи с присутствием среди вскрышных пород 30—40-метровой толщи трещиноватых и закарстованных известняков карбона, с которыми связан водоносный горизонт, являющийся основным источником обводнения проек-

тируемого карьера. Водопроницаемость толщи карбонатных пород весьма неравномерная и характеризуется значениями от 20 до 9880 м³/сут. Подземные воды карбонатного водоносного горизонта активно взаимосвязаны с водами крупных рек Иксы и Онеги.

Ожидаемые водопритоки подземных вод в карьер оцениваются величинами от 4,3 тыс. м³/ч в начальные годы эксплуатации до 10,3 тыс. м³/ч в последние годы эксплуатации месторождения. Максимальные водопритоки на период половодья и подъема уровня воды в р. Онеге в конечный срок работы карьера могут достигнуть 12,2 тыс. м³/ч. Допустимые углы откоса рыхлых вскрышных пород в карьере 17—24°. Сооружения ограждений карьера от подземных вод карбонатных отложений и его осушение требуют больших капиталовложений, что отражается на стоимости боксита, а следовательно, и глинозема.

Гидрогеологические и горно-геологические условия освоения Висловского месторождения Белгородского бокситоносного района КМА также являются весьма сложными из-за большой глубины залегания бокситов (550—700 м) и наличия мощных (30—50 м) сильнообводненных напорными водами 12 горизонтов известняков нижнего карбона, песков келловей-батского, альбсеноманского, верхнемелового, палеогенового и четвертичного возраста. Висловское месторождение и весь Белгородский район КМА расположены в северо-восточной части Днепровско-Донецкого артезианского бассейна.

Борьба с подземными водами на Висловском месторождении вызывает значительное увеличение капитальных затрат и эксплуатационных расходов, что повышает себестоимость бокситовых руд. При строительстве шахтных комплексов на этих месторождениях потребуется применение специального метода проходки стволов шахт с замораживанием, что также удорожает стоимость создания подземного бокситового рудника.

3. Экономико-географические факторы

Промышленная ценность месторождений в значительной степени определяется экономико-географическими условиями района. Эти условия оказывают существенное влияние на экономические показатели и сроки освоения месторождений. Наиболее важными экономико-географическими факторами, учет которых при промышленной оценке бокситовых месторождений обязателен, являются: наличие транспортных коммуникаций, источников электроэнергии, обеспеченность водой, климат, рельеф, наличие в районе других видов полезных ископаемых, освоенность района и т. д.

При изучении влияния географо-экономических факторов необходимо также учитывать и возможность размещения

глиноземного завода для переработки бокситов оцениваемого месторождения.

Однако в связи с тем, что баланс бокситов во всех районах страны и в целом по СССР является напряженным, роль экономико-географических факторов освоения месторождений бокситов снижается и не является решающей. Но эти факторы оказывают существенное влияние на технико-экономические показатели и сроки строительства предприятия. В конкретном районе могут отсутствовать электроэнергия, стройматериалы, питьевая и техническая вода и т. д., поэтому для создания бокситового рудника потребуются большие капитальные затраты и увеличенные сроки строительства.

Транспортные условия района месторождения характеризуются расстоянием до существующей или намечаемой к строительству железной дороги, наличием автомобильных дорог и водных путей для перевозок и возможностью использования этих путей в различные времена года. При определении промышленной ценности месторождения большое значение имеет расстояние перевозки от бокситового карьера до глиноземного завода. При перевозке руды по железной дороге на далекие расстояния транспортные расходы имеют большое значение. В частности, бокситовые руды амангельдинских месторождений транспортируются на 1000 км.

Особенно большое значение имеют железные дороги, так как сооружение новых железных дорог требует больших капитальных вложений, размер которых зависит от их протяженности и рельефа местности. Возможность использования речного транспорта ограничивается его сезонностью. Перевозка бокситовой руды в больших количествах и на большие расстояния обычно неприемлема. В связи с этим в большинстве случаев решается вопрос о строительстве глиноземных заводов на месторождениях или вблизи них. Это объясняется тем, что бокситовые руды не поддаются обогащению и требуется транспортировка всей сырой руды в больших количествах.

Особо следует подчеркнуть, что в СССР при оценке бокситовых месторождений весьма важным является учет затрат на транспортировку глинозема на алюминиевые заводы. Большинство глиноземных заводов расположено в европейской части СССР, на Урале и в Казахстане, в то время как алюминиевые заводы находятся в Сибири, вблизи крупнейших в мире гидроэлектростанций. В связи с этим затрачиваются большие средства на транспортировку глинозема до места его переработки на алюминий. Поэтому существенное влияние оказывает фактор транспортировки глинозема к местам его потребления в восточные районы страны. Это обстоятельство усиливает требования к месторождениям, расположенным вдали от алюминиевых заводов.

Энергетические условия района также имеют большое значение при оценке промышленного значения бокситовых месторождений. Получение электроэнергии для нужд строительства и эксплуатации рудника от внешней энергосистемы сокращает капитальные затраты и сроки строительства бокситового рудника, так как нет необходимости строительства новой электростанции на месторождении или вблизи него. В этом случае учитываются капитальные затраты только на сооружение линии электропередач к предприятию.

Климат и рельеф местности существенно влияют на условия строительства и эксплуатации месторождения, особенно при открытом способе разработки. При суровых климатических условиях возникает значительное количество простоев оборудования в результате морозов, заносов, ветров и других причин. Сокращается число рабочих дней в году. Кроме того, оборудование изнашивается значительно интенсивнее. В районах с тяжелыми климатическими условиями повышена среднегодовая заработная плата. Значительно выше расход топлива и т. д. Это приводит к удорожанию строительства бокситового рудника и увеличению эксплуатационных расходов.

Сложный рельеф местности также требует дополнительных капитальных вложений, так как сооружение бокситовых рудников в горных условиях является более сложным и дорогостоящим делом.

Наличие запасов других полезных ископаемых в районе также существенно влияет на определение промышленной ценности бокситовых месторождений. Наличие вблизи бокситовых месторождений строительных материалов, таких, как бетонные пески, гравий, кирпичные глины и др., удешевляет и облегчает освоение месторождения. Наличие других полезных ископаемых улучшает общие перспективы экономического развития района и создает условия для производственной кооперации бокситодобывающего предприятия с другими.

Освоенность района существенно влияет на экономические показатели и сроки освоения бокситовых месторождений. Особенно влияют степень развития промышленности в районе и возможность организации кооперативных связей нового рудника с другими предприятиями в части снабжения его электроэнергией, водой, транспортом. Нужны предприятия по ремонту горного оборудования. Существенное значение имеют обжитость района, наличие рабочей силы и т. д.

Водные ресурсы. Наличие в районе месторождений воды для технического и питьевого водоснабжения является важным фактором при оценке промышленного значения бокситового месторождения. Отсутствие источников водоснабжения около оцениваемых месторождений приведет к необходимости дополнительных капиталовложений на строительство водозаборов и водопроводов для технического и питьевого водоснабжения.

Оценка экономико-географических условий района бокситового месторождения должна производиться всесторонне с учетом максимально возможного количества факторов.

4. Показатели оценки месторождений бокситов

При промышленной оценке бокситовых месторождений должно быть учтено максимальное количество планово-экономических, горно-геологических и экономико-географических факторов, которые отражали бы влияние и других факторов.

Основным критерием оценки месторождений бокситов, как и других видов сырья, является максимальное удовлетворение потребности народного хозяйства в алюминии в наиболее короткие сроки с наименьшими затратами на строительство единицы производственной мощности и выработку единицы продукции. Геолого-экономическая оценка месторождений бокситов должна осуществляться с учетом максимального количества технико-экономических показателей. Наиболее важные из них для месторождений бокситов указаны в табл. 9.

Месторождения бокситов характеризуются различными горнотехническими и гидрогеологическими факторами, которые определяют условия добычи бокситов, а следовательно, и технико-экономические показатели строительства и эксплуатации горнодобывающих предприятий.

Наиболее важными показателями, которые суммируют и отражают влияние большинства факторов, являются себестоимость добычи 1 т бокситовой руды, удельные капиталовложения на 1 т годовой мощности рудника, на 1 т продукции глиноземного завода, а также необходимые капиталовложения в строительство различных дорог, электростанций, водозаборов и т. д.

Производительность бокситового рудника существенно влияет на ряд технико-экономических показателей. Основными факторами, влияющими на годовую производительность рудника, являются: запасы и горнотехнические условия месторождения, потребность в руде, условия залегания и размеры рудных залежей, срок существования рудника, размер капитальных вложений, срок освоения и т. д. Годовая производительность рудника как оценочный показатель исчисляется в руде и в денежном выражении.

Возможная годовая добыча определяется количеством разведанных запасов бокситов, деленным на необходимый срок существования бокситового рудника. Однако экономически невыгодно строить крупное предприятие на небольшом месторождении с коротким сроком существования и длительным сроком строительства бокситового рудника. Целесообразно, чтобы в течение срока существования бокситодобывающего предприятия была использована полностью та часть капитальных затрат, ко-

Основные технико-экономические показатели для промышленной оценки месторождений бокситов при открытом способе разработки

№ п/п	Наименование показателей	Единицы измерения
1	Эксплуатационные запасы бокситов промышленных категорий А+В+С ₁	млн. т
2	Запасы бокситов категории С ₂	млн. т
3	Годовая производительность рудника	тыс. т
4	Срок обеспеченности запасами	лет
5	Качественная характеристика бокситов, содержание в руде: глинозема	0/0
	кремнезема	0/0
	железа	0/0
	кремневый модуль	
	средняя плотность	т/м ³
6	Эксплуатационные потери	0/0
7	Разубоживание	0/0
8	Годовой объем вскрыши	тыс. м ³
9	Годовая добыча горной массы	тыс. м ³
10	Объемный коэффициент вскрыши	м ³ /м ³
11	Себестоимость 1 т боксита	руб.
12	Себестоимость 1 м ³ вскрышных пород	руб.
13	Оптовая цена 1 т боксита	руб.
14	Капитальные вложения	млн. руб.
15	Производственные фонды	млн. руб.
16	Удельные капитальные затраты на 1 т руды	руб.
17	Срок окупаемости капиталовложений	лет
18	Себестоимость годовой товарной продукции	тыс. руб.
	Оптовая цена годовой товарной продукции	тыс. руб.
19	Годовая прибыль	тыс. руб.
20	Прибыль на 1 т руды	руб.
21	Производственные фонды на 1 т руды	руб.
22	Уровень рентабельности к производственным фондам	0/0
23	Прочие капитальные затраты (жилищное строительство, промбаза и т. п.)	тыс. руб.
24	Капитальные затраты на внешние объекты	тыс. руб.
25	Суммарные капитальные затраты на сооружение предприятия	млн. руб.
26	Ценность месторождения в денежном выражении	млн. руб.
27	Прибыль от разработки месторождения	млн. руб.

тору нельзя передать на другие бокситовые рудники или использовать на месте для других целей после того, как месторождение будет отработано.

Минимальный срок обеспеченности крупного бокситового рудника разведанными по промышленным категориям запасами должен составлять примерно 35—40 лет. Однако, если разрабатываемое месторождение является некрупным и может служить не основной, а вспомогательной сырьевой базой глиноземного предприятия с относительно небольшой годовой производительностью, то сроки существования такого рудника могут быть

в 2—3 раза меньше. Такие месторождения разведываются в том случае, когда они расположены вблизи действующих бокситовых рудников или неглубоко залегают, могут разрабатываться карьерным способом, имеют относительно простые условия вскрытия и разработки.

При определении годовой производительности рудника особо важное значение имеет, каким способом будет разрабатываться месторождение: подземным или открытым, так как эти способы значительно различаются.

При открытом способе разработки месторождений, представленных горизонтально залегающими или пологонаклонными залежами (например, Амангельдинская группа, Краснооктябрьское, Белинское, Аятское и другие месторождения Северного Казахстана), основными факторами, определяющими производительность карьеров, являются промышленные запасы бокситов и нормальный амортизационный срок службы предприятия.

Технико-экономические показатели карьера обычно характеризуются годовой производительностью не только по бокситовой руде, но и по горной массе, т. е. по сумме добываемых в течение года руды и вскрышных пород.

При открытой разработке месторождений с наклонными и крутопадающими залежами основными факторами, определяющими производительность карьера, являются площадь бокситовой залежи и годовое углубление горных работ.

При определении годовой производительности рудника с *подземным способом* отработки основными факторами являются: горизонтальная площадь рудной залежи и величина годового углубления горных работ. При этом учитывается средняя плотность руды и вмещающих пород. При подземных работах величина годового углубления горных работ зависит также от угла падения бокситовых залежей и их горизонтальной мощности. На рудных залежах, падающих под углами менее 30° , годовая производительность рудника определяется только запасами и экономически целесообразным сроком его существования. Если месторождения имеют большие горизонтальные размеры, их обычно разделяют на шахтные поля с производительностью каждого из них 0,5—2 млн. т в год.

Себестоимость добычи бокситов. При геолого-экономической оценке одним из важных вопросов является определение себестоимости продукции, получаемой при разработке бокситовых месторождений. Наиболее рентабельной должна быть признана разработка того месторождения, которое обеспечивает при прочих равных условиях наименьшую себестоимость продукции. При сравнительной оценке месторождений необходимо учитывать не только себестоимость добычи, но и затраты на перевозку бокситов до глиноземного завода, так как себестоимость глинозема при относительно низкой себестоимости добычи бокситов может оказаться в конечном результате высокой.

Себестоимость бокситовой руды зависит исключительно от природных условий месторождения и экономико-географических факторов района. Себестоимость 1 т руды представляет собой все расходы рудника за год (месяц, квартал), приходящиеся на 1 т добытого за этот срок боксита. Методика определения себестоимости добычи бокситов зависит от способа разработки месторождения.

При открытом способе разработки основными факторами, влияющими на себестоимость добычи бокситов, являются: масштабы производства или годовая производительность рудника по руде и горной массе; величина среднего коэффициента вскрыши; гидрогеологические условия месторождения; крепость руд и вмещающих пород; дальность транспортировки руды и пород соответственно до склада и отвалов.

Гидрогеологические условия разработки месторождения также существенно влияют на себестоимость добычи бокситов, так как расходы по осушению разрабатываемых залежей бокситов иногда составляют значительную величину (например, на Северо-Уральском и Северо-Онежском бокситовых рудниках).

Крепость бокситовых руд и вмещающих пород существенно влияет на объем буровзрывных работ. Отсутствие или малый объем буровзрывных работ значительно уменьшает себестоимость добычи бокситовых руд.

Выбор вида рудничного транспорта зависит от дальности транспортировки руды и вмещающих пород и рельефа местности: железнодорожный транспорт — при большом расстоянии перевозок, автомобильный — обычно при меньшем. Определение себестоимости добычи бокситов начинается с определения себестоимости горной массы.

При подземном способе разработки месторождения себестоимость добычи руды зависит главным образом от производительности рудника. Но при одной и той же производительности различных рудников на себестоимость оказывают влияние следующие факторы: применяемая система разработки, которая зависит от горнотехнических условий месторождения; способ вскрытия месторождения, который зависит главным образом от рельефа местности (штольни, шахты); гидрогеологические условия разработки месторождения.

Рентабельность рудника определяется как разность между ценностью добытой руды и себестоимостью ее добычи. Для каждой отрасли промышленности планируется свой уровень рентабельности. Уровень рентабельности определяется отношением суммы рентабельности (чистого дохода) к производственным фондам горнодобывающего предприятия.

Капитальные затраты. Общие капитальные затраты на строительство горнорудного предприятия складываются из затрат на промышленное и жилищное строительство, а также на предприятия строительной индустрии.

При промышленном строительстве создаются все производственные фонды предприятия, обеспечивающие добычу руды в количествах согласно проектируемой мощности горного предприятия. Это капитальные горные выработки на шахтах, на карьерах — первоначальные вскрышные работы, вспомогательные цехи с оборудованием, горный транспорт, промышленные электросети и т. д.

Капитальные затраты на жилищное и бытовое строительство осуществляются с целью обеспечения всех трудящихся данного предприятия и строительной организации соответствующими фондами (жилые дома, дома культуры и т. д.).

Капитальные затраты на создание материальной базы строительной организации рассматриваются как вложения в промышленность строительных материалов (карьеры камня, песка и глины, заводы по изготовлению стеновых материалов, щебня, бетона, база механизации и др.).

В проектах предприятий кроме перечисленных видов затрат обычно предусматриваются капитальные затраты на строительство различных внешних объектов, имеющих часто районное значение; подъездных железнодорожных веток и автомобильных дорог, линий высоковольтных электропередач от энергосистемы, водохранилищ и т. д.

Капитальные затраты на строительство рудника зависят в конечном счете от его годовой производительности: при открытом способе разработки — по горной массе, при подземном — по руде.

Удельные капитальные затраты определяются в расчете на 1 т годовой производительности: по руднику с открытым способом разработки — на 1 т горной массы, по подземным рудникам — на 1 т бокситовой руды.

Капитальные затраты на жилищное и бытовое строительство зависят главным образом от численности трудящихся, обслуживающих горное предприятие.

При выборе очередности освоения месторождения одним из важных оценочных показателей является размер общих капиталовложений в строительство будущего горнодобывающего предприятия, а также их эффективность. Эффективность капитальных затрат определяется: удельными капитальными затратами, сроком окупаемости капиталовложений и другими оценочными показателями.

Удельные капитальные затраты исчисляются: а) стоимостью годовой продукции по оптовым ценам на 1 руб. капиталовложений; б) капиталовложениями на 1 руб. годовой товарной продукции по оптовым ценам; в) капиталовложениями на 1 т запасов и г) капиталовложениями на 1 т годовой производительности по руде (Экономика ..., 1968).

Первоочередными для освоения являются те месторождения, которые требуют минимальных затрат на единицу продукции,

дают больше продукции на единицу капиталовложений в более короткие сроки.

Большое значение при оценке месторождений имеет величина срока возврата (окупаемости) капитальных вложений. Величина, обратная сроку окупаемости, называется коэффициентом эффективности общих капитальных вложений, характеризует удельную рентабельность предприятия, т. е. прирост чистого дохода (прибыли) на 1 руб. капитальных вложений.

Сроки строительства также учитываются при оценке бокситовых месторождений. Чем быстрее сроки строительства, тем быстрее окупятся средства, затраченные на строительство. При оценке бокситовых месторождений особо важное значение имеют капиталовложения в дорогостоящие сооружения: железные дороги, электростанции, водозаборы, линии водоснабжения и электропередач и т. д.

По данным института ВАМИ, для эксплуатируемых и предварительно оцененных месторождений бокситов себестоимость 1 т добычи боксита в зависимости от способа разработки изменяется от 3—5 до 13—15 руб., а удельные капиталовложения в строительство бокситовых руд — от 15—20 до 80 руб. и выше в расчете на 1 т годовой добычи. В то же время сырьевая составляющая в себестоимости глинозема при этом будет изменяться от 10—15 до 30—40 руб. на 1 т глинозема. В связи с этим доля капитальных вложений в сырьевую базу в расчете на 1 т глинозема колеблется от 35—45 до 180—200 руб. Таким образом, доля приведенных затрат на сырьевую базу может достигнуть 60—65 руб. в расчете на 1 т глинозема при предельном их уровне, который следует учитывать при оценке сырья на ближайший перспективный период, 145—160 руб.

Масштабы бокситовых месторождений, определяющие мощность горнодобывающего предприятия, а следовательно, и глиноземного завода, оказывают большое влияние на технико-экономические показатели строительства бокситовых рудников, их работу и на конечные показатели эффективности глиноземного производства.

Так, например, по данным ВАМИ, удельные капиталовложения в строительство бокситового рудника на базе североонежских месторождений при снижении его производительности в 2 раза увеличиваются в 1,6—1,7 раза, а себестоимость 1 т боксита возрастает в 1,5 раза.

При оценке бокситовых месторождений необходимо иметь в виду, что алюминиевая промышленность СССР в своем развитии далеко шагнула вперед, и глиноземные предприятия в настоящее время в несколько раз превышают те, которые сооружались в начальные периоды создания алюминиевой промышленности.

VI. ОСНОВНЫЕ ТЕНДЕНЦИИ В РАЗВИТИИ СЫРЬЕВОЙ БАЗЫ, ДОБЫЧИ БОКСИТОВ, ПРОИЗВОДСТВА И ПОТРЕБЛЕНИЯ АЛЮМИНИЯ

Характерной чертой научно-технического прогресса на современном этапе является ускоренный рост потребления алюминия и соответствующие темпы добычи и переработки бокситовых руд. При росте населения за 25 лет (с 1950 по 1975 г.) в 1,5 раза мировая добыча бокситов увеличилась в 10 раз. По данным долгосрочных прогнозов некоторых стран (США и др.), потребление алюминия, добыча бокситов и в дальнейшем будет развиваться ускоренными темпами. В капиталистических странах производство алюминия каждые 10 лет увеличивается в два раза. Потребление бокситов к 2000 г. по сравнению с 1970 г. увеличится в 8—10 раз. В связи с этим в недрах капиталистических и развивающихся стран за 30 лет будет погашено около 5 млрд. т, или 30% запасов бокситов, числящихся на балансе. В то же время имеются значительные перспективы для существенного увеличения запасов бокситов в результате выявления новых бокситоносных районов и месторождений, а также за счет снижения требований промышленности к качеству бокситового сырья и горнотехническим условиям разработки бокситовых месторождений.

Советский Союз обладает достаточными разведанными и прогнозными запасами бокситовых руд. Однако имеются недостатки в географическом размещении бокситовых месторождений. В Сибири, где построены крупнейшие в мире гидроэлектростанции, пока не выявлены месторождения высокосортных бокситов. Среднегодовые темпы производства алюминия в СССР значительно превышают рост производства алюминия в США и других промышленно развитых капиталистических странах.

1. Особенности развития сырьевой базы бокситов

В последние годы произошли существенные изменения в состоянии запасов и географическом размещении сырьевых ресурсов бокситов мира. Это связано с резким увеличением потребления алюминия в промышленности и расширением поисковых и геологоразведочных работ на бокситы во многих странах на всех континентах мира.

Особенно разительные перемены произошли в СССР. Дореволюционная Россия не имела алюминиевой промышленности, а небольшая потребность алюминия удовлетворялась за счет импорта, который в 1913 г. составил 1600 т. В то время считалось, что на территории нашей страны нет месторождений бокситов.

Вопрос о создании отечественной алюминиевой промышленности был поставлен в первые годы существования Советского

государства. В 1917—1935 гг. произведена разведка Тихвинского месторождения бокситов. На его базе в 1932 г. построен Волховский, в 1933 г. — Днепровский алюминиевые заводы, а в 1938 г. — Тихвинский глиноземный завод.

В 1929—1931 гг. поисковые работы на Урале привели к открытию крупнейшего в Советском Союзе Северо-Уральского бокситоносного района. В годы Великой Отечественной войны (1941—1945 гг.) создана алюминиевая промышленность на Урале. Здесь разведаны месторождения бокситов Северо-Уральского и Южно-Уральского районов, на базе которых построены Уральский и Богословский алюминиевые заводы.

В послевоенное время поисково-разведочные работы на бокситы были значительно усилены по всей стране: на Урале, в Казахстане, в Западной и Восточной Сибири, европейской части СССР и на Украине. Особенно большие открытия произошли в пятидесятые и шестидесятые годы.

В Северном Казахстане выявлены и в короткий срок разведаны многочисленные месторождения бокситов, расположенные в трех бокситоносных районах: Амангельдинском, Западно-Тургайском и Центрально-Тургайском. На базе этих месторождений построен, а затем значительно расширен Павлодарский алюминиевый завод.

В Архангельской области открыты и разведаны месторождения бокситов Северо-Онежского бокситоносного района, на базе которых строятся бокситовые рудники и глиноземный завод. В результате поисково-разведочных работ в Коми АССР открыты новые Южно-Тиманский и Средне-Тиманский бокситоносные районы. В настоящее время в этих районах производится предварительная и детальная разведка Верхне-Ворыквинского, Вежаю-Ворыквинского и других месторождений, которые имеют крупное промышленное значение.

В районе железорудных месторождений КМА выявлен новый Белгородский бокситорудный район. На его площади расположены несколько месторождений бокситов: Висловское, Белгородское и др., разведка которых осуществляется в настоящее время. Наиболее крупным является Висловское месторождение. Кроме того, известен ряд бокситоносных перспективных участков. В Красноярском крае открыты месторождения бокситов Чадобецкого и Приангарского бокситоносных районов. На базе этих месторождений предполагается строительство бокситовых рудников.

Значительные изменения произошли в сырьевой базе бокситов социалистических стран, прежде всего Венгрии и Югославии. В этих странах выявлены, разведаны и эксплуатируются новые ранее неизвестные месторождения бокситов. На их базе созданы крупные горнодобывающие предприятия.

В Венгрии добыча бокситов начата еще в 1927 г. (340 тыс. т), а к 1937 г. достигла уровня 500 тыс. т. Производство алюминия

Рост запасов бокситов в капиталистических и развивающихся странах (в млн. т) (Минеральные ресурсы..., 1974)

Континенты и страны	1955		1957		1960		1965		1970		1973	
	общие	в т. ч. достоверные и вероятные	общие	в т. ч. достоверные и вероятные	общие	в т. ч. достоверные и вероятные	общие	в т. ч. достоверные и вероятные	общие	в т. ч. достоверные и вероятные	общие	в т. ч. достоверные и вероятные
Всего	1756	461	1816	425	5308	1752	9437	2130	9538	3449	14 869	3806
<i>Европа</i>	182	76	142	78	155	107	363	131	189	101	634	161
Австрия	2	1	—	—	1	1	1	1	2	1	2	1
Греция	60	10	70	12	75	38	84	50	85	40	500	100
Испания	—	—	—	—	7	—	7	—	7	—	7	—
Италия	25	10	12	6	12	8	11	10	25	10	25	10
Франция	65	55	60	60	60	60	260	70	70	50	100	50
<i>Азия</i>	302	62	296	72	360	109	391	126	421	142	706	277
Индия	250	34	250	50	250	58	276	74	276	85	265	85
Индонезия	36	17	36	17	25	15	25	15	25	15	75	15
Иран	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	15	15
Малайзия	10	5	10	5	10	6	15	7	45	12	45	12
Пакистан	—	—	—	—	8	—	8	—	8	—	8	—
Турция	6	6	—	—	67	30	67	30	67	30	200	135
Филиппины	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	100	25
<i>Африка</i>	540	52	455	46	2040	666	3330	715	2615	1391	6100	1435
Ангола	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	10	—
Гана	230	46	230	46	230	46	230	45	400	65	400	65

Гвинея	300	6	225	—	1500	600	1500	600	1660	1156	2400	1200
Заир	—	—	—	—	200	—	200	—	200	50	200	50
Камерун	—	—	—	—	—	—	1000	50	140	60	2000	50
Малави	—	—	—	—	60	20	60	20	60	20	60	20
Мадагаскар	—	—	—	—	50	—	50	—	85	—	150	—
Мали	—	—	—	—	—	—	150	—	10	—	820	—
Мозамбик	10	—	—	—	—	—	10	—	10	—	10	—
Сьерра-Леоне	—	—	—	—	—	—	—	—	50	50	50	50
<i>Америка</i>	702	221	688	222	1633	268	2128	556	3045	756	2760	805
Бразилия	192	19	190	20	190	30	250	30	300	40	500	100
Венесуэла	—	—	—	—	80	—	105	12	10	—	10	—
Ганти	23	—	23	—	23	—	23	23	50	23	50	25
Гайана	65	50	65	50	70	50	80	50	150	80	150	80
Гвиана (Фр.)	—	—	—	—	60	—	60	—	100	—	100	—
Доминиканская Республика	12	—	—	—	60	—	60	60	85	60	60	60
Коста-Рика	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	150	—
США	40	37	40	37	650	53	650	53	650	53	140	40
Суринам	50	45	50	45	50	45	300	200	1000	200	600	200
Ямайка	320	70	320	70	450	90	600	130	700	300	1000	300
<i>Австралия и Океания</i>	30	5	235	7	1120	602	3225	602	3267	1058	4667	1128
Австралия	25	—	230	9	1115	600	3200	600	3200	1050	4600	1100
Каролинские острова	5	5	5	2	5	2	5	2	5	2	5	2
Новая Зеландия	—	—	—	—	—	—	20	—	20	—	20	—
Соломоновы острова	—	—	—	—	—	—	—	—	36	—	36	20
Фиджи	—	—	—	—	—	—	—	—	6	6	6	6

начато в 1936 г.; до 1945 г. в условиях капиталистического хозяйства 95% добытых в стране бокситов переправлялось за границу. После 1945 г. в условиях социалистической экономики в Венгрии почти все бокситы перерабатываются на глинозем на месте их добычи. В 1971 г. добыча бокситов в Венгрии достигла 2 млн. т (Валетон, 1974), т. е. увеличилась в последние годы в несколько раз.

В Югославии в последнее время выявлены большие запасы высокосортных бокситовых руд. Наиболее крупные месторождения сосредоточены в Боснии и Герцеговине, Черногории, Далмации, Лики и Косово. За период с 1955 по 1969 г. на территории Югославии добыто около 34 млн. т бокситов, из них экспорт составил 32 млн. т. Добыча бокситов постоянно возрастает, особенно значительно она повысилась в шестидесятые годы (в млн. т): 1960 г.—1; 1965 г.—1,5; 1972 г.—2,2 (Aluminium, 1974). И в дальнейшем добыча бокситов будет возрастать. Но в последние годы в Югославии наблюдается увеличение переработки бокситов на месте их добычи.

Значительно увеличилась добыча бокситов и в Румынии. В предыдущем десятилетии она возросла примерно в 6,5 раза и достигла в 1973 г. 900 тыс. т.

Очень крупные изменения произошли в сырьевой базе бокситов капиталистических и развивающихся стран (Африки, Австралии и Южной Америки), где в послевоенные годы открыты и разведаны крупнейшие в мире месторождения высокосортных бокситов, на базе которых созданы крупнейшие в мире бокситовые рудники. Перспективные запасы этих месторождений оцениваются несколькими миллиардами тонн.

В капиталистических и развивающихся странах общие запасы бокситов с 1950 по 1973 г. возросли почти в 15 раз: с 1,1 до 14,87 млрд. т, в том числе в Австралии — более чем в 314 раз (с 4 до 4600 млн. т); в Африке — более чем в 25 раз (с 230 до 6100 млн. т); в Азии — в 11,6 раза (с 60 до 706 млн. т) (табл. 10).

В связи с техническим прогрессом в горнодобывающей промышленности быстрыми темпами растет глубина разработки бокситовых месторождений. Экономически рентабельной стала разработка открытым способом бокситовых залежей, расположенных на глубине 100—150 м, подземным способом — на глубине 600—1500 м.

В последние годы стало уделяться большое внимание обогащению бокситовых руд с целью повышения их качества и получения из низкокачественных бокситов высокосортных концентратов, пригодных для переработки по эффективному способу Байера и для получения электрокорунда. В связи с этим могут быть снижены требования к среднему содержанию полезных компонентов в бокситах и будут вовлечены в эксплуатацию крупные месторождения бедных бокситовых руд или участки

разрабатываемых месторождений с бокситами, которые раньше считались непромышленными по качеству.

В СССР большое внимание уделяется изучению обогатимости различных литолого-минералогических типов низкокачественных бокситов. Разработана и испытана в опытно-промышленных условиях схема обогащения и повышения качества относительно высококремнистых бокситов месторождений Северного Казахстана, позволяющая улучшить технологию производства глинозема и повысить экономические показатели на Павлодарском алюминиевом заводе. Разрабатывается схема механического обогащения бокситов месторождений Северо-Онежского района. Получены положительные результаты по обогащению бокситов Среднего Тимана и Висловского месторождения Белгородского района КМА.

В СССР с 1967 г. установлены новые оптовые цены на бокситы. При этом в качестве базы плановых цен признается не себестоимость, как раньше считалось, а общественно необходимые затраты труда на производство продукции.

Оптовая цена на боксит зависит от содержания окиси алюминия, двуокиси кремния, вредных примесей и кремневого модуля, т. е. от марки и сорта бокситовых руд (прейскурант 02—02, 1966). На бокситы базового состава оптовая цена изменяется в широких пределах и составляет (в руб. за 1 т сухих бокситов): байеровские марок БВ, БО и Б1—15,5 руб.; спекательные высшего качества марок Б2, Б3—10,3 руб.; спекательные марок Б4, Б5, Б6—3,8 руб.; прочие марок Б7 и Б8—3,2 руб. В зависимости от качества бокситов существуют расценки на доплату против базового содержания за повышение содержания глинозема или понижение содержания окиси кремния на 1%.

В капиталистических и развивающихся странах в последние годы цены на бокситовые руды существенно изменились. Это связано не только с издержками производства, но и с политической монополией, в чьих руках находятся бокситодобывающие предприятия. Средняя цена сырых и сухих бокситов, импортируемых из Гайаны, Гаити, Доминиканской Республики и Суринама в США (в долл. за 1 т): 1949 г.—6; 1954 г.—7; 1959 г.—9; 1964 г.—12,6; 1968 г.—12,8. А средняя цена бокситов, добываемых в США, составила (в долл. за 1 т): 1949 г.—4,9; 1954 г.—6,9; 1959 г.—8,8; 1964 г.—9,4.

В ближайшее время в некоторых странах предполагается повышение цены на бокситовые руды в два-три раза.

Монополии капиталистических стран с 1958 по 1967 г. поддерживали сравнительно стабильные цены на алюминий: от 500 до 573 долл. за 1 т. В ценах на бокситы и алюминий содержится значительная часть прибыли и лишь 30—50% издержек производства. В последнее время цены на алюминий несколько повысились.

Кроме бокситов в СССР и некоторых зарубежных странах для получения глинозема используются нефелиновые и алуни-товые руды. Перспективным сырьем для производства алюминия являются забалансовые по качеству бокситы (аллиты), высокоглиноземистые каолиновые глины, кианитовые (дистеновые) и другие метаморфические сланцы, алюмофосфатные породы, давсониты, высокоглиноземистые изверженные породы (анортзиты, лейцитовые породы, нефелиновые сиениты и др.).

2. Мировое производство и потребление алюминия

Потребление и производство алюминия растет наиболее быстрыми темпами по сравнению с другими цветными металлами. В капиталистических странах производство первичного алюминия увеличилось с 66 тыс. т в 1913 г. до 1062 тыс. т в 1941 г.; 3,53 млн. т в 1960 г. и 10 млн. т в 1973 г. Однако его рост был неравномерным. Во время второй мировой войны производство алюминия резко возросло и достигло в 1943 г. 1,94 млн. т, а затем в 1945 г. сократилось в три раза и составило 744 тыс. т. После войны выплавка алюминия стала подниматься и достигла в 1973 г. 10 млн. т.

Потребление алюминия каждое десятилетие увеличивается в среднем в два раза (Быховер, 1971). Согласно прогнозам зарубежных специалистов и в дальнейшем потребление алюминия в капиталистических странах будет удваиваться каждые 10 лет благодаря расширенному потреблению во многих отраслях промышленности. При таком прогнозе мировое потребление алюминия в 1980 г. достигнет 15 млн. т, в 1990 г.— 30 млн. т, в 2000 г.— 60 млн. т. В США потребность алюминия в ближайшие 30 лет возрастет в 7 раз и около 90% его будет выплавляться из импортных бокситов.

Широкое внедрение в различные отрасли промышленности способствует бурному росту его производства. Научно-технический прогресс невозможен без широкого использования алюминия в народном хозяйстве.

Производство первичного алюминия в капиталистических и развивающихся странах за последние 30 лет по темпам роста в несколько раз опередило выплавку других цветных металлов. В 1968 г. получено алюминия 6,58 млн. т, т. е. почти в 9 раз больше, чем в 1940 г., когда его производство равнялось 0,74 млн. т. За это время производство меди увеличилось в 1,8 раза, свинца в 1,6 раза, цинка — в 2,2 раза.

В 1973 г. выплавка первичного алюминия в промышленно развитых капиталистических и развивающихся странах составила 10 млн. т, в том числе (в млн. т): в США — 4,11; Японии — 1,1; Канаде — 0,92; Норвегии — 0,67; ФРГ — 0,51; Франции — 0,36; Австралии — 0,32; Англии — 0,24 и т. д. (см. табл. 11). Основным производителем алюминия являются США, которые

вместе с Японией, Канадой, Норвегией, ФРГ и Францией производят около 85% всего первичного алюминия капиталистического мира.

Мировое потребление алюминия неуклонно возрастает. По объему производства он занял второе место среди металлов после железа. Быстрый рост производства и потребления алюминия связан с его универсальными свойствами: низким удельным весом, высокой электропроводностью, пластичностью, механической прочностью, устойчивостью против коррозии, а также рядом технологических свойств, обусловивших его широкое применение во всех областях техники. Алюминий эффективно используется в качестве заменителя меди, свинца, цинка и олова. В электротехнике 1 т алюминия заменяет 2 т меди, а в кабельной промышленности — до 4 т свинца.

Использование алюминия в ряде отраслей промышленности даст большой технический и экономический эффект. Наиболее быстро возрастает потребление алюминия строительством. В США около 25% алюминия используется для строительства. Большое количество алюминия потребляет транспортное машиностроение, включая самолето-, авто-, судо- и вагоностроение. Крупным потребителем алюминия является электропромышленность. Быстро развивается применение алюминия в различных упаковочных материалах. Для этой цели в США расходуется около 350 тыс. т. Значительное количество алюминия расходуется на изготовление машин и оборудования, а также предметов домашнего обихода (посуда, мебель и др.).

Производство глинозема и первичного алюминия. Во всех странах мира до настоящего времени для получения алюминия из бокситов применяется двухстадийный процесс. Вначале из бокситов получают глинозем (окись алюминия), затем электролизным путем получают алюминий. Существует несколько способов получения глинозема из бокситов: Байера, или гидрохимический, спекания и комбинированный способ Байер—спекание. В каждом методе имеются свои варианты, отличающиеся определенными технологическими процессами. Однако наиболее распространенным способом на протяжении всей истории производства глинозема является метод Байера. В зарубежных странах существует два варианта этого способа: американский и европейский. Первый из них упрощенный применяется для получения глинозема из высокосортных, содержащих до 3—7% кремнезема, легкоосквашивающихся гиббситовых бокситов. Этот процесс протекает при нормальном давлении и температуре 110—150°C. Европейский способ более сложный, используется для трудноосквашивающихся диаспор-бёмитовых и бёмит-гиббситовых бокситов.

До второй мировой войны глинозем производился в немногих капиталистических странах с общей мощностью заводов около 1 млн. т в год. Во время второй мировой войны и в после-

военные годы география производства глинозема значительно расширилась. В 1954 г. глиноземное производство стало осуществляться в 12 странах на 30 заводах с общей мощностью 6 млн. т в год, а в 1971 г. — в 18 странах на 42 заводах с суммарной мощностью около 15,6 млн. т глинозема в год. Наиболее крупные заводы сосредоточены в странах Америки (около 70%) и Западной Европы (15%); менее крупные заводы расположены в Азии (7%), Африке (5%) и Австралии (3%). В ближайшие годы, по расчетам зарубежных специалистов, производственные мощности глиноземных заводов будут увеличиваться.

Впервые металлический алюминий в промышленных масштабах был получен в 1886 г. путем электролиза глинозема, растворенного в расплавленном криолите. Этим способом получают алюминий и в настоящее время. Для получения 1 т алюминия расходуется около 2 т глинозема, 100 кг фтористых солей, 700 кг угольных электродов и около 18 тыс. кВт·ч электроэнергии.

Производство первичного алюминия быстро растет. Мировая выплавка его в 1901 г. составляла всего 7 тыс. т и осуществлялась только в четырех странах: США, Швейцарии, Франции и Великобритании. В 1913 г. производство алюминия в девяти странах достигло 64 тыс. т, т. е. увеличилось в 9 раз, а в 1937 г. в 12 странах было получено около 450 тыс. т, т. е. в 7 раз больше, чем в 1913 г. В 1973 г. в странах капиталистического мира производство первичного алюминия достигло 10 млн. т, т. е. превысило уровень 1937 г. в 22,2 раза, а число производящих стран увеличилось до 26 (см. табл. 11).

При этом в процессе роста производства алюминия изменялась и география его производства. До второй мировой войны около 60% алюминия производилось в странах Западной Европы и около 40% — в странах Американского континента. В послевоенные годы максимальное производство алюминия сосредоточено в странах Америки (около 62%), в том числе около 41% мирового производства приходится на долю США. Кроме того, выросло производство алюминия в Азии и начато в Африке и Австралии (табл. 11).

В 1973 г. произведено 10 млн. т алюминия на 100 алюминиевых заводах. В дальнейшем также будет осуществляться рост производства первичного алюминия, оно достигнет в 1980 г. 15 млн. т; в 1990 г. — 30 млн. т; в 2000 г. — 60 млн. т. Эти цифры получены из расчета, что алюминиевая промышленность в капиталистических и развивающихся странах сохранит темпы роста и в ближайшем будущем.

Потребление алюминия. Потребление минерального сырья в мире развивается более быстрыми темпами, чем возрастает численность населения. Среднегодовой прирост населения в мире составляет примерно 2%, в то время как среднегодовой прирост потребления различных видов минерального сырья составляет 5—15%. В 1975 г. население мира составило примерно

Рост производства первичного алюминия в капиталистических
и развивающихся странах (в тыс. т)
По В. И. Огородневой, Н. С. Сазыкину (1971) и Г. П. Шишарину (1974)

Континенты страны	1937	1945	1950	1955	1960	1965	1970	1973 **
Всего:	448	778	1286	2578	3585	5064	8054	10 000
в том числе:								
<i>Европа</i>	258	114	244	532	834	1240	1967	2 702
Австрия	4	5	18	57	68	79	90	88
Великобритания	19	32	30	25	29	36	40	246
Голландия	—	—	—	—	—	—	75	175
Греция	—	—	—	—	—	—	88	159
Исландия	—	—	—	—	—	—	39	66
Испания	—	0,6	2	10	29	53	119	160
Италия	23	4	37	62	84	124	147	156
Норвегия	23	5	45	72	165	276	522	614
Франция	35	37	61	129	235	341	381	359
ФРГ	127*	22*	28	137	169	234	309	513
Швейцария	25	5	19	30	39	67	91	84
Швеция	2	3	4	10	16	30	66	82
<i>Азия</i>	14	19	30	72	159	375	969	1 379
Индия	—	2	4	7	18	64	161	150
Япония	11	16	25	58	133	292	728	1 097
Прочие страны Азии	3	1	1	7	8	19	80	132
<i>Африка</i>	—	—	—	—	44	51	165	230
Гана	—	—	—	—	—	—	113	147
Камерун	—	—	—	—	44	51	52	32
ЮАР	—	—	—	—	—	—	—	51
<i>Америка</i>	176	645	1012	1973	2536	3310	4747	5 251
Бразилия	—	—	0,4	2	18	30	56	97
Венесуэла	—	—	—	—	—	—	23	24
Канада	43	196	360	551	691	753	972	925
Мексика	—	—	—	—	—	19	34	41
Суринам	—	—	—	—	—	4	55	52
США	133	449	652	1420	1827	2499	3607	4 112
<i>Австралия и Океания</i>	—	—	—	1	12	88	206	319
Австралия	—	—	—	1	12	88	206	319

* Вся Германия.

** Оценка.

3,8 млрд. человек и ожидается, что за 25 лет (к 2000 г.) оно увеличится примерно вдвое. Но значительно быстрее в последние годы возрастает и будет возрастать в перспективе мировое потребление алюминия. Его потребление, а следовательно, и добыча бокситов, как наиболее эффективного сырья для получения алюминия, увеличивается вдвое через каждые 10 лет. Научно-технический прогресс создает весьма важные предпосылки для

быстрого роста потребления алюминия в различных отраслях промышленности, где он с большим успехом вытесняет дорогостоящие цветные металлы, такие, как медь, свинец, цинк и др. В связи с этим за последние 30 лет наиболее быстрыми темпами растет потребление алюминия. За это время в капиталистических и развивающихся странах потребление алюминия возросло в 12,6 раза.

В 1973 г. в развитых капиталистических странах спрос на алюминий стал превышать предложение, т. е. производство отстало от потребления. Вместо наблюдавшегося в последние годы

Таблица 12

Рост потребления алюминия в капиталистических и развивающихся странах (в тыс. т) 1937—1960 гг. по данным В. И. Огородневой и Н. С. Сазыкина (1971). 1965—1973 гг. по Г. П. Шишарину (1974)

Континенты и страны	1937	1947	1950	1955	1960	1965	1970	1973 **
Всего:	387	986	1336	2601	3206	5162	7786	10 330
в том числе:								
<i>Европа</i>	238	346	396	813	1239	1488	2471	2 849
Австрия	1	2	6	34	37	42	75	85
Великобритания	45	161	104	291	360	351	404	410
Бельгия	3	5	5	26	64	115	175	204
Голландия	—	10	4	8	14	19	53	80
Дания	1	3	3	4	6	—	—	—
Испания	1	4	4	13	20	64	129	168
Италия	19	30	48	62	99	128	279	310
Норвегия	1	7	10	14	19	18	73	105
Финляндия	—	1	1	3	3	—	—	—
Франция	27	70	55	109	213	249	413	462
ФРГ	127*	15	50	177	313	387	670	798
Швейцария	8	25	12	35	48	62	92	100
Швеция	4	13	14	30	38	44	79	98
Прочие страны Европы	1	1	1,5	2	8	9	29	29
<i>Азия</i>	22	11	28	71	199	438	1214	1 743
Индия	—	7	6	13	25	71	162	168
Япония	21	3	19	50	151	298	911	1 400
Прочие страны Азии	1	1	3	8	23	29	43	55
<i>Африка</i>	—	1	2	6	14	20	49	60
ЮАР	—	0,5	1,2	5	11	20	49	60
Прочие страны Африки	—	0,5	0,8	1	3	—	—	—
<i>Америка</i>	127	623	905	1695	1715	3129	3879	5 138
Бразилия	—	4	7	8	33	52	84	122
Канада	6	46	59	83	110	169	220	280
Мексика	—	2	3	8	11	20	36	40
США	119	564	823	1528	1541	2852	3488	4 636
Прочие страны Америки	2	7	13	14	20	36	51	60
<i>Австралия и Океания</i>	0,5	5	6	17	39	76	139	128
Австралия	0,5	5	6	17	39	76	139	128

* Вся Германия.

** Оценка.

избытка стало не хватать алюминия, в связи с этим стали повышаться цены на этот металл.

Перед второй мировой войной (1937 г.) в капиталистических странах потребление первичного алюминия составляло 387 тыс. т, в годы войны потребление его в связи с нуждами военной промышленности возросло более чем в 4 раза, и достигло в 1943 г. 1390 тыс. т. К концу второй мировой войны (1945 г.) потребление алюминия резко сократилось до 817 тыс. т. В послевоенные годы мировое потребление алюминия в капиталистических странах стало быстро возрастать и составило (в тыс. т): 1950 г.—1336; 1960 г.—3206; 1970 г.—7786; 1973 г.—10 330, превысив довоенный уровень в 25 раз. Среднегодовой рост потребления алюминия в капиталистических странах составляет около 10%, однако в различных странах рост его потребления происходит неравномерно. Основными потребителями алюминия являются США, ФРГ, Великобритания, Франция и Япония, на них приходится более 80% алюминия, потребляемого странами капиталистического мира (табл. 12).

Наряду с ростом объема изменялась и структура потребления алюминия. Во время второй мировой войны военная промышленность потребляла 90% алюминия, а в 1952 г. для этой цели потреблялось всего около 30% алюминия, однако в последующие годы в связи с гонкой вооружений в капиталистических странах, прежде всего в США, удельный вес потребления алюминия военной промышленностью увеличился. До сих пор алюминий остается важнейшим стратегическим сырьем, большая доля его используется авиационной промышленностью. Однако в последнее время структура потребления его значительно изменилась. Значительно возросло потребление алюминия на транспорте, в строительстве, электротехнике, машиностроении, производстве предметов домашнего обихода и в других отрас-

Таблица 13

Потребление алюминия (в %) в странах — основных потребителях

Отрасль промышленности	США	Франция	ФРГ	Япония
Транспорт	23,1—25,8	37,5	28	21,7
Строительство	21,6—22,4	8,3	11,4	14,5
Электротехника	14,4—14,6	11,7	16	12,9
Машиностроение	7,2	8,3	11,4	6,7
Домашняя посуда и другие предметы домашнего обихода	8,8—10,1	8,9	3,3	18,2
Упаковка и контейнеры	8,1—8,7	8,7	9,7	2,4
Черная металлургия	2,4	3,6	4,5	4,2
Химическая промышленность	0,8	1,9	3,1	2,7
Алюминиевый порошок	1,3	2,6	1,2	0,2
Экспорт	6,5	—	—	—
Прочие	9,0	—	—	—

лях промышленности. Распределение потребления алюминия по различным отраслям промышленности в промышленно развитых капиталистических странах, потребляющих около 75% алюминия, по данным С. И. Кузнецова и В. А. Деревянкина (Комплексное использование... , 1972), приведено в табл. 13.

В некоторых наиболее промышленно развитых капиталистических странах используется вторичный алюминий, который извлекают из скрапа. Во всех капиталистических странах в 1950 г. было выплавлено 430 тыс. т вторичного алюминия; 1960 г.— 752 тыс. т; 1970 г.— 2320 тыс. т. На долю США, ФРГ, Великобритании, Японии, Италии и Франции приходится свыше 90% производства и потребления вторичного алюминия.

Наиболее крупным потребителем алюминия являются США,

Таблица 14

**Прогнозы потребления алюминия в США по отраслям (в млн. т)
по данным Г. Г. Лансберга, Л. Л. Фишмана, Дж. Л. Фишера (1965)**

Отрасль потребления	1950	1955	1960	Прогнозный уровень потребления	1980	1990	2000
Строительство зданий и сооружений	0,22	0,43	0,58	Минимальный	0,95	1,16	1,59
				Средний	1,60	2,49	4,25
				Максимальный	3,00	5,66	12,61
Строительство электростанций	0,07	0,08	0,09	Минимальный	0,04	0,02	0,01
				Средний	0,16	0,22	0,32
				Максимальный	0,44	0,72	1,17
Выпуск потребительских товаров длительного пользования (исключая легковые автомобили)	0,24	0,21	0,19	Минимальный	0,43	0,65	0,98
				Средний	0,51	0,84	1,41
				Максимальный	0,57	0,99	1,80
Выпуск производственных товаров длительного пользования (исключая транспортные средства)	0,17	0,20	0,18	Минимальный	0,34	0,41	0,50
				Средний	0,55	0,84	1,32
				Максимальный	0,73	1,27	2,33
Производство тары и упаковочных средств	0,06	0,06	0,16	Минимальный	0,42	0,52	0,60
				Средний	0,70	0,97	1,22
				Максимальный	0,99	1,61	2,28
Транспорт	0,12	0,31	0,26	Минимальный	1,23	1,95	2,92
				Средний	2,04	3,71	6,07
				Максимальный	4,21	6,68	10,57
Производство военной техники и пр.	0,03	0,14	0,10	Минимальный	0,02	0,03	0,03
				Средний	0,09	0,11	0,13
				Максимальный	0,15	0,22	0,30
Потребление по всем категориям потребителей	0,91	1,43	1,56	Минимальный	3,43	4,74	6,63
				Средний	5,65	9,18	14,72
				Максимальный	10,09	17,15	31,06

которые потребляют около 55% всего алюминия, производимого в капиталистическом мире. В 1937 г. они потребляли 119 тыс. т алюминия, во время войны его потребление увеличилось в 6,7 раза и достигло в 1943 г. 796 тыс. т. В послевоенные годы рост потребления алюминия в США несколько снизился, а затем стал возрастать и достиг в 1973 г. 4636 тыс. т. В США в последние годы меняется структура потребления алюминия: увеличился удельный вес потребления алюминия в строительстве, транспортном машиностроении, электронике, производстве предметов народного потребления, при изготовлении тары и упаковки, сократился удельный вес потребления алюминия в химической промышленности и других отраслях за счет использования других материалов.

По мнению Г. Г. Лансберга, Л. Л. Фишмана и Дж. Л. Фишера (1965), потребность в алюминии в США будет возрастать и составит в 1980 г. 5,5 млн. т; 2000 г.— 14,7 млн. т. При этом основная часть алюминия будет использоваться в транспортном машиностроении, при строительстве и сооружении электростанций и производств товаров народного потребления длительного пользования (табл. 14).

Потребление алюминия на одного жителя постоянно возрастает, в различных странах оно неодинаково. В США за 20 лет оно выросло почти в 3 раза, ФРГ — в 4 раза, Бельгии — более чем в 3 раза, во Франции — в 3 раза и т. д. (табл. 15).

Таблица 15

Потребление алюминия (кг в год) в различных странах на одного жителя

Страны	1950	1960	1966	1969
США	6,9	10,3	16,6	22,5
Бельгия	—	—	15,1	11,6
Швейцария	3,1	9,8	10,8	—
Канада	—	—	9,0	15,0
ФРГ	1,9	7,7	7,3	13,8
Норвегия	—	—	6,9	11,7
Швеция	—	—	6,8	13,1
Великобритания	5,6	9,3	6,6	10,5
Австрия	—	—	6,3	—
Франция	1,7	4,9	6,0	8,8
Италия	1,3	2,7	3,3	—
Япония	—	—	3,2	7,9
Индия	—	—	0,18	—

3. Мировое потребление и добыча бокситов

Ученые предсказывают, что в будущем мир, по-видимому, столкнется с истощением минеральных ресурсов и нехваткой

многих видов минерального сырья, имеющих важное промышленное значение. В связи с этим рекомендуется принять самые энергичные меры с целью бережного расходования сырьевых ресурсов.

В связи с техническим прогрессом мировая алюминиевая промышленность в послевоенные годы развивается исключительно высокими темпами. Добыча бокситов в капиталистических и развивающихся странах превысила довоенный уровень в 22 раза и увеличилась с 2,8 млн. т в 1937 г. до 60 млн. т в 1973 г.

Можно предположить, что и в ближайшем будущем потребление и добыча бокситов будет развиваться достаточно высокими темпами, устойчивость этих тенденций сохранится и в дальнейшем.

Впервые бокситы стали разрабатываться во Франции в 1879 г. В 1885 г. из бокситов было получено около 50 т алюминия. В конце девятнадцатого и начале двадцатого веков добыча бокситов стала ускоренно увеличиваться и достигла в 1913 г. 500 тыс. т. В это время бокситы добывались в пяти странах (в скобках указана добыча бокситов в тыс. т): Франции (309), США (214), Италии (7), Британской Гвиане (1,2) и Индии (1). Первая мировая война привела к тому, что добыча бокситов резко сократилась. Сразу же после войны и в 1921 г. добыча снизилась до 334 тыс. т, в 1923 г. было добыто около 1 млн. т, в 1929 г.—2 млн. т. Перед второй мировой войной бокситы добывались в 12 странах. В 1937 г. было добыто 2,67 млн. т бокситов (табл. 16).

Во время второй мировой войны добыча бокситов резко возросла и достигла в 1943 г. 12,5 млн. т. Особенно резкий рост добычи бокситов был в США, где он достиг уровня 7,1 млн. т. После второй мировой войны наблюдается резкое падение добычи бокситовых руд, поскольку экономика стран приспособилась к мирным условиям, и потребление алюминия резко сократилось. Добыча бокситов в 1945 г. в капиталистических странах сократилась до уровня 3,2 млн. т, в том числе в США — 1 млн. т; Суринаме — 0,75 млн. т; Гайане — 0,68; Франции — 0,24 млн. т.

После того, как мировая промышленность вышла из кризиса, добыча бокситов стала резко увеличиваться и достигла в 1951 г. 11 млн. т и с тех пор резко и неуклонно возрастает. В 1955 г. годовая добыча бокситов превысила довоенный уровень в 5 раз, 1960 г.— в 8 раз, 1970 г.— в 14,5 раза, 1973 г.— в 18 раз. В настоящее время бокситы добываются в 23 странах.

Добыча бокситов в капиталистических и развивающихся странах с 1901 по 1973 г. увеличилась в 570 раз, а по сравнению с довоенным периодом (1937 г.) увеличилась в 22 раза. За эти годы добыто около 700 млн. т бокситовых руд, в том числе по десятилетиям (в млн. т): 1901—1910 гг.—2; 1911—1920 гг.—

5,6; 1921—1930 гг.—12,2; 1931—1940 гг.—17,7; 1941—1950 гг.—62,7; 1951—1960 гг.—144,2; 1961—1970 гг.—319. Таким образом, добыча бокситов за каждые 10 лет увеличивается примерно в 2 раза. За 10 лет (с 1964 по 1973 г.) суммарная добыча бокситов достигла 415 млн. т. По расчетам зарубежных специалистов и в дальнейшем добыча бокситов будет возрастать такими

Таблица 16

Динамика добычи бокситов в капиталистических и развивающихся странах (в тыс. т) 1937, 1945—1960 гг. по данным В. И. Огородной, Н. С. Сазыкина (1971), 1965—1972 гг.—И. А. Окороченкова (1974)

Континенты и страны	1937	1943	1945	1950	1955	1960	1965	1970	1972	1973 **
Всего:	2674	12 495	3201	6817	13 631	21 503	28 895	48 772	57 000	60 750
в том числе:										
<i>Европа</i>	1233	1 377	320	1055	2 350	3 300	4 190	5 576	6 063	6 250
Австрия	—	—	9	1	19	26	—	—	—	—
Великобритания	—	108	38	—	—	—	—	—	—	—
Греция	137	25	—	77	500	884	1 274	2 292	2 700	2 950
Испания	—	24	5	12	6	3	4	5	6	7
Италия	387	292	25	153	327	316	244	225	97	50
Франция	691	916	243	808	1 494	2 067	2 664	3 051	3 258	3 250
ФРГ	18 *	12 *	—	4	4	4	4	3	2	1
<i>Азия</i>	233	843	280	596	573	1 531	2 261	3 752	4 411	4 100
Индия	15	25	14	65	82	387	706	1 333	1 659	1 200
Индонезия	199	650	164	531	264	396	688	1 229	1 276	1 400
Малайзия	19	168	102	—	226	748	857	1 139	1 076	1 150
Турция	—	—	—	—	—	—	10	51	400	350
<i>Африка</i>	—	166	153	135	614	1 611	2 134	3 285	3 636	4 000
Гана	—	163	149	117	118	228	319	337	335	300
Гвинея	—	—	—	14	493	1 378	1 600	2 490	2 600	3 000
Мозамбик	—	3	4	4	3	5	6	7	5	6
Сьерра-Леоне	—	—	—	—	—	—	207	449	694	700
Родезия	—	—	—	—	—	—	2	2	2	—
<i>Америка</i>	1200	10 002	2444	5088	10 086	14 990	19 124	26 903	28 463	28 600
Бразилия	9	93	20	19	45	121	188	500	324	600
Ганти	—	—	—	—	—	347	383	657	783	800
Гайана	367	1 919	680	1668	2 474	2 511	2 919	4 417	3 668	3 550
Доминиканская Республика	—	—	—	—	—	689	942	1 086	1 200	1 150
Суринам	392	1 655	747	2045	3 062	3 455	4 360	6 022	7 777	7 000
США	432	6 332	997	1356	1 817	2 030	1 681	2 115	1 927	1 900
Ямайка	—	3	—	—	2 688	5 837	8 651	12 106	12 784	13 600
<i>Австралия и Океания</i>	8	107	4	4	8	70	1 186	9 256	14 433	17 800
Австралия	8	3	4	4	8	70	1 186	9 256	14 433	17 800
Остров Палау	—	104	—	—	—	—	—	—	—	—

* Вся Германия.

** Оценка.

же темпами. В 1980 г. добыча бокситов достигнет примерно 80 млн. т, 1990 г.—160 млн. т и 2000 г.—321 млн. т. За эти годы бокситов будет добыто почти в 8 раз больше, чем за предыдущие 70 лет. Согласно расчетам за 1971—1980 гг. будет добыто около 600 млн. т, 1981—1990 гг.—1200 млн. т, 1991—2000 гг.—2400 млн. т бокситов.

Суммарная ценность добытых за 73 года (с 1901 по 1973 г.) бокситов в пересчете на действующие в последнее время в капиталистических и развивающихся странах цены (около 10 долл. за 1 т) составляет около 7 млрд. долл., при этом ценность, как и добыча, быстро возрастает. Согласно расчетам ценность добываемого бокситового сырья с 1975 по 2000 г., т. е. за 25 будущих лет, будет составлять в капиталистических и развивающихся странах около 45 млрд. долл. Ценность добытого боксита в 2000 г. достигнет 3200 млн. долл., т. е. увеличится по сравнению с 1970 г. в 6,4 раза.

Быстрыми темпами растет производство алюминия, а следовательно, и добыча бокситов в некоторых социалистических странах и прежде всего в СССР, где рост выплавки алюминия значительно опережает развитие производства других металлов.

В последние годы значительно расширилась география добычи бокситов за счет интенсивного строительства крупных горнодобывающих предприятий в Австралии и странах Африки, а также Центральной и Южной Америке. В этих странах бокситы добываются в основном открытым высокомеханизированным способом. На некоторых рудниках организовано простое обогащение бокситов с целью удаления свободного кремнезема (песчаных частиц) и окислов железа путем грохочения измелченной руды и ее промывки на различных устройствах. Кроме того, в некоторых случаях бокситы подвергаются сильному обжигу с целью удаления не только влаги, но и связанной кристаллизационной воды.

VII. ПЕРСПЕКТИВЫ ОБЕСПЕЧЕННОСТИ АЛЮМИНИЕВОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ БОКСИТОВЫМ СЫРЬЕМ

Для удовлетворения всевозрастающей потребности алюминиевой промышленности за весь период добычи из недр извлечено около 1 млрд. т бокситов, запасы которых являются ограниченными и не возобновляются. Добыча бокситов в ближайшем будущем будет осуществляться еще более быстрыми темпами. В связи с этим вопрос о том, на сколько хватит бокситового сырья, имеет большое значение. В странах с небольшими запасами или не имеющих месторождений бокситов обеспечение алюминиевой промышленности собственным сырьем является вопросом первостепенной важности не только экономическим, но и социальным, политическим.

Анализ состояния и перспектив развития мировой сырьевой базы бокситов не дает основания для пессимистических заключений. Алюминиевая промышленность принадлежит к числу ведущих отраслей цветной металлургии. В отличие от других отраслей она является наиболее обеспеченной сырьевыми ресурсами, так как помимо больших запасов бокситов (примерно 15 млрд. т) в мире имеются крупные запасы других видов алюминиевого сырья (нефелиновых и алунитовых руд, высокоглиноземистых глин, сланцев и др.), которые в настоящее время разрабатываются в ограниченном количестве или вообще не используются.

Кроме того, в связи с быстрыми темпами развития горнодобывающей промышленности увеличению промышленных запасов бокситового сырья способствует вовлечение в промышленное использование бедных бокситовых руд, залегающих на больших, ранее недоступных глубинах. Новые месторождения с крупными промышленными запасами бокситов могут быть выявлены в новых слабо изученных, еще малодоступных для промышленного освоения районах Южной Америки, Африки, Австралии, а также во многих регионах Советского Союза.

В последние десятилетия в результате геологических исследований, установления закономерностей размещения бокситовых месторождений, широких поисковых и геологоразведочных работ, а также применения геофизических и других методов поисков в мировой сырьевой базе бокситов и темпах роста разведанных запасов бокситовых руд произошли существенные изменения. Разведанные запасы бокситов с 1955 по 1973 г. увеличились в 9 раз, т. е. возросли с 1,7 до 15 млрд. т за счет выявления крупнейших в мире месторождений в странах Африки, Австралии и Южной Америки. Эти месторождения обеспечили надежный рост добычи бокситов не только в текущем столетии, но и в начале будущего столетия.

В последние годы во многих странах мира поисковые и геологоразведочные работы на бокситы приобрели очень большое значение. В СССР в последние годы резко усилены геологоразведочные и научно-исследовательские работы на бокситы во всех перспективных районах страны и по всему стратиграфическому разрезу. При этом основное внимание было обращено на выявление новых крупных месторождений высокосортных бокситов в районах Северного и Южного Урала, Северного Казахстана, Тиманского кряжа, Воронежской синеклизы, Западной и Восточной Сибири, Средней Азии, Украины, Кавказа и в новых малоисследованных регионах.

В дальнейшем в СССР для обеспечения всевозрастающей добычи бокситов геологоразведочные работы должны быть направлены на выявление латеритных и переотложенных геосинклинальных и платформенных месторождений, обладающих крупными размерами и высоким качеством бокситовых руд.

1. Перспективы обеспеченности мировой промышленности сырьевыми ресурсами алюминиевых руд

В зарубежных странах общие суммарные запасы бокситов выявленных бокситоносных провинций и месторождений превышают текущую потребность в бокситах в 250 раз. Однако запасы бокситов в мире распределены неравномерно. Большинство высокоразвитых капиталистических стран — США, Канада, ФРГ, Великобритания, Япония и др. — лишены или почти лишены запасов бокситов, являются потребителями бокситового сырья. Странами — экспортерами бокситов являются Ямайка, Суринам, Гайана, Гвинея, Австралия и др., в пределах которых сосредоточены крупнейшие в мире месторождения высокосортных бокситовых руд.

Советский Союз и некоторые социалистические страны обладают собственной сырьевой базой алюминиевой промышленности. Однако на территории СССР сырьевые ресурсы бокситов распределены неравномерно и удалены от мощных источников производства электроэнергии, что вызывает дополнительные расходы на транспортировку глинозема к месту его переработки. Кроме того, месторождения бокситов иногда обладают относительно сложными горнотехническими условиями из-за значительной глубины залегания, обводненности вмещающих пород и бокситовых горизонтов, а также часто имеют относительно низкое качество бокситовых руд (Кирпаль, Теняков, 1974). В связи с этим дальнейшие геологоразведочные работы на бокситы в СССР должны быть направлены на выявление и подготовку для промышленного освоения наиболее рентабельных в экономическом отношении крупных месторождений высокосортных бокситов с благоприятным географическим размещением и простыми горнотехническими условиями разработки.

В капиталистических странах контроль над сырьевыми источниками, добычей и переработкой бокситов в большинстве случаев осуществляют монополии США, Великобритании и Франции.

В настоящее время в алюминиевой промышленности действует шесть наиболее крупных компаний, в том числе две принадлежат США: «Алюминий компани оф Америка» (АЛКОА) и «Кайзер алюминий энд кемикл корпорейшн»; Франции — тоже две: «Пешинэ» и «Южин»; Великобритании — одна: «Бритиш алюминий компани» и Канаде — тоже одна: «Алюминий компани оф Кэнеда» (АЛКАН), капитал которой контролируется США. Около 80% получаемого в капиталистических странах алюминия приходится на долю этих шести компаний.

Увеличение производства первичного алюминия в промышленно развитых капиталистических странах предполагается обеспечить в будущем за счет импорта бокситов по долгосрочным контрактам с участием крупных алюминиевых монополий

в разработке бокситовых месторождений в развивающихся и капиталистических странах.

Однако страны, обладающие крупными запасами бокситов, в целях защиты своих интересов от влияния крупных международных алюминиевых монополий в марте 1974 г. в г. Конакри (Гвинея) провели конференцию и создали Международную ассоциацию бокситодобывающих стран (МАБС) с центром в г. Кингстоне (Ямайка). В состав ассоциации вошли семь стран: Австралия, Гвинея, Ямайка, Суринам, Гайана, Сьерра-Леоне и Югославия. Главными целями ассоциации являются обеспечение более рационального использования месторождений бокситов, отчисление справедливой доли дохода в пользу добывающих стран, ограничение влияния международных компаний в бокситодобывающих государствах. Ассоциация будет содействовать созданию собственной алюминиевой промышленности в странах — членах этой организации.

Приведенные в опубликованных работах запасы бокситов, по-видимому, являются заниженными. Так, например, запасы месторождения Боке в Гвинеи, по данным официальных источников, составляют 1 млрд. т, а в действительности запасы бокситовых руд по этому месторождению с содержанием глинозема более 40% (в среднем около 48%) оцениваются в 13 млрд. т, а с содержанием глинозема более 35% (в среднем около 43%) — около 20 млрд. т.

Кроме того, в ряде стран учитываются только эксплуатируемые или подготовленные к эксплуатации месторождения и только те, которые при современных ценах на бокситы и глинозем дают надежную прибыль. К тому же, в погоне за прибылью иногда предъявляются высокие требования к качеству бокситов и горнотехническим условиям разработки. Вероятно, поэтому учетные по некоторым странам Африки, Азии, Австралии и Южной Америки запасы бокситов относятся преимущественно к разведанным, а общие и перспективные запасы в целом являются заниженными в полтора-два раза. Кроме того, в зарубежных странах низкокачественные железистые бокситы пока не привлекли внимания алюминиевой промышленности, а следовательно, и геологических организаций. Однако в некоторых странах известны крупные области распространения таких бокситов.

В областях развития латеритных покровов могут быть выявлены крупные запасы аналогичных руд. В перспективе они могут использоваться в алюминиевой промышленности. В связи с этим общие запасы руд могут быть намного увеличены.

Общие запасы бокситов капиталистических и развивающихся стран на начало 1974 г. оцениваются в 15 млрд. т, а достоверные и вероятные — 3,8 млрд. т.

Учитывая всевозрастающее увеличение запасов бокситов, а также предположение, что каждое десятилетие добыча бокситов удваивается, меньшая часть этих запасов (около 5 млрд. т)

будет погашена в недрах к 2000 г., и для следующего века сохраняются значительные ресурсы бокситового сырья на ныне известных месторождениях. Кроме того, необходимо учитывать значительные перспективы по увеличению запасов за счет выявления и разведки новых месторождений бокситов и увеличения запасов на известных месторождениях за счет снижения требований к качеству бокситовых руд. Новые промышленные месторождения могут быть выявлены в отдельных неосвоенных районах Африки, Южной Америки, Австралии и в других регионах мира вдали от морских и речных водных путей и железных дорог.

До последнего времени в СССР и других странах мира бокситы служат и еще долго будут оставаться главным сырьем алюминиевой промышленности. Однако в последние годы во многих странах мира, прежде всего в США, ведутся интенсивные технологические исследования с целью разработки рентабельных технологических способов получения алюминия в промышленных масштабах из местного небокситового алюминиевого сырья: высокоглиноземистых сланцев, каолиновых глин, высокоглиноземистых изверженных пород, сапролитов, алюмофосфатных пород, давсонитов и т. д. Успешно закончились исследования по получению алюминия в промышленном масштабе из глин без промежуточного продукта (глинозема) — способ Тота (Оновом..., 1973).

В последние годы в нашей стране промышленностью освоен способ производства глинозема из нефелиновых и алунитовых руд. Перспективным является способ получения алюминия и его сплавов из высокоглиноземистых пород (кианитов, силлиманитов, каолинов и др.) электротермическим путем, минуя стадию глиноземного производства.

В 1949 г. в Советском Союзе впервые в мировой практике в промышленном масштабе освоено производство глинозема из кольских нефелиновых концентратов. В ближайшее время производство глинозема из нефелиновых концентратов будет значительно расширено.

В Красноярском крае на базе разведанных запасов высококачественных нефелиновых руд (уртитов) Кия-Шалтырского месторождения построен Ачинский глиноземный завод. В ближайшие годы намечается промышленное освоение Горячегогорского месторождения нефелиновых руд. На базе Тежсарского месторождения нефелиновых пород в Армении построен Розданский горно-химический комбинат.

Алунитовые руды Заглинского месторождения в крупных промышленных масштабах используются для производства глинозема в Азербайджанской ССР. Укрупненные технико-экономические расчеты показали возможность использования в промышленных масштабах алунитовых руд Беганьского и Искинского месторождений.

Советскими специалистами разработан электротермический способ получения алюминия и его сплавов из высокоглиноземистых пород — кианитовых (дистеновых), силлиманитовых и андалузитовых кристаллических сланцев. Эти породы известны во многих районах СССР. Запасы кианитовых сланцев разведаны на Кольском полуострове, где они могут разрабатываться открытым способом. Месторождения силлиманитовых сланцев имеются в Иркутской области, Бурятской АССР и других районах.

Большим потенциальным источником для получения алюминия в промышленных масштабах являются каолиновые и высокоглиноземистые глины (аллиты). В СССР каолины и высокоглиноземистые глины распространены довольно широко, на многих месторождениях они часто сопутствуют бокситам. Однако они пока не используются для переработки на глинозем.

В последнее время во многих районах нашей страны (в Белоруссии, Кузбассе, Закарпатье и др.) обнаружены породы, содержащие значительное количество (в среднем 15—30%) давсонита, которые могут явиться новым видом минерального сырья для получения алюминия.

Большое внимание небокситовому сырью уделяется в Польше. Технологические исследования, произведенные на опытном заводе, показали, что в промышленных масштабах для получения глинозема из небокситового сырья возможно применение кислотного метода. При этом сырьевым источником могут служить огнеупорные каолиновые глины, содержащие около 25% глинозема и 3% окиси железа. Было доказано, что в условиях Польши производство глинозема из глины должно стоить дешевле, чем производство глинозема из привозного боксита. По данным польских исследователей, в странах, не имеющих своих месторождений бокситов, а имеющих месторождения высококачественных глин, кислотный метод может с успехом конкурировать со способом Байера.

В капиталистических странах основным видом алюминиевого сырья являются бокситы. Однако некоторые из них не имеют крупных месторождений и завозят бокситы из других, в основном развивающихся, стран. В связи с этим в условиях резкого расширения потребления алюминия в странах, не имеющих месторождений бокситов, все больше внимания уделяется использованию небокситового алюминиевого сырья: широко распространенных высокоглиноземистых пород. В качестве потенциальных источников алюминиевого сырья прежде всего рассматриваются нефелиновые сиениты, алуниты, силлиманитовые, дистеновые, глинистые и другие сланцы, высокоглиноземистые глины, давсонит, сапролиты, алюмофосфатные, метаморфические и высокоглиноземистые изверженные породы (анортозит, лейцитовые и другие породы).

По мнению американских специалистов, в связи с успехами

технологических исследований и ростом потребления алюминия в сферу промышленного производства в будущем может быть вовлечено около 8% алюмосиликатных пород земной коры.

Особенно большое внимание к этим видам небокситового сырья было привлечено во время второй мировой войны. В странах, которые не имели своих месторождений бокситов и были лишены возможности ввозить бокситовые руды для получения алюминия, использовали различные типы высокоглиноземистых пород. В США действовали четыре опытных завода для получения глинозема из анортозитов, каолиновых глин, алунитов и высокоглиноземистых глин. В ФРГ глинозем извлекали из глин, в Швеции — из андалузита, в Японии — из алунита, высокоглиноземистых глин и сланцев, в Норвегии — из лабрадоритов, в Италии — из лейцита (при получении поташа). При этом стоимость глинозема иногда была в несколько раз выше, чем при получении его из бокситов. После окончания второй мировой войны получение алюминия из небокситового сырья было прекращено из-за высокой стоимости получаемого из них глинозема.

Однако в последние годы рост потребления алюминия, а также экономические и политические соображения вновь вызвали интерес к возможности использования небокситового алюминиевого сырья, особенно в высокоразвитых странах, не имеющих собственных месторождений бокситовых руд. Кроме того, в последнее время достигнуты значительные успехи в области совершенствования технологии переработки сырья, что позволяет успешно использовать в ряде случаев некоторые виды небокситового сырья для получения глинозема и алюминия. С целью получения алюминия из высокоглиноземистых глин в 1972 г. в США Тотом была разработана принципиально новая технологическая схема получения металлического алюминия, минуя стадию глиноземного производства. При процессе Тота глина хлорируется, и затем алюминий отделяется от хлора химическим, а не электролитическим путем. Основой процесса является химическая реакция между треххлористым соединением алюминия и марганцем.

Особенно крупные работы по промышленному использованию небокситового алюминиевого сырья ведутся в США, где имеются значительные запасы этих видов сырья. Весьма перспективными для получения глинозема являются месторождения алунитов в штате Юта, алюмофосфатных пород во Флориде, давсонита в Колорадо, высокоглиноземистых глин в Пенсильвании. Кроме того, на территории США широко развиты высокоглиноземистые сланцы, нефелиновые сиениты и анортозиты (Patterson, Dyni, 1973).

На алунитовом месторождении Седар-Сити, штат Юта, в 680 млн. т породы содержится около 100 млн. т глинозема. На

базе этого месторождения планируется строительство опытной установки по производству глинозема.

Предполагается строительство опытной установки мощностью 5 т глинозема в сутки на базе каолиновых месторождений Джорджии. При этом стоимость глинозема согласно расчетам должна составлять 54 долл/т, в то время как при получении глинозема из бокситов она равна 50 долл/т.

Компания АЛКОА на базе месторождения анортозитов в Лорами, штат Вайоминг, разрабатывает эффективную технологию получения глинозема. Предварительно разведанные запасы этого месторождения составляют 5,8 млрд. т при содержании глинозема в среднем 28%, а потенциальные запасы анортозитов 9,6 млрд. т.

Потенциальным источником для получения глинозема может служить зола. При сжигании угля в США ежегодно образуется около 50 млн. т золы, содержащей 8—40% глинозема.

В Мексике (в Саламанке) действует опытная установка по производству глинозема и комплексных удобрений. Сырьем служат алунитовые руды штата Гуанахуато, в которых содержится около 16% глинозема и 3,8% окиси калия. Намечаемое к строительству предприятие ежедневно будет перерабатывать 50—100 т алунитовой руды, что даст 15 т глинозема.

В Канаде повысился интерес к использованию нефелиновых сиенитов для получения алюминия, широко развитых в Онтарио и Британской Колумбии.

2. Состояние и перспективы расширения сырьевой базы бокситов СССР

Предусмотренное развитие алюминиевой промышленности СССР обеспечено в достаточном количестве разведанными запасами бокситов и других видов алюминиевого сырья. Однако качество бокситов до последнего времени оставалось низким. Только в последние годы выявлены месторождения с повышенным качеством бокситов и благоприятными горнотехническими условиями на Среднем Тимане и с менее благоприятными условиями из-за большой глубины залегания бокситового горизонта в Белгородском бокситоносном районе КМА.

Дальнейшие геологоразведочные работы должны быть направлены на расширение и качественное улучшение сырьевой базы алюминиевой промышленности прежде всего за счет выявления крупных месторождений высокосортных бокситов.

Наиболее важные бокситоносные районы и месторождения бокситов СССР расположены на Русской платформе, Урале, в Северном Казахстане, юго-восточной части Западной Сибири и Центральной Сибири.

Бокситоносные районы Русской платформы. В пределах Русской платформы сосредоточены следующие

бокситоносные районы: Тихвинский, Северо-Онежский, Средне-Тиманский, Южно-Тиманский, Белгородский и Высокопольский. Степень изученности, разведанности и перспективы этих бокситоносных районов неодинаковы.

Месторождения *Тихвинского бокситоносного района* приурочены к полосе нижнекаменноугольных отложений северо-западного крыла Московской синеклизы, вытянутой в меридиональном направлении на 260 км. В пределах района известно 31 месторождение. В эксплуатации находится пять месторождений: Синенское, Подсосненское, Пуповское, Запольское и Семищенское. Готовятся к эксплуатации два месторождения: Каменно-ручейское и Котовское.

Качество бокситов характеризуется следующими содержаниями основных компонентов (в %): глинозема 45,9, кремнезема 13,2, окислов железа 16,8, окиси кальция 3,3; кремневый модуль 3,5. Поисковые и геологоразведочные работы в этом районе не проводятся в связи с весьма ограниченными перспективами обнаружения новых месторождений.

Северо-Онежский бокситоносный район приурочен к восточному склону Главной гряды Ветренного пояса Балтийского щита. На территории района расположены три месторождения: Иксинское, Плесецкое и Дениславское. Степень изученности и промышленная значимость этих месторождений неодинаковы. На Беловодской залежи Иксинского месторождения в настоящее время строится бокситовый рудник.

Бокситовые залежи располагаются в депрессиях погребенного древнего рельефа и приурочены к основанию нижнекаменноугольных бокситоносных отложений, залегающих на девонских или протерозойских породах. Суммарная мощность бокситоносных осадков 45 м. Качество североонежских бокситов невысокое.

Северо-Онежский район, главным образом его северная часть, и прилегающие к нему территории являются перспективными для выявления новых месторождений бокситов. Особенно это возможно в пределах восточного склона Балтийского щита на участках: Северо-Онежском, Восточно-Прионежском, Нижне-Онегорецком, Шардозерском, Онежский грабен, Онего-Двинском и др., а также между Северо-Онежским и Тихвинским бокситоносными районами.

В пределах *Южно-Тиманского бокситоносного района* выявлены и предварительно разведаны два интересных месторождения бокситов — Тимшерское и Пузлинское, значительное количество более мелких месторождений и перспективных участков. Месторождения этого района образуют две группы: Тимшерскую и Верхне-Ухтинскую. Первая из них объединяет Тимшерское, Пузлинское, Эжвадорское, Черское и Вольское месторождения. Верхне-Ухтинская группа объединяет три месторождения: Верхне-Ухтинское, Лоимское и Ваповское.

Бокситовые залежи месторождений в этом районе располагаются в основании терригенной толщи яснополянского подъяруса визейского яруса и залегают на размытой поверхности нижнефранских карбонатных отложений. Глубина залегания бокситов в основном не превышает 100 м. Качество бокситов низкое, содержание глинозема 51,8%, кремнезема — 20,5%, окиси железа — 3,5%; кремневый модуль 2,5. Южно-Тиманский бокситоносный район является весьма перспективным для выявления новых месторождений бокситов, по качеству, структурному и геологическому положению аналогичных известным.

Средне-Тиманский бокситоносный район приурочен к юго-восточной части Четласской антиклинальной структуры. В его пределах в последние годы выявлены и в настоящее время разведываются три важных месторождения бокситов: Вежаю-Ворыквинское, Верхне-Ворыквинское и Верхне-Шугорское. Бокситы имеют верхнедевонский возраст и располагаются на карбонатно-сланцевых породах верхнего рифея. Большая часть бокситовых руд пригодна для открытой добычи и переработки высокоэффективным способом Байера. Бокситы характеризуются сравнительно высоким качеством.

Территория Средне-Тиманского района является весьма перспективной. В ее пределах и прежде всего к востоку и северу от Вежаю-Ворыквинского месторождения могут быть выявлены новые месторождения с повышенным качеством бокситовых руд.

В *Белгородском бокситоносном районе КМА* выявлены и в настоящее время разведываются два важных месторождения: Висловское и Белгородское, а также большое количество мелких месторождений, рудопроявлений и бокситоперспективных участков. Все они прилегают к горизонтам высококачественных железных руд.

Месторождения бокситов в преобладающем большинстве являются латеритными (остаточными), в небольшом количестве встречаются осадочные. Залежи латеритных бокситов приурочены к верхней части латеритной коры выветривания филлитовидных сланцев курской серии протерозоя. Бокситы имеют визейский возраст, залегают на глубине 550—700 м под нижнекаменноугольными отложениями визейского яруса в виде линейно-вытянутых лентообразных залежей. Осадочные бокситы тесно связаны с латеритными. Они образуют маломощные линзы, залегающие на латеритных бокситах или вблизи них, качество их, как правило, низкое.

Белгородский район является весьма перспективным для выявления новых месторождений, особенно его юго-восточная часть в пределах участков: Соловьевского, Мелиховского, Щебекинского, Разумовского и др.

Высокопольский бокситоносный район приурочен к южному склону Украинского щита. В его пределах расположены

Высокопольское, Южно-Николаевское и другие месторождения. Бокситовые залежи линзообразной формы залегают почти горизонтально в верхней части латеритной коры выветривания основных пород докембрия и перекрываются песчано-глинистыми отложениями бучакского яруса. Среднее содержание основных компонентов в бокситах (в %): глинозема 38,2, кремнезема 8,3, окиси железа 32,6—39,9; кремневый модуль 4,6. Перспективы района для выявления новых месторождений бокситов являются весьма ограниченными.

Бокситоносные районы Урала. Урал является одной из важнейших бокситоносных провинций СССР. В его пределах сосредоточены преимущественно высококачественные бокситы месторождений геосинклинального типа в следующих бокситоносных районах: Северо-Уральском, Ивдельском, Карпинском, Туринском, Алапаевском, Южно-Уральском, Нижне-Сергинском, Щучинском, Карском и др.

Северо-Уральский бокситоносный район приурочен к восточному склону Северного Урала. В его пределах расположены следующие месторождения: Красная Шапочка, Кальинское, Ново-Кальинское, Черемуховское, Сосьвинское, Всеволодо-Благодатское и Ново-Тренькинское. Большинство месторождений эксплуатируются глубокими шахтами.

Бокситовый горизонт залегают на неровной закарстованной поверхности светло-серых рифогенных известняков силур-нижнедевонского возраста, перекрывается темно-серыми амфиפורными известняками нижнего эйфеля и с перерывами прослеживается на несколько десятков километров.

Залежи бокситов имеют пластообразную форму, прослеживаются на глубину до 2500 м и падают на восток под углом 20—30°. Бокситы месторождений Северо-Уральского района обладают высоким качеством. Перспективы выявления новых месторождений являются весьма ограниченными, однако увеличение запасов бокситов может осуществляться за счет прослеживания известного рудного пласта на глубину.

Ивдельский район является продолжением на север Северо-Уральского. Здесь выявлено и разведано более десяти сравнительно небольших месторождений. Наиболее крупными из них являются: Тошемское, Северо-Тошемское, Горностайское, Лаксийское, Краснооктябрьское, Петровское, Юртищенское и др. Бокситы приурочены к четырем недостаточно изученным стратиграфическим горизонтам, три из них — эйфельские, один — живетский. Качество бокситов сравнительно невысокое, бокситы в большинстве случаев высокосернистые. Ивдельский район является перспективным для выявления новых месторождений, особенно его северная часть и глубокие горизонты.

Карпинский район расположен к югу от Северо-Уральского и фактически является его южным флангом. Здесь выявлены и оценены Тотинское, Талицкое, Богословское и Шайтанское ме-

сторождения, которые являются мелкими. Бокситовые залежи приурочены к двум стратиграфическим горизонтам: нижнеэфельскому (субровскому) и верхнеэфельскому (богословскому). Некоторые месторождения Карпинского района эксплуатируются карьерным способом.

Южно-Уральский бокситоносный район расположен на западном склоне Урала. В пределах района известно более 20 месторождений и рудопоявлений. Наиболее известными месторождениями являются: Барсучий Лог, Соснин Лог (Первомайское), Блиново-Каменское и Кургазакское. В настоящее время эти месторождения разрабатываются шахтным способом. Бокситовые залежи пластообразной формы залегают среди верхнедевонских отложений (орловский горизонт) на глубине до 500 м. Качество бокситов сравнительно низкое, содержание глинозема 48,8%, кремнезема 9,3%, окиси кальция 4,6%; средний кремневый модуль 5,2. Перспективы выявления месторождений в этом районе ограничены.

Бокситоносные районы Казахстана. В пределах Казахстана известно семь бокситоносных районов: Западно-Тургайский, Центрально-Тургайский, Амангельдинский, Мугоджарский, Целиноградский, Экибастузский и Причимкентский. Наиболее крупными из них являются три первых района. Они расположены в пределах Тургайского прогиба и образуют Тургайскую бокситоносную провинцию. Эксплуатация месторождений осуществляется в Амангельдинском и Западно-Тургайском районах.

Западно-Тургайский бокситоносный район объединяет более 15 месторождений, наиболее важными из которых являются Краснооктябрьское, Белинское, Аятское, Восточно-Аятское и Таунсорское. Некоторые из этих месторождений разрабатываются в настоящее время.

Бокситовые залежи этих месторождений приурочены к континентальным меловым отложениям, которые выполняют карстовые депрессии и эрозионно-карстовые впадины в рельефе палеозойского фундамента. Обычно они локализируются на площади развития известняков и в зоне контакта алюмосиликатных и карбонатных пород. Залежи бокситов в плане имеют неправильную округлую или вытянутую форму.

Территория Западно-Тургайского бокситоносного района является весьма перспективной для выявления новых месторождений бокситов.

На площади *Центрально-Тургайского бокситоносного района* расположено четыре месторождения, наиболее крупным из них является Наурузумское. Месторождения бокситов района представлены крупными пластообразными и линзообразными залежами небольшой мощности. Меловые бокситоносные отложения залегают на юрских угленосных осадках, на базальтах триаса и на карбонатных отложениях нижнекаменноугольного

возраста; содержание глинозема в бокситах 43,8%, кремнезема 8,7%; кремневый модуль 4—4,8.

Амангельдинский бокситоносный район приурочен к восточному борту Тургайского прогиба, состоит из пяти месторождений: Аркалыкского, Верхне-Ашутского, Нижне-Ашутского, Северного и Уштобинского; некоторые из них эксплуатируются.

Бокситоносные отложения палеоцен-эоценового возраста выполняют узкие линейно-вытянутые впадины или залегают на склонах обширных котловинообразных эрозионно-карстовых депрессий в рельефе погребенного палеозойского дорудного фундамента, сложенного карбонатными породами и гидрослюдисто-глинистыми сланцами верхнего девона.

Месторождения бокситов представляют собой ряд разобнесенных участков, состоящих из нескольких линзообразных залежей. Среднее содержание основных компонентов в бокситах изменяется в пределах (в %): глинозема 41,1—50,3, кремнезема 8,3—16,2, окиси железа 4,5—23,8, двуокиси титана 1,5—3,7; кремневый модуль 3,5—4,8.

В пределах Целиноградского, Мугоджарского, Экибастузского и Причимкентского бокситоносных районов Казахстана расположены многочисленные мелкие месторождения карстового и линзообразного типов, которые не имеют промышленного значения.

Территория Казахстана и прежде всего площади бокситоносных районов являются весьма перспективными для обнаружения карстовых месторождений бокситов мезо-кайнозойского возраста. Кроме того, бокситовые месторождения могут быть выявлены в образованиях палеозойского фундамента в отложениях ордовикского, верхнедевонского и нижнекаменноугольного возраста.

Бокситоносные районы Сибири. В пределах Сибири известен ряд бокситоносных районов: Салаирский, Барзаский, Татарский, Приангарский, Чадобецкий, Бахтинский, Белькский, Предбайкальский и Боксонский. Наиболее значительными из них являются Чадобецкий, Татарский и Салаирский.

В *Чадобецком бокситоносном районе* расположены три бокситовых месторождения: Центральное, Пуня и Ибджибдек. Месторождения приурочены к Чадобецкому куполовидному поднятию. Бокситорудные залежи залегают в карстовых и эрозионно-карстовых депрессиях, расположенных на карбонатных породах нижнего кембрия. В районе установлены два промышленных типа бокситовых месторождений: карсто-котловинный и карстовый. К первому типу относится Центральное месторождение, ко второму — месторождения Пуня и Ибджибдек.

Содержание основных компонентов в бокситах различных месторождений колеблется (в %): глинозема 35,2—37,95, кремнезема 6,1—11,39, окиси железа до 29,0; кремневый модуль 3,3—5,7.

Татарский бокситоносный район расположен в центральной части Енисейского края, он объединяет три группы небольших месторождений: Татарскую, Мурунтаускую (Ивановскую) и Сулакшинскую, каждая из которых состоит из нескольких мелких месторождений. Промышленное значение имеет одно — Татарское месторождение, которое может быть отработано карьерным способом.

Бокситовые залежи приурочены к карстовым воронкам и эрозионно-карстовым депрессиям, которые локализуются на площадях распространения мраморизованных карбонатных пород пенченгинской свиты вблизи амфиболитов. Бокситы Татарского месторождения являются малокальциевыми и могут быть использованы в абразивной промышленности для получения электрокорунда.

В Салаирском районе разведано два бокситоносных месторождения: Обуховское и Берско-Майское. Бокситы залегают среди рифогенных известняков и перекрываются сланцевыми породами. Месторождения представлены диаспоровыми бокситами, образующими пластообразные залежи среди известняков нижнего и среднего девона. Бокситы характеризуются высокой сернистостью и иногда сильно метаморфизованы. Содержание глинозема в бокситах составляет 49,1%, кремнезема — 13,4%; кремневый модуль 3,6.

Территория Западной и Восточной Сибири является перспективной на выявление месторождений бокситов мел-палеогенового, кембрийского и верхнепротерозойского возраста (Пельтек, 1971; Сухарина, 1973). Мел-палеогеновые бокситы могут быть выявлены в районе Чадобецкого поднятия и прилегающих к нему территорий, в Предбайкальском прогибе, приенисейской части Сибирской платформы, северо-восточном склоне Тунгусской синеклизы (Прибайкалье), а также в опущенных и захороненных мел-палеогеновых структурах — блоках. Бокситовые месторождения могут быть встречены среди отложений верхнерифейского и кембрийского возраста в Восточных Саянах, Алтае-Саянской и Ангаро-Енисейской областях.

3. Сырьевые ресурсы бокситов социалистических стран

На Европейском континенте среди социалистических стран кроме СССР крупными месторождениями бокситов обладают Венгрия и Югославия, мелкие месторождения имеются на территории Румынии и Албании.

В Азии крупные месторождения бокситов расположены в Китае, а средние и мелкие встречены в Социалистической Республике Вьетнам и Корейской Народно-Демократической Республике.

В Венгрии наиболее крупные месторождения бокситов приурочены к полосе, вытянутой вдоль северо-западного берега

оз. Балатон, и располагаются в пределах Венгерских средних гор (Баконь, Вертеш).

Пластообразные и линзообразные залежи бокситов нижнемелового, верхнемелового и раннепалеогенового возраста залегают на сильнозакарстованной поверхности доломитов и известняков верхнего триаса.

Венгрия обладает крупными запасами высокосортных бокситов. Они могут быть увеличены за счет выявления новых месторождений на площадях, прилегающих к известным месторождениям, а также за счет разведки глубоких горизонтов некоторых известных месторождений.

Наиболее крупными месторождениями Венгрии являются: Сец, Ньирад, Искасентдьердь, Халимба и Гант, разработка которых осуществляется в настоящее время главным образом шахтным, а также карьерным способами.

Югославия также обладает крупными запасами высококачественных бокситовых руд. Наиболее крупные месторождения находятся в областях, прилегающих к Адриатическому морю, и расположены в Далмации, Боснии, Герцеговине и Черногории. В них сосредоточено около 90% запасов бокситов Югославии.

Залежи бокситов имеют неправильную пластообразную, линзообразную и карманообразную форму. Нижняя поверхность залежей и иногда их размеры определяются крайне неровной закарстованной поверхностью подстилающих известняков. Возраст бокситов изменяется в широких пределах: от среднего триаса до раннего неогена.

Добыча бокситов в Югославии осуществляется преимущественно карьерным и реже шахтным способами на многочисленных рудниках в Боснии и Герцеговине, Черногории, Далмации, Истрии. Запасы бокситов могут быть увеличены за счет выявления новых месторождений в известных бокситоносных районах, разведки глубоких горизонтов на некоторых известных месторождениях и понижения требований промышленности к качеству бокситовых руд.

В *Румынии* известно несколько мелких месторождений бокситов, которые приурочены к одному бокситоносному горизонту нижнемелового возраста. Бокситовые залежи располагаются на сильнозакарстованной поверхности известняков. Месторождения обычно представлены большим количеством мелких гнездообразных и линзообразных залежей, которые разобцены между собой. Число залежей на некоторых месторождениях достигает 170. Месторождения разрабатываются подземным и карьерным способами.

Небольшие месторождения бокситов известны в *Албании*. По геологической позиции они близки к месторождениям Югославии. Качество бокситов низкое, запасы незначительные. Бокситовые залежи имеют гнездообразную и карманообразную форму и приурочены к известнякам верхнего мела.

В Китае имеются крупные месторождения с кондиционными рудами, которые расположены в провинциях Юньань, Хэнань (Сичуань), Квейгнеон, Овагоу, Хоной, Шенцы, Шантунг и многих других. Месторождения в большинстве случаев изучены слабо, однако некоторые из них разведаны достаточно детально.

Месторождения бокситов относятся преимущественно к каменноугольному и нижнепермскому возрасту, приурочены к нижним частям разреза угленосных осадков. Бокситовые залежи имеют пластообразную и линзообразную форму, залегают на закарстованных известняках верхнеордовикского, девонского и каменноугольного возраста и перекрываются известняками в основном пермо-карбона, реже среднего карбона.

Месторождения разрабатываются как шахтным, так и открытым способом. В связи с тем, что бокситы КНР в большинстве случаев являются высококремнистыми, извлечение из них глинозема производится способом спекания. Имеются небольшие месторождения, которые могут перерабатываться байеровским способом.

Месторождения бокситов в *Социалистической Республике Вьетнам* расположены на территории провинций Ланшон, Каобанг, Хайзыанг и Хажанг. Месторождения представлены линзообразными и гнездообразными залежами, которые залегают на сильнозакарстованных известняках пермо-карбонového и верхнепермского возраста и перекрываются песчано-глинистыми отложениями триаса. Бокситы часто залегают в виде отдельных пластов, глыб, щебенки в карстовых воронках или на склонах поднятий. Месторождения могут разрабатываться карьерным и подземным способами и перерабатываться на глинозем преимущественно спекательным способом.

Корейская Народная Демократическая Республика обладает незначительными запасами бокситов. Месторождения небольшие, имеется множество бокситопоявлений. По геологическому строению, стратиграфической приуроченности, возрасту и минеральному составу они аналогичны месторождениям бокситов Северного Китая. В КНДР бокситы стратиграфически приурочены к верхней части свиты садон, входящей в состав серии пхеннам. Бокситы имеют верхнекаменноугольно-нижнепермский возраст. В разрезе бокситоносных отложений часто встречаются угли и угленосные сланцы. Месторождения и проявления бокситов характеризуются небольшими размерами рудных залежей, сложными условиями залегания и могут разрабатываться подземным способом, преимущественно штольнями.

4. Сырьевые ресурсы бокситов капиталистических и развивающихся стран

В капиталистических и развивающихся странах Европы, Азии, Африки, Америки и Австралии сосредоточены огромные

Таблица 17

Запасы и добыча бокситов в капиталистических и развивающихся странах
(в млн. т) (Минеральные ресурсы, 1974)

Континенты и страны	Запасы на 01. 01. 74		Содер- жание Al ₂ O ₃	Добыча 1973 г.	Запасы потен- циаль- ные	Содержание Al ₂ O ₃ в по- тенциальных запасах, %
	общие	достовер- ные и ве- роятные				
Всего:	14 869	3806	—	60,75	9255	—
в том числе:						
<i>Европа</i>	634	161	—	6,25	220	—
Австрия	2	1	45—58	—	—	—
Греция	500	100	50—59	2,95	—	—
Испания	7	—	44—60	0,007	—	—
Италия	25	10	43—58	0,05	—	—
Норвегия	—	—	—	—	30	—
Франция	100	50	50—60	3,25	190	—
Азия	708	277	—	4,10	785	—
Индия	265	85	40—58	1,20	600	—
Индонезия	75	15	45—55	1,40	20	50
Иран	15	15	30—50	—	15	—
Малайзия	45	12	50—60	1,15	40	—
Пакистан	8	—	35—50	0,0005	10	—
Турция	200	135	56—60	0,35	100	—
Филиппины	100	25	48	—	—	—
<i>Африка</i>	6 100	1435	—	4,00	2870	—
Ангола	10	—	53—63	—	—	—
Гана	400	65	45—50	0,30	150	45
Гвинея	2 400	1200	40—60	3,00	2000	35—45
Заир	200	50	40—50	—	—	—
Камерун	2 000	50	35—50	—	—	—
Малави	60	20	43	—	—	—
Мали	820	—	40	—	300	35—40
Мадагаскар	150	—	32—56	—	50	50
Марокко	—	—	—	—	20	40—45
Мозамбик	10	—	50	0,006	—	—
Судан	—	—	—	—	100	35—45
Сьерра-Леоне	50	50	50—59	0,70	250	40
<i>Америка</i>	2 760	805	—	28,60	3880	—
Бразилия	500	100	50	0,60	60	45
Венесуэла	10	—	40—60	—	100	40
Гаити	50	25	45—55	0,80	—	—
Гайана	150	80	50—61	3,55	1000	45
Гвиана (Фр.)	100	—	41—60	—	—	—
Доминиканская Респуб- лика	60	60	45—50	1,15	40	40
Коста-Рика	150	—	35	—	50	40
Панама	—	—	—	—	30	40
США	140	40	40—53	1,90	600	32—45
Суринам	600	200	45—59	7,00	1600	40
Ямайка	1 000	300	47—52	13,60	400	40

Континенты и страны	Запасы на 01. 01. 74		Содержание Al_2O_3	Добыча 1973 г.	Запасы потенциальные	Содержание Al_2O_3 в потенциальных запасах, %
	общие	достоверные и вероятные				
<i>Австралия и Океания</i>	4667	1128	—	17,80	1500	45
Австралия	4600	1100	35—52	17,80	1500	45
Каролинские острова	5	2	50—58	—	—	—
Новая Зеландия	20	—	—	—	—	—
Соломоновы острова	36	20	46	—	—	—
Фиджи	6	6	50	—	—	—

сырьевые ресурсы бокситовых руд. Особенно крупные бокситоносные провинции расположены на Австралийской, Африканской и Южно-Американской платформах, а также на островах Центральной Америки.

Промышленные запасы бокситов капиталистических и развивающихся стран по состоянию на 1 января 1974 г. составляют 14,87 млрд. т, в том числе достоверные и вероятные запасы 3,8 млрд. т. Кроме того, потенциальные запасы оцениваются в 9,25 млрд. т (табл. 17).

В отличие от ряда других видов минерального сырья запасы бокситов не рассматривались на сессиях Международного геологического конгресса или каких-либо других международных организаций. В связи с этим оценка ресурсов бокситов обычно осуществляется по данным отдельных специалистов или национальных организаций, опубликованным в журналах и сборниках.

Месторождения стран Европы. На Европейском континенте месторождения бокситов имеются во Франции, Греции, Италии, Испании, Югославии, Австрии и Норвегии. Общие запасы бокситов этих стран составляют 634 млн. т, в том числе достоверные и вероятные 161 млн. т. Наиболее крупные месторождения сосредоточены в Греции (500 млн. т) и Франции (100 млн. т).

В Испании — крайней западной части Средиземноморской бокситоносной провинции — бокситы известны в горных районах Каталонии, которые являются продолжением бокситоносной полосы южной части Франции. На территории Испании известно несколько месторождений, наиболее крупным из них является месторождение Ла-Лакуны (Барселона). Бокситовые залежи выполняют карманообразные карстовые воронки диаметром 10—20 м в известняках триаса и перекрываются известняками палеоценового возраста.

Кроме того, известны латеритные бокситы, представленные линзообразными залежами мощностью до 1 м, приуроченные

к коре выветривания эйфельских глин; перекрываются они образованиями живетского возраста. Такие бокситы встречены в провинции Леон на месторождении Портилла-де-Луна. Они являются наиболее древними бокситами в Европе. В целом месторождения бокситов Испании мелкие, их промышленные запасы составляют 7 млн. т, при этом качество бокситов низкое, бокситы добываются в незначительных количествах — 7 тыс. т в год.

Во Франции бокситовые месторождения образуют бокситоносную зону, вытянутую вдоль побережья Средиземного моря. Наиболее крупные месторождения расположены в департаментах Вар, Эро, Арьеж, Буш-дю-Рон и Восточных Пиренеев (Лозер и др.). Бокситы образуют пластообразные и гнездообразные залежи, располагающиеся на эродированной и закарстованной поверхности известняков барремского, альбского и сеноманского ярусов, и местами перекрываются известняками мелового возраста. На месторождении Пон-де-Рон бокситы залегают на метаморфических породах. Бокситоносные отложения в эоцене подверглись процессам складкообразования и дизъюнктивным нарушениям.

Общие запасы высокосортных бокситов составляют 100 млн. т, в том числе достоверные и вероятные 50 млн. т. Потенциальные запасы низкосортных (высококремнистых) бокситов оцениваются в 190 млн. т.

Добыча бокситов во Франции началась в 1879 г. В 1937 г. было добыто 691 тыс. т, 1943 г. — 916 тыс. т, 1950 г. — 808 тыс. т, 1965 г. — 1494 тыс. т, 1970 г. — 2067 тыс. т, в 1973 г. добыча достигла максимальной величины — 3,25 млн. т. Месторождения разрабатываются как открытым, так и подземным способами.

Месторождения бокситов Италии расположены в областях Апулия, Кампания, Абруцци, Молизе, Венеция, на о. Сардиния. Наиболее качественные бокситы месторождения Сан-Джованни-Ротондо (Апулия) залегают в карстовых впадинах верхнемеловых известняков и перекрываются известняками эоценового возраста. Бокситы имеют бёмитовый состав и содержат 54—58% глинозема, 3—8% кремнезема, иногда являются высокожелезистыми (Кампания) — содержат 18—27%, иногда до 36% окислов железа. Бокситы Венеции характеризуются высоким содержанием кремнезема.

Общие запасы бокситов Италии составляют 25 млн. т, в том числе достоверные и вероятные 10 млн. т. Промышленная разработка месторождений Аппенин началась в 1907 г., Апулин — в 1939 г. и достигла в 1940 г. 350 тыс. т, до 1955 г. держалась на этом уровне, а затем упала и в 1973 г. составила 50 тыс. т.

В Австрии известно несколько мелких месторождений бокситов; промышленным является одно Унтерлаууса с достоверными и вероятными запасами около 2 млн. т, из них 1 млн. т с содержанием глинозема 45—55%, кремнезема 5%, окислов же-

леза 25%. Бокситы залегают на известняках мелового возраста.

Бокситовые месторождения в Греции известны в центральной части страны в горах Парнас и Гвилон (месторождения Элеузис, Ламия, Аграгион, Дистомон и др.). Кроме того, месторождения расположены на островах Аморгос, Эвбея, Наксос, Самос и др.

В районе гор Парнас бокситы залегают на выветрелой поверхности смятых в складки известняков сенонского возраста и перекрываются более молодыми известняками. Бокситы содержат (в %): глинозема 58—62; кремнезема 1,3; двуокиси титана 3,3 и отличаются повышенным содержанием окислов железа — 22—28%. По минеральному составу бокситы Греции являются в основном гиббситовыми, но некоторые залежи содержат значительное количество диаспора.

Общие запасы бокситов 500 млн. т, в том числе достоверные и вероятные 100 млн. т. Добыча бокситов началась в 1935 г., до второй мировой войны находилась на уровне 200 тыс. т в год, в 1954 г. она достигла 353 тыс. т, в 1960 г. — 884 тыс. т, 1970 г. — 2292 тыс. т и 1973 г. — 2950 тыс. т.

Месторождения стран Азии. На Азиатском континенте общие запасы месторождений бокситов капиталистических и развивающихся стран составляют 708 млн. т, в том числе достоверные и вероятные 277 млн. т. Месторождения бокситов расположены в Индии, Индонезии, Иране, Малайзии, Пакистане, Турции и на Филиппинах. Наиболее крупными запасами обладают Индия, Турция, Филиппины и Индонезия.

На территории Турции основные запасы бокситов сосредоточены в районах: Сейдишехир, Аксеки, Зонгулдак и Ай Пайас-Ислахия. На месторождениях района Сейдишехир бокситы залегают на известняках мелового возраста и перекрываются эоценовыми известняками. Бокситы представлены залежами в виде линз мощностью до 5—10 м, имеют бёмитовый состав. Линзообразные залежи месторождения Аксеки располагаются в карстовых депрессиях сенонских известняков и перекрываются туронскими известняками. На месторождении Зонгулдак бокситы являются более древними. Они образуют пластобразные залежи мощностью 2 м, которые располагаются между известняками нижнего карбона и песчано-сланцевой серией. Бокситы являются высокосортными, содержат в среднем (в %): глинозема 56—60, кремнезема 5—7, окислов железа 14—17, двуокиси титана до 2—3,5. По минеральному составу относятся к бёмитовому и диаспор-бёмитовому типам.

Общие запасы бокситов Турции 200 млн. т, в том числе достоверные и вероятные 135 млн. т. Кроме того, имеется 100 млн. т потенциальных запасов низкосортных высококремниевых диаспоровых бокситов с содержанием 50—58% глинозема и около 10% кремнезема. В 1973 г. в Турции было добыто 350 тыс. т бокситов.

В пределах *Ирана* расположены небольшие месторождения низкосортных бокситов и бокситовых пород (аллитов). В районе Махане запасы бокситов оцениваются в 15 млн. т, содержание глинозема в них изменяется в пределах 30—50%, кремнезема 10—20% и окислов железа 10—30%.

В *Пакистане* кондиционные по качеству бокситы выявлены на месторождениях Сург (район Камибелпур) и Маргала Холмы (район Равалпинди). На первом из них бокситы имеют эоценовый возраст и залегают на известняках триаса и нижней юры в виде карманов и небольших линз, перекрываются сланцеватыми породами палеоцена. Бокситы имеют следующий состав (в %): глинозема 47,4; кремнезема 13; окислов железа 22,5; двуокиси титана 2,2. Общие запасы бокситов 8—15 млн. т.

Индия обладает крупными запасами высокосортных бокситов преимущественно латеритного типа, которые образовались в результате выветривания базальтов и долеритов деканской трапповой формации. Бокситовые залежи линзообразной и пластобразной формы обычно приурочены к вершинам плоских холмов, характерных для районов развития трапповых покровов плато Декан. Имеются также латеритные месторождения, которые приурочены к лавам туфов, песчаников и кварцитов. На севере Индии в пределах Альпийской складчатой зоны встречаются осадочные месторождения, залегающие на известняках и перекрываемые угленосными отложениями эоценового возраста.

Латеритные бокситы обычно являются высокосортными, имеют гиббситовый состав, содержание в них компонентов изменяется в широких пределах (в %): глинозема 35—60, кремнезема 1—10, окислов железа 10—25, характерно высокое содержание двуокиси титана: 7—9%. Бокситовые залежи, как правило, выходят на поверхность или перекрыты маломощными (1—2 м) железистыми латеритами или современными образованиями.

Общие запасы бокситов Индии 265 млн. т, в том числе достоверные и вероятные 85 млн. т. Наиболее крупные разведанные месторождения с лучшими по качеству бокситами, обладающие достоверными и вероятными запасами, расположены в штатах (в млн. т): Гоа — 70; Махараштра (Калхатур, Сатара и др.) — 66; Мадхья-Прадеш (Джалампур, Амаркантак, Биласпур и др.) — 56; Бихар (Паламау, Ранчи и др.) — 31; Гуджарат (Рон, Вирпур, Бхавнагар) — 30; Майсур (Белгаон) — 16; Джамму и Кашмир — 13. В штате Орисса в последнее время геологоразведочными работами выявлены крупные месторождения бокситов, общие запасы которых составляют около 1 млрд. т, в том числе достоверные и вероятные с содержанием глинозема 45—59% — 77,7 млн. т.

Кроме высокосортных бокситов в Индии сосредоточено большое количество низкокачественных руд и высокоглиноземистых

латеритов, общие запасы которых оцениваются в 600—800 млн. т.

Разработка месторождений бокситов в Индии началась еще в 1921 г. Однако добыча бокситов развивается медленными темпами. В 1953 г. было добыто 72 тыс. т, в 1956 г.— 100 тыс. т, в 1965 г.— 688 тыс. т и в 1973 г. добыча достигла 1200 тыс. т.

В Малайзии сосредоточены значительные запасы высококачественных бокситов. Они расположены на п-ове Малакка и в северной части о. Калимантан. Общие запасы бокситов 45 млн. т, в том числе достоверные и вероятные 12 млн. т.

Наиболее крупные месторождения расположены в южной части п-ова Малакка. Здесь бокситовые залежи мощностью 1—5 м залегают на вершинах и склонах холмов на отметках 20—100 м над уровнем моря. Образование бокситовых залежей связано с латеритным выветриванием изверженных пород: гранитов, гранитондов, диоритов, андезитов, траппов и риолитов верхнепалеозойского и частично триасового возраста, а также кристаллических сланцев триаса. Общие запасы этого района 25 млн. т.

В северной части о. Калимантан известно более 20 месторождений с общими запасами около 20 млн. т. Бокситы этих месторождений образовались в палеогеновое время в результате латеритного выветривания изверженных (андезитов, габбро-диоритов) и вулканических (лав, туфов, агломератов, вулканических брекчий и т. д.) пород. Линзообразные и пластообразные залежи бокситов мощностью 1—6 м приурочены к вершинам и склонам холмов высотой 30—50 м.

Месторождения разрабатываются открытым способом, в 1973 г. добыто 1,15 млн. т бокситов. Бокситы после добычи подвергаются промывке.

В пределах Индонезии бокситы известны на островах Бинтан, Батам, Синкеп, Банка, Биллитн и Калимантан. Общие запасы 75 млн. т, из них достоверные и вероятные — 15 млн. т.

Наиболее крупные месторождения сосредоточены на о. Бинтан, где сконцентрировано большинство запасов бокситов Индонезии. Месторождения сложены линзообразными и пластообразными залежами мощностью от 2 до 10 м, в среднем 6 м, образовавшимися в результате латеритного выветривания мергелистых и глинистых сланцев триасового возраста. Бокситы залегают на каолиновых глинах коры выветривания мощностью около 50 м.

Промышленная разработка месторождений начата в 1935 г. До второй мировой войны здесь ежегодно добывалось около 250 тыс. т, после войны 500—700 тыс. т бокситов. В 1973 г. добыча достигла 1,4 млн. т. Бокситы разрабатываются открытым способом и при добыче подвергаются промывке.

На Филиппинах очень широко развиты месторождения низкачественных бокситов — глиноземистых латеритов, образовавшихся в результате интенсивного выветривания серпентинитового дунита и апроксенового перидотита. Общие запасы

низкокачественных глиноземистых латеритов, содержащих 20—25% глинозема, 2—3% кремнезема и 35—40% окислов железа, оцениваются в 100 млн. т, в том числе 30 млн. т с повышенным качеством. В ближайшее время предусматривается промышленное использование этих бокситов.

Месторождения стран Африки. На Африканском континенте сосредоточено 6,1 млрд. т (41%) общих и 1,4 млрд. т (38%) достоверных и вероятных запасов бокситов капиталистических и развивающихся стран. Кроме того, здесь имеются огромные потенциальные возможности для выявления новых крупных месторождений и увеличения сырьевой базы бокситов этого малоизученного континента. Преобладающее большинство месторождений Африки относятся к латеритному типу.

Бокситовые залежи образуют сплошные покровы мощностью 3—18 м, приуроченные к вершинам отдельных участков выровненного плато или останков пенеплена и располагаются в пределах абсолютных отметок 30—1500 м над уровнем моря.

Месторождения бокситов образовались в результате латеритного выветривания в мезо-кайнозойское время различных по литологическому составу пород палеозойского возраста.

Наиболее крупные месторождения бокситов сосредоточены в следующих странах Африки (первая цифра — общие, вторая — достоверные и вероятные запасы в млн. т): Гвинея — 2400, 1200; Гана — 400, 65; Камерун — 2000, 50; Мали — 820, нет; Заир — 200, 50; Малави — 60, 20; Мадагаскар — 150, нет; Мозамбике — 10, нет; Сьерра-Леоне — 50, 50; Ангола — 10, нет. Кроме того, потенциальными запасами обладают (в млн. т): Сьерра-Леоне — 300; Марокко — 20; Нигерия — 30; Конго — 60; Чад — 30; Мадагаскар — 50; Судан — 100.

Гвинея обладает наиболее крупными месторождениями высококачественных бокситов на Африканском континенте. Месторождения бокситов образовались в результате латеритного выветривания в мезозойское и главным образом в палеогеновое время преимущественно граптолитовых сланцев силура, реже глинистых сланцев нижнего девона, горизонтально залегающих на древней докембрийской платформе. Общие запасы бокситов Гвинеи оцениваются в 8—10 млрд. т, в том числе по отдельным районам (в млн. т): Боке — 2100, при содержании глинозема 60—62%, кремнезема 0,8—1,5%; Дабола — 1000 (глинозема 52—55%, кремнезема 3%); Фриа — 650 (глинозема 43—50%, кремнезема 1—3%); Туге — 3000 (глинозема 43—55%, кремнезема 1—2%); Гауаль — 450 (глинозема 45—65%, кремнезема 0,8—3,0%); Киндиа — 100 (глинозема 43—50%, кремнезема 1—4%); Лабэ — 800 (глинозема 43—50%, кремнезема 1—3%); Пита — 130 (глинозема 43—50%, кремнезема 1,5—3,5%); Телемеле — 500 (глинозема 43—50%, кремнезема 1,5—3,5%).

Кроме того, некоторые специалисты считают, что общие запасы бокситов Гвинеи, особенно района Боке, явно занижены.

Они могут быть увеличены с 2,1 до 13—15 млрд. т за счет бокситовых руд более низкого качества. В связи с этим общие запасы бокситов Гвинеи могут возрасти до 23—25 млрд. т.

На месторождениях Гвинеи в 1973 г. было добыто около 3 млн. т бокситов. В перспективе возможно значительное увеличение добычи бокситов до 35—40 млн. т, в том числе за счет месторождений (в млн. т): Боке—9; Сидиоре (Фриа)—3,5; (в млн. т): Боке—9; Сидиоре (Фриа)—3,5; Туге—8; Дебеле—5; Айсское (Сантиуру, Парау, Тумбе)—9; Киндиа—2,5—5.

Все месторождения Гвинеи залегают на поверхности, не обводнены, так как располагаются на вершинах бовалей и пригодны для разработки открытым способом.

Гана занимает второе место по разведанным запасам и добыче бокситов среди стран Африки. Общие запасы бокситов Ганы 400 млн. т, из них достоверные и вероятные—65 млн. т. Наиболее крупное месторождение Ньинахин (Ашанти) с общими запасами 200 млн. т, содержанием глинозема в бокситах 50%, кремнезема 3,1%, окислов железа 15—20%. Месторождение Кибн является вторым по величине, его общие запасы 160 млн. т, в том числе разведанные 88 млн. т. Содержание глинозема 45%, кремнезема—2,9%. В Гане расположен ряд меньших по запасам месторождений: Сефви—Беквей (Аффо)—32 млн. т; Нсисеро (Асафе)—25 млн. т; Эджуанема—8 млн. т. Добыча бокситов в 1973 г. составила 300 тыс. т.

Месторождения бокситов приурочены к плоским вершинам возвышенностей. Они образовались в результате латеритного выветривания метаморфических пород докембрия (верхняя часть бирримской серии), представленных сильно измененными туфолавами, филлитами, граувакками, а также сланцевых пород нижнего палеозоя. Бокситы имеют гиббситовый состав.

Камерун занимает второе место по общим запасам бокситов (2000 млн. т) после Гвинеи, однако изученность этих месторождений очень низкая, разведанные запасы составляют всего 50 млн. т. Наиболее крупными бокситоносными районами являются Миним-Матрап и Адамава. Образование бокситовых залежей мощностью 7—10 м связано с латеритным выветриванием изверженных и метаморфических пород. Бокситы содержат (в %): глинозема 44; кремнезема 3,2; окислов железа 23; двуокиси титана 4,5. Они пригодны для разработки открытым способом.

Мали также обладает крупными запасами кондиционных бокситов. Общие запасы составляют 820 млн. т. Однако степень изученности месторождений низкая, они пока не содержат достоверных и вероятных запасов. Бокситовые месторождения расположены в ряде районов страны. Наиболее крупными из них являются Сегу, Бамако и др.

Залежи гиббситовых бокситов образовались в результате ла-

теритного выветривания древних аргиллитовых сланцев и более молодых изверженных пород. Они приурочены к верхним частям коры выветривания и залегают на поверхности в виде покровов мощностью 5—10 м. Месторождения расположены вдали от побережья, в районе отсутствуют транспортные пути. Бокситы обычно содержат сравнительно небольшое количество глинозема (40—45%) и кремнезема (1—3%). В то же время отдельные месторождения в районе Бамако обладают высокосортными рудами с содержанием глинозема 50—60%.

Крупные запасы бокситов сосредоточены также в Заире (200 млн. т), более мелкие — в Сьерра-Леоне, Мозамбике, Марокко, Нигерии, Конго, Чаде, Того, Сенегале и других странах Африки.

Месторождения стран Америки. На Американском континенте сосредоточено около одной четверти общих запасов бокситов мира, добывается здесь около половины всех бокситов, получаемых ежегодно капиталистическими и развивающимися странами. Суммарная добыча бокситов в 1973 г. составила 28,6 млн. т, в то время как в мире было добыто 60,7 млн. т.

Наиболее крупные запасы бокситов сосредоточены в следующих странах Америки (первая цифра — общие, вторая — достоверные и вероятные запасы в млн. т): Ямайке — 1000, 300; Суринаме — 600, 200; Бразилии — 500, 100; Гайане — 150, 80; Коста-Рике — 150, нет; США — 140, 40; Гвине (Фр.) — 100, нет; Гаити — 50, 25; Доминиканской Республике — 60, 60; Венесуэле — 10, нет. Мелкие месторождения и бокситопоявления встречены и в других странах Америки.

В США разведанные запасы высококачественных бокситов составляют всего 40 млн. т, в то время как потенциальные запасы низкосортных бокситов с содержанием глинозема 32—45% и кремнезема около 15% оцениваются в 770 млн. т, в том числе в штатах: Гавайи — около 600 млн. т; Орегон и Вашингтон — 85 млн. т, юго-восточная часть США — 25 млн. т.

Месторождения кондиционных бокситов расположены в штатах Арканзас (одноименное месторождение), Джорджия (Андерсонвиль, Ирвингтон) и Алабама (Эвфола).

Наиболее крупным является месторождение Арканзас, где сосредоточено около 95% запасов кондиционных бокситов. Бокситовые залежи образуют прерывистые покровы на выветрелых нефелиновых сиенитах, которые слагают погребенные плоские возвышенности, а также небольшие пласты и линзы на глинистых отложениях палеоценового возраста, в понижениях рельефа, вблизи контактов с массивами нефелиновых сиенитов. Большинство бокситовых залежей образовалось в результате латеритного выветривания. Залежи имеют линзообразную и пластообразную форму с запасами от нескольких десятков тонн до нескольких миллионов тонн. Бокситы располагаются на глубине около 90 м и разрабатываются шахтным способом. В 1937 г. добыча бокси-

тов на этих месторождениях составила 432 тыс. т, в 1943 г. возросла почти в 15 раз и достигла 6,33 млн. т. После второй мировой войны она резко сократилась примерно до 1,5 млн. т; в 1973 г. добыто 1,9 млн. т.

В Центральной Америке наиболее крупные месторождения бокситов сосредоточены на о. Ямайка, а также в Коста-Рике и на о. Гаити. Общие запасы высокосортных бокситов в этих странах составляют 1,26 млрд. т. Геологическое строение и качество руд этих месторождений идентичное.

На Ямайке залежи высокосортных бокситов приурочены к площади развития карбонатных пород, возраст которых определяется от среднего эоцена до нижнего миоцена. Поверхность известняков и доломитов имеет типичный карстовый рельеф с широкими депрессиями и пещерами. Бокситовые залежи заполняют котловинообразные депрессии, пещеры и другие сложные формы рельефа известняков. Форма залежей бокситов определяется карстовым рельефом подстилающих карбонатных пород. Близко расположенные крупные залежи образуют сплошные покровы протяженностью 20—30 км, мощность бокситовых залежей от 1,5 м (минимальное промышленное) до 35 м. Бокситы располагаются на поверхности и практически лишены вскрыши.

Общие запасы бокситов Ямайки 1 млрд. т, в том числе достоверные и вероятные 300 млн. т. Добыча бокситов на Ямайке развивается весьма быстрыми темпами. С 1957 г. до последнего времени Ямайка занимала первое место среди бокситодобывающих стран.

В 1973 г. добыча составила 13,6 млн. т (второе место после Австралии), т. е. почти одну четвертую от общего количества добываемых в капиталистических и развивающихся странах бокситов.

Очень крупные запасы бокситов сосредоточены в странах Гвианского побережья Южной Америки: Суринаме, Гвиане (Фр.) и Гайане. Их общие запасы 860 млн. т, в том числе достоверные и вероятные 280 млн. т. Кроме того, потенциальные запасы этих стран оцениваются в 2,6 млрд. т.

В Суринаме месторождения бокситов располагаются в пределах плоской или слабовсхолмленной береговой равнины. Образование промышленных залежей бокситов связано с латеритным выветриванием докембрийских метаморфических сланцев, изверженных пород и осадочных глин мезозойского возраста, а также с механическим переотложением бокситового материала коры выветривания.

Наиболее крупными месторождениями являются Нассау, Баккус, Мууго, Маракам и др. Они сложены линзообразными и пластообразными залежами и располагаются от поверхности до глубины 20—30 м. Месторождения интенсивно разрабатываются открытым способом, добыча начата в 1922 г. В 1973 г. получено

7 млн. т бокситов. По добыче Суринам занимает третье место в капиталистическом мире после Австралии и Ямайки.

Месторождения бокситов *Гайаны* приурочены к низменной или слабовсхолмленной равнине шириной около 22 км и длиной 150 км, протягивающейся вдоль берега Атлантического океана. В пределах этой равнины известно около 100 месторождений.

Бокситы образовались в результате латеритного выветривания сланцев, амфиболитов и других метаморфических пород докембрия и палеоген-неогеновых интрузивных пород. Бокситовые залежи линзообразной и пластообразной формы располагаются на выветрелых метаморфических породах докембрия и отделены от них толщей каолиновых глин. Бокситы высокосортные, перекрыты плейстоценовыми песчано-глинистыми отложениями мощностью 1—18 м. Наиболее крупные месторождения расположены в районах Маккензи, Бартика, Кваквани и Итунни.

Эксплуатация месторождений началась в 1917 г. и до второй мировой войны развивалась медленно, но в 1943 г. добыча достигла 2 млн. т, а затем снова сократилась и только в 1955 г. достигла 2,5 млн. т, в 1973 г. составила 3,6 млн. т.

В *Гвиане (Фр.)* месторождения располагаются в северной части страны, которая является продолжением Гвианской бокситоносной провинции на восток. Наиболее крупные месторождения расположены в горах Као, Роура и на плато Макуруи.

Бокситовые залежи располагаются на вершинах плоскогорий, образовавшихся в результате латеритного выветривания хлоритовых сланцев, амфиболитов и диоритов, и отделены от перечисленных пород мощной толщей глинистых отложений. Месторождения бокситов слабо изучены и в настоящее время не разрабатываются.

В пределах *Бразилии* сосредоточено около 45% запасов бокситов Южной Америки и около 20% запасов Американского континента. Общие запасы месторождений Бразилии 500 млн. т, в том числе достоверные и вероятные 100 млн. т. Наиболее крупные месторождения располагаются в штате Минас-Жерайс, в районах Посус-ди-Калдас, Ору-Прету, Нова-Лима, Белу-Оризонти и др. Небольшие месторождения известны в штатах Эспириту-Санту, Рио-де-Жанейро, Баия и др. Значительная часть месторождений расположена далеко от побережья, поэтому слабо изучена.

Промышленные залежи бокситов приурочены к коре выветривания, которая располагается на вершинах и склонах возвышенных плато. Образование бокситов происходило в результате интенсивного латеритного выветривания различных по составу пород: докембрийских гнейсов, диабазов, различных сланцев, нефелиновых сиенитов и др. Качество бокситов обычно хорошее.

Месторождения Бразилии разрабатываются открытым способом с 1935 г.; в 1943 г. добыто 93 тыс. т, 1950 г.— 19 тыс. т, 1960 г.— 121 тыс. т и 1973 г.— 600 тыс. т.

Месторождения Австралии и Океании. В Австралии в последние годы выявлены огромные ресурсы бокситовых руд, составляющие около 30% запасов всех известных месторождений бокситов капиталистических и развивающихся стран. Общие запасы бокситов Австралии 4,6 млрд. т, в том числе достоверные и вероятные 1,1 млрд. т. Месторождения бокситов расположены в трех крупных бокситоносных провинциях: Северной, Западной и Восточной.

В северной части Австралии расположены наиболее крупные месторождения страны: Уэйпа с общими запасами 2,500 млрд. т, Гов с запасами 500 млн. т и Митчелл-Плато, запасы которого составляют 150 млн. т.

На месторождении Уэйпа линзообразные и пластообразные залежи бокситов приурочены к площадям развития формации Уэйпа мелового и палеогенового возраста и залегают на каолинизированных аркозовых песчаниках, песчаных глинах и глинистых сланцах, реже гранитах и аспидных сланцах. В пределах месторождения Гов бокситовые залежи приурочены к верхней части латеритного покрова, который развит по фельдшпатидным образованиям неопределенного возраста, имеющим горизонтальное или слабонаклонное залегание. На месторождении Митчелл-Плато бокситы располагаются в верхней части латеритных покровов, сформировавшихся на площади развития базальтов протерозойского возраста.

В западной части Австралии также расположено несколько месторождений (Дарлинг-Рейндж и др.), образующих полосу, вытянутую в субмеридиональном направлении на 320 км при ширине 40 км. Бокситы образуют линзообразные, пластообразные и карманообразные залежи мощностью в среднем 3,5 м, залегающие на поверхности. Общие запасы месторождения 500 млн. т, в том числе достоверные и вероятные 100 млн. т.

В восточной части Австралии в штате Новый Южный Уэльс выявлено большое количество мелких месторождений бокситов, приуроченных к верхней части коры латеритного выветривания третичных базальтов. В некоторых случаях бокситы перекрываются слоем более молодых плиоценовых базальтов. Наиболее крупным месторождением в этом районе является Инверелл, которое пригодно для открытой разработки.

Добыча бокситов в Австралии развивается быстрыми темпами.

За последние 13 лет она возросла в несколько сот раз (в 1960 г. добыто 70 тыс. т) и достигла в 1973 г. 17,8 млн. т. Австралия занимает первое место в мире по добыче бокситов. В ближайшее время намечается дальнейшее увеличение добычи бокситовых руд.

В странах Океании бокситовые месторождения выявлены на Соломоновых и Каролинских островах, Новой Зеландии, островах Фиджи. Кроме того, огромные запасы низкосортных бокситов выявлены на Гавайских островах.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Геолого-экономическая оценка различных типов месторождений бокситов производится на различных стадиях геологоразведочных работ: при поисках, предварительной разведке и детальной разведке.

На стадии поисков оценка вновь выявленных месторождений осуществляется для определения основных геологических параметров месторождения, подсчета прогнозных запасов и запасов категории C_2 и определения целесообразности проведения предварительной разведки. На стадии предварительной разведки на основании данных геолого-экономической оценки решается вопрос о промышленной ценности месторождения и дается технико-экономическое обоснование необходимости проведения детальных разведочных работ и установления временных кондиций для подсчета оперативных запасов бокситов.

При детальной разведке осуществляется окончательная геолого-экономическая оценка месторождения бокситов, при которой решается вопрос его промышленного использования, и устанавливаются постоянные кондиции для утверждения запасов в ГКЗ.

На каждой стадии разведки составляются технико-экономические доклады (ТЭД) и рассчитываются технико-экономические показатели промышленного освоения месторождений.

Основными факторами, оказывающими влияние на определение основных технико-экономических показателей при промышленной оценке месторождений бокситов, являются: запасы и качество бокситовых руд, технологические свойства бокситов, горнотехнические условия эксплуатации, гидрогеологические и инженерно-геологические условия, планово-экономические и экономико-географические условия и т. д.

Геолого-промышленные типы месторождений в зависимости от того, к какой бокситоносной формации они приурочены, объединены в четыре группы: 1) латеритные месторождения формаций латеритных покровов; 2) полигенные месторождения латеритно-терригенных формаций; 3) осадочные месторождения терригенной формации; 4) осадочные месторождения карбонатной формации.

Группа латеритных месторождений включает наиболее крупные в мире месторождения Африки (Гвинеи, Ганы, Камеруна, Мали и др.) и Южной Америки (Бразилии). Они относятся к бовальному (платообразному) типу. Кроме того, в этой группе выделены еще два типа: линейный (лентообразный) и линзообразный, которые развиты только на территории СССР.

Группа полигенных месторождений также включает крупнейшие в мире промышленные месторождения Австралии и северной части Южной Америки: Суринама, Гайаны, Гвианы (Фр.). На этих месторождениях добывается около половины всех бокситов, получаемых в капиталистических и развивающихся странах. Среди группы полигенных месторождений выделены следующие типы: карсто-линзообразный, пластообразный и линзообразный. Наибольшее промышленное значение имеют два последних. Карсто-линзообразный тип обнаружен только в СССР на Среднем Тимане.

Осадочные месторождения терригенной формации широко развиты во многих бокситоносных районах СССР. Эта группа включает наибольшее число промышленных типов: долинный, пластообразный, карстовый, контактово-карстовый, карсто-котловинный и контактово-карсто-котловинный.

Группа осадочных месторождений карбонатных формаций имеет широкое развитие как на территории СССР (Северо-Уральский район), так и в других странах (Ямайке, Венгрии, Югославии). Наиболее крупные месторождения расположены на о. Ямайка, где ежегодно добывается около четверти бокситов капиталистических и развивающихся стран.

В СССР в общем производстве алюминия и глинозема роль различных типов бокситовых месторождений неодинакова. В настоящее время в СССР значительную часть первичного алюминия получают из высококачественных бокситов карсто-пластообразного типа геосинклинальных месторождений Северо-Уральского района. В ближайшее время значительно повысится удельное значение карстовых и карсто-котловинных месторождений за счет ввода в эксплуатацию месторождений Северного Казахстана. В ближайшей перспективе резко увеличится добыча бокситов на месторождениях пластообразного типа в Северо-Онежском районе, карсто-линзообразного типа в Средне-Тиманском районе и линейного (лентообразного) типа в Белгородском районе КМА.

Промышленно развитые капиталистические и развивающиеся страны для производства первичного алюминия используют в основном высокосортные бокситы латеритных месторождений, запасы которых составляют около 47%, осадочных месторождений, связанных с карбонатными формациями геосинклиналей (около 14% запасов), и полигенных месторождений, приуроченных к латеритно-терригенным формациям на платформах (около 37% запасов).

В последние годы наблюдаются ускоренный рост потребления алюминия и соответствующие темпы добычи и переработки бокситов. В капиталистических и развивающихся странах производство алюминия, а следовательно, и добыча каждые десять лет увеличиваются в два раза. Учитывая эти тенденции, потребление и добыча бокситов к 2000 г. по сравнению с 1970 г. увеличатся в 8—10 раз. В связи с этим в недрах капиталистических и развивающихся стран за 25 лет будет погашено около 4—5 млрд. т, или около 30% запасов бокситов, числящихся на балансе. Поэтому имеющихся запасов бокситов хватит примерно до середины следующего столетия.

Запасы бокситов на земном шаре распределены неравномерно, некоторые страны не имеют собственных месторождений бокситов. В связи с этим в последние годы в некоторых промышленно развитых капиталистических странах наблюдается тенденция использования небокситового сырья. Особенно крупные работы в этом направлении ведутся в США. Перспективным сырьем для получения глинозема и алюминия являются алуниты, алюмосодержащие фосфаты, давсонит, высокоглиноземистые глины, нефелиновые сиениты, анортозиты, высокоглиноземистые сланцы.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

Абрамов В. П. Тиман — новый бокситоносный бассейн.— «Разведка и охрана недр», 1970, № 2, с. 3—7.

Абрамов В. П., Лебедев В. А., Смирнов В. Г. Бокситы латеритного типа на Среднем Тимане.— «Разведка и охрана недр», 1972, № 9, с. 5—10.

Агеенко Н. Р. Новые данные по Обуховскому месторождению бокситов и перспективы геосинклинальных месторождений Салаира.— В кн.: Новые данные по геологии и полезным ископаемым Западной Сибири. Вып. 5. Томск, Изд-во Томского гос. ун-та, 1970, с. 19—20.

Алюминий. Требования промышленности к качеству минерального сырья. Справочник для геологов. Вып. 35. М., Госгеолтехиздат, 1962. 60 с.

Акаемов С. Г. Генетические типы и условия образования бокситов Западной Африки (на примере Гвинеи). Автореф. канд. дис. Воронеж. гос. ун-т, 1972, 30 с.

Архангельский А. Д. Типы бокситов СССР и их генезис. М., Изд-во АН СССР, 1937, с. 365—511. (Труды Конфер. по генезису руд железа, марганца и алюминия).

Бардоши Д. Геология бокситов месторождений Венгрии.— «Изв. АН СССР. Серия геол.», 1957, № 9, с. 3—18.

Боксит. Классификация и технические условия. ГОСТ 972—50. М., Стандартгиз, 1954. 6 с.

Бокситы. Классификация. ГОСТ 972—74. М., Изд-во стандартов, 1974, 4 с.

Бокситы платформенной части Украинской ССР (Южная провинция).— В кн.: Платформенные бокситы СССР. М., «Наука», 1971, с. 93—128. Авт.: Ю. Б. Басс, В. К. Рябчун, М. В. Славутский, Е. С. Шлыт.

Большун Г. А. Условия образования бокситов Урала.— «Советская геология», 1970, № 9, с. 74—85.

Большун Г. А., Ткаченко О. А. Новые данные о бокситоносности девонских отложений Урала.— «Разведка и охрана недр», 1970, № 2, с. 9—12.

Бушинский Г. И. О монографии М. Гордона, Дж. Треси и М. Элписа «Геология Арканзасского бокситоносного района».— «Изв. АН СССР. Серия геол.», 1960, № 4, с. 112—115.

Бушинский Г. И. Закономерности размещения бокситов в геосинклинальных областях. Новосибирск, 1967, с. 9—25. (Сиб. науч.-исслед. ин-т геологии, геофизики и минерального сырья. Труды. Вып. 66).

- Бушинский Г. И. Геология бокситов. М., «Недра», 1971. 366 с.
- Быховер Н. А. Экономика минерального сырья (Топливо-энергетическое сырье, руды черных и легирующих металлов). М., «Недра», 1967. 368 с.
- Быховер Н. А. Экономика минерального сырья (состояние и перспективы обеспеченности мировой потребности в минеральном сырье). М., «Недра», 1971. 192 с.
- Быховер Н. А. Основные принципы и методы прогноза минеральных ресурсов.— «Обзор ВИЭМС. Серия IV», 1971₂. 40 с.
- Валетон И. Бокситы. М., «Мир», 1974. 214 с.
- Викулова М. Ф. Теоретические основы поисков бокситов на территории СССР.— В кн.: Полезные ископаемые. Сб. 3, 1946, с. 55—81. (Материалы ВСЕГЕИ.)
- Горецкий Ю. К., Лаврович Н. С., Любимов А. Л. Бокситы.— В кн.: Оценка месторождений при поисках и разведках. Вып. 10. М., Госгеолиздат, 1949. 188 с.
- Горецкий Ю. К. Закономерности размещения и условия образования основных типов бокситовых месторождений.— «Труды ВИМС. Новая серия», 1960, вып. 5. 258 с.
- Инструкция по применению классификации запасов к месторождениям бокситов. М., Госгеолтехиздат, 1962. 50 с. (Гос. комис. по запасам полезных ископаемых при Совете Министров СССР).
- Кальберг Э. А., Левандо Е. М., Махнач З. К. Бокситы Северо-Запада Русской платформы (Северо-Западная провинция).— В кн.: Платформенные бокситы СССР. М., «Наука», 1971, с. 22—48.
- Кибец А. В., Чеботарев М. В. О соотношении категорий цветных металлов.— «Разведка и охрана недр», 1975, № 2, с. 11—13.
- Кирпаль Г. Р. Методика поисков и разведки месторождений бокситов Тургайского прогиба.— В кн.: Материалы по методике разведки полезных ископаемых. М., Госгеолтехиздат, 1962, с. 166—172.
- Кирпаль Г. Р. Поисквые критерии и методика поисков месторождений бокситов в Тургайском прогибе.— «Разведка и охрана недр», 1963, № 3, с. 12—16.
- Кирпаль Г. Р. Тургайская бокситоносная провинция.— «Литоология и полезные ископаемые», 1964, № 5, с. 88—95.
- Кирпаль Г. Р. Промышленные типы месторождений бокситов СССР, закономерности их размещения и формирования.— В кн.: Третий Международный конгресс по бокситам (ИКСОБА), Ницца (Франция), 1973, с. 25—32.
- Кирпаль Г. Р. Закономерности размещения и особенности формирования промышленных типов месторождений бокситов Югославии.— «Обзор ВИЭМС. Серия III», 1974. 42 с.
- Кирпаль Г. Р. Месторождения бокситов Казахстана, методика их поисков и разведки. М., «Недра», 1976. 205 с.
- Кирпаль Г. Р., Теняков В. А. Месторождения бокситов.— В кн.: Рудные месторождения СССР. Т. 1. М., «Недра», 1974, с. 252—324.
- Кирпаль Г. Р., Хацкевич В. А. Методика и принципы составления прогнозно-металлогенической карты на бокситы.— В кн.: Принципы и методика составления металлогенических и прогнозных карт. М., «Недра», 1966, с. 122—126.

Клекль В. Н. Древние коры выветривания КМА и перспективы поисковых работ на бокситы.— «Литология и полезные ископаемые», 1969, № 5, с. 5—16.

Коган И. Д. Подсчет запасов и геолого-промышленная оценка рудных месторождений. М., «Недра», 1971. 296 с.

Комплексное использование низкокачественных бокситов. Под ред. С. И. Кузнецова и В. А. Деревянкина. М., «Металлургия», 1972. 240 с. Авт.: В. А. Деревянкин, С. И. Кузнецов, В. Я. Чипраков, Ф. И. Бенеславский.

Крейтер В. М. Поиски и разведка полезных ископаемых. Т. 1. М., Госгеолтехиздат, 1960. 332 с.

Крейтер В. М. Теоретические основы поисков и разведки твердых полезных ископаемых. Т. 1. М., «Недра», 1968. 432 с.

Кривцов А. И. Мезозойские и кайнозойские бокситы СССР, их генезис и промышленное значение. Ч. 1 и 2. М., «Недра», 1968 и 1969, 367 с. и 327 с.

Лансберг Г. Г., Фишман Л. Л., Фишер Дж. Л. Ресурсы США в будущем. Т. 1 и 2. Пер. с англ. М., «Прогресс», 1965. 564 с. и 522 с.

Маялькин С. Ф. К вопросу о генезисе месторождений бокситов СССР. М.—Л., Изд-во АН СССР, 1937. (Труды Конфер. по генезису руд железа, марганца и алюминия).

Методические указания о проведении геологоразведочных работ по стадиям (твердые полезные ископаемые). Мингео СССР, 1975.

Минеральные ресурсы промышленно развитых капиталистических и развивающихся стран. М., изд. ВГФ, 1951, 1956, 1961, 1966, 1972, 1974.

Михайлов Б. М. Геология и полезные ископаемые западных районов Либерийского щита. Л., «Недра», 1969. 178 с. (Всесоюз. науч.-исслед. геол. ин-т. Труды. Новая сер. Т. 167).

О новом процессе получения алюминия в США (Процесс Тота).— «Бюлл. иностр. коммерч. информ.», 1973, 7 апр., с. 6.

Огороднева В. И., Сазыкин Н. С. Сырьевые ресурсы бокситов капиталистических и развивающихся стран и их использование. М., «Недра», 1971. 120 с.

Окороченков И. А. Особенности развития алюминиевой промышленности в некоторых странах Африки, Латинской Америки и Азии.— «Бюлл. иностр. коммерч. информ.», 1974, прил. 1, с. 68—75.

Пейве А. В. Тектоника Северо-Уральского бокситового пояса.— «Бюлл. МОИП», 1947. 207 с.

Пельтек Е. И. Типы месторождений бокситов Сибирской платформы и некоторые особенности их формирования и размещения.— В кн.: Проблемы бокситов Сибири. М., «Недра», 1967, с. 221—262. (Сиб. науч.-исслед. ин-т геологии, геофизики и минерального сырья. Труды. Вып. 58).

Пельтек Е. И. Перспективы бокситоносности Сибирской платформы и Енисейского кряжа.— «Разведка и охрана недр», 1971, № 3, с. 9—12.

Прейскурант № 02—02. Оптовые цены на руды, концентраты и полуфабрикаты цветной металлургии. М., Прейскурантиз, 1966, с. 1—5.

Родченко Ю. М. Некоторые особенности геологического строения и достоверность результатов разведки северо-уральских бокситовых месторождений.— В кн.: Закономерности формирования и размещения полезных иско-

паемых на Урале. Свердловск, 1964, с. 177—224. (Ин-т геологии УФАН СССР. Труды. Вып. 64).

Сапожников Д. Г. Типы платформенных бокситов СССР, их особенности и условия образования.— В кн.: Платформенные бокситы СССР. М., «Наука», 1971, с. 320—351.

Сапожников Д. Г. Генетическая классификация бокситовых месторождений.— В кн.: Генетическая классификация и типы бокситовых месторождений СССР. М., «Наука», 1974, с. 32—35.

Сухарина А. Н. Бокситоносные формации юго-востока Западной Сибири.— «Советская геология», 1973, № 2, с. 10—23.

Тюрин Б. А. Методика составления металлогенической и прогнозной карты на мезозойские бокситы по Центральному Казахстану.— В кн.: Материалы научной сессии по металлогеническим и прогнозным картам. Алма-Ата, Изд-во АН КазССР, 1958, с. 165—182.

Фюлеп И. Геология бокситов Задунайского Среднегорья. Будапешт, 1969. 66 с.

Хардер Е. Примеры бокситовых месторождений различного происхождения.— В кн.: Происхождение бокситов. М., Изд-во иностр. лит., 1959, с. 7—43.

Хрущов Н. А. Методы оценки месторождений твердых полезных ископаемых и определение эффективности геологоразведочных работ в странах — членах СЭВ.— «Обзор ВИЭМС. Серия IV», 1973. 48 с.

Цанс В. А. Запасы бокситов на Ямайке.— В кн.: Вопросы геологии и минералогии бокситов. М., «Мир», 1964, с. 88—106.

Шишарин Г. П. Алюминий.— «Бюлл. иностр. коммерч. информ.», 1974, прил. 2, с. 262—268.

Щеглов А. Д., Теняков В. А. Месторождения бокситов Австралии.— «Обзор ВИЭМС. Серия III», 1972. 26 с.

Экономика минерального сырья и геологоразведочных работ. М., «Недра», 1968. 374 с. Авт.: Н. А. Быховер, Л. П. Кобахидзе, Г. П. Снягин, Г. Б. Хазанов, П. В. Полежаев.

Aluminium.— "Mining Annual Review", 1974, June, p. 60—67.

Bardossy Gy. Comparaiison des bauxites du karst. Budapest, 1970, p. 51—66.

Bardossy Gy. Bauxite formation and plate tektonics.— "Acta Geologica Academiae Scientiarum Hungaricae, Tomus 17 (1—3)", 1973, p. 141—154.

Buric P. Geologija lezista boksita Crne Gore. Sarajevo, Geološkoy glasnika, knjiga 8, poselna izdania. 1966, 278 p.

Comer J. B. Genesis of Jamaican Bauxite.— "Econ. geol. Vol. 69", 1974, No 8, p. 1251—1264.

Grubb P. L. C. Mineralogical anomaliss the Darling Ranges Bauxites at Jorrahdale Western Australia.— "Econ. geol. Vol. 66", 1971, No 7, p. 1005—1016.

Grubič A. Les bauxites de Yougoslavia.— "Annales Instituti geologici Publici Hungarici. Vol. 54", 1970, fasc. 3, p. 195—207.

Marušić R. Poslijeratni razvoj rudarstva boksita u Jugoslaviji.— "Tehnika", 1970, 25, No 12, p. 2320k—2320.

Patterson E. M. Bauxite reserves and potential aluminium resources of the World.— "Bull. U. S. Geol. Surv.", 1967, vol. 1228, p. 34—53.

Patterson S. H., Dyni J. R. Aluminium and Bauxite.—In.: United States mineral resources. Washington. United states government printing office. 1973, p. 35—43.

Sakač K. Stratigrafski položai i Opće carakteristike Boksitnih Iezista. In: II Jugoslavenski simpozium za intrazivanje i eksloataciju boksita u Tuzli. 1973, p. 22.

Sinkovec B. On the Genesis of the Triassic Bauxites of Lika.—“Bull. Scientifique Naturelles technique. Sec. A. T. 14”. 1969, No 9—10, p. 296—297.

Sinkovec B. Geologija of the triassic buaxites of Lika Jugoslavia. Zagreb, 1970. 67 p.

Valeton J. Bauxites. Developments in soil science 1. Amsterdam—London—New-York, Elsevier publishing company, 1972. 214 p.

Zivaljevič T. Geološki sastav i Tektonska grada jugoistočnih padina Grmerplanine u severozapadnoj Bosni.—“Geološki glasnik”. Sarajevo, 1963, No 8, p. 85—100.

ПРЕДМЕТНЫЙ УКАЗАТЕЛЬ

- Аграион месторождение 239
 Адамава бокситоносный район 243
 Айское месторождение (Гвинея) 243
 Айское — (Южный Урал) 113
 Акинское бокситопроявление 87
 Актасская бокситоносная зона 102
 Актогайское месторождение 62
 Алексеевское — 112, 113
 Амангельдинская группа месторождений 19, 100, 144, 167
 Амангельдинский бокситоносный район 100, 145, 167, 231
 Амаркантак месторождение 240
 Андерсонвиль — 244
 Аркалыкская бокситоносная зона 102
 Аркалыкское месторождение 19, 101, 102, 145
 Арканзасская группа месторождений 43, 187
 Арканзасский бокситоносный район 186
 Арканзасское месторождение 17, 18, 43, 244
 Артигинское бокситопроявление 87
 Арьеж месторождение 238
 Аятское — 18, 62, 77
 Бакхус — 18, 245
 Баландугу — 185
 Бамако — 18
 Барзасская группа месторождений 18, 77
 Барсучий Лог месторождение 19, 112
 Бартика — 246
 Батьковское — 59
 Беквей месторождение 18, 29, 243
 Белгаон — 240
 Белгородский бокситоносный район 18, 20, 141, 165, 229
 Белинское месторождение 18, 77, 145, 167
 Беловодская залежь 66, 142
 Биласпур месторождение 240
 Белу-Оризонти — 18, 36
 Бито залежь 116
 Бихар месторождение 18
 Блиново-Каменское — 19, 112
 Боке — 18, 29, 32
 Боке бокситоносный район 29, 185, 242
 Бокситоносная зона 10
 Бокситоносная провинция 9
 Бокситоносный район 9
 Бокситорудный участок 7
 Босански Петровац месторождение 118
 Браковочные кондиции 138
 Буш-до-Рон месторождение 238
 Бхавнагар — 248
 Ваповское — 67
 Вар — 238
 Вежаю-Ворыквинское — 18, 38, 39, 141, 165
 Велгинское — 58
 Велиндинское бокситопроявление 89
 Верхне-Ашутская бокситоносная зона 100, 101
 Верхне-Ашутское месторождение 19, 100, 101
 Верхне-Ворыквинское — 18, 39, 141
 Верхне-Ендинский бокситорудный участок 89
 Верхне-Киргитейский бокситорудный участок 86
 Верхне-Ухтинское месторождение 18, 67
 Верхне-Шугорское — 38
 Верхотуровское — 19, 85, 87
 Веселовское — 58
 Вирпур — 240
 Висловокское — 18, 20, 141, 165
 Власеница бокситоносный район 120
 Враце месторождение 120
 Временные кондиции 138, 139
 Всеволодо-Благодатское месторождение 107
 Высокопольский бокситоносный район 24, 166, 229
 Высокопольское месторождение 17, 18, 24
 Вызовская подгруппа месторождений 112
 Гант месторождение 234
 Гауаль бокситоносный район 242
 Геолого-промышленный тип месторождений 7, 11, 16, 18
 Гов месторождение 18, 49, 247
 Горское — 59

- Гремячинское бокситопоявление 86
 Губское месторождение 58
 Губское-Почаевское — 58
 Гуджарат — 18
 Гускарица — 118
- Дабола бокситоносный район 18, 29, 186, 242
 Дарлинг-Рейндж месторождение 18, 52
 Дебеле — 185
 Дениславское — 18, 66
 Джалампур — 240
 Джаррахдейл месторождение 18, 52
 Дистомон — 239
 Дороховское 1 и 2 — 58
 Дубнягское — 58
- Евсюковская залежь 66
 Ельчинское бокситопоявление 89
 Ендинское месторождение 86, 89
- Задорское — 58
 Залежь бокситов 7
 Западно-Тургайская группа месторождений 18
 Западно-Тургайский бокситоносный район 77, 85, 91, 231
 Западно-Убаганское месторождение 18, 62
 Запольское — 59
- Ибджибдек — 77
 Ивдельский бокситоносный район 230
 Иксинское месторождение 18, 66, 142, 166
 Иллерконское бокситопоявление 86
 Инверелл месторождение 247
 Индыглинское — 18, 81, 82
 Ирвингтон — 244
 Искасентдьердь — 19, 107, 114, 116, 177, 234
 Итуни — 18, 246
- Йожеф залежь 116
- Казаковская — 66
 Каиндинское месторождение — 85
 Кайенна — 18
 Кайнарлинское — 77
 Калхапур — 240
 Кальинское — 19, 107, 161
 Карпинский бокситоносный район 230
 Каталангское бокситопоявление 89
 Кваквани месторождение 246
 Кедровский бокситорудный участок 111
 Кибиди месторождение 29
 Киндия бокситоносный район 18, 29, 185, 242
- Кинчеш залежь 116
 Киргитейское месторождение 19, 85, 86
 Кировское — 62
 Кокченгинское бокситопоявление 86
 Красная Шапочка месторождение 19, 107, 111, 161
 Краснокаменское — 113
 Краснооктябрьское — 19, 91, 146, 167
 Красноручейское — 58, 60
 Кудрявцевская залежь 66
 Кужукульское месторождение 77
 Кукишинская подгруппа месторождений 112
 Кургазакское месторождение 19, 112, 113
 Кушмурунское — 62
- Лабе бокситоносный район 242
 Ла-Лакуны месторождение 237
 Ламия — 239
 Латериты 9
 Латеритные бокситы 9
 Лозер месторождение 238
 Лоинское — 18, 67
 Луничское бокситопоявление 87
- Магатинское месторождение 58
 Мадхья-Прадеш — 18
 Майбалькское месторождение 77
 Майсорское — 77
 Маккензи — 18, 246
 Максимовское — 58, 59
 Малогорское — 58
 Малявинское — 58, 59
 Мамыркульское — 62
 Маракам — 245
 Маргала Холмы — 240
 Махараштра — 18
 Меенги — 28
 Мелихово-Щебекинское — 18
 Месторождение бокситов 7
 Миним-Матран бокситоносный район 243
 Метчелл-Плато месторождение 18, 49, 51, 247
 Мугайское — 18, 61
 Мугоджарский бокситоносный район 62, 85
 Мунго месторождение 18, 245
 Мурлиное — 77
 Мурожнинское — 18, 81, 84
- Надьягаркань — 177
 Нассау — 18, 245
 Наурзумское — 18, 62, 71
 Нижне-Ашутская бокситоносная зона 102
 Нижне-Ашутское месторождение 19, 101

- Нижне-Киргитейское бокситопоявление 86
 Нижне-Теринское — 87
 Нова-Лима месторождение 18, 36
 Новое — 58, 113
 Ново-Кальинское месторождение 19, 107, 161
 Новопристанская подгруппа месторождений 112
 Ново-Усадинское месторождение 58
 Нисеро — 18, 29, 243
 Ньинахин — 18, 29, 243
 Ньирад — 19, 126, 177, 234
- Общие поиски 150
 Овинецкое месторождение 58
 Ору-Прету — 18, 36
- Паламау — 240
 Панхала-Хилл — 34
 Паранам — 18
 Парнас-Кюона — 183
 Первомайское — 19
 Пита бокситоносный район 242
 Плесецкое месторождение 18, 66
 Подбрачан — 19, 120, 123
 Подсосненское — 58, 59
 Показатели оценки 198
 Покровское месторождение 18, 77
 Пон-де-Рон — 238
 Порожнинское — 19, 85, 87
 Портилла-де-Луна — 238
 Постоянные кондиции 138, 139
 Посус-ди-Калдас месторождение 36
 Приангарская группа месторождений 19, 85
 Приангарский бокситоносный район 85, 168
 Приозерное месторождение 18, 62
 Притока—Машин Дол месторождение 19, 106, 118
 Причимкентский бокситоносный район 77
 Прогнозные запасы 147, 148
 Промышленное месторождение 7
 Пузлинское месторождение 18, 67, 143, 166
 Пуния — 77
- Радынское — 58
 Ракхедь залежь 116
 Ранчи месторождение 240
 Рон — 240
 Рудное тело 8
 Рудопроявление 9
 Рыбинское бокситопоявление 86
- Салаирский бокситоносный район 233
 Сангареди месторождение 18, 38, 53, 55
- Сан-Джованни-Ротоццо — 238
 Сатара — 240
 Северное — 19, 101
 Северо-Ливановское — 18, 77
 Северо-Онежская группа месторождений 18, 62
 Северо-Онежский бокситоносный район 56, 63, 142, 166, 194, 228
 Северо-Уральская группа месторождений 19, 107
 Северо-Уральский бокситоносный район 17, 107, 140
 Сегу месторождение 18
 Сейдишехир бокситоносный район 239
 Селищенское месторождение 58
 Семеновское — 85
 Сефви — 18, 29, 243
 Сец — 115, 234
 Сидноре месторождение 243
 Синенское — 58
 Славянское — 77
 Соловьеское — 18
 Соркульское — 62
 Соснин Лог — 112
 Сосьвинское — 19, 107, 161
 Софиевское — 85
 Сохатинное — 77
 Средне-Киргитейское бокситопоявление 86
 Средне-Тиманский бокситоносный район 141, 165, 229
 Сретница месторождение 120
 Суворовское — 85
 Сулакшинское — 18, 81, 85
 Сурат — 35
 Сург — 240
 Сухой бокситорудный участок 89
- Талдык-Ашесайское месторождение 85
 Тарасовская залежь 66
 Татарская группа месторождений 18, 81
 Татарский бокситоносный район 223
 Татарское месторождение 18, 77, 81, 146, 168
 Телемеле бокситоносный район 242
 Темирское месторождение 19, 85, 90, 168
 Технико-экономические показатели 11
 Технологические свойства 190
 Тимшерское месторождение 18, 67, 143, 166
 Тихвинская группа месторождений 59, 166
 Тихвинский бокситоносный район 57, 166, 228
 Тихвинское месторождение 18
 Туге бокситоносный район 334, 18, 29
 Тургайская бокситоносная провинция 77

- Улуирское месторождение 112
Ульдинский бокситорудный участок 87
Унтерлаусса месторождение 238
Уртабасское — 77
Уштобинская бокситоносная зона 102
Уштобинское месторождение 101
Уэйпа — 18, 49, 247
- Фогелевское — 77
Фриа бокситоносный район 18, 29, 242
- Халимба месторождение 19, 107, 114, 115, 177, 234
- Целиноградский бокситоносный район 77
Центральное месторождение 19, 91, 95, 167
Центрально-Сибирская бокситоносная провинция 77, 81
Центрально-Тургайская группа месторождений 18
Центрально-Тургайский бокситоносный район 62, 71, 231
- Чадобецкая группа месторождений 19, 144
Чадобецкий бокситоносный район 95, 167, 232
- Червена Стена месторождение 120
Черемуховское — 19, 107, 161
Чирцовская залежь 66
- Шаттеринг месторождение 18, 52
- Эвфола — 244
Эджуанема — 243
Экибастузский бокситоносный район 77
Элеулис месторождение 239
Эпоха бокситообразования 10
Эро месторождение 238
Этап бокситообразования 10
- Южно-Ливановское месторождение 77
Южно-Сибирская бокситоносная провинция 77
Южно-Тиманская группа месторождений 18, 67
Южно-Тиманский бокситоносный район 56, 67, 143, 166, 228
Южно-Уральская группа месторождений 19, 112
Южно-Уральский бокситоносный район 19, 112, 231
Южный бокситоносный участок 111
- Яйце — — 120
Ярцевское месторождение 59

ОГЛАВЛЕНИЕ

Предисловие	3
Часть I. Геолого-промышленные типы месторождений бокситов	7
I. Основные термины и понятия, применяемые при характеристике месторождений бокситов	7
II. Группировка геолого-промышленных типов бокситовых месторождений	11
III. Группа латеритных месторождений	19
1. Линейный тип	20
2. Линзообразный тип	24
3. Бовальный (платообразный) тип	27
4. Латеритные месторождения складчатых областей	36
IV. Группа полигенных месторождений	37
1. Карсто-линзообразный тип	37
2. Линзообразный тип	42
3. Пластообразный тип	48
V. Группа осадочных месторождений терригенных толщ	56
1. Долинный тип	57
2. Пластообразный тип	61
3. Карстовый тип	77
4. Контактново-карстовый тип	85
5. Карсто-котловинный тип	91
6. Контактново-карсто-котловинный тип	99
VI. Группа осадочных месторождений карбонатных толщ	105
1. Карсто-пластообразный тип	106
2. Карсто-котловинный тип	120
3. Карсто-линзообразный тип	125
4. Карсто-воронковый тип	127
Часть II. Геолого-экономическая оценка различных типов месторождений бокситов	130
1. Цели и задачи геолого-экономической оценки	131
I. Современные требования промышленности к качеству и горно-геологическим параметрам месторождений бокситов	133
1. Оценка качества бокситов по государственным стандартам	133
2. Кондиции различных геолого-промышленных типов месторождений бокситов	138
II. Геолого-экономическая оценка месторождений бокситов на различных стадиях геологоразведочных работ	146
1. Прогнозные исследования	147
2. Поисковые работы	149
3. Предварительная разведка	151
4. Детальная разведка	153
5. Разведка в пределах горного отвода и эксплуатационная разведка	155
III. Классификация и подсчет запасов бокситов	156
1. Классификация запасов бокситов по категориям	156

2.	Оценка запасов бокситов по категориям в зависимости от плотности разведочной сети на месторождениях различного типа	160
3.	Методы подсчета запасов бокситов	168
IV.	Геолого-экономическая оценка месторождений бокситов в зарубежных странах	173
1.	Требования промышленности к качеству бокситов и классификация запасов	174
2.	Месторождения Паннонской бокситоносной провинции	176
3.	Месторождения Адриатической провинции	180
4.	Месторождения Либерийской бокситоносной провинции	184
5.	Месторождения бокситов США	186
V.	Факторы, определяющие промышленную ценность месторождений бокситов	188
1.	Планово-экономические факторы	188
2.	Горно-геологические факторы	189
3.	Экономико-географические факторы	195
4.	Показатели оценки месторождений бокситов	198
VI.	Основные тенденции в развитии сырьевой базы, добычи бокситов, производства и потребления алюминия	204
1.	Особенности развития сырьевой базы бокситов	204
2.	Мировое производство и потребление алюминия	210
3.	Мировое потребление и добыча бокситов	217
VII.	Перспективы обеспеченности алюминиевой промышленности бокситовым сырьем	220
1.	Перспективы обеспеченности мировой промышленности сырьевыми ресурсами алюминиевых руд	222
2.	Состояние и перспективы расширения сырьевой базы бокситов СССР	227
3.	Сырьевые ресурсы бокситов социалистических стран	233
4.	Сырьевые ресурсы бокситов капиталистических и развивающихся стран	235
	Заключение	248
	Список литературы	251
	Предметный указатель	256

ИБ № 1696

Григорий Романович Кирпаль

**ПРОМЫШЛЕННЫЕ ТИПЫ МЕСТОРОЖДЕНИЙ
БОКСИТОВ И ИХ ГЕОЛОГО-ЭКОНОМИЧЕСКАЯ ОЦЕНКА**

Редактор издательства *В. А. Бурмистров*

Художник *С. А. Смирнова*

Техн. редактор *Л. Н. Шиманова*

Корректор *Л. В. Сметанина*

Сдано в набор 20/IX 1976 г. Подписано в печать 2/II 1977 г.
Т-00536. Формат 60×90¹/₁₆. Печ. л. 16,5. Уч.-изд. л. 17,54.
Бумага № 1. Тираж 1350 экз. Заказ 363/5664-4. Цена 2 р. 78 к.

Издательство «Недра».
Москва, К-12, Третьяковский проезд, д. 1/19.

Ленинградская типография № 8 Союзполиграфпрома
при Государственном комитете Совета Министров СССР
по делам издательств, полиграфии и книжной торговли.
190000, Ленинград, Прачечный пер., 6.

Уважаемый товарищ!

**В издательстве «Недра»
готовятся к печати новые книги**

ГОРЖЕВСКИЙ Д. И., ЧЕКВАИДЗЕ В. Б., ИСАКОВИЧ И. З.
Типы полиметаллических месторождений Рудного Алтая, их происхождение и методы поисков. 15 л., 1 р. 64 к.

На основе количественных соотношений основных и второстепенных компонентов в рудах месторождений колчеданно-полиметаллической формации и геологического строения рудных полей выделяется пять подформаций: барит-полиметаллическая, собственно полиметаллическая, переходная к колчеданно-полиметаллической, колчеданно-полиметаллическая и медноколчеданная. Приводятся тектонические позиции каждой из выделенных подформаций и закономерности их размещения в пределах региона. Рассматриваются термодинамические и генетические факторы становления месторождений. Выявленные закономерности используются для обоснования методов поисков месторождений (преимущественно в скрытом залегании) на территории рассматриваемого региона.

Книга рассчитана на геологов, занимающихся поисками, разведкой и изучением рудных месторождений.

●

ЗАКОНОМЕРНОСТИ формирования гидротермальных месторождений бериллия. 20 л. 2 р. 25 к. Авт.: Гинзбург А. И., Заболотная Н. П., Куприянова И. И. и др.

В книге рассматриваются основные проблемы формирования постмагматического оруденения, генетически связанного с различными гранитоидными формациями. На примере выделенных формаций приводятся общие закономерности размещения бериллиеносных провинций, их металлогенические особенности в зависимости от регионально тектонической обстановки, петрологическая характеристика гранитоидных формаций, генерирующих бериллиевое оруденение, условия структурной локализации оруденения и влияние на него состава и физико-механических свойств вмещающих пород. Выявляется зависимость парагенетических ассоциаций бериллиевых и сопутствующих минералов от щелочности материнских интрузивов, их глубинности и других факторов. На основе термодинамических расчетов делаются выводы о физико-химических условиях рудообразования.

Книга предназначена для геологов, изучающих месторождения не только бериллия, но и олова, вольфрама, молибдена, флюорита и других полезных ископаемых.

МЕДИСТЫЕ песчаники и сланцы южной части Сибирской платформы. 18 л. 1 р. 94 к. Авт.: Наркелюн Л. Ф., Трубачев А. И., Безродных Ю. П., Салихов В. С.

Книга является наиболее полной сводкой по меденосности осадочных толщ. Рассматриваются месторождения меди в песчаниках и сланцах, заключающих значительную часть мировых разведанных запасов меди. Большое внимание уделено освещению закономерностей локализации медного оруденения и условиям формирования медных месторождений.

Книга предназначена для геологов широкого профиля и особенно для специалистов, занимающихся вопросами разведки и освоения медных месторождений Сибири.

ТВАЛЧРЕЛИДЗЕ Г. А. Металлогенические особенности главных типов вулканических поясов. 7 л. 71 к.

Приведены результаты металлогенического анализа месторождений колчеданной и медно-порфировой формации, развитых в пределах трех типов вулканических поясов Земли: первичногеосинклинального, вторичногеосинклинального и областей тектоно-магматической активизации. Фактический материал рассмотрен по каждому типу вулканических поясов путем последовательного описания древних платформ, Атлантического, Уральского, Центрально-Азиатского, Средиземноморского и Тихоокеанского металлогенических поясов.

Книга предназначена для геологов, занимающихся вопросами металлогении.

Интересующие Вас книги Вы можете приобрести в местных книжных магазинах, распространяющих научно-техническую литературу, или заказать через отдел «книга—почтой» магазинов:

№ 17 — 199178, Ленинград, В. О., Средний проспект, 61

№ 59 — 127412, Москва, Коровинское шоссе, 20

Издательство «Недра»

2 р. 78 к.

2087

НЕДРА