

А К А Д Е М И Я Н А У К С С С Р

ГЕОЛОГИЧЕСКИЙ ИНСТИТУТ

Н. А. ЛИСИЦЫНА, М. В. ПАСТУХОВА

**СТРУКТУРНЫЕ ТИПЫ
МЕЗО-КАЙНОЗОЙСКИХ
БОКСИТОВ КАЗАХСТАНА
И ЗАПАДНОЙ СИБИРИ**

ИЗДАТЕЛЬСТВО АКАДЕМИИ НАУК СССР

МОСКВА 1963

ACADEMY OF SCIENCES OF THE USSR

GEOLOGICAL INSTITUTE

N. A. LISITZINA, M. V. PASTUKHOVA

STRUCTURAL TYPES
OF MESO-CENOZOIC
BAUXITES OF KAZAKHSTAN
AND WESTERN SIBERIA

(Transactions, vol. 95)

PUBLISHING OFFICE ACADEMY OF SCIENCES OF THE USSR

MOSCOW 1963

Н. А. ЛИЦИЦЫНА, М. В. ПАСТУХОВА

СТРУКТУРНЫЕ ТИПЫ
МЕЗО-КАЙНОЗОЙСКИХ
БОКСИТОВ КАЗАХСТАНА
И ЗАПАДНОЙ СИБИРИ

(Труды, вып. 95)

Редакционная коллегия:
член-корр. АН СССР *А. В. Пейве* (главный редактор),
М. С. Марков, В. В. Меннер, П. П. Тимофеев

Ответственный редактор
Г. И. БУШИНСКИЙ

Editorial Board:
Corresp. member of the Academy of Sciences of the USSR *A. V. Peive* (Chief Editor),
M. S. Markov, V. V. Menner, P. P. Timofeev

Responsible Editor
G. I. BUSHINSKY

ВВЕДЕНИЕ

Бокситы были и остаются до сих пор лучшей рудой на алюминий. Среди бокситовых месторождений СССР большое место принадлежит континентальным платформенным бокситам мезо-кайнозойского возраста. Одной из областей распространения молодых платформенных бокситов является территория восточного склона Урала, Казахстана и Западной Сибири. Отдельные бокситопоявления в этой области известны с тридцатых годов (Волкова-Быкова, 1933). За истекшее время был накоплен огромный материал и произведены минералогические и петрографические исследования бокситов. Изучение микроструктуры бокситов позволило ряду авторов сделать некоторые выводы о генезисе бокситовых месторождений и тех или иных структурных элементов боксита, например бобовин. К числу работ такого типа относятся статьи Б. П. Кротова (1942, 1958), С. И. Бенеславского (1958), Ф. Г. Пасовой (1958), Е. Н. Куземкиной (1960), Е. Т. Боброва (1962) и др. Однако систематического описания структур и, в особенности, микроструктур всех разновидностей континентальных платформенных бокситов до сих пор не сделано. Тем не менее, такое описание могло бы оказать большую помощь геологам и разведчикам при изучении ими вещественного состава бокситовых пород. Задачей этой работы и является составление систематического описания структур бокситовых пород и выделение основных структурных типов континентальных платформенных бокситов Казахстана и Западной Сибири. Изучение структурных типов бокситов использовано нами также как метод для выяснения некоторых вопросов их генезиса.

Основные материалы для изучения структур бокситовых пород были собраны авторами при полевых работах на месторождениях Тургайского прогиба и Казахского нагорья в период с 1953 по 1960 годы. Структуры бокситов других районов (Западной Сибири и Енисейского края) рассматривались нами, главным образом, по литературным данным. Была рассмотрена также часть коллекций бокситовых пород Татарского месторождения, собранных Е. Т. Бобровым.

В полевых условиях описывались и зарисовывались макроструктуры, а также изучались взаимоотношения и переходы одних разновидностей бокситовых пород в другие. Лабораторное изучение проводилось всеми обычными методами. Главная роль принадлежит микроскопическому описанию структур в прозрачных шлифах. Непрозрачные минералы окислов и гидроокислов железа и титана изучались в отраженном свете (М. В. Пастухова). В результате детального петрографического описания бокситовых пород были отобраны наиболее яркие структурные типы. Микрофотографии соответствующих образцов в количестве двухсот, скомпанованные в виде 52 таблиц, прилагаются к работе. Для изучения вещественного состава бокситов и глин бокситоносной

толщи применялись также химический, термический, электронномикроскопический и рентгеноструктурный анализы. Помимо исследований породы в целом, для всех структурных типов производилось раздельное изучение бобовин, их обломков и цемента, а также вторичных минералов, интенсивное развитие которых оказало влияние на структурные особенности измененных бокситовых пород. Большая часть анализов выполнена в лабораториях Геологического института АН СССР. Съемка образцов для рентгеноструктурного анализа производилась частично в лаборатории ИМГРЭ АН СССР. Необходимые расчеты и интерпретация полученных данных выполнены М. В. Пастуховой при консультации Т. В. Далматовой и В. А. Дрица.

Фотографии образцов бокситовых пород и микрофотографии сделаны в фотолаборатории Геологического института.

Авторы настоящей работы пользуются случаем поблагодарить всех товарищей, которые принимали в ней участие, а также геологов бокситовых месторождений Казахстана, оказавших большую помощь в полевом сборе материала.

Особую благодарность авторы приносят доктору геолого-минералогических наук Г. И. Бушинскому за консультации и большой труд по редактированию работы.

Глава I

КРАТКАЯ ГЕОЛОГИЧЕСКАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА МЕЗО-КАЙНОЗОЙСКИХ МЕСТОРОЖДЕНИЙ БОКСИТОВ ВОСТОЧНОГО СКЛОНА УРАЛА, КАЗАХСКОГО НАГОРЬЯ И ЗАПАДНОЙ СИБИРИ

Месторождения бокситов восточного склона Урала, Казахстана и Западной Сибири вытянуты в виде пояса, который полукольцом обрамляет с юга и востока Западно-Сибирскую низменность. Местоположение пояса определяется двумя факторами: климатическим и тектоническим.

По данным региональных работ, касающихся вопросов палеогеографии (Каржавин, 1958; Кротов, 1958; Яншин, 1953; Геологическое строение Тургайского прогиба, 1961; Волков, 1959; Спирин и Пасова, 1960; Боголепов и Попов, 1955; Боголепов, 1958; Н. М. Страхов, 1960 и др.), климат на этой обширной территории в течение мелового периода и в начале палеогена был жарким и влажным. Влияние тектоники определило положение пояса внутри климатической области. Все известные в настоящее время месторождения бокситов располагаются вполне закономерно по отношению к молодой постпалеозойской тектонической структуре. Они находятся вблизи границы Западно-Сибирской и Туранской плит и их складчатого обрамления. В пределах пояса они располагаются группами, каждая из которых либо смещается в сторону плиты, либо находится в краевых частях складчатой зоны. Такая приуроченность месторождений континентальных бокситов к окраинным частям выступов фундамента платформ уже отмечалась Ю. К. Горецким (1958, 1960) как закономерная для данного типа месторождений.

Приуроченность бокситовых месторождений к области погружения палеозойских складчатых структур под покров более молодых отложений или, иными словами, к границам впадин и поднятий объясняется следующими причинами. Первая причина — это связь бокситопроявлений с областями развития мощной коры выветривания (Лисицына, 1959). Хорошо развитые коры мелового — третичного возраста формировались в областях влажного тропического климата на поднятиях в моменты, когда складчатые сооружения были выровнены.

Отсюда приуроченность бокситовых пород, так же как и кор выветривания, к поднятым областям. Вторая причина — это существование покрывающих пород, которые способствовали сохранности рыхлых образований коры выветривания. Такие породы накапливались и в дальнейшем сохранялись от размыва в первую очередь во впадинах, осложняющих поднятые области. Следовательно, положение бокситового пояса на стыке погруженных и поднятых структур Западно-Сибирской эпипалеозойской платформы вполне закономерно.

Размещение отдельных групп месторождений в пределах пояса определяется другими причинами, причем основным определяющим фактором является строение палеозойского фундамента.

Ниже мы приводим краткую геологическую характеристику каждой группы месторождений.

Месторождения Восточного склона Среднего Урала. Сюда относятся нижнемеловые континентальные бокситы Каменского района, описанные рядом авторов (Кротов и Столярова, 1942; Кротов, 1958; Каржавин, 1958; Луканина, 1959 и др.).

Бокситовые породы приурочены к Соколовско-Колчеданско-Борисовской антиклинали, которая сложена порфиритами, диабазами и известняками девона.

Бокситы заполняют узкие впадины в этих породах или коре их выветривания. Впадины имеют широтное простирание и напоминают древние долины. Среди бокситовых пород Сокольского месторождения Б. П. Кротов выделяет пестрые глины, бокситовые глины, глинистые и «бобовые» бокситы. Основными породообразующими минералами бокситов являются, по М. И. Луканиной (1959), корунд, гиббсит, магнетит, ильменит, гематит, гетит, гидрогетит, каолинит, отмечается также примесь кварца, ильменита и других минералов.

Месторождения Тургайской впадины описаны Н. А. Каржавиным (1958), А. Ф. Петрусевичем (1957), А. Н. Гладковским и А. К. Шаровой (1953), А. Н. Волковым (1959), Е. Н. Куземкиной (1960), Н. К. Овечкиным и др. (Геологическое строение Тургайского прогиба, 1961) и другими авторами. В Тургайской впадине вдоль ее западного борта расположены Верхнетобольские и Краснооктябрьские месторождения. По отношению к постгерцинской складчатой зоне Урала они находятся на восточном ее погружении, которое, по данным региональных исследований (Геологическое строение Тургайского прогиба, 1961), является пологим. В осевой части прогиба в поднятой области Кустанайской седловины расположены Кушмурунские месторождения. Таким образом, все месторождения Тургайского прогиба тяготеют к слабо погруженным частям складчатого фундамента, глубина залегания которых не превышает 120 м.

Верхнетобольские и Краснооктябрьские месторождения (возраст апт — альб — турон) приурочены к вулканогенно-осадочной толще средне-, верхневизейского возраста, залегающей в западном крыле Кустанайского синклиория. В составе толщи значительную роль играют органогенно-детритусовые известняки и доломиты, которые переслаиваются с аргиллитами и алевролитами. Они образуют линзообразные прослои среди вулканогенных пород. Последние представлены андезитовыми порфиритами, их туфами и туффитами и прорваны небольшими интрузиями гранодиоритов. Для всей палеозойской толщи характерно развитие мощной коры выветривания, которая образовалась преимущественно по порфиритам, их туфам и туффитам, а также развитие карста в известняках. В наиболее полно сохранившихся разрезах коры выветривания порфиритов и их туфов наблюдаются три зоны: нижняя — монтмориллонитовая, средняя — монтмориллонит-гидрослюдисто-каолинитовая и верхняя — каолинитовая. В нижних зонах коры выветривания сохраняются реликтовые структуры материнских пород (структура туфа, туффита, замещенные глинистым материалом остатки фауны). В верхней зоне развиты железистые бобовины, местами образующие скопления.

Бокситовые породы выполняют карстовые и карстово-суффозионные воронки или углубления в толще выветрелых пород палеозоя. Стенки воронок также сплошь и рядом сложены породами коры выветривания, мощность которой достигает местами 100 и более метров. Максимальная

глубина таких воронок 200 м. Бокситоносные породы обычно подстилаются толщей обломочных глин, реже залегают непосредственно на известняках. Макроскопически различаются каолиновые и бокситовые глины, глинистые, сухаристые и каменные бокситы, которые чередуются между собой. Основные породообразующие минералы: гиббсит, корунд, магнетит, гематит, гидроокислы железа, каолинит. Всюду присутствует примесь кварца и ильменита.

Бокситовые породы Кушмурунских месторождений залегают в углублениях поверхности коры выветривания андезитов, липаритов и базальтов перми или триаса и, вероятно, карстово-суффозионного происхождения (Гвоздецкий, 1954). Многие залежи приурочены к контакту этих пород с известняками. Бокситы каменные, рыхлые и глинистые залегают среди бокситовых глин. Бокситы существенно гиббситовые, содержат магнетит, гематит, гидрогематит и гидрогетит, немного каолинита и кварца.

Возраст бокситов Тургайской впадины апт — альб до маастрихта.

Месторождения Казахского нагорья. В области Казахского нагорья, относящегося к эпипалеозойской складчатой зоне, находятся Амангельдинские месторождения, расположенные в пределах Шоиндыкульской впадины, Целиноградские и ряд других месторождений, приуроченных к северной окраине Тенизской впадины. Возраст их, по данным споропыльцевого анализа, палеоцен — эоценовый.

Месторождения бокситов, расположенные севернее и южнее Целинограда, по условиям залегания и составу подстилающих пород палеозоя близки к месторождениям западного борта Тургайской впадины. Севернее Целинограда (месторождение Софиевское) бокситы залегают на эффузивно-карбонатной толще ордовика, состоящей из порфиритов и их туфов с линзообразными прослоями известняков в верхней части. Туфогенные породы сильно выветрелы. Бокситы выполняют воронки в известняках, причем дно воронок и частично их стенки, как правило, сложены глинистыми породами коры выветривания порфиритов или их туфов. Глубина воронок колеблется от нескольких метров до 250 м при ширине менее 200 м.

Южнее Целинограда бокситоносные породы залегают в углублениях поверхности коры выветривания известняков, песчаников, сланцев и порфиритов ордовика. Происхождение этих впадин до конца не выяснено. Возможно, что они обязаны своим происхождением карстово-суффозионным процессам (Гвоздецкий, 1954).

Основные породообразующие минералы бокситов — гиббсит, гематит, гидрогематит, каолинит, корунд.

В Шоиндыкульской впадине бокситы Амангельдинских месторождений сохранились под покровом мощной континентальной толщи олигоцена — миоцена. Бокситы залегают на коре выветривания осадочных пород девона и нижнего карбона. Наиболее мощная кора выветривания с хорошо развитой каолинитовой зоной в верхней части разреза образует линейно вытянутые полосы, приуроченные к крутым крыльям складок в палеозойских породах. Эти полосы развиваются здесь вдоль контакта песчано-сланцевых пород среднего девона — франского яруса и карбонатных пород фаменского и турнейского ярусов. Кору выветривания такого типа мы называем линейной в понимании И. И. Гинзбурга (1946). Отчетливая приуроченность бокситоносных пород к линейной коре хорошо видна на профилях через Шоиндыкульскую впадину (Лисицына, 1959). Бокситы выполняют здесь углубления в толще выветрелых пород глинистого состава.

Максимальная глубина этих «карманов» достигает 150—170 м при ширине в плане от 50 до 500 м. Мощность бокситоносной пачки колеблется в зависимости от глубины карманов от 1,5—2 до 170 м. Основные

минералы бокситов: гиббсит, корунд, гематит, гетит, их гидроокислы, каолинит, галлуазит (Пасова, 1959), кварц, анатаз, рутил, сфен, ильменит, лейкоксен.

Месторождения Салаирского кряжа и Чулымо-Енисейской впадины описаны М. П. Нагорским (1958), С. Л. Спириным и Ф. Г. Пасовой (1960) и другими авторами.

Бокситы Салаирского кряжа нижнепалеогенового возраста залегают среди пестроцветных глин на коре выветривания песчано-сланцевых, карбонатных и туфогенных пород или в карстовых воронках известняков.

Коры выветривания на Салаире не образуют сплошного покрова. Они приурочены к локальным участкам пород палеозоя — к зонам трещиноватости или чаще к контактам песчано-сланцевых или туфогенных и карбонатных пород. В таких местах породы интенсивно изменены до глубины 80—100 м и более. Это линзный тип коры выветривания. Бокситовые породы, которые связаны с ней по условиям залегания, относятся к тому же типу, что и Амангельдинские. Среди бокситов присутствуют каменные, рыхлые и глинистые. Главный минерал алюминия гиббсит.

Бокситы Чулымо-Енисейской впадины территориально связаны с корой выветривания на выступах палеозойского фундамента, которая развивалась по известнякам, амфиболитам, габбро, порфирирам и хлоритовым сланцам докембрия и палеозоя.

Бокситоносные отложения выполняют карстовые воронки в протерозойских мраморизованных известняках, контактирующих с алюмосиликатными породами, а также залегают в карстово-суффозионных углублениях в глинах коры выветривания амфиболитов и сланцев, чередующихся с известняками. В обоих случаях каменные, рыхлые и глинистые бокситы переслаиваются с глинами и глиноземистыми железняками. Основные породообразующие минералы бокситов: гиббсит, гематит, гидрогематит и гидрогетит, каолинит, ильменит, рутил, лейкоксен. По направлению от выступов фундамента в сторону впадины красные бокситоносные породы сменяются сероцветными обломочными и песчанистыми глинами с небольшими линзами боксита, тоже большей частью серого.

Месторождения Енисейского кряжа и западной окраины Сибирской платформы. Бокситоносные породы развиты в восточной части Енисейского кряжа и к востоку от него. Они выполняют карстовые воронки в известняках кембрия, реже залегают на коре выветривания траппов, которые в виде даек и пластовых залежей чередуются с известняками и терригенными пестроцветными породами.

Бокситы залегают среди пестроцветных глин в виде линз и отдельных прослоев. По структурному признаку Е. Г. Бобров выделяет три типа бокситов: конгломератовый, бобовый и бесструктурный. Основные породообразующие минералы, по Брадинской (1959), гиббсит, корунд, гематит, гетит, их гидроокислы, маггемит, каолинит, рутил, ильменит, лейкоксен.

Из краткого обзора геологии бокситовых месторождений Урало-Казхстанско-Западно-Сибирского бокситового пояса можно видеть отчетливую зависимость каждой группы месторождений от литологического состава и особенностей строения подстилающих пород фундамента. Именно эта зависимость и определяет положение каждой группы бокситовых месторождений. Большинство месторождений приурочено к областям развития карста или линейных кор выветривания, которые в свою очередь связаны с контактами терригенно-карбонатных или туфогенно-карбонатных толщ. С этой точки зрения большинство месторождений рассматриваемой области могут быть названы приконтактовыми.

По условиям залегания бокситов различаются два типа месторождений:

1. Месторождения, связанные с карстовыми или суффозионно-карстовыми воронками в известняках на контакте или вблизи контакта известняков с выветрелыми силикатными породами фундамента.

2. Месторождения, приуроченные к линейной коре выветривания. Бокситы выполняют карманообразные углубления в коре линейного типа, происхождение которых до конца не выяснено. Поскольку линейная кора выветривания, подстилающая бокситы, развивается у контакта силикатных пород с известняками, можно предположить участие суффозионно-карстовых процессов в формировании углублений.

К карстовому типу относится большинство месторождений в Каменском районе восточного склона Урала, в Тургайской впадине, целиноградские месторождения Казахского нагорья, часть месторождений Салаира и Чулымо-Енисейской впадины, месторождения Енисейского кряжа и Сибирской платформы.

Примером месторождений приконтактового типа являются Амангельдинские и часть месторождений Салаирского кряжа.

Эти два типа месторождений отличаются, главным образом, по условиям залегания. Что касается разреза бокситоносной пачки, то строение ее одинаково для обоих типов месторождений. Минеральный состав бокситов также отличается лишь в деталях. Ниже приводим краткое описание двух разрезов бокситовых пород: по Краснооктябрьским месторождениям (карстовый тип) и по Амангельдинским месторождениям (приконтактовый тип).

Глава II

ТИПОВЫЕ РАЗРЕЗЫ БОКСИТОНОСНОЙ ТОЛЩИ

1. Разрез бокситоносных пород Краснооктябрьского месторождения (карстовый тип)

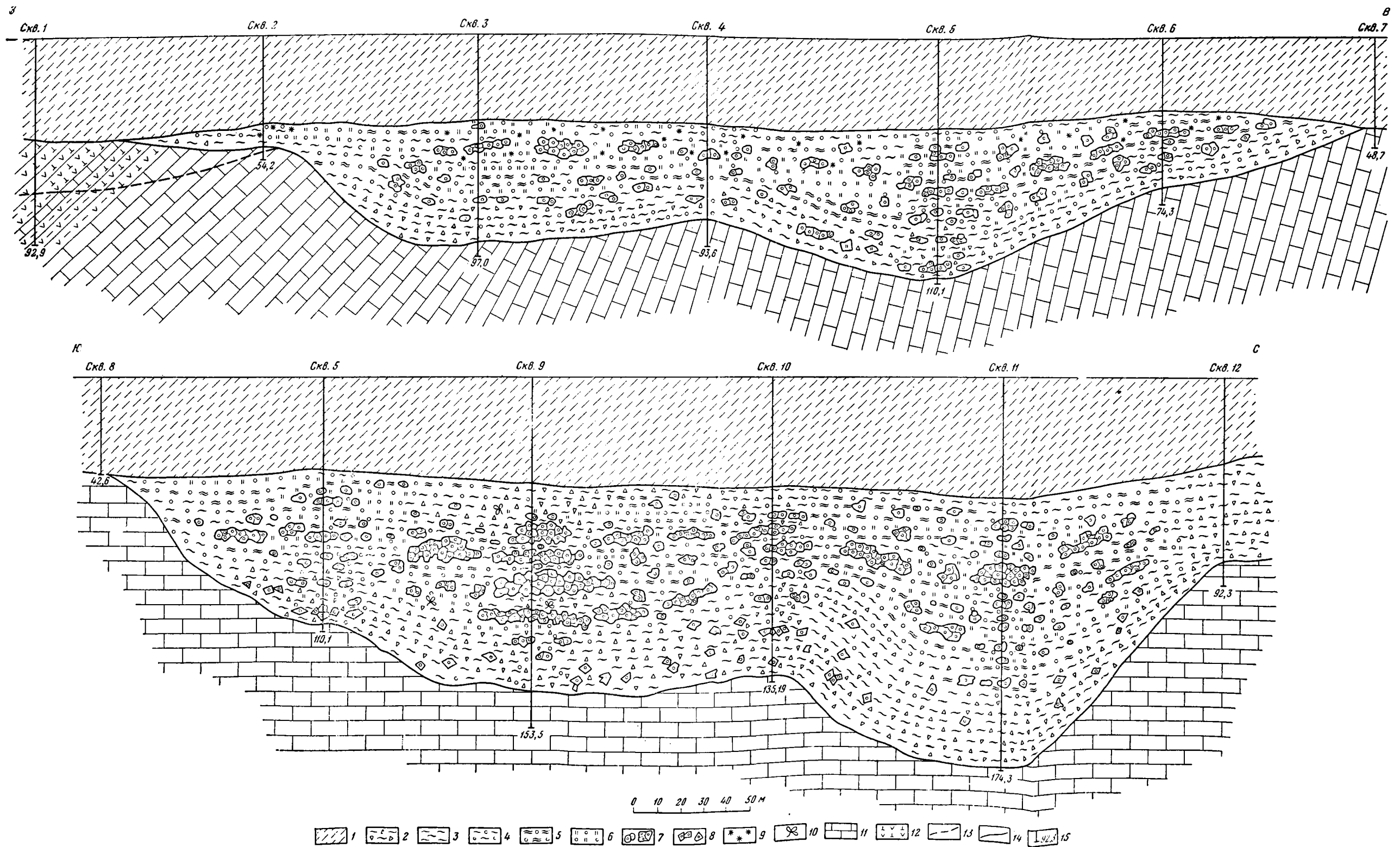
Бокситоносные породы Краснооктябрьского месторождения (фиг. 1) выполняют карстовые воронки в известняках чаще всего на контакте известняков и вулканогенных пород. Полоса развития рудных тел вытянута по простиранию нижнекаменноугольной вулканогенно-осадочной толщи. Мощность бокситовых отложений колеблется в зависимости от глубины карстовых воронок.

Изучение ряда разрезов в разных частях месторождения показало, что в бокситоносных породах, выполняющих воронки, могут быть выделены две пачки, отличающиеся по соотношению собственно бокситовых пород и чередующихся с ними глин.

Нижняя пачка глин смешанного состава (глинистые брекчии и песчаниковидные глины) совершенно не содержит бокситов или содержит их в небольших количествах.

Верхняя пачка глин и бокситов представляет собой чередование глинистых, сухаристых и каменистых бокситов, каолинит-бокситовых глин и в подчиненных количествах содержит песчаниковидные глины смешанного состава.

Граница между этими двумя пачками весьма неопределенна, так как среди глинистых брекчий смешанного состава нижней пачки часто присутствуют бокситы, в то же время глинистые брекчии чередуются с глинами и бокситами в разрезе верхней пачки. Изучая разрез за разрезом, можно наблюдать самые различные соотношения между обломочными глинами смешанного состава, с одной стороны, и бокситовыми породами, с другой. При этом отмечено, что разрезы с отчетливым двучленным делением характерны для краевых частей карстовых воронок или карманов. Нижняя пачка глинистых брекчий достигает в таких разрезах мощности 100 м. Верхняя пачка чередующихся глин и бокситов имеет несколько меньшую мощность (см. фиг. 1, скв. 11). Существуют такие разрезы вблизи борта воронки, где глины смешанного состава с обломочной структурой слагают всю «бокситоносную» пачку. Бокситов в них нет или содержание их ничтожно (см. фиг. 1, скв. 2; 12). Таким образом, обломочные глины имеют более широкое распространение, нежели бокситы. Для срединных частей карстовых воронок характерно иное строение разрезов. Здесь преобладают бокситовые глины, глинистые, каменистые и сухаристые бокситы верхней пачки. В то же время нижняя пачка обломочных глин имеет сокращенную мощность или отсутствует вовсе. Вместе с тем, обломочные глины наблюдаются в толще собственно бокситовых пород не только в нижней, но и в верхней ее части (см. фиг. 1, скв. 3, 4, 5 и 9).



Фиг. 1. Два разреза, широтный и меридиональный, через карстовую воронку, выполненную бокситоносными породами. Краснооктябрьское месторождение, Тургайский прогиб

1 — четвертичные и третичные покрывающие породы. Бокситоносные породы (апт — альб — турон): 2 — глинистая брекчия; 3 — глины каолининовые; 4 — глины бокситовые; 5 — бокситы глинистые; 6 — бокситы сухаристые; 7 — бокситы каменные (желваки); 8 — обломки бокситов; 9 — вторичный сидерит; 10 — флора

Коренные породы и кора выветривания: 11 — известняки нижнего карбона; 12 — туфы порфиритов нижнего карбона; 13 — граница коренной породы и коры выветривания; 14 — верхняя и нижняя границы бокситоносной толщи; 15 — скважины разведочного бурения, указана глубина

Ниже приводим описание двучленного разреза, который является наиболее общим для Краснооктябрьского и других месторождений западного борта Тургайского прогиба.

1. Нижняя пачка глин смешанного состава сложена, главным образом, темно-коричневыми, грязно-коричневыми и коричнево-бурыми глинами с четкой обломочной структурой. Обломки размером от 0,07 мм до 10—15 см. так же как и цемент, имеют глинистый состав. Чаше всего они каолинитовые, каолинит-гидрослюдистые и гидрослюдисто-монтмориллонитовые. Различная форма и окраска обломков придает этим глинам «пестрый» облик. В ряде обломков наблюдается отчетливая структура порфиринов и туфов. Значительную часть обломков составляют гидрогематит, гематит, иногда кварц и глиноземисто-железистые бобовые породы.

Цемент каолинитовый или каолининово-гидрослюдистый с примесью тонкораспыленных гидроокислов железа. Сама цементирующая масса также имеет микрообломочную структуру с размером обломков 0,005—0,07 мм. Характерной чертой обломочных глин смешанного состава является присутствие бурых рыхлых гидрогематитовых бобовин и их обломков, местами образующих скопления.

Почти во всех разрезах в составе пачки обломочных глин наблюдаются различной формы обломки каменистых и сухаристых бокситов размером от нескольких до 10—20 см. Эти обломки или рассыпаны беспорядочно в массе глины, или образуют скопления. Иногда эти обломочные бокситы достигают мощности нескольких метров и залегают прямо на известняках в наиболее глубокой части воронки, как бы «запечатываясь» глинами с обломочной структурой. В этом случае бокситы так же, как и глины, имеют отчетливую обломочную структуру. В нижней части пачки глинистых брекчий наблюдаются также разрозненные желваки и линзы бурого железняка и алюмогематита протяженностью от нескольких сантиметров до 10—12 м.

Среди обломочных глин смешанного состава иногда встречаются линзы каолининовых и бокситовых глин с многочисленными обугленными остатками растительной ткани, окрашивающими породу в темно-серый и черный цвет. Под микроскопом такие глины также обнаруживают микрообломочную структуру. В самых низах этой пачки обычно присутствуют наиболее грубообломочные породы, как бы свалы глинистых обломков из разных зон коры выветривания с сохранившейся структурой материнских пород. Размер обломков до 50 см. Выше они сменяются более мелкообломочными породами (от 0,07 до 15 см).

2. Верхняя пачка бокситовых глин, глинистых, сухаристых и каменистых бокситов. В разрезе этой пачки, как правило, преобладают бокситовые глины, глинистые и сухаристые бокситы. Каменистые бокситы образуют желваки или скопления желваков, мощность которых колеблется от нескольких сантиметров до 1—3 м.

Глины ярковыраженной обломочной структуры в составе верхней пачки играют подчиненную роль, чередование пород по вертикали весьма прихотливое. На разрезе через карстовую воронку (см. фиг. 1) видно, что распределение пород в двух соседних скважинах, отстоящих друг от друга на 50—100 м, совершенно не совпадает. Поэтому механическое соединение одинаковых пород в разных скважинах и прослеживание горизонтов является ошибкой, хотя и практикуется довольно часто при разведочных работах. Весьма прихотливое распределение пород в разрезе соответствует их изменчивости и по простиранию (см. фиг. 1). С этими породами часто чередуются серые и черные бокситовые глины, содержащие обугленные обломки растений и похожие на глины с растительными остатками, которые встречаются в нижней пачке.

Бокситы глинистые, связанные взаимопереходами с бокситовыми глинами, обычно красно-бурые, ржаво-красные, кирпично-красные. Это рыхлые породы с редкими рыхлыми темно-бурыми железистыми бобовинами и их обломками размером 1—3 мм, реже до 5 мм, которые составляют 5—15% породы.

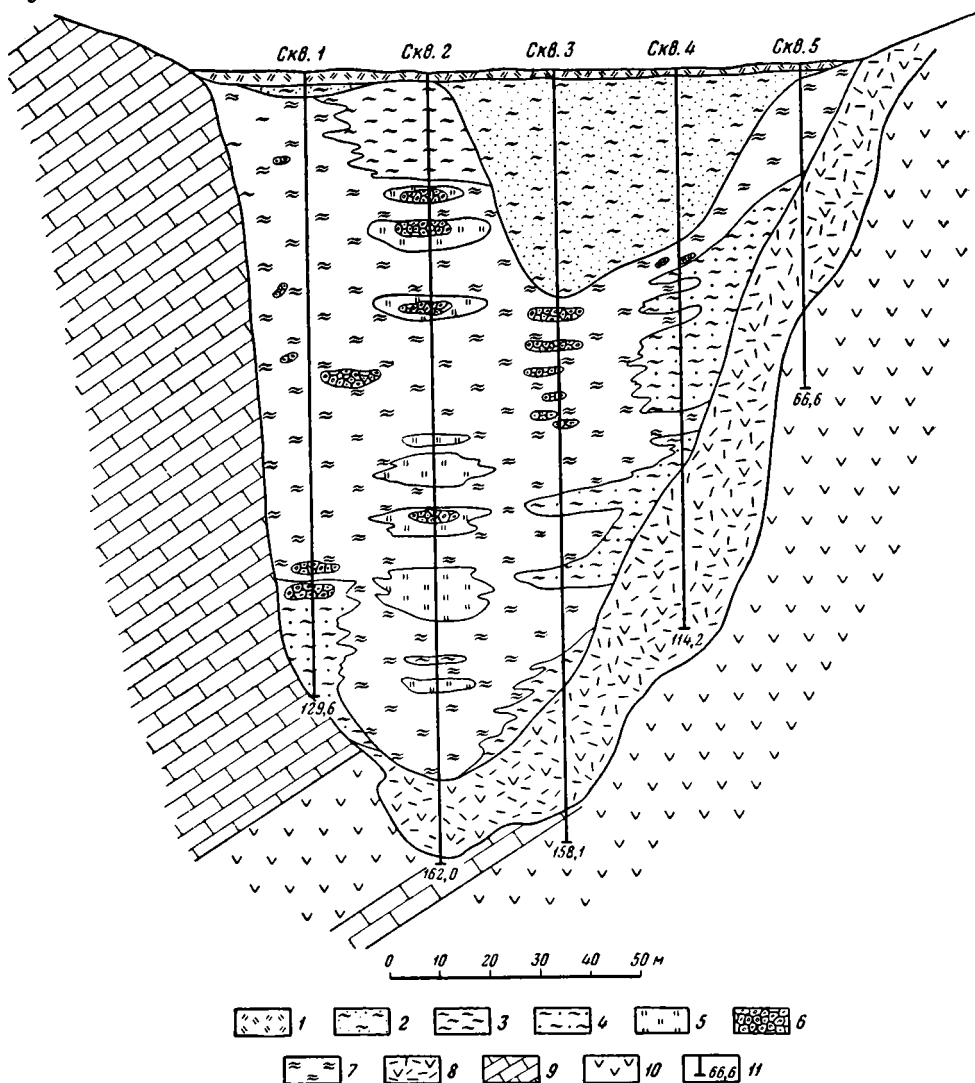
Бокситы сухаристые более «прочные», марки, обычно кирпично-розового цвета, с неравномерно рассеянными, чаще рыхлыми железистыми бобовинами и их обломками. Размер обломков 1—5 мм, они составляют 10—20% породы. Как в глинистых, так и в сухаристых бокситах бобовины иногда отсутствуют, в тех и других встречаются зеленоватые обрывки растительных тканей.

Каменистые бокситы залегают среди сухаристых и глинистых бокситов, а также глин бокситовых и каолиновых в виде желваков и их скоплений. Отличительной чертой каменистых бокситов, помимо их высокой прочности, каменистости, является наличие большого количества бобовин и их обломков размером 2—6 мм. Количество бобовин в каменистых бокситах не бывает менее 40% и часто превосходит 60—70% породы. Окраска каменистых бокситов обычно бордово-красная, красно-коричневая и красно-бурая, а бобовин и их обломков — красно-бурая, бордово-красная и черная. Бобовины обычно такие же прочные, как цемент, или еще прочнее. Характерной чертой черных бобовин является их магнитность, обусловленная присутствием маггемита.

В каменистых бокситах наблюдаются прожилки ферриаломогеля мощностью до 0,5—0,7 см, корродирующие и замещающие железисто-глиноземистый цемент бокситов, частично бобовины и их обломки. Свежие каменистые бокситы встречаются довольно редко. Окраска их темно-бордовая, излом раковистый, черные магнитные бобовины имеют металлический блеск. Такой боксит наблюдается в центральных частях (в ядрах) крупных желваков каменистого боксита. Краевые части таких желваков, а иногда и желваки целиком, состоят из каменистых бокситов, который уже подвергся выветриванию или переработке вторичными процессами (Лисицына и Пастухова, 1961). В этом случае каменистый боксит становится тусклым, теряет свой блеск, излом его становится шероховатым, черные бобовины единичны, они превращаются в бордово-красные. Окраска такого боксита красно-бурая, он напоминает по облику сухаристый боксит, отличаясь от него большей прочностью и большим количеством бобовин.

Возраст бокситов Краснооктябрьского месторождения определялся по данным спорово-пыльцевого анализа. Изучение спорово-пыльцевых спектров из ряда опорных скважин производилось в разное время И. Г. Ковалевской, Н. С. Евлентьевой, Е. Д. Заклинской (Заклинская, 1959). В спектрах из нижней пачки глин смешанного состава преобладают покрытосемянные над голосемянными и спорами. Их состав позволяет датировать возраст нижней пачки как альб — сеноман. Спектры верхней пачки бокситов и глин заметно отличаются от спектров нижней. В них еще больше сокращается количество голосемянных, а в группе покрытосемянных увеличивается количество пыльцы *Extratripopoele-nites*. Возраст бокситовых пород верхней пачки определяется как вторая половина турона, причем верхняя возрастная граница неясна, ее определяют условно как начало сенона.

Такое определение возраста обеих свит заставляет предполагать перерыв в накоплении между нижней и верхней пачкой бокситоносных пород. На самом деле перерыв в накоплении вряд ли мог иметь место. Изучение разреза бокситоносных пород с полной очевидностью показывает, что переход от нижней пачки к верхней весьма постепенный, причем обломочные глины присутствуют также в составе верхней пачки, тогда как бокситы наблюдаются и в нижней. Более того, мы уже



Фиг. 2. Разрез через карстовую воронку, выполненную бокситоносными породами.
Софиевское месторождение, Казахское нагорье

1 — четвертичные суглинки; 2 — песчаные глины (верхний миоцен — нижний плиоцен).
Бокситоносные породы (палеоцен — эоцен); 3 — глины бокситовые безбобовые; 4 — глины бокситовые бобовые; 5 — бокситы сухаристые; 6 — бокситы каменные; 7 — бокситы глинистые.
Кора выветривания и коренные породы: 8 — глины коры выветривания порфиров; 9 — известняки докембрия; 10 — порфиры докембрия; 11 — скважины разведочного бурения, указана глубина

видели, что двучленные разрезы с мощной верхней пачкой глин и бокситов сменяются в краевых частях карстовых воронок пачкой глин обломочной структуры. Таким образом, глины обломочной структуры не всегда являются более ранним образованием, чем бокситовые породы. В краевых частях воронок они накапливались одновременно с бокситовыми породами центральных частей.

Таким образом, вопрос о возрасте бокситоносной толщи и тем более о перерыве в бокситообразовании нельзя считать решенным. Данные

спорово-пыльцевого анализа позволяют только определить весь период накопления пород, выполняющих карстовые воронки в Тургайском прогибе, как апт — альб до тулона включительно.

Разрезы, близкие по составу пород и строению бокситоносной пачки к Краснооктябрьским, характерны и для других месторождений западного борта Тургайского прогиба и отличаются только в деталях. Так, например, в разрезе Темирского месторождения еще более значительную роль играют обломочные глины.

Бокситоносные породы на месторождениях карстового типа других областей, например Целиноградской в Казахском нагорье, по типу разреза также весьма близки к Краснооктябрьским (фиг. 2). Характерно, что развитие нижней пачки обломочных глин смешанного состава и на этих месторождениях также приурочено к краевым частям карстовых воронок и особенно таких, где в бортах воронок присутствуют вулканогенно-осадочные породы.

2. Разрез бокситоносных пород Амангельдинских месторождений (приконтактный тип — месторождения, приуроченные к линейной коре выветривания)

На Амангельдинских месторождениях Казахского нагорья наиболее полные разрезы бокситоносных пород наблюдаются в глубоких карманах в толще глин коры выветривания линейного типа. Такие карманы глубиной до 150 м и более характерны, например, для крутого восточного крыла Аркалыкской синклинали пород девона и нижнего карбона. Линейная кора выветривания образовалась здесь вдоль контакта песчано-сланцевых пород среднего девона — франского яруса — и карбонатных пород фамена и турне.

В пологом западном крыле Аркалыкской синклинали глубина карманов значительно меньше и мощность бокситоносных пород соответственно не превышает 10—20 м.

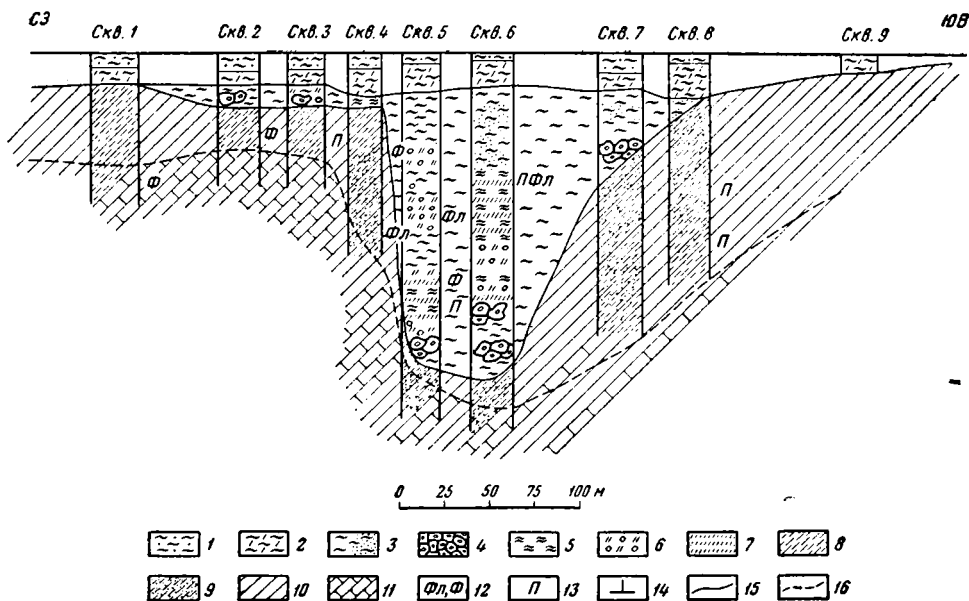
Ниже приводим описание разреза бокситоносных пород в одном из карманов восточного крыла. Глубина кармана 176 м, размеры в плане 175×350 м. Бокситоносная пачка залегает на песчанистых серых и желтых глинах коры выветривания. В верхней части глины розовые, содержат бурые железистые бобовины. Переход от глин коры выветривания к бокситоносной пачке постепенный, граница проводится условно.

В разрезе бокситоносных пород снизу вверх выделяются (фиг. 3, скв. 6):

1. Пачка пестроокрашенных глин и глинистых бокситов с конкрециями каменистых бокситов. Глины кирпично-красные, желтые, сиреневые, белые в верхней части пачки чередуются с кирпично-красными глинистыми бокситами. Каменистые бокситы образуют конкреции диаметром 6—7 см среди глинистых пород.

Пестроокрашенные глины каолиновые, структура их обломочная или бовово-обломочная. Редкие красно-бурые железистые бобовины размером 2—2,5 мм состоят из гидрогематита с реликтами гематита. Обломки размером от сотых долей до 0,5 мм каолиновые, из тонкодисперсного глинозема, реже гиббситовые и кварцевые, встречаются обрывки растительной ткани, редкие зерна циркона и сфена.

Помимо обломков, встречаются микробобовинки размером до 0,1 мм, в центре каждой находится обломок, замещенный гиббситом. Оболочка железисто-глиноземистая. Основная масса глины порфирированной текстуры состоит из тонкодисперсного каолинита с рассеянными в нем более крупными вермикулитами. Присутствуют также гидрогематит и гидрогетит, пятнисто окрашивающие породу. Некоторые прослои глин не содержат гиббсита, зато в их основной массе рассеяны листочки



Фиг. 3. Разрез через карман в коре выветривания глинисто-карбонатных пород девона, выполненный бокситоносными породами. Амангельдинские месторождения, Казахское нагорье

1 — зеленые гипсоносные глины (нижний и средний миоцен); 2 — пестроцветные глины (верхний олигоцен)

Бокситоносные породы (палеоцен — эоцен): 3 — глины каолинитовые и бокситовые, местами песчаные; 4 — боксит каменистый; 5 — боксит глинистый; 6 — боксит сухаристый; 7 — серые углистые глины и бокситы.

Кора выветривания по глинисто-карбонатным породам девона (триас — эоцен): 8 — глины (по данным скважин); 9 — песчаные глины (по данным скважин); 10 — породы коры выветривания, не вскрытые скважинами; 11 — глинистые известняки и доломиты (девон, фаменский ярус); 12 — фауна и флора; 13 — пирит; 14 — скважины разведочного бурения; 15 — верхняя и нижняя границы бокситоносной пачки; 16 — нижняя граница коры выветривания

гидроглин. Резких границ между такими глинами и высокоглиноземистыми разностями не отмечено.

Глинистые бокситы отличаются от глин повышенным содержанием свободного глинозема в тонкодисперсной форме, а также в виде гиббсита, который слагает небольшие участки в цементе, замещает отдельные зерна или выполняет поры в цементе и бобовинах. Макроскопически глинистые бокситы неотличимы от бокситовых глин.

Желваки каменистого боксита представляют собой плотную кирпично-красную или красно-бурую породу бобово-обломочной структуры (табл. XXXI, 2а, 2б, 2в, 2г). Бобовины и их обломки красно-бурые глиноземисто-гематитовые и гидрогематитовые составляют 40—50% боксита. Из минералов глинозема присутствуют корунд и гиббсит. Характерны угловатые зерна кварца, частично или полностью замещенные гиббситом. Цемент микробово-обломочный, состоит из микробовинок, образовавшихся за счет нарастания железистых и глиноземистых оболочек вокруг зерен гиббсита, реже кварца или каолинита; зерна без оболочек встречаются реже. Основная масса железисто-глиноземистая, преобладает кристаллический гиббсит.

Мощность пачки глин с желваками каменистого боксита — 33 м.

2. Пачка серых глин и глинистых бокситов с редкими скоплениями бобовинок более темного серого цвета. Встречаются углистые включения и линзообразные прослойки углистого вещества, а также обугленные обрывки растительной ткани. Глины обломочной структуры содержат около 5% угловатых зерен размером 0,2—0,4 мм каолинитовых по со-

ставу, редко кварцевых, иногда замещенных гиббситом. Крупные бобовины размером 2—5 мм встречаются редко, в них также заметны обломки, сцементированные тонкодисперсным каолинит-глиноземистым веществом. Микробобовинки размером до 0,1 мм представляют собой сгустки алюмогеля.

Основная масса белых и серых глин как правило каолинитовая порфириовидной текстуры. В тонкодисперсной массе рассеяны более крупные кристаллы — пакеты каолинита размером до 0,1 мм, реже чешуйки гидрослюд.

Глинистые бокситы чередуются с глинами, образуют в них линзы и пятна и связаны с ними постепенными переходами. Они обладают той же структурой и близки по составу, но отличаются повышенным содержанием глинозема. Как и в красных железистых глинистых бокситах, глинозем присутствует среди основной массы серых и белых бокситов в тонкодисперсной форме, реже в виде гиббсита, замещает обломки, выполняет поры. Мощность пачки 5 м.

3. Пачка красных и розовых глин и глинистых бокситов, с желваками каменистого боксита. Переход от пачки серых глин и бокситов (пачка 2) к розовым и красным постепенный через белые обесцвеченные породы. Выше обесцвеченных пород залегают красные глины и глинистые бокситы с белыми пятнами, еще выше розовые и сиреневые. Глины и бокситы содержат 5—10% красно-бурых железистых бобовин размером 2—5 мм. Большая часть глин имеет обломочную структуру и почти не отличается от обломочных глин нижней пачки (пачка 1). Много обрывков растительной ткани, но в отличие от нижележащих углистых глин пачки 2 обрывки бурые, окисленные. Гиббсит и тонкодисперсный глинозем¹ присутствуют в тех же формах, что и в нижележащих породах пачек 1 и 2. Мощность 40 м.

4. Пачка белых и серых глин и глинистых бокситов. Серые глины отличаются от белых присутствием обугленного растительного детрита, а также линзообразных включений углистого вещества. Обломки растительной ткани и углистые включения в ряде случаев ориентированы в одном направлении, так же, как и чешуйки глинистого вещества. В других участках породы растительный детрит располагается беспорядочно. Глины каолинитовые имеют обломочную структуру. В глинистых бокситах обломки видны только при одном николе. В скрещенных николях порода однородная, слабо анизотропная, каолинитовая с примесью глинозема с рассеянными в основной массе вермикулитами каолинита. Отдельные участки сложены алюмогелем или мелкокристаллическим гиббситом. Последний замещает также часть обломков и выполняет пространство между микробобовинками-сгустками алюмогеля. Мощность 10—11 м.

5. Пачка красных глин и глинистых бокситов. Красные и розовые глины с белыми пятнами и глинистые бокситы пятнисто чередуются в разрезе. В них рассеяны красно-бурые железистые бобовины. По своему составу и структуре породы этой пачки мало отличаются от красноватых пачек 1 и 3. Растительные остатки бурые, ожелокненные. В глинистых бокситах всюду видны следы выщелачивания, поры от выщелоченных зерен каолинита и кварца и трещинки выполнены гиббситом. Мощность 5,4 м.

6. Пачка серых и белых глин и глинистых бокситов постепенно сменяет нижележащие породы, красная окраска которых меняется на белую. Присутствующие в породах обломки растительной ткани, красно-

¹ Термин «глинозем» или «тонкодисперсный глинозем» употребляется для обозначения тонкодисперсной, слабо реагирующей на поляризованный свет смеси окислов и гидроксидов алюминия в отличие от его трехгидратной кристаллической формы, именуемой гиббситом.

бурые в нижележащей пачке, здесь черные, углистые. Встречаются кристаллики пирита. По своему составу и структуре породы этой пачки в массе не отличаются от серых и белых глинистых пород пачки 4. Однако отдельные прослои содержат значительную примесь угловатых зерен кварца, каолинита, листочки гидрослюда, обрывки растительной ткани, примесь зерен циркона размером 0,01—0,1 мм. Цемент гидрослюдисто-каолинистый, с ориентированным расположением частиц. Среди глинистых пород встречаются прослои легкой углистой породы с большим количеством обугленных растительных остатков. Мощность 12 м.

7. Пачка песчанистых глин и бокситов. Глины белые с розовыми и красными пятнами гидрогематита, которые, сливаясь, дают петельчатый рисунок. Кварцевые зерна присутствуют в глине в количестве до 10—20% (табл. X, 3, 4). Размер зерен 0,01—0,15 мм. Цемент — чешуйчатая каолинистая глина, участками гидрослюдисто-каолинистая, ориентированно угасающая. Нижние 10 метров этой пачки сложены пестроокрашенными каолинистыми глинами вишневого, белого, сиреневого цвета с бурыми железистыми бобовинами. Мощность 43,5 м.

Общая мощность бокситоносной толщи 150 м.

Выше без резкой границы залегают пестроцветные глины континентальной толщи олигоцена, которые перекрываются зелеными морскими глинами аральской свиты нижнего и среднего миоцена (Разумова, 1957).

Как видно из описания разреза, преобладающая часть бокситоносной толщи, выполняющей глубокий карман в коре выветривания, представлена глинистыми бокситами и глинами. Среди них каменистые бокситы образуют конкреционные тела и желваки, преимущественно в нижней части толщи. Для большей части пород бокситоносной толщи, включая каменистые бокситы, характерны обломочные структуры, по всему разрезу сверху донизу в том или ином количестве встречаются растительные остатки в виде обрывков растительной ткани или обломков обугленной древесины.

Глинистые бокситы и глины чередуются без видимой закономерности и переходы одних в другие постепенные.

Пачки пород, выделенные в разрезе, внешне отличаются своей окраской, которая обусловлена содержанием и формами присутствующего в них железа. Формы железа, в свою очередь, зависят от количества органического вещества: обогащенные органическим веществом породы содержат железо в небольших количествах (1—1,5%), частично в закисной форме и имеют серую и черную окраску. Там, где органического вещества совсем нет, железо присутствует в окисной форме и окрашивает породы в разные оттенки красного цвета. Таким образом, никакой слоистости в разрезе установить не удастся: породы пятнисто сменяют одна другую снизу вверх по разрезу.

Изменения пород по простиранию также лишены закономерности.

В целом, бокситовая толща, выполняющая глубокий карман в коре выветривания, сложена пестроокрашенными глинами и глинистыми бокситами, среди которых неравномерно распределены желваки каменистого боксита, наиболее мощные линзы каменистых бокситов тяготеют к верхней части разреза. И глины, и бокситы имеют обломочную и бобово-обломочную структуру, характерно присутствие растительного детрита и участков углистых пород. В юго-западной части бокситового кармана мощность углистых пород, чередующихся с черными и серыми глинами, достигает 70 м.

Сходное строение бокситоносной толщи наблюдается и в крутом северо-восточном крыле другой палеозойской синклинали — Акжар-Ашутской.

В пологих крыльях, складчатых структур пород палеозоя, где глубина карманов, выполненных бокситоносной толщей, значительно мень-

ше, разрез этой толщи принципиально не отличается от рассмотренного выше, однако соотношения глинистых пород (глин и бокситов) с каменистыми и сухаристыми могут быть иными: каменистые бокситы местами составляют до половины всех бокситоносных пород.

Возраст Амангельдинских бокситов, по данным спорово-пыльцевого анализа, определен Е. Д. Заклинской (1959), а позднее и З. К. Жученко как начало палеогенового периода: палеоцен — начало эоцена. Большинство геологов, работавших на месторождениях, придерживаются этого определения (Волков, 1959; Тюрин и Кальменев, 1959 и др.). Существует, однако, и другая точка зрения — Е. П. Бойцовой, которая также анализировала спорово-пыльцевые комплексы разных районов Тургайского прогиба. Вместе с Н. К. Овечкиным и Б. М. Михайловым (Геологическое строение Тургайского прогиба, 1961) она считает амангельдинские бокситы верхнемеловыми, скорее всего сантонскими.

Можно сделать следующие общие выводы о строении бокситоносной толщи в Тургайском прогибе и Казахском нагорье.

1. В составе толщи бокситовых пород преобладают глины, глинистые и сухаристые бокситы. Красные каменистые бокситы образуют желваки и скопления желваков мощностью от нескольких сантиметров до 1—3 м.

2. Вся толща в целом неоднородна, лишена слоистости и крайне изменчива как в разрезе, так и по простиранию. Для бокситовых пород характерна пятнистая окраска с преобладанием красного, розового и белого цветов.

3. Для всех пород, слагающих бокситоносную толщу, от глин до каменистых бокситов, характерна обломочная структура. В составе обломков присутствуют глинистые породы коры выветривания, гематит и гидрогематит, кварц, обломки растительной ткани. Состав обломков варьирует в зависимости от состава пород коры выветривания, подстилающей бокситоносную толщу или слагающей стенки карстовых воронок, выполненных бокситами.

Глава III

КЛАССИФИКАЦИЯ КОНТИНЕНТАЛЬНЫХ ПЛАТФОРМЕННЫХ БОКСИТОВ И ГЛИН БОКСИТОНОСНОЙ ТОЛЩИ

При описании бокситовых пород континентального происхождения, развитых на платформах, разные авторы выделяют среди них несколько литологических разновидностей. Первые исследователи казахстанских бокситов (Великовская, 1936 и др.) для разделения пород бокситовой пачки часто принимали во внимание чисто случайные признаки, такие, как цвет цемента и бобовин и т. д. В дальнейшем, среди бокситов и вмещающих их пород стали выделять так называемые «литологические разновидности» или «литологические типы», иногда «структурные типы». Существующие классификации такого рода представлены в табл. 1. Сравнивая данные разных авторов, можно видеть во-первых, что под «литологическими» признаками обычно подразумеваются частично физические свойства пород (глинистые, каменные, рыхлые и т. д.) и частично их структурные признаки (бобовые или пизолитовые породы, безбобовые, обломочные и т. д.). Число разновидностей у разных авторов варьирует, однако все они для бокситов сводятся к трем или четырем, а именно к каменным, сухаристым, рыхлым, глинистым или глиноподобным; иногда выделяют также углистые бокситы (Тюрин, Кальменев, 1959). Б. П. Кротов делит все бокситы на глинистые и «бобовые» или «пизолитовые», однако из описания этих типов видно, что в число пизолитовых он включает каменные и сухаристые разновидности. Среди глин также выделяют несколько типов, причем почти все авторы описывают раздельно так называемые бокситовые глины, т. е.

глины, содержащие свободный глинозем с отношением $\frac{\text{Al}_2\text{O}_3}{\text{SiO}_2} \geq 0,85 - 1$,

и все другие, в которых свободного глинозема не обнаружено. Некоторые классификации, приведенные в табл. 1, в той или иной мере учитывают особенности структуры бокситов (Каржавин, 1958; Кротов, 1958; Пасова, 1958, 1959; Гольберт, 1961), однако ни одна из них не построена по единому структурному признаку. «Структурные разновидности» Ф. Г. Пасовой выделены ею с учетом микроструктуры пород, однако принцип этот не везде выдержан. Так, «трубчатые» бокситы, пронизанные извилистыми трубчатыми порами, при рассмотрении под микроскопом оказываются в то же время бобово-обломочными по своей микроструктуре. «Трубчатость» в данном случае является наложенным тектурным признаком.

Литологические типы или разновидности бокситовых пород табл. 1, как уже отмечалось, близки у разных авторов. Они удобны при полевом

Таблица 1

Литологические разновидности бокситовых пород континентального генезиса, по данным разных авторов
(Восточный склон Урала, Казахстан, Западная Сибирь)

Н. А. Каржавин, 1958	Б. П. Кротов, 1958	Ю. Б. Басс, 1958	А. Н. Волков, 1959; Б. А. Тюрин, М. А. Кальменев, 1959	Ф. Г. Пасова, 1959	С. Л. Спирин, Ф. Г. Пасова, 1960	Е. Н. Куземкина, 1960	А. В. Гольберг, 1961
Литологические типы бокситовых пород нижнемелового возраста Восточного склона Урала. Бокситы Каменистый бобовый Рыхлый бобовый Глинистый Глиноподобный Глина бокситовая	Бокситоносные породы нижнемеловых бокситов Восточного склона Урала Глины Пестрые, бокситовые Бокситы Глинистые Бобовые или пизолитовые	Разновидности среднеэоценовых бокситов юга Украины Каменистые Рыхлые Глинистые	Литологические разновидности бокситовых пород палеоцен — эоцена Амангельдинских месторождений Бокситы Каменистые Рыхлые Сухаристые Глинистые Углистые Глины Бокситовые	Структурные разновидности палеоцен — эоценовых бокситовых пород Амангельдинских месторождений Бокситы Каменистые а) мелкобобовые б) крупнобобовые в) обломочные г) трубчатые Сухаристые Глиноподобные Глины Бокситовые а) бобовые б) однородные в) брекчиевидные Пластичные Угисто-глиноземистые породы	Бокситовые породы юго-западной части Чулымо-Енисейской впадины (нижний мел) Бокситы Каменистые Рыхлые Глиноподобные Глины Бокситовые Пластичные Глиноземистые бобовые железняки	Литологические разновидности в меловых бокситовых породах Ливановского месторождения Бокситы Каменистые Рыхлые Глинистые Глины Бокситовые Каолинитовые Пестроцветные Делювиальные	Ливановское месторождение (верхний мел) Бокситы Глинистые а) бобовые б) безбобовые Рыхлые — бобовые Каменистые — бобовые Глины Бокситовые а) бобовые б) безбобовые Аллювиально-пролювиальные

Т а б л и ц а 2

Структурные типы мезо-кайнозойских глин и бокситов восточного склона Урала, Казахского нагорья и Западной Сибири

Типы пород	Структура пород в целом	Количество бобовин или обломков (в % от всей породы)	Микроструктура цемента	Количество микробобовин и микрообломков (в % от цемента)
Глины смешанного состава (глинистые брекчии, песчаниковидные глины)	Редкобобово-обломочная	Бобовины 3—10% Обломки до 80%	Обломочная → алевропелитовая → песчанопелитовая	Микрообломки Частицы 0,01—0,1 мм составляют от 5 до 50% Зерна 0,1—1 мм составляют 5—50%
Глины каолининовые	Редкобобово-обломочная Редкобобовая Безбобовая	Бобовины 3—10% Обломки 3—30%	Обломочная → пелитовая → алевропелитовая → песчанопелитовая	Частицы <0,01 мм составляют 90%, частицы 0,01—0,1 мм составляют 5—50%. Зерна 0,1—1 мм составляют от 5 до 50%
Глины каолининовые и глиноземисто-каолининовые, углистые или лигнитовые	Фитодетритовая Редкобобово-фитодетритовая	Обломки 3—50% Бобовины 3—10%	Обломочная → фитопелитовая → фитоалевропелитовая → фитопесчанопелитовая Микробобово-обломочная	Частицы <0,01 мм составляют 90%, частицы 0,01—0,1 мм составляют 5—50%, зерна 0,1—1 мм составляют от 5 до 50%. Микробобовины составляют 3—10%
Глины бокситовые	Редкобобово-обломочная Редкобобовая Безбобовая	Обломки 3—50% Бобовины 3—10%	Обломочная → пелитовая (редко) → алевропелитовая → песчанопелитовая Микробобово-обломочная	Микробобовины до 10% 10—40%
Бокситы глинистые	Редкобобово-обломочная Редкобобовая Безбобовая (редко)	Обломки 3—50% Бобовины 5—15%	Обломочная → пелитовая → алевропелитовая → песчанопелитовая Микробобово-обломочная Сгустковая	до 10% 10—40%
Бокситы сухаристые	Обломочно-редкобобовая Редкобобовая	Обломки 3—10% Бобовины 5—20%	Обломочная Микробобово-обломочная Обломочно-микробобовая Сгустковая	до 10% 10—40% 40—80%
Бокситы каменистые	Обломочно-бобовая Конгломератовая Брекчиевая	Количество обломков и бобовин переменное бобовины 40—80%, их обломки до 30% обломки разного состава 3—5%	Обломочная Микробобово-обломочная Обломочно-микробобовая Колломорфная	до 10% 10—40% 40—80%

изучении пород, так как хорошо различаются макроскопически. При более длительном изучении бокситов и в особенности с целью объяснения их генезиса, необходимо произвести и более детальное расчленение, положив в его основу первичные генетические или структурно-генетические признаки.

Микроскопическое изучение структур бокситовых пород большинства месторождений Казахстана и частично Западной Сибири позволило выделить среди них следующие структурные типы (табл. 2).

Типы пород, указанные в таблице, выделены по литологическому составу и физическим свойствам, которые позволяют более или менее надежно различать породы макроскопически при полевом изучении. Что касается таких типов, как бокситовые глины, глинистые, сухаристые и каменистые бокситы, то они, помимо этого, являются общепринятыми и фигурируют почти во всех описаниях континентальных платформенных бокситов Советского Союза.

Дальнейшее выделение структурных типов глин и бокситов производилось с учетом двух факторов, а именно:

1. Структуры породы в целом, т. е. размера и количества содержащихся в ней бобовин или обломков.

2. Микроструктуры цементирующей массы (цемента).

В тех случаях, когда в породах, преимущественно глинистых, отсутствуют заметные простым глазом обломки или бобовины, микроструктура цемента определяет и структуру породы в целом.

Структуры породы в целом

Из таблицы 2 видно, что почти все бокситоносные породы содержат бобовины размером 1—6 мм. Количество бобовин в глинах невелико, не превышает 10%, тогда как в бокситах оно возрастает до 80%. При этом, наряду с бобовинами, почти во всех породах присутствуют также обломки преимущественно глинистого или другого состава. Для глин, в зависимости от количества обломков или бобовин, выделяются редкобобово-обломочные и безбобовые структуры. В лигнитовых глинах не менее 50% обломков составляют обрывки растительной ткани, а также обломки обугленной древесины. Такой состав обломков накладывает свой отпечаток на структуру глины, которая названа нами фитодетритовой.

Бокситы значительно отличаются от глин по количеству бобовин, которое возрастает до 15% в глинистых разностях, до 20% — в сухаристых и до 40—80% — в каменистых. Для последних характерны также многочисленные обломки бобовин, составляющие до 30% боксита. Количество глинистых, железистых и других обломков в бокситах резко сокращается по сравнению с их количеством в глинах. В глинистых и сухаристых разностях еще наблюдается редкобобово-обломочная структура, но более характерна редкобобовая и безбобовая. Что касается каменистых бокситов, то для них наиболее распространенной является обломочно-бобовая структура, возникающая благодаря присутствию в породе, наряду с бобовинами, многочисленных их обломков.

Изредка среди каменистых бокситов встречаются разности с конгломератовой структурой. Такие бокситы наряду с бобовинами содержат крупные (1—10 см) полуокатанные обломки железистых пород и бокситов. Бокситы этого подтипа иногда присутствуют в краевых частях залежей и особенно хорошо представлены на Козыревском месторождении (таблица XXXI, 1).

Реже наблюдаются разности с брекчиевой структурой (Амангельдинские месторождения, табл. XXXII, 2).

Микроструктуры цемента (микроструктуры безбобовых пород)

При микроскопическом изучении всех типов глин и бокситов выделяется ряд структур, которые обуславливаются соотношением первичного обломочного материала, слагающего породу и вторичных новообразований, которые в разной степени перерабатывают этот первичный материал после его отложения. Учитывается также размер обломков и микробовин. Для всех типов глин характерна **обломочная микроструктура**. В зависимости от размера обломков различаются:

1. Пелитовая структура — более 90% частиц имеет размерность меньше 0,01 мм;

2. Алевропелитовая структура — примесь частиц алевритовой размерности составляет от 5 до 50%;

3. Песчанопелитовая — песчаные зерна размером 0,1—1 мм составляют от 5 до 50% породы. Распределение частиц или текстура цемента обычно беспорядочная, особенно в глинистой брекчии.

Начиная с каолинистых глин в цементе развиваются микробовины за счет нарастания каолининово-глиноземистых и железистых оболочек вокруг микрообломков, а также за счет возникновения округлых бесструктурных, аморфных сгустков глинозема. Структура цемента становится микробово-обломочной. Количество микробовинок увеличивается в бокситах и достигает максимума в каменистых разностях. Для глинистых, сухаристых и каменистых бокситов наряду с обломочной микроструктурой характерны **микробово-обломочная и обломочно-микробовая** структура цемента. Такое деление зависит от количественного соотношения микрообломков и бобовинок. При 10—40% микробовин в цементе структура его именуется микробово-обломочной, когда количество микробовин превышает 40%, структура цемента становится обломочно-микробовой. Хорошо развитая обломочно-микробовая структура отличается тем, что почти все микрообломки становятся центрами микробовин, слагающих большую часть основной массы. Однако в ряде случаев бокситы обладают обломочной микроструктурой цемента, которая в зависимости от размерности обломков ближе всего подходит к алевролитовой и песчанистой, а для глинистых бокситов, как и для глин, характерны пелитовая и алевропелитовая микроструктуры.

Рассмотренные нами структуры делятся на два типа: первичные, например, обломочные, обусловленные первичным составом породы, и вторичные, которые образуются в результате вторичного перераспределения материала. Сюда относятся микробово-обломочные и обломочно-микробовые микроструктуры, возникающие благодаря росту микробовин вокруг обломков.

Помимо этих структур, в бокситах наблюдаются еще и структуры третьего типа. Это **сгустковая** микроструктура глинистых и сухаристых бокситов и колломорфная, более характерная для каменистых. Обе структуры возникают одновременно с микробовинами или, еще чаще, несколько позднее. Они в ряде случаев активно меняют ранее образованные структуры и рассматриваются нами как наложенные.

Таблица 2 показывает следующие особенности структурных типов глин и бокситов.

1. Обломочные структуры и особенно микроструктуры наблюдаются во всех типах бокситоносных пород. Они наиболее характерны для глин и постепенно стираются в бокситах.

2. В бокситовых глинах и особенно в бокситах увеличивается количество крупных бобовин и микробовин цемента. В каменистых бокситах бобовины составляют преобладающую часть породы (80%).

3. В каждом типе пород наблюдается усложнение «первичной» обломочной структуры за счет появления «вторичных» новообразований — сгустков и оболочек глинозема и гидроокислов железа вокруг обломков с образованием микробобовин.

Тот факт, что все континентальные бокситы платформ обладают ярко выраженной обломочной структурой, отмечался неоднократно многими авторами (Гладковский и Шарова, 1953^{1, 2}, 1955; Шарова и Гладковский, 1958; Кротов, 1958; Лисицына, 1956¹; Гольберт, 1961 и др.). Обломочная структура, свойственная бокситовым породам, послужила причиной отрицания этими авторами теории образования бокситов в качестве хемогенного осадка и заставляет искать новые пути для объяснения их генезиса.

Следующие главы посвящены описанию структурных типов мезокайнозойских платформенных бокситов и глин бокситоносной толщи.

Глава IV

СТРУКТУРНЫЕ ТИПЫ БОКСИТОВ И ГЛИН БОКСИТОНОСНОЙ ТОЛЩИ

ГЛИНЫ СМЕШАННОГО СОСТАВА (ГЛИНИСТЫЕ БРЕКЧИИ И ПЕСЧАНИКОВИДНЫЕ ГЛИНЫ)

К типу глин смешанного состава мы относим глинистые породы, содержащие неокатанные обломки, в составе которых преобладают глины разного состава, реже присутствуют кварц, железистые и другие породы.

Состав глинистых брекчий и песчаниковидных глин часто значительно отличается от каолинитового. По этому признаку их приходится рассматривать как самостоятельный тип пород отдельно от каолинистых глин.

Глинистые брекчии чаще всего наблюдаются в основании бокситоносной толщи или в краевых ее частях, фациально замещаая бокситы. Иногда они и песчаниковидные глины переслаиваются с бокситами и бокситовыми глинами. Мощность глинистых брекчий в краевых частях залежей достигает 80—100 м.

Глинистые брекчии и песчаниковидные глины из разных частей разреза представляют собой темно-коричневую, грязно-коричневую, грязно-зеленую, серовато-розовую, реже кирпично-красную или розовато-белую глинистую породу, которая содержит от 40 до 80% обломков преимущественно глинистого состава (табл. I, 1—4; табл. II, 1—3). Цвет и форма обломков самые разнообразные. Пестрая их окраска придает глинам своеобразный облик, благодаря чему эти породы часто описывают как пестроцветные глины, хотя такое определение и не отражает их структуры и условий образования. Размер обломков колеблется от долей мм до 10 см, иногда и более.

Помимо обломков, глинистые брекчии и песчаниковидные глины содержат красно-бурые рыхлые железистые бобовины размером 1—8 мм. Структура породы в целом может быть названа редкобобово-обломочной. Учитывая размер обломков, мы выделяем брекчиевую (более 1 мм) и песчаниковидную (менее 1 мм) структуры. В цементе, в зависимости от размерности обломков, выделяются следующие микроструктуры (см. табл. 2):

1. Алевропелитовая, когда размер обломков колеблется от 0,001 до 0,01 мм (табл. III, 1, 3; табл. IV, 2, 3).

2. Песчанопелитовая, когда преобладают обломки размером 0,1—1 мм (табл. III, 4; табл. IV, 1, 4; табл. V, 2). Эти структурные разновидности преимущественно связаны с определенными частями разреза бокситоносных пород. Грубообломочные разности характерны для

глинистых брекчий нижних или краевых частей разреза. Песчаниковидные глины, переслаивающиеся с бокситами, чаще обладают алевропелитовой или песчанопелитовой структурой цемента.

Текстура глинистых брекчий чаще всего беспорядочная и только в мелкообломочных разностях на отдельных участках встречаются микрослоистые и слоистые текстуры (табл. V, 1, 3, 4).

Состав обломков глинистых брекчий разнообразен. В разнородностях, содержащих крупные обломки, можно безошибочно определить состав исходных пород, которые давали начало этому обломочному материалу. Преобладающая часть обломков представлена каолинитовыми породами, среди которых можно выделить обломки с тонкозернистой и мелкозернистой структурой (табл. III, 3, 4; табл. VI, 2, 3). В них часто присутствует примесь тонкорассеянных гидроокислов железа и титана или мельчайших шестигульных табличек гематита. Часть обломков состоит из чешуек и вермикулитоподобных кристаллов каолинита (табл. VI, 4) размером 0,04—0,05 мм, часто также с примесью гидроокислов железа. Подобные породы каолинитового состава встречаются, например, в верхней зоне коры выветривания основных эффузивов на Краснооктябрьском и некоторых других месторождениях бокситов. Крупночешуйчатые каолиниты характерны для самой верхней части разреза коры.

В составе глинистой брекчий вытянутые листочки каолинита обогащают отдельные прослойки и микролинзы (табл. V, 1).

В большом количестве в обломочных глинах из разных частей месторождения встречаются обломки гематитового и гидрогематитового состава, размером от долей мм до 1 мм и более. Форма их остроугольная и полуокатанная. Внутри обломков железистого состава, как правило, присутствуют остроугольные зерна кварца, а часто и листочки каолинита размером 0,04—0,1 мм (табл. VII, 2). По всей вероятности, источником такого рода обломков была самая верхняя железистая корка, характерная для латеритных образований. Среди обломков достаточно широко распространены обломки гидрослюдисто-каолинитовых и гидрослюдисто-монтмориллонитовых глин, часто с ориентированным погасанием в скрещенных николях. Как правило, такие обломки обладают реликтовой структурой порфирита, где четко различается основная масса и лейсты, замещенные глинистыми минералами (табл. III, 1, 2). Многие обломки пятнисто окрашены тонкодисперсными гидроокислами железа. И те и другие, по-видимому, поступали из нижних зон коры выветривания порфиритов. В подчиненном количестве встречаются обломки хлорита и хлорит-гидрослюдистых пород. На южных участках Краснооктябрьского месторождения в составе глинистых брекчий и песчаниковидных глин довольно широко распространены обломки выветрелых туфопесчаников и туфоалевролитов, содержащих сферолиты и кристаллики пренита, а также и отдельные обломки пренита, который присутствует здесь в исходных породах коры выветривания. В местах развития гранит-порфиров в составе глинистой брекчий наблюдается увеличение обломков кварца и измененных кислых пород (табл. VI, 1). В то же время в других местах кварц в обломочных глинах встречается, как правило, в виде единичных зерен. Заметно обогащаются зернами кварца глинистые брекчий Амангельдинских месторождений, где в составе породы палеозойского фундамента широко распространены аркозовые песчаники.

В виде единичных зерен повсюду встречаются циркон, клиноцоизит, рутил, ильменит, брукит, сфен, иногда барит.

Особо следует остановиться на обломках железисто-глиноземистых и каолинитово-железистых пород с отчетливой или расплывчатой микробобовой структурой. При изучении глинистых брекчий преимуще-

ственно из нижней части бокситоносной пачки, наблюдались обломки красно-бурых железистых и железисто-глиноземистых пород. Размер обломков колеблется от долей миллиметра до нескольких сантиметров. Химический состав их (в %): Al_2O_3 — 28,6; SiO_2 — 17,3; Fe_2O_3 — 34,7; TiO_2 — 2,1 и H_2O^+ — 10,4. В одних образцах содержание Fe_2O_3 понижается до 8,4%, а SiO_2 до 9,5%, в других, напротив, примесь свободного глинозема невелика, тогда породу можно назвать каолинитово-железистой. Форма обломков такого состава в одних участках месторождения угловатая и округло-угловатая (табл. IV, 1), в других такие обломки оказываются как бы раздавленными, стиснутыми между более прочными обломками гематита, гидрогематита. Это в какой-то мере указывает на то, что в момент накопления такие обломки вероятно были довольно рыхлыми или пластичными. Как уже указывалось, обломки такого состава имеют, как правило, более или менее четкую микробобовую или микробобово-обломочную структуру (табл. I, 2а, 2б, 4), микробобовины в них гидрогематитовые, обломочки представлены гематитом, тонкозернистыми каолинитовыми породами, листочками каолинита, лейкоксенизированным ильменитом. Встречаются также округло-угловатые обломки бобовин, типичных для бокситовых пород с характерными трещинами усыхания (табл. VII, 1). В ряде скважин глинистые брекчии в основании бокситового разреза содержат такое количество обломков железисто-глиноземистых пород, что представляют собой боксит с содержанием Al_2O_3 50—51%, SiO_2 9—10%, Fe_2O_3 8—9%, H_2O^+ 24—25%. В глинистых брекчиях и песчаниковидных глинах встречаются рыхлые бобовины железисто-глиноземистого состава размером от 1 до 5—6 мм. Цвет этих бобовин коричнево-бурый, форма их округлая или округло-неправильная. Нередко встречаются обломки округлых бобовин (табл. VII, 1, 3). Внутри бобовин обычно присутствуют угловатые зерна кварца. Бобовины и их обломки распределены крайне неравномерно, местами они отсутствуют, местами дают скопления.

Масса, цементирующая эти разнообразные по составу обломки и бобовины, составляет 15—20% породы и достигает изредка 30—35%. Участками основная масса почти отсутствует и обломки плотно примыкают или вдавлены друг в друга. По составу она железисто-каолинитовая, представляет собой тонкодисперсную и тонкозернистую массу каолинита с тонкорассеянной примесью гидроокислов железа, окрашивающей ее в бурый или коричневый цвет. В цементирующей массе в большом количестве рассеяны такого же состава обломки размером 0,005—0,05 мм. Местами основная масса в глинистой брекчии имеет гидрослюдисто-каолинитовый состав с примесью гидроокислов железа.

ГЛИНЫ КАОЛИНИТОВЫЕ

Каолинитовые глины встречаются в разрезе бокситоносных пород наряду с так называемыми бокситовыми глинами, которые в отличие от каолинитовых имеют в своем составе заметные количества свободного глинозема ($>5\%$). Макроскопически отличить эти два типа глин невозможно.

Каолинитовые глины с незначительным количеством свободного Al_2O_3 (1—5%) тесно связаны в разрезе с бокситовыми высокоглиноземистыми глинами и бокситами. Они встречаются в различных частях разреза и граничат с бокситовыми породами разных типов. По своей окраске каолинитовые глины совершенно аналогичны бокситовым. Среди них встречаются розовые, кирпично-розовые, вишнево-красные и темно-бурые породы, в зависимости от содержания примеси гидроокислов железа, которая обычно очень неравномерно распределена в породе

(табл. VIII, 1). Иногда ею обусловлена тонкая полосчатость глин или пятна и неправильные изогнутые полосы (табл. IX, 2). В каолиновых глинах наблюдаются безбобовая (обломочная), редкобобово-обломочная и редкобобовая структуры породы в целом.

Безбобовые глины обломочной структуры содержат обломки размером от долей миллиметра до 0,5 см. В их составе наблюдаются: гематит, гидрогематит, обломки тонкодисперсных и тонкозернистых каолиновых пород, обломки вермикулитов каолинита в виде вытянутых листочков, а также редкие зерна кварца, брукита, циркона, лейкоксенизированного ильменита (табл. X, 1—4). Довольно часто обломки каолиновых пород и листочки каолинита частично замещены тонкозернистым гиббситом. Цементирующая глинистая масса составляет 70—90%. Она представлена тонкодисперсным или тонкозернистым каолинитом, содержащим тонкорассеянные гидроокислы железа. Нередко в тонкозернистой каолиновой массе наблюдаются мелкие вермикулитоподобные кристаллики каолинита. Во всех шлифах каолиновых глин обнаружена примесь зерен алевритовой и песчаной размерности в количестве от 2—3 до 50%. В зависимости от размерности зерен различаются три типа микроструктур цемента:

1. Пелитовая, когда частицы $<0,01$ мм составляют 90% основной массы. Такая микроструктура характерна для небольших участков глинистой массы (табл. X, 1, 2).

2. Алевропелитовая — примесь частиц размером 0,01—0,1 мм составляет 5—50% (табл. VIII, 2, 3; табл. IX, 1—4; табл. XI, 1—4).

3. Песчанопелитовая — примесь зерен размером 0,1—1 мм составляет 5—50% (табл. X, 3, 4).

Текстура каолиновых глин чаще беспорядочная, реже неясномикрослоистая. Что касается текстуры глинистой массы, то в скрещенных николях наблюдается либо ориентированная текстура, когда частички одновременно угасают, либо беспорядочная.

Глины редкобобово-обломочной и редкобобовой структуры. Большинство каолиновых глин обычно содержит редкие рыхлые темно-бурые бобовины гематитового и гидрогематитового состава, размером 3—4 мм. В шлифах можно видеть, что они большей частью бесструктурны, но иногда внутри них присутствует обломок каолинита или гематита.

Присутствие железистых бобовин несколько меняет структуру каолиновых глин, которую мы называем редкобобово-обломочной или редкобобовой в зависимости от того, присутствуют ли обломки, видимые простым глазом, или нет. Цемент этих глин по своему составу, структуре и текстурным признакам не отличается от глин безбобовой обломочной структуры.

ГЛИНЫ КАОЛИНитОВЫЕ И ГЛИНОЗЕМИСТО-КАОЛИНитОВЫЕ УГЛИСТЫЕ ИЛИ ЛИГНИТОВЫЕ

Под названием углистых или лигнитовых известны каолиновые и глиноземисто-каолиновые тонкодисперсные глинистые породы, содержащие обрывки фюзенизированных элементов растительных тканей в количестве от 5—7% до 30—50%. Размер обрывков колеблется от 0,01 — до 5—10 мм.

Очень часто лигнитовые глины содержат крупные обломки обугленных древесных стволов размером до нескольких десятков сантиметров. Такие породы наблюдались, например, в разрезе Козыревского месторождения (табл. XII, 2а, 2б). В глинах наблюдаются также тонкие прослойки и линзы углистого вещества. Содержание органического углерода в некоторых прослоях достигает 31,3%.

При значительном содержании свободного глинозема углистые глины иногда называют углисто-глиноземистыми породами (Пасова, 1959).

В зависимости от количества растительных остатков окраска лигнитовых глин меняется от светло-серой до почти черной.

Распределение лигнитовых глин в бокситоносной толще самое прихотливое. Здесь трудно проследить какие-либо закономерности или приуроченность их к определенным участкам, глубинам и т. д. Лигнитовые глины встречаются и в самых глубоких центральных частях впадин и в прибортовых, а также на выступах дорудного рельефа.

Ничего определенного нельзя сказать и о закономерности их распределения по вертикали. На Краснооктябрьском месторождении бокситов в разрезе бокситовой толщи можно встретить от одного до четырех прослоев или линз глины, обогащенной в различной степени обугленными растительными остатками. При этом лигнитовые каолининовые и боксит-каолининовые глины встречаются как в нижних частях разреза в составе пачки обломочных глин, так и в верхней собственно бокситовой пачке, где они присутствуют в значительно большем количестве. Мощность таких лигнитовых прослоев колеблется от 0,5 м до 15—16 м и более, причем сопоставление разрезов показало, что они утоняются и выклиниваются на довольно коротких расстояниях в 10—30 м, переходя в каолининовые и глиноземисто-каолининовые глины, аналогичные по составу и структуре лигнитовым глинам, но лишенные растительных остатков. Такие обогащенные лигнитовым материалом прослои или линзы разделяются в разрезах линзами бокситов разных типов: каменистыми, сухаристыми и глинистыми, а также бокситовыми и обломочными глинами.

Структура лигнитовых глин определяется сочетанием обломков растительного происхождения и тонкодисперсного цемента. Можно выделить два типа структур: фитодетритовый тип, когда обломки древесины и обрывки растительной ткани сцементированы глинистым цементом, и редкособово-фитодетритовый, когда помимо обломков в тонкодисперсной глине в количестве 8—10% присутствуют различные простым глазом бобовины размером от нескольких миллиметров до 0,5 см, редко более (табл. XII, 1, 3). Бобовины представляют собой округлые и неправильноокруглые сгустки аморфного глинозема размером 0,04—0,5 мм, вещество которых не действует на поляризованный свет. Чаше всего такие сгустки бесцветны и без внутренней структуры (табл. XIV, 4). Однако более крупные из них диаметром 5—6 мм сплошь и рядом имеют одну-две оболочки, а центральные части таких сгустков представляют участки глины с мелкообломочной структурой. По всей вероятности, эти сгустки, так же как и встречающиеся в некоторых образцах прожилки каолиново-глиноземистого геля, являются образованиями более поздними в результате некоторого перераспределения вещества лигнитовых глин здесь же в природе.

Микроструктуры цемента фитодетритовой и редкособово-фитодетритовой глин естественно одни и те же. Это фитопелитовая, фитоалевропелитовая, фитопесчанопелитовая структуры. Эти структуры несколько усложняются, когда в тонкодисперсной глине появляются микробобовины — сгустки глинозема или порфиривидные выделения (0,01—0,03 мм) вермикулитоподобных кристаллов каолинита.

Для лигнитовых глин характерны тонкослоистая и микрослоистая прерывистые текстуры, обусловленные распределением вытянутых обрывков растительных тканей параллельно плоскости напластования. Кроме этого, в скрещенных николях часто наблюдается ориентированное расположение частиц, которые одновременно угасают.

Лигнитовые глины с фитопелитовой структурой цемента (табл. XIII, 3, 4) представляют собой породы белого, светло-серого и

темно-серого цвета, с переменным количеством обрывков растительных тканей — от 3—5 до 40—50%. Глинистая масса имеет пелитовую структуру (по М. Ф. Викуловой), т. е. на 95—97% состоит из частиц размером $<0,01$ мм. На фоне этих частиц иногда наблюдаются выделения вермикулитоподобных кристалликов каолинита размером 0,01—0,04 мм, которые придают глинистой массе порфириловидный облик. Текстура этих глин микрослоистая или тонкослоистая прерывистая благодаря линзовидным скоплениям обломков растений или зерен кварца, чешуек каолинита и гидрослюд размером 0,04—0,8 мм. Эти линзовидные скопления параллельны слоистости.

Примесь обломков размером более 0,01 мм не превышает 3—5%. В составе обломков преобладают кварц, каолинит, лейкоксен.

Лигнитовые глины фитоалевропелитовой структуры цемента (табл. XIII, 1, 2; табл. XIV, 1) отличаются от только что рассмотренных несколько большим количеством алевритовых зерен, которые составляют от 5 до 50% породы.

Лигнитовые глины с фитопесчано-пелитовой структурой цемента (табл. XIV, 2, 3) имеют светло-серую и серую до черной окраску и содержат от 5 до 50%, а иногда и до 80% угловатых обломков песчаной размерности. В составе обломков: обугленные обрывки растительной ткани, обломки каолининовых пород, частично замещенные тонкодисперсным глиноземом, выветрелого гранита, листочки гидрослюд, зерна кварца, вермикулиты каолинита. В небольших количествах встречаются: циркон, рутил, брукит, турмалин, хлорит, лейкоксенизированный ильменит, эпидот. Иногда в глинах можно встретить обломки бобовин глиноземистого состава с концентрической структурой и тонкозернистые глиноземистые обломки.

Основная масса таких глин, цементирующая обломки, как правило тонкодисперсная каолининовая, иногда содержит мелкие кристаллики каолинита — результат раскристаллизации. В качестве примеси присутствует мелкий детрит и зерна титановых минералов, размером 0,005—0,03 мм.

Обычно текстура лигнитовых глин микрослоистая или беспорядочная.

ГЛИНЫ БОКСИТОВЫЕ

Бокситовыми обычно называют те глины бокситоносной пачки, которые содержат свободный глинозем. По количеству свободного глинозема они занимают промежуточное положение между каолининовыми глинами и глинистыми бокситами. Условно принято считать бокситами те породы, у которых соотношение $\frac{\text{Al}_2\text{O}_3}{\text{SiO}_2}$, именуемое кремневым мо-

дулем, находится в пределах 2,1—12 (ГОСТ 972—50). Таким образом, граница между бокситовыми глинами и глинистыми бокситами чисто условная, так же как и граница их с каолининовыми глинами. При этом существует, конечно, целый ряд переходных разностей.

В разрезе бокситоносных пород бокситовые глины, глинистые бокситы и каолининовые глины связаны взаимопереходами и переслаиваются с другими разновидностями бокситовых пород.

В глубоких (до 200 м) карстовых воронках или карманах в коре выветривания они слагают преобладающую часть разреза. Они встречаются как в нижней, так и в верхней части бокситоносной толщи.

Среди бокситовых глин наиболее широко распространены розовые и кирпично-красные железистые разности. Они окрашены гидроокислами железа иногда довольно равномерно, но обычно окраска пятнистая, причем чередуются красные и белые пятна то крупные, то мелкие.

В глинах большей частью присутствуют хрупкие вишнево-красные железистые бобовинки в количестве от 3 до 10%, расположенные беспорядочно, иногда дающие скопления (табл. XV, 1, 2). Простым глазом различаются обломки угловатой формы, среди которых много бурых обрывков растительной ткани. Гораздо чаще размер обломков в бокситовых глинах не превышает 1 мм, поэтому обломки более четко видны под микроскопом.

Глины обладают неровным или землистым изломом со скользкой «мыльной наощупь» поверхностью. Бокситовые глины имеют каолинитовый состав с примесью глинозема до 20%, который присутствует в виде тонкодисперсной, трудно отличимой в шлифах от каолинита массы или в виде включений мелкокристаллического гиббсита. Гидроокислы железа присутствуют в виде тонкорассеянной примеси частиц, размером порядка 0,001 мм в количестве 15—20%.

В зависимости от содержания бобовин и обломков, различных простым глазом, могут быть выделены следующие структурные типы бокситовых глин: безбобовая, когда глина не содержит бобовин, а примесь обломочного материала удастся обнаружить только при микроскопическом изучении; редкобобовая, которая отличается от безбобовой присутствием железистых бобовин в количестве 3—10%, и редкобобово-обломочная, когда наряду с бобовинами присутствуют также обломки, различимые простым глазом.

В цементе бокситовых глин всех трех структурных типов выделяются микрообломочная и микробобово-обломочная микроструктуры. Учитывая, что глины безбобовой структуры аналогичны цементирующей массе глин других двух типов, мы не останавливаемся отдельно на их описании.

Ниже мы опишем бокситовые глины редкобобово-обломочной структуры, которая является наиболее сложной и содержит элементы редкобобовой структуры.

Бокситовые глины редкобобово-обломочной структуры состоят из обломков, бобовин и цемента.

Обломки составляют от 10 до 70% породы и распределяются в ней неравномерно. В одних разностях глин они распределены равномерно, в других пятнами, в третьих образуют прослои, чередующиеся с глинистыми прослоями без обломков. В зависимости от характера распределения обломков в бокситовой глине текстура ее меняется и бывает беспорядочной, пятнистой или слоистой. Обломки угловатые и окатанные, размер их колеблется от гравийных (0,5—1 см) и песчаных (0,1—1 мм) до алевритистых (0,01—0,1 мм).

В составе обломков преобладают каолинитовые породы, сложенные тонкодисперсным, тонкозернистым и мелкокристаллическим каолинитом, иногда с примесью водных и безводных окислов железа, части обломки гематита и гидрогематита, обломки вермикулитоподобных кристаллов каолинита. Встречаются листочки каолинита, частично замещенные тонкозернистым гиббситом (табл. XVI, 1—4, табл. XVII, 1, 62). Среди обломков распространены каолинитово-глиноземистые и глиноземистые бокситовые породы, содержащие примесь гидроокислов железа и имеющие четкую микробобовую структуру (табл. XVII, 2), реже встречаются угловатые обломки железисто-глиноземистых бобовин с типичными для них концентрическими оболочками и трещинками усыхания. Встречаются также редкие зерна ильменита, частично или полностью лейкоксенизированного, кварца, циркона, эпидота, клиноцоизита, турмалина, брукита, рутила, листочки хлорита и гидрослюд. Отдельно следует отметить наличие обломков выветрелых порфиритов, замещенных каолинитом и гидроокислами железа с прекрасно сохранившейся первичной структурой.

В бокситовых глинах довольно часто встречаются обломки растительной ткани, размером от долей мм до 0,3—0,5 см. В красных железистых глинах бурая растительная ткань часто замещена Fe_2O_3 , а в белых и серых боксит-лигнитовых разностях глин обуглена. В красных бокситовых глинах количество растительного детрита, по визуальным наблюдениям, обычно составляет не более 1—5%, достигая в боксит-лигнитовых глинах 20—30%.

Бобовины рыхлые, красно-бурые, железистые размером 1—5 мм составляют 3—7 до 10% породы. Распределены они неравномерно, иногда дают скопления. Бобовины состоят из гидрогематита, в массе которого иногда различимы «реликты» гематита. В порах и трещинках этих бобовин наблюдаются выделения мелкокристаллического гиббсита. Обычно бобовины непрозрачны (табл. XVIII, 2, 3); однако встречаются и полупрозрачные, в которых отчетливо видна обломочная структура, такая же, как в цементе. В большинстве случаев бобовины содержат значительно большее количество обломков, чем цемент, но по составу и окатанности они не отличаются от обломков в цементе. Границы бобовин обычно четкие, но не всегда. Можно наблюдать извилистые их очертания с заливами цемента внутрь бобовин. Эти наблюдения показывают, что бобовины в бокситовых глинах образовались на месте за счет концентрации окислов и гидроокислов железа, а также глинозема в определенных участках цемента и преимущественно в местах скопления обломочного материала (табл. XVIII, 1). Форма сгустков гидроокислов железа не всегда правильно округлая. Встречаются бобовины с заливами цемента во внутреннюю часть, линзовидные бобовины (табл. XVIII, 4), иногда главную массу бобовины составляет обломок измененного гематита, вокруг которого и концентрировались гидроокислы железа в виде нарастающих оболочек.

Основная масса цемента каолининовая тонкодисперсная с небольшой примесью микрокристаллического гиббсита, выполняющего микропоры, или тонкодисперсного глинозема, слабо реагирующего на поляризованный свет.

В основной массе может присутствовать примесь микрообломков (табл. XVIII, 1—3) и микробобовин (табл. XVIII, 4).

В зависимости от преобладающей размерности микрообломков в цементе можно выделить структуры: пелитовую, песчанопелитовую и алевропелитовую, когда глины сложены пелитовым веществом, в котором рассеяны обломки соответствующего размера. Как правило, обломки угловатые или полуокатанные.

Глина с пелитовой структурой цемента однородная, состоит на 95% из частиц 0,01 мм, так что трудно различить отдельные частицы. На этом фоне как результат раскристаллизации основной массы выделяются отдельные пакетики каолинита (0,01—0,2 мм) и кристаллики гиббсита, неравномерно разбросанные. Они определяют новую структуру, называемую порфировидной или порфиробластовой (Викуллова, 1957). В цементе алевропелитовой структуры присутствуют частицы алевроитовой размерности в количестве 5—50%. При песчано-пелитовой — частицы песчаной размерности составляют 5—50%. Состав алевроитовой и песчаной примеси тот же, что и состав более грубых обломков, которые описаны выше. Микробобовины составляют в цементе микробобово-обломочной структуры от 5 до 15% породы. Чаще всего они имеют в центре обломок каолининовой или глиноземисто-каолининовой породы, гематита, гидрогематита, кварца, реже акцессорных минералов, вокруг которого нарастает обычно одна, реже две оболочки глиноземистого или железисто-глиноземистого состава. Иногда это бесструктурные сгустки тонкодисперсного глинозема, нередко с примесью гидроокислов железа. Размер микробобовин обычно 0,01—0,1 мм. Микробобовины являются

новообразованиями в глинах и возникают в результате перераспределения вещества, накладываясь на свойственную глинам обломочную структуру. Об этом свидетельствуют два фактора: образование микробобовинок путем нарастания оболочек вокруг обломков цемента и распределение вновь образовавшихся микробобовинок независимо от текстуры породы. Так, в глинах с полосчатой текстурой микробобовины образуются как в окрашенных окислами железа, так и в неокрашенных прослоях или полосах.

Текстура бокситовых глин чаще беспорядочная, реже отдельные участки шлифа погасают ориентированно. Окислы и гидроокислы железа, составляющие до 15—20%, распределены крайне неравномерно, обуславливая пятнистую или извилисто-полосчатую текстуру глин (табл. XV, 3, 4). Они образуют точечную вкрапленность гидрогематита, находящегося в тесной смеси с каолинитовыми частицами и тонкодисперсным глиноземом. Красно-бурая окраска затрудняет микроскопическое изучение состава основной массы. Наблюдается некоторое перераспределение гидроокислов железа, которые дают тонкие извилистые прожилки в породе.

БОКСИТЫ ГЛИНИСТЫЕ

По внешнему виду глинистые бокситы весьма напоминают бокситовые глины. Тем не менее они сухие, невязкие, хрупкие, тогда как глины обладают мыльной наощупь поверхностью. Однако надежных внешних признаков для отличия этих двух пород нет (табл. XIX, 1—3).

Структуры глинистых бокситов сходны со структурами бокситовых глин. Для бокситов также характерны редкобово-обломочная и редкобовая структуры. Безбобовые разности редки. Микроструктуры глинистых бокситов и бокситовых глин также в значительной степени сходны между собой (см. табл. 2), но в бокситах они более разнообразны за счет появления сгустковых образований, усиления роли микробобовин и т. д. В зависимости от размерности частиц цемента в глинистых бокситах, так же как и в глинах, наблюдаются пелитовая, алевропелитовая и песчанопелитовая структуры.

Поскольку бокситы редкобобовой и редкобово-обломочной структуры отличаются только присутствием в последних заметных простым глазом обломков, мы опишем здесь глинистые бокситы с редкобово-обломочной структурой как наиболее общий случай.

Глинистые бокситы редкобово-обломочной структуры состоят из бобовин, обломков и цемента. Обломки присутствуют в переменных количествах и распределены в породе беспорядочно, иногда они образуют скопления. Крупные обломки более 5 мм встречаются сравнительно редко, преобладают микрообломки размером от 0,02 до 1, реже до 5 мм. Форма их угловатая, иногда окатанная.

В составе обломков присутствуют: тонкодисперсные и тонкозернистые каолинитовые породы, обломки вермикулитов каолинита, гематит, гидрогематит, окисленные обрывки растительной ткани.

На Краснооктябрьском месторождении в основании бокситоносной толщи довольно часто встречаются брекчиевидные бокситы (табл. XX, 1, 2). Обломки их представлены почти исключительно тонкодисперсными и тонкозернистыми глиноземистыми породами с микробобовой структурой, местами с примесью гидроокислов железа. В этих бокситах много обломков железисто-глиноземистых бобовин с концентрическим строением и трещинками усыхания и значительно меньше каолинитовых и железистых обломков.

Бобовины бурые, рыхлые, железистые составляют от 5 до 15% породы, т. е. немногим больше, чем в бокситовых глинах. Размер их 1—5 мм.

По составу эти бобовины гематитово-гидрогематитовые или гидрогематитовые с примесью глинозема, который присутствует в них в виде мелких кристалликов, выполняющих поры и трещинки.

Внутри бобовин много обломков, которые по составу не отличаются от обломков в цементе. Среди них также преобладают каолиновые породы, обломки вермикулитов каолинита, гематит. На месторождениях Амангельдинской группы в значительных количествах присутствует кварц. В бобовинах встречаются так же, как и в основной массе (см. ниже) единичные зерна циркона, ильменита, лейкоксенизированного ильменита, турмалина, сфена (табл. XXIII, 1—4).

Сходство в составе микрообломков внутри бобовин и в цементе, а также неправильная форма таких бобовин свидетельствуют о том, что бобовины образовались путем концентрации окислов железа и глинозема в отдельных участках цемента. Кроме того, в глинистых бокситах присутствуют в некотором количестве бобовины и их обломки глиноземисто-железистого состава, проявляющие слабую магнитность. В отличие от бобовин, образовавшихся на месте, такие бобовины были принесены из коры выветривания. В дальнейшем бобовины и их обломки обрастают глиноземистой или железисто-глиноземистой оболочкой, т. е. строение их усложняется по сравнению с бобовинами в глинах (табл. XXIII, 1, 2).

Основная масса цемента по своей структуре мало отличается от основной массы бокситовых глин (табл. XX, 1—4). В бокситах по сравнению с глинами увеличивается количество глинозема и в тонкодисперсной и в мелкокристаллической форме. Тонкодисперсная каолиновая масса все больше замещается слабоанизатропным еще более тонкодисперсным глиноземом. Иногда сохраняются лишь островки тонкодисперсного каолинита на фоне тонкодисперсного гиббсита. Мелкокристаллический гиббсит образует узорчатую сеть, выполняет тонкие трещинки и поры.

Значительная часть обломков, и в том числе обломки каолиновых пород и вермикулитов каолинита, замещается гиббситом или тонкодисперсным глиноземом. Количество обломков каолинита, кварца, гематита и др. как бы сокращено, так как многие из них замещены микрокристаллическим гиббситом или тонкодисперсным глиноземом и различимы только при одном никеле. При скрещенных — видна лишь однородная гиббсит-каолиновая или глиноземисто-каолиновая масса. Таким образом, на отдельных участках обломочная структура боксита становится реликтовой. Сохраняются микрообломки ильменита, лейкоксенизированного ильменита, циркона, сфена, иногда турмалина, характерные для этих бокситов.

По-прежнему встречаются отдельные крупные (до 0,2 мм) вермикулиты каолинита, часто замещенные гиббситом. Их можно наблюдать и в каолиновой массе, и среди тонкодисперсного глинозема, который, заместив каолинит, оставляет незамещенными часть крупных его кристаллов (табл. XXII, 1—4).

Кроме этого, увеличивается количество микробобовин за счет нарастания железистых и глиноземистых оболочек вокруг обломков в боксите. В некоторых разновидностях боксита количество микробобовин составляет 10—15% (табл. XXI, 1—4), аналогично бокситовым глинам (микробобово-обломочная структура тех и других). Но в глинистых бокситах процесс образования микробобовин идет значительно дальше, и во многих образцах можно видеть, что микробобовины составляют 15—45% породы. Образующиеся таким способом микробобовины сокращают количество обломков в породе.

Встречающаяся довольно редко сгустковая структура также является результатом перераспределения в боксите гидроокислов железа и

алюминия, которые местами отсутствуют, местами дают скопления неправильной формы размером от 0,007 до 3 мм, затушевывая первоначальную обломочную структуру.

БОКСИТЫ СУХАРИСТЫЕ

Для сухаристых бокситов всех изученных месторождений характерны розово-красные и кирпично-красные окраски. В большинстве случаев они содержат красно-бурые рыхлые бобовины в количестве от 5 до 20% и обладают редкобобовой структурой. Размеры их колеблются от 1—2 до 5—6 мм, форма округлая. Изредка в сухаристых бокситах, наряду с бобовинами, присутствуют также угловатые обломки, размером до 1 см. Структуру таких бокситов мы называем обломочно-редкобобовой. Очень редко встречаются безбобовые разности. Цемент розовый или кирпично-красный с матовой поверхностью и землистым изломом (табл. XXIV, 1—4).

Изучение сухаристых бокситов под микроскопом позволяет выделить следующие структуры их цемента: обломочную, микробобово-обломочную, обломочно-микробобовую и сгустковую.

Три из них (кроме обломочно-микробобовой) совпадают со структурами глинистых бокситов. Ниже приводим описание структурных типов сухаристых бокситов.

Обломочно-редкобобовые отличаются от редкобобовых сухаристых бокситов только присутствием крупных обломков.

Бобовины сухаристых бокситов аналогичны бобовинам глинистых бокситов. Бобовины с микрообломочной структурой, образовавшиеся на месте в породе, встречаются здесь в несколько меньшем количестве, чем в бокситовых глинах и глинистых бокситах, а количество принесенных, терригенных бобовин и их обломков возрастает.

Позднее, когда в породе шло образование микробобовин, бобовины и их обломки были покрыты светлой оболочкой из тонкодисперсного глинозема.

Что касается крупных обломков в бокситах обломочно-редкобобовой структуры, то они по составу не отличаются от микрообломков и будут описаны ниже.

Сухаристые бокситы с обломочной микроструктурой представляют собой породу каолинитово-глиноземистого состава с примесью гидроокислов железа. По своей структуре, видимой при одном никеле, они ничем не отличаются от песчаника или алевролита (табл. XXV, 1—4; табл. XXVI, 1—4). В некоторых образцах зерна составляют до 50% породы. На Амангельдинском и Краснооктябрьском месторождениях обломки имеют размер от 0,1 до 0,6 мм. В составе обломков преобладают каолинитовые породы от тонкодисперсных до мелкокристаллических или обломки вермикулитов каолинита. Последние частично или нацело замещены тонкодисперсным глиноземом или тонкозернистым гиббситом, часто с примесью гидроокислов железа. В большом количестве встречаются обломки гематита и гидрогематита, обломки боксита с характерной микробобовой структурой. На Амангельдинских месторождениях встречаются сухаристые бокситы, в которых до 20% обломков состоят из мелкокристаллического гиббсита. Гиббсит замещает угловатые зерна кварца размером до 0,1 мм. Обычно же кварц встречается в незначительном количестве и почти всегда частично или нацело замещен гиббситом. На Краснооктябрьском месторождении в сухаристых бокситах наблюдаются обломки порфирита, также почти нацело замещенные тонкозернистым гиббситом, но сохраняющие реликтовую структуру. Во всех сухаристых бокситах различаются редкие зерна циркона, эпидота, турмалина, рутила, брукита, ильменита, часто

лейкоксенизированного, сфена. Нередки обрывки растительной ткани, замещенные или инкрустированные гиббситом. Таким образом, состав обломков в сухаристых бокситах тот же, что и в бокситовых глинах и глинистых бокситах. В отличие от них, в силу прогрессивно идущего процесса бокситизации, здесь мы можем наблюдать еще более интенсивное замещение глиноземом обломков каолинитового состава, кварца и обрывков растительных тканей.

Основная масса, цементирующая обломки, каолиново-глиноземистая, тонкодисперсная, слабо действующая на поляризованный свет. Гидроокислов железа обычно много, они или густо и равномерно окрашивают цемент, или распределяются в виде пятен и полос. В основной массе присутствует примесь мелких (0,005—0,007 мм) зерен гематита, гидрогематита, каолинита. Повсеместно наблюдаются рассеянные мелкие кристаллики гиббсита. В тех случаях, когда каолинистые и кварцевые обломки в породе интенсивно замещаются глиноземом и гидроокислами железа, в скрещенных николях боксит имеет в целом низкое двупреломление. Можно видеть темное поле, на котором выделяются угловатые поры и бывшие обломки кварца или каолинистых пород, замещенные мелкозернистым гиббситом (табл. XXVI, 3). Для сухаристых бокситов с обломочной структурой характерна беспорядочная текстура, хотя в ряде случаев можно встретить и микрослоистую текстуру, обусловленную распределением обломков или гидроокислов железа (табл. XXV, 4).

Сухаристые бокситы с микробобово-обломочной и обломочно-микробобовой структурой отличаются от предыдущего структурного типа тем, что в них наряду с обломками присутствуют микробобовины, образующиеся вокруг обломков (табл. XXVII, 1—4; табл. XXVIII, 1—3; табл. XXIX, 3). Обломки облекаются одной, реже двумя оболочками из тонкодисперсного каолиново-глиноземистого вещества, большей частью содержащего примесь гидроокислов железа. В сухаристых бокситах с микробобово-обломочной структурой микробобовины составляют 10—40%, а в бокситах с обломочно-микробобовой структурой количество микробобовин растет до 40—80%. Иногда почти все обломки оказываются центрами микробобовин и имеют одну — две оболочки. В сухаристых бокситах этих структурных типов еще более интенсивно, чем в первом, обломочном, идет замещение обломков каолинитового и кварцевого состава тонкодисперсным глиноземом. Причем этот процесс замещения обломков по времени предшествует образованию оболочек на обломках, т. е. возникновению микробобовин, так как такое замещение обломков можно наблюдать в бокситах с обломочной структурой, где нет еще микробобовин.

Масса, цементирующая обломки и микробобовины в этих структурных типах сухаристых бокситов, каолиново-глиноземистая, с примесью гидроокислов железа. Кристаллического гиббсита здесь несколько больше по сравнению с цементом основной массы обломочного типа и в особенности по сравнению с глинистыми бокситами. Гиббсит встречается чаще всего в виде рассеянных кристалликов в основной тонкодисперсной массе или выполняет поры и трещинки.

Отличительным признаком сухаристых бокситов с микробобово-обломочной и обломочно-микробобовой структурой является наличие в цементирующей массе гораздо большего количества ферриалюмогеля с коллоидной структурой, который замещает основную массу и частично обломки (табл. XXVIII, 4). По всей вероятности, появление оболочек на обломках происходит после замещения значительной части обломков глиноземом, а вслед за этим ферриалюмогель частично замещает цементирующую массу, замещенные обломки, микробобовины и крупные бобовины в боксите.

Каменистые бокситы залегают среди пород бокситоносной толщи и чередуются в разрезе с сухаристыми и глинистыми бокситами, а также с бокситовыми глинами. Они образуют желваки, скопления желваков и линзы среди глинистых и сухаристых бокситов (см. описание разрезов). Граница с последними обычно резкая. Величина отдельных линз каменистого боксита довольно большая, мощность их, например, в Козыревском карьере, превышает 7 м. Каменистые бокситы представляют собой крепкую твердую породу с неровным, иногда раковистым изломом темно-красного, красно-коричневого, красно-бурого, иногда желтобурого цвета. Они состоят из бобовин, их обломков и цемента (табл. XXX, 1—3).

Аутигенные бобовины — сгустки очень редки в каменистых бокситах и несколько отличны от аутигенных бобовин глинистых и сухаристых бокситов, где они представляют собой сгустки гидроокислов железа. В каменистых бокситах аутигенные бобовины возникают при обрастании обломков (0,5—3 мм) кварца, растительной ткани или обломка терригенной бобовины глиноземисто-железистой оболочкой (табл. XLIV, 1—4). Они обычно составляют не более 3—5% боксита. Терригенные бобовины и их обломки составляют от 40 до 80% боксита и распределены неравномерно. Размеры их колеблются от 0,5 до 6 и даже 10 мм, в среднем 3—4 мм. В очень свежих, не затронутых выветриванием разностях 60—70% бобовин и обломков имеют черный цвет, металлический блеск и отличаются большой прочностью. Бордово-красные бобовины составляют 30—35% общего количества и представляют собой измененные черные, при этом наблюдаются и переходные разности: черные с красно-бордовыми пятнами. Такие бобовины имеют прочность одинаковую с прочностью цемента. Кроме бобовин и их обломков, в некоторых образцах каменистых бокситов можно наблюдать обломки глинистых пород красно-бурого и зеленовато-серого цвета, неправильной формы, размером 2—4 мм. Довольно часто встречаются обломки бобовых пород красно-бурого цвета размером 2—4 мм, иногда до 1 см. В отдельных образцах были встречены мелкие зеленовато-бурые остатки растительной ткани, размером 2—3 мм.

Цемент бокситов обычно окрашен в более светлые тона, чем бобовины, — бежево-коричневый, буровато-красный, бордово-красный. В большинстве случаев микроскопически цемент бесструктурен, особенно в разностях, интенсивно окрашенных гидроокислами железа. В более светлых бокситах иногда отчетливо видна мелкообломочная структура цемента. Отдельные участки цемента сложены алюмогелем, который часто образует извилистые прожилки и замещает цемент частично, а в некоторых случаях и нацело замещает по краю крупные бобовины, проникая внутрь них. Некоторые разновидности бокситов пронизаны ветвящимися ходами, вокруг которых всегда существует зона обеления (табл. XXXII, 3). Эти извилистые червеобразные трубки и их обеленная оболочка обязаны своим происхождением влиянию корней растений, которые пронизывали породу и вызывали обесцвечивание окружающих участков. После отмирания и разложения корешков сохранились лишь трубчатые пустоты. По микроструктуре такие бокситы не отличаются от других бобово-обломочных разностей. В целом каменистые платформенные бокситы разных месторождений Казахстана и Урала внешне очень мало отличаются друг от друга. Наблюдаемые отличия касаются в основном микроструктурных и текстурных признаков, таких, как размер бобовин, трубчатое строение, количество и формы выделения алюмогеля и т. д. (табл. XXX, 2). Иногда облик бокситов меняют вторичные эпигенетические процессы и, в первую очередь,

обеление, сидеритизация, хлоритизация, пиритизация¹ (табл. XLIX, 1—3). Наиболее распространенной структурой в каменных бокситах является обломочно-бобовая, обусловленная присутствием большого (до 30%) количества обломков бобовин наряду с целыми бобовинами. Изредка встречаются конгломератовая и брекчиевая структуры каменных бокситов.

Под микроскопом удается выделить три типа микроструктур цемента: обломочный, микробово-обломочный и обломочно-микробовый. Эти выделенные типы микроструктур цемента связаны между собой постепенными переходами и являются генетическими, поскольку бокситы с микробово-обломочной и обломочно-микробовой структурой имеют все признаки, свидетельствующие о том, что они произошли за счет преобразования бокситов с обломочной микроструктурой.

При характеристике каменного боксита сначала указывается его макроструктура, а затем микроструктура его цемента; например, «обломочно-бобовый каменный боксит с обломочной структурой цемента».

Каменные обломочно-бобовые бокситы с цементом обломочной структуры встречаются на всех месторождениях Казахского нагорья и Тургайской впадины, а также и в других месторождениях Западно-Сибирского бокситового пояса. Их химический и примерный минеральный состав приведены в табл. 14, обр. 4, 7, 9.

При микроскопическом исследовании выявляются следующие черты: 1) четкая обломочно-бобовая структура породы в целом, 2) четкая обломочная структура цемента, 3) слабое развитие признаков вторичного перераспределения вещества в породе, обычно выражающееся в образовании вторичных более поздних оболочек глиноземисто-железистого состава вокруг обломков, 4) незначительное количество ферриалюмогеля в породе, 5) наличие еще незамещенных глиноземом обломков каолининовых пород и листочков каолинита, а также зерен кварца. И те и другие в первую очередь подвергаются замещению в процессе эпигенетического перераспределения гидроокислов алюминия и железа в породе (табл. XXXIII, 2, 4; табл. XXXIV, 4).

Все эти черты сближают каменные обломочно-бобовые бокситы с цементом обломочной структуры с сухаристыми и даже глинистыми бокситами с такой же структурой.

В каменных бокситах встречаются не только округлые бобовины (табл. XXXIV, 3, 4), но также и их остроугольные обломки. Иногда эти обломки окатаны или имеют неровную полуразрушенную поверхность. Черные бобовины и их обломки в простом свете непрозрачные, красно-бурые, иногда просвечивают красным в краевых или центральных частях.

В просвечивающих участках или в частично обесцвеченных бобовинах удается наблюдать их внутреннюю структуру обычно микробово-обломочную или даже обломочную (табл. XLIII, 1—4). Обломки размером 0,01—0,3 мм представлены чаще всего кварцем, реже листочками каолинита, брукитом, реже зернами циркона, сфена, эпидота. Микробовины внутри крупных бобовин представляют собой густки глиноземисто-железистого состава, размером 0,02—0,3 мм. Некоторые крупные бобовины состоят почти исключительно из микробовин и имеют обломочно-микробовую структуру. Обломки кварца и каолинита полностью или частично замещаются гиббситом (табл. XXXVI, 1—3; табл. XXXVII, 1—4). Бобовины и их обломки секутся трещинами усыхания, выполненными коллоидным, иногда частично или полностью

¹ См. Лисицина, Пастухова, 1961.

раскристаллизованным глиноземом. Эти трещинки усыхания зачастую рассекают обломки кварца, наблюдающиеся внутри бобовин.

По данным рентгеновского и химического анализа, черные бобовины состоят из маггемита и корунда с примесью гиббсита, гематита и гетита, в то время как красно-бордовые бобовины состоят, главным образом, из гематита, гиббсита с примесью гетита, корунда, лепидокрокита и маггемита.

Гидроокислы железа замещают гематит в краевых частях бобовин, иногда в середине, очень часто вся поверхность бобовин как бы изъедена мелкими пятнами гидроокислов железа. Иногда при изучении под микроскопом на черных и красно-бордовых бобовинах и их обломках наблюдается более светлая наружная оболочка; она представляет собой результат частичного выноса гидроокислов железа из наружной части бобовины. Некоторые обломки бобовин имеют настолько разрушенную поверхность, что цемент породы по этим бороздам и трещинам проникает внутрь бобовин. Довольно часто встречаются окатанные обломки пород с бобовой структурой красно-кирпичного цвета глиноземисто-железистого или глиноземисто-каолинитового состава и обрывки растительной ткани, замещенной гиббситом (табл. XLVII, 1—4).

Цемент имеет отчетливую обломочную структуру (табл. XXXV, 1—4; табл. XXXVI, 1—4; табл. XXXVII, 1—4). Размеры обломков колеблются от 0,005 до 0,5 мм, реже достигают 1 мм. Форма их разнообразная — угловатая, полуокатанная и окатанная. По составу преобладают обломки глиноземистые и глиноземисто-каолинитовые, реже каолинитовые, обычно тонкодисперсные и тонкозернистые, бесцветные или с примесью гидроокислов железа. Часто встречаются также обломки гематита, гидрогематита, магнетита, кварца, ильменита. Реже наблюдаются зерна брукита, рутила, эпидота, циркона, лейкоксенизированного ильменита, хотя в некоторых образцах наблюдалось несколько повышенное количество зерен, например брукита.

Что касается зерен кварца, то они в большинстве случаев в той или иной мере замещены гиббситом. В бокситах Амангельдинских месторождений кварц составляет преобладающую часть обломочного материала и присутствует в цементе в тех же количествах, что и в бобовинах (табл. XXXVII, 1—4; табл. XLIII, 1, 2). На других месторождениях в цементе их значительно меньше и встречаются они, главным образом, внутри крупных железистых бобовин.

В каменистых бокситах с четкой обломочной структурой цемента можно встретить также обломки каолинитовых пород и вермикулитоподобных кристаллов каолинита, какие в значительно больших количествах наблюдались в глинах, бокситовых глинах, глинистых и сухаристых бокситах. В каменистых бокситах они оказываются большей частью замещенными гиббситом. Замещение происходит по спайности. В частично замещенной чешуйке чередуются серые полосы каолинита и более светлые, гиббситовые с высоким рельефом. Замещению подвергаются чешуйки разных размеров от самых мелких до более крупных (0,2 мм), при этом можно видеть все переходы от частично до полностью гиббситизированных вермикулитов (табл. XLVI, 1—2).

Основная масса, цементирующая обломки в цементе, тонкодисперсная и тонкозернистая глиноземистая с примесью каолинита и гидроокислов железа. В тех случаях, когда гидроокислов железа очень много, они затушевывают детали строения боксита.

Обломочно-бобовые бокситы с цементом обломочной структуры описаны нами на Краснооктябрьском, Козыревском, Темирском, Софиевском, Май-Балыкском месторождениях, а также на месторождениях Амангельдинской группы и встречаются, по-видимому, на всех платформенных месторождениях мезо-кайнозоя Казахстана.

По своему составу обломочно-бобовые бокситы с обломочным цементом, встречающиеся на разных месторождениях, сходны между собой. Наблюдаемые отличия зависят, главным образом, от состава пород коры выветривания — материнской породы для бокситов. Так, для Краснооктябрьского и Козыревского месторождений характерны многочисленные обломки каолинитовых пород и вермикулитов каолинита, иногда обломки порфирита (табл. XLVI, 3, 4), а также постоянная примесь эпидота, ильменита, брукита. На Софиевском месторождении в составе примеси часто встречаются чешуйки хлорита.

В бокситах Амангельдинских месторождений, которые связаны в своем происхождении с корой выветривания кальцит-доломитовых пород и аркозовых песчаников верхнего девона, повсюду присутствуют зерна кварца, обычно замещенные гиббситом. Из примесей характерны зерна циркона. Несмотря на замещение кварца, которое часто бывает полным, сохраняется структура песчаника с угловатыми и остроугольными зернами, которая прекрасно видна при одном никеле (табл. XXXVII, 1). Характерно, что в этом случае зерна кварца присутствуют и в цементе, и в бобовинах, и в их обломках. При этом в бобовинах они сохраняются от замещения гиббситом лучше, чем в основной массе. Там, где количество зерен, частично замещенных гиббситом, составляет 10—20%, хорошо видно, что до замещения их гиббситом исходная порода представляла собой кварцевый песчаник.

Каменистый обломочно-бобовый боксит с цементом микробобово-обломочной структуры. По своему составу и структуре породы в целом бокситы этого типа аналогичны бокситам с обломочной структурой цемента (см. табл. 2). Основные отличия касаются структуры цемента, которая из обломочной становится микробобово-обломочной. Вокруг обломков разного состава: глиноземистых, кварцевых, гематитовых, каолинитовых в бокситах этого типа наблюдаются вторичные глиноземистые оболочки с примесью гидроокислов железа; 10—20% микрообломков превращается, таким образом, в микробобовины размером 0,5 мм и меньше (табл. XXXVIII, 1—4). Оболочки наблюдаются не только вокруг микрообломков, но и вокруг бобовин и крупных обломков бобовин, часто угловатой формы (табл. XLIV, 1—4). Иногда наблюдаются не одна, а две-три оболочки (табл. XLII, 1, 3, 4). Структура этих оболочек обычно обломочная и отличается от структуры цемента только большим содержанием окислов железа и алюминия. Таким образом, оболочки вокруг бобовин и обломков цемента образовались, по-видимому, уже в породе, которая представляла собой каменистый боксит с обломочной структурой цемента. В прилегающие к бобовинам и обломкам части цемента толщиной от сотых долей до 0,2—0,5 мм стягивались гидроокислы железа и алюминия, образуя вокруг них оболочки. О вторичном характере оболочек и образовании их в самом боксите свидетельствует ряд фактов. Так, трещины усыхания, расщепляющие бобовину, не затрагивают окружающую ее оболочку (табл. XLII, 1, 3). Вещество, слагающее оболочку, по крупным трещинам заходит внутрь бобовин и их обломков. Наконец оболочками покрыты не только бобовины, но и их остроугольные обломки. Иногда можно наблюдать оболочки на обрывках растительной ткани (табл. XLIV, 3). Для бокситов этого типа характерно также частичное, а нередко и полное замещение гиббситом зерен кварца, вермикулитов каолинита и обломков каолинитовых пород. Здесь присутствуют также тонкие прожилки и отдельные сгустки алюмогеля и железистого алюмогеля с колломорфной структурой. Однако вторичное их происхождение бесспорно, поскольку гели, как правило, секут структуры цемента и корродируют отдельные зерна и края бобовин (табл. XL, 1, 2; табл. XLI, 2, 4).

Крупные и мелкие поры в цементе и бобовинах обычно выполнены кристаллическим гиббситом (табл. XLIII, 1—6). Замещение гиббситом микрообломков и отдельных участков цемента иногда опережает другие проявления перераспределения вещества в бокситах. Так, например, в некоторых образцах видно, что развитие вторичных оболочек вокруг микрообломков и образование микробобовин только начинается, а сами микрообломки и основная масса между ними уже замещены кристаллическим гиббситом. В результате богатые глиноземом бокситы с большим содержанием гиббсита (54,7%) сохраняют реликтовую обломочную структуру цемента, в то время как по своему составу они ничем не отличаются от бокситов третьего типа с более высокой степенью перераспределения вещества (содержание SiO_2 не превышает 1,5—2%). Высокоглиноземистые бокситы такого типа с реликтовой обломочной структурой цемента имеются на Амангельдинских месторождениях (табл. XXXVI, 1, 2) и встречаются на Краснооктябрьском месторождении.

Боксит каменистый обломочно-бобовый с цементом обломочно-микробобовой структуры. Макроскопически эти бокситы ничем не отличаются от каменистых бокситов вышеописанных типов. Здесь мы видим дальнейшее развитие структурных особенностей, наметившихся в бокситах с цементом микробобово-обломочной структуры, а именно:

1. Большинство, а не отдельные микрообломки в цементе, независимо от их состава, окружены вновь образованными железисто-глиноземистыми оболочками. Микрообломки благодаря этому становятся центрами микробобовин, которые преобладают в цементе, составляя от 20 до 80%. Среди обломков здесь также отмечены глиноземистые, каолинитово-глиноземистые, каолинитовые, кварц, частично, а иногда и полностью замещенный гиббситом, гематит, гидрогематит, реже ильменит, брукит, рутил, эпидот. Благодаря образованию микробобовинок, обломочная структура цемента выражена нечетко и является реликтовой, на основе нее возникает новая структура обломочно-микробобовая, а иногда и микробобовая (табл. XXXIX, 2—4). Особенно отчетливо эта смена одной структуры другой наблюдается в тех бокситах, в цементе которых присутствовали зерна кварца, впоследствии выщелоченные и замещенные гиббситом (Амангельдинские месторождения) (табл. XLV, 1, 2). В тех случаях, когда центром микробобовинок служат обломки железисто-глиноземистого состава, ядро почти неотличимо от вторичной оболочки и сливается с нею. Основная масса цемента железисто-глиноземистая, обычно слабо анизотропная. В маложелезистых участках бокситов этого типа глинозем часто раскристаллизован в гиббсит и микробобовины погружены в основную массу мелкокристаллического гиббсита (табл. XXXIX, 2, 4).

Большинство крупных железистых бобовин и их обломков, так же как и микрообломки цемента, окружены вторичными оболочками глиноземистого состава с примесью гидроокислов железа. Число оболочек 1—3.

Строение и структура этих оболочек показывает, что они представляют собой прилегающие участки цемента, в которых в разной степени «стянулись» гидроокислы железа.

Обломки каолинитовых пород, листочки каолинита и зерна кварца совершенно отсутствуют, в то время как в бокситах с четкой обломочной структурой цемента они отмечены в значительном количестве. Эти обломки замещены здесь кристаллическим гиббситом (при этом сохраняются перзоначальные их очертания) или тонкодисперсным глиноземом. Зерна кварца частично выщелочены. В этом случае их угловатая форма сохранилась в очертаниях образовавшихся пор. Замещение обломков каолинита и кварца гиббситом, а также выщелачивание зерен

кварца свидетельствуют о выносе кремнезема и перераспределении вещества в боксите, происходивших до образования оболочек, одновременно с ними, а иногда и несколько позднее.

В бокситах третьего типа широко развиты прожилки ферриалюмогеля. В некоторых образцах ферриалюмогель или алюмогель составляет до 50% цемента, а в некоторых участках слагает весь цемент (колломорфная структура). Гели обладают колломорфной структурой (табл. XL, 3, 4) и участками раскристаллизованы в гиббсит (табл. XLI, 1). Они относятся к числу вторичных эпигенетических образований в породе и обычно замещают обломочно-микробобовый цемент, а местами корродируют крупные бобовины по краям и проникают внутрь них по трещинкам.

Такие взаимоотношения с различными структурными элементами бокситов говорят о возникновении гелей в процессе вторичного, эпигенетического перераспределения вещества.

Бокситы с микробобово-обломочной и обломочно-микробобовой структурой цемента встречаются на всех месторождениях Казахстана мезо-кайнозойского возраста. Из них наиболее распространенными являются первые. Это как бы промежуточный тип каменистых бокситов. При сравнении структурных особенностей бокситов одного и того же типа, встречающихся на разных месторождениях, оказывается, что различия между ними в общем невелики. Они касаются, главным образом, состава, размеров и формы обломков, присутствующих в бокситах, и уже отмечены нами при описании бокситов первого типа. Там эти различия заметны значительно ярче, поскольку бокситы первого типа меньше других каменистых бокситов затронуты вторичными эпигенетическими процессами перераспределения вещества.

НЕКОТОРЫЕ ДАННЫЕ О СОСТАВЕ И ПРОИСХОЖДЕНИИ БОБОВИН В БОКСИТАХ И ГЛИНАХ

При изучении бокситовых пород нельзя не затронуть вопрос о бобовинах, которые нередко составляют преобладающую часть бокситов. По своему происхождению бобовины в бокситах подразделяются на аутигенные и терригенные.

Аутигенные бобовины, возникшие на месте в самой породе в глине или в боксите, представляют собой сгустки гидроокислов железа и алюминия. Такие бобовины имеют внутреннюю структуру, аналогичную структуре вмещающей их породы (обломочную или микробобово-обломочную), форма их неправильная или округло-неправильная.

Такие бобовины немагнитны. Они характерны, главным образом, для бокситовых и лигнитовых глин, для глинистых бокситов и в меньшей степени для сухаристых бокситов (табл. XVIII, 1, 2; табл. XLIII, 1—4; табл. XLIV, 1, 2) и очень редки в каменистых бокситах.

Терригенные бобовины черные, буро-черные, вишнево-красные и красно-бурые, твердые и хрупкие могут быть магнитными и немагнитными. Наряду с округлыми целыми бобовинами встречаются и их обломки, которые обычно составляют 20—30% общего количества бобовин. Среди обломков можно видеть половинки бобовин и более мелкие части с одной сферической поверхностью, а также остроугольные и полуокатанные обломки (табл. VII, XXIII, XXXIV). В каменистых бокситах эти бобовины и их обломки составляют 40—80%, в то время как аутигенные бобовины — всего 3—5%. В остальных типах пород: глинах смешанного состава, бокситовых глинах, глинистых и сухаристых бокситах количество аутигенных бобовин колеблется от 3 до 15%, а терригенные бобовины встречаются в количестве от 3 до 20%.

Таблица 3

Химический и минеральный * состав бобовин (вес. %)

Компоненты	Каменные бокситы								Сухаристые бокситы		Глинистые бокситы				Глинистые брекчи		Глины коры выветривания
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17
SiO ₂	2,07	2,03	5,25	3,34	4,32	3,84	2,15	4,66	3,15	3,10	2,68	7,82	7,99	3,73	15,74	6,45	5,27
Al ₂ O ₃	35,51	50,74	56,15	58,35	49,80	49,60	22,25	41,57	24,70	39,50	43,72	24,69	23,70	37,06	8,91	7,58	13,82
TiO ₂	1,56	2,10	1,96	2,09	1,96	1,64	1,56	2,80	3,27	2,10	2,61	1,33	1,37	2,28	4,45	4,24	3,92
Fe ₂ O ₃	40,72	26,32	23,63	21,92	25,54	24,78	0,12	11,25	41,57	29,60	34,78	49,62	53,44	30,52	63,06	72,17	71,42
FeO	0,70	1,66	2,15	1,67	1,15	1,28	32,60	7,23	1,83	1,07	0,93	0,63	0,13	2,19	0,76	Her	0,29
P ₂ O ₅	0,39	0,34	—	0,37	—	—	—	1,87	—	0,29	—	0,30	0,22	0,67	0,82	0,46	—
MnO	0,03	0,01	—	0,01	0,04	—	0,45	0,14	—	0,02	—	Her	Her	0,34	0,05	2,08	0,11
CaO	0,87	0,80	0,59	0,82	0,69	0,66	5,60	3,11	0,53	0,83	0,72	0,43	0,75	1,11	0,70	0,17	0,43
MgO	0,37	0,52	0,31	0,28	0,32	0,30	0,36	1,07	0,21	0,51	0,33	0,30	0,30	0,54	0,44	0,52	0,43
Na ₂ O	0,13	0,07	0,11	0,11	0,10	0,10	0,12	0,11	0,14	0,07	0,19	0,15	0,15	0,13	0,08	0,15	0,14
K ₂ O	0,10	0,12	0,12	0,03	0,06	0,07	0,08	0,03	0,04	0,08	0,14	0,13	0,11	0,03	0,18	0,10	0,12
H ₂ O ⁺	16,11	13,39	5,85	5,29	11,77	13,15	7,19	16,05	21,86	19,45	10,79	11,92	10,96	17,18	3,58	3,10	2,49
H ₂ O ⁻	1,70	2,26	3,23	4,91	4,26	4,11	1,62	2,66	2,09	2,36	2,51	1,85	1,57	2,15	1,85	2,10	1,72
CO ₂	0,20	0,20	0,34	0,34	0,52	0,48	24,95	7,00	1,06	0,30	0,64	0,15	Her	1,80	0,80	Her	0,14
C _{орг}	0,20	0,17	0,23	0,12	0,04	0,25	0,16	0,30	0,16	0,23	0,30	0,29	0,16	0,27	0,14	0,22	0,09
Сумма	100,66	100,73	99,92	99,60	100,57	100,26	99,31	99,85	100,74	99,51	100,34	99,81	100,85	100,00	100,87	99,50	100,39
Свободный Al ₂ O ₃	33,73	49,01	51,68	55,50	43,16	46,64	20,42	37,60	22,02	36,86	41,43	18,04	16,91	33,38	20,42	20,96	9,34
Каолинит	4,45	4,36	10,45	7,18	9,28	5,18	4,62	8,30	6,77	6,66	5,75	16,81	17,15	5,36	18,96	13,86	11,33
Гибсит	44,74	36,90	12,72	15,60	27,14	34,99	18,90	42,02	33,68	36,94	17,54	Her	Her	46,03	Her	Her	Her
Корунд	4,48	24,87	43,98	47,41	28,38	21,78	8,06	10,31	Her	12,72	29,97	18,04	16,91	4,10	2,04	2,09	9,34
Магнетит (?)	Her	5,32	6,94	5,32	3,70	Her	Her	Her	Her	Her	Her	Her	Her	Her	Her	Her	Her
Маггемит **	40,70	22,64	18,94	18,25	22,98	24,78	0,11	11,22	Her	Her	Her	7,15	15,45	30,45	57,01	61,83	63,35
Гематит	—	—	—	—	—	—	—	—	51,62	36,82	38,62	52,83	45,29	—	11,67	11,50	8,97
Гидроокислы железа	Her	—	—	—	—	—	—	—	Her	Her	Her	Her	Her	—	7,52	Her	Her
Кварц	Her	0,12	0,42	Her	Her	0,36	Her	0,40	Her	Her	Her	Her	Her	0,16	0,16	Her	Her

Обр. 1—9, 11, 14—15 из Краснооктябрьского месторождения бокситов; обр. 10, 17 из Козыревского месторождения; обр. 12, 13 из Амангельдинских месторождений бокситов; обр. 16 из Темирского месторождения бокситов.

1, 2, 3, 4 — черные и буровато-черные сильномагнитные прочные бобовины и их обломки; 5 — черные с бордовыми пятнами сильномагнитные прочные бобовины и их обломки; 6 — темно-бордовые слабомагнитные и немагнитные прочные бобовины и их обломки; 7, 8 — обесцвеченные бело-серые слабомагнитные твердые бобовины и их обломки; 9 — бурые немагнитные рыхлые аутигенные бобовины — сгустки, образованные на месте; 10 — буровато-черные магнитные довольно прочные бобовины и их обломки; 11 — бурые немагнитные и очень слабомагнитные рыхлые бобовины и их обломки; 12, 13 — бурые и коричнево-бурые слабомагнитные твердые и хрупкие бобовины и их обломки; 14 — буровато-черные магнитные твердые бобовины и их обломки; 15 — бурые магнитные рыхлые бобовины и их обломки; 16 — бурые магнитные рыхлые бобовины и их обломки; 17 — бурые очень слабомагнитные рыхлые образования типа бобовин из верхней зоны коры выветривания.

* Без вторичных минералов (сидерит, карбонаты Ca, Mg, Mn, шамозит)

** Маггемит и гематит рассчитаны вместе.

Настоящий раздел посвящен описанию состава и происхождения терригенных бобовин.

Размер терригенных бобовин и их обломков колеблется от 0,5 мм до 1 см, а иногда и более, преобладают бобовины размером 3—5 мм. Нередки и сложные бобовины размером до 5 см в диаметре и более.

Форма, размеры, внутреннее строение бобовин этого типа из каменистых бокситов очень детально описаны в работе Е. Н. Куземкиной (1960) для Ливановского и частично Краснооктябрьского месторождений, так что нет особой необходимости снова на этом останавливаться. Характерными признаками терригенных бобовин являются: наличие густой сети трещин усыхания с близким к радиальному направлением трещин, идущих от поверхности в глубь бобовин, а также присутствие переменного количества остроугольных зерен кварца, реже обрывков растительной ткани, листочков каолинита, обломков гематита, магнетита и ильменита. В отраженном свете или в частично обесцвеченных бобовинах наблюдается неясная или четкая зонально-концентрическая структура (см. табл. XLII, 1, 3).

Концентры, как правило, неровные, в обесцвеченных разностях можно видеть заключенный в них мелкий обломочный материал (табл. L, 1—3).

Сложные бобовины представляют собой или обломки бокситов, окатанные и полуокатанные (см. табл. XLII, 4), или более мелкие бобовины, одетые общей оболочкой.

Нами были изучены бобовины из каменистых, сухаристых, глинистых бокситов, бокситовых глин и глин смешанного состава Краснооктябрьского, Козыревского и Амангельдинского месторождений.

Вследствие тонкодисперсности минералов, слагающих бобовины и вмещающую их массу, изучение велось с помощью химических и рентгеновских и, в меньшей степени, оптических методов исследования, которые в данном случае малоэффективны.

Химический и минеральный состав бобовин описан в работах Е. В. Рожковой и М. В. Соболевой (1936), К. Ф. Терентьевой (1949), А. К. Гладковского и А. К. Шаровой (1953_{1,2}), А. К. Шаровой и А. К. Гладковского (1958), Б. П. Кротова (1958), М. И. Луканиной (1959), С. И. Бенеславского (1954, 1957_{1,2}), Е. Н. Куземкиной (1960), Ф. Г. Пасовой (1959), К. Ф. Терентьевой, Ф. Г. Пасовой и С. А. Сидоренко (1961). Их описания касались, главным образом, бобовин каменистых бокситов Урала, Казахстана и Красноярского края. В настоящее время известно, что бобовины каменистых бокситов сложены гематитом, маггемитом, магнетитом, корундом, гиббситом, каолинитом, минералами двуокиси титана. Все эти минералы присутствуют в бобовинах в основном в тонкодисперсном, скрытокристаллическом и аморфном состоянии.

Нами был произведен перерасчет химических анализов бобовин и цемента из различных типов бокситовых пород на минеральные компоненты. При этом сразу бросается в глаза недостаток связанной воды (H_2O^+) для пересчета Al_2O_3 на гиббсит, не говоря уже о гидроокислах железа, которые наблюдаются под микроскопом в отраженном свете и которые нельзя не учитывать при пересчете (табл. 3 и 4).

В результате пересчетов химических анализов нами было обнаружено, что бобовины из всех типов бокситовых пород состоят из гематита, маггемита, магнетита (?), гидроокислов железа (гидрогематит), корунда, гиббсита и каолинита. Кроме этого присутствуют кварц и титансодержащие минералы (рутил, анатаз, ильменит и др.).

Количественно гематит и маггемит невозможно отличить по химическому составу, так как оба они имеют одну и ту же химическую формулу Fe_2O_3 . Что касается магнетита, то в нашем случае он рассчитывался

Химический и минеральный состав цемента каменистых, сухаристых и глинистых бокситов, глинистых брекчий и коры выветривания (вес. %)

Компоненты	Каменистые бокситы				Сухаристые бокситы	Глинистые бокситы				Глинистые брек- чий	Глины коры вы- ветривания
	1 (5) *	2 (1)	3 (4)	4 (8)		6 (10)	7 (14)	8 (12)	9 (13)	10 (16)	11 (17)
SiO ₂	4,23	5,61	2,47	21,98	5,28	7,13	13,76	17,78	14,87	36,37	39,12
Al ₂ O ₃	51,44	47,65	44,38	37,15	45,39	49,24	44,95	48,41	49,15	31,52	34,26
TiO ₂	1,65	1,25	3,10	1,36	1,49	1,85	2,00	1,22	1,26	0,91	0,56
Fe ₂ O ₃	12,66	17,78	21,97	5,26	14,36	14,68	12,13	7,84	8,34	13,17	11,46
FeO	0,14	1,01	1,78	7,62	—	0,41	1,01	0,28	0,14	Нет	0,32
P ₂ O ₅	—	0,25	0,19	1,44	—	0,28	0,35	0,22	0,29	0,21	0,10
MnO	—	0,03	0,01	0,10	—	0,03	0,06	Нет	Нет	2,12	Следы
CaO	0,40	0,66	Нет	1,83	—	0,63	1,27	0,56	0,67	Нет	Следы
MgO	0,20	0,89	0,55	0,28	—	0,54	0,27	0,60	0,82	0,25	0,08
Na ₂ O	0,07	0,08	0,07	0,11	—	0,05	0,07	0,12	0,10	0,18	Следы
K ₂ O	0,02	0,07	0,03	0,03	—	0,06	0,03	0,06	0,06	0,50	Следы
H ₂ O ⁺	27,60	23,89	22,52	17,83	27,34	23,20	22,60	22,84	23,73	11,19	12,31
H ₂ O ⁻	1,61	1,29	1,81	1,73	1,86	2,10	1,24	0,59	0,88	2,09	1,15
CO ₂	0,16	0,15	1,10	3,52	—	0,36	0,32	Нет	0,32	0,18	—
C _{орг}	0,19	0,12	0,22	0,12	—	0,17	0,30	0,31	0,16	0,50	—
Сумма	100,17	100,73	100,22	100,36	95,72	100,73	100,36	100,83	100,79	99,55	99,77
Свободный Al ₂ O ₃	47,84	42,94	42,28	18,98	40,90	43,18	33,25	33,29	36,51	0,61	1,00
Каолинит	9,09	12,04	2,91	40,80	11,35	15,32	28,22	38,22	31,96	78,17	84,10
Гиббсит	73,17	64,14	62,25	29,54	62,55	60,85	49,23	50,57	55,66	8,04	1,54
Корунд	Нет	1,02	Нет	Нет	Нет	3,39	1,26	0,23	Нет	0,07	Нет
Маггемит	2,44	17,77	20,87	Нет	3,88	14,68	Нет	7,84	8,34	13,17	11,08
Гематит											
Гидрогематит	9,88	Нет	1,16	5,84	13,02	Нет	13,47	Нет	Нет	Нет	0,39
Рутил (и др. титансодержащие минералы)	1,49	0,12	3,10	Нет	—	—	2,00	0,91	0,10	—	—
Ильменит	0,29	2,12	—	—	—	—	—	0,59	0,29	—	—
Шамозит	Нет	Нет	3,96	10,70	—	—	2,24	Нет	Нет	—	Нет
Сидерит	Нет	Нет	Нет	4,64	—	Нет	Нет	Нет	Нет	—	Нет
Карбонаты Ca и Mg	0,36	0,34	1,15	3,84	—	Нет	0,72	Нет	Нет	—	Нет
Кварц	Нет	0,08	Нет	1,57	—	0,01	0,22	0,14	Нет	Нет	—

Обр. 1, 2, 3, 4, 5, 7 из Краснооктябрьского месторождения бокситов; обр. 10 из Темирского месторождения; обр. 6 и 11 из Козыревского месторождения; обр. 8, 9 из Амангельдинских месторождений бокситов.

* Номера в скобках соответствуют номерам тех же образцов табл. 3.

Таблица 5

Межплоскостные расстояния минералов бобовин из бокситов и глин (кХ)

Из каменных бокситов						Из сухаристых бокситов				Из глинистых бокситов		Из глинистых брекчий				Из коры выветривания	
1		2		3		4		5		6		7		8		9	
<i>l</i>	<i>d/n</i>	<i>l</i>	<i>d/n</i>	<i>l</i>	<i>d/n</i>	<i>l</i>	<i>d/n</i>	<i>l</i>	<i>d/n</i>	<i>l</i>	<i>d/n</i>	<i>l</i>	<i>d/n</i>	<i>l</i>	<i>d/n</i>	<i>l</i>	<i>d/n</i>
						2	4,995	3	7,07					1	4,95		
4	4,755 ⁺	8	4,841	10	4,825	10	4,763	10	4,87	8	4,804			4—5	4,764		
2	4,306	6	4,343	8	4,349	6	4,383	9	4,38	5	4,349						
1	4,221					3	4,453					2	4,199				
2	3,631	5	3,633	2	3,649	2	3,661	6	3,70	6	3,672	4	3,661	6	3,649	6	3,672
4	3,477*			7	3,493*	1	3,483*	5	3,47*	1	3,50*	2	3,491*			1	3,452*
3	3,301	2	3,298	1	3,313	4	3,313	5	3,33	2	3,313	5	3,304				
						2	3,230	2	3,19								
1	3,155	1	3,1567					2	3,09								
3	2,904 ⁺	3	2,963 ⁺	3	2,953 ⁺	1	2,974 ⁺			4	2,982*	3	2,959 ⁺	5	2,952 ⁺	4	2,952*
1	2,791*							3	2,81*								
6	2,665	10	2,679	6	2,695	5	2,695	9	2,70	10 ш.	2,696	10	2,666	10	2,671	10	2,659
1	2,540					1	2,508										
10	2,497* ⁺	9	2,499	8 ш.	2,519	6	8,457	7	2,52	9	2,524	10	2,493	10	2,503	8	2,503
								5	2,46								
1	2,398 ⁺	2	2,428	6	2,389	6	2,382	6	2,37	3	2,384			1	2,422		
3	2,360*	3	2,379														
1	2,297* ⁺			2	2,312	2	2,285	1	2,28	1	2,294						
								1	2,24								
2	2,192	6	2,200	3	2,188	3	2,195	6	2,20	6	2,204	6 ш.	2,192	7	2,199	8	2,192
								4	2,16	1	2,165						
8	2,080* ⁺	3	2,041	9	2,092	5	2,047	6	2,05*	2	2,051	2	2,015	2	2,024	2	2,018
1	1,976	2	1,996			5	1,989	5	1,99	1	1,996						
1	1,893	2	1,917			4	1,923	5	1,91	1	1,923						
4	1,823 ⁺	6	1,825	2	1,843	2	1,841	7	1,841	7	1,838	7 ш.	1,828	8	1,833	7	1,825
		3	1,795			5	1,800	5	1,800	1	1,803						
4	1,732*	3	1,742	5	1,741	5	1,748	5	1,748	3	1,750						
6	1,680 ⁺	10 ш.	1,685	5	1,686	6	1,690	9	1,691	9 ш.	1,691	9 ш.	1,690	9	1,686	9	1,686
		2	1,636 ⁺			1	1,637	1	1,641			1	1,632	2	1,634	2	1,630
9	1,597* ⁺	4	1,595	9	1,605	2	1,603	4	1,594	4	1,601	4	1,596	6	1,598	4	1,589
1	1,548*							1	1,554			2	1,533				

1	1,508*										2	1,515					
8	1,474 ⁺	6	1,478	3	1,483	2	1,485	7	1,483	7	1,487	8ш	1,481	8	1,484	7	1,481
				3	1,452	6	1,452	8	1,453	8	1,456						
4	1,443	8	1,446			3	1,437					8ш	1,448	9	1,449	7	1,446
				4	1,410	4	1,412			1	1,416						
2	1,405*	2	1,403			2	1,402	4	1,407								
5	1,367*			5	1,376 ⁺	1	1,383*	5	1,360	1	1,354*	3	1,374			1	1,383*
		1	1,356			2	1,360							2	1,347	2	1,348
1	1,301 ⁺	3	1,305	1	1,307			3	1,308					5	1,326	4	1,307
1	1,277 ⁺									4	1,310	3	1,309				
1	1,256	3	1,253					2	1,256								
1	1,233*	1	1,225					2	1,213	4	1,256	3	1,255	5	1,255	3	1,256
1	1,205	2	1,207									1	1,224	1	1,223		
1	1,181	2	1,183					2	1,188	3	1,209			2	1,213		
1	1,154	2	1,160							4	1,188	2	1,184	4	1,188		
1	1,133	3	1,134							4	1,161	2	1,162	4	1,160		
1	1,115	1	1,118									3	1,137	6	1,135		
2	1,096*	3	1,099					5	1,117								
2	1,085 ⁺													6	1,099		
1	1,076*	1	1,073											3	1,078		
1	1,048*	3	1,050														
2	1,041 ⁺⁺	2	1,033														
1	1,012																
2	0,997*																
1	0,984 ⁺	1	0,984														

1 — черные прочные сильномагнитные бобовины и их обломки; 2 — темно-бордовые твердые немагнитные или слабомагнитные бобовины и их обломки; 3 — обесцвеченные довольно прочные бобовины и их обломки; 4 — темно-бурые рыхлые магнитные бобовины и их обломки; 5 — бурые рыхлые немагнитные бобовины; 6 — бурые рыхлые очень слабомагнитные и немагнитные бобовины; 7 — бурые магнитные рыхлые бобовины; 8 — бурые слабомагнитные рыхлые бобовины; 9 — бурые слабомагнитные рыхлые включения округлой и неправильной формы.

* Линии, характерные для корунда; + линии, характерные для маггемита и магнетита.

Обр. 1—7 из Красноярского месторождения бокситов; обр. 8—9 из Козыревского месторождения бокситов.

условно и только для тех бобовин, где не могло быть вторичных минералов, содержащих FeO, таких, как сидерит и шамозит. Там, где они были отмечены, FeO пересчитывался на сидерит и шамозит. Небольшое количество FeO (0,78—2,15%), отмечаемое в бобовинах, не затронутых вторичными процессами, могло входить и в ильменит, и в виде примеси в маггемит, который содержит иногда до 3% этого окисла в своем составе.

По данным Е. Н. Куземкиной, бобовины бокситовых и пестроцветных глин существенно отличаются по своему химическому и минеральному составу от бобовин каменистых бокситов. Они состоят из гиббсита, окислов и гидроокислов железа. Корунд отсутствует, а небольшое количество свободного глинозема связано с более поздней оболочкой бобовин.

Наши данные не согласуются с данными Е. Н. Куземкиной. Пересчет химических анализов бобовин из каменистых, сухаристых, глинистых бокситов и из глинистых брекчий показал, что нет существенной разницы в их составе (см. табл. 3). Корунд присутствует во всех бобовинах, за исключением аутигенных бобовин — сгустков, образованных в породе, которые состоят главным образом из гидроокислов железа (гидрогематита) и гиббсита с примесью каолинита, гематита и титаносодержащих минералов (см. табл. 3, обр. 9).

Данные рентгеновского анализа¹ (табл. 5) подтверждают результаты пересчетов химических анализов. Съемка образцов велась без предварительной их обработки (обесцвечивание и разделение на фракции: магнитную и немагнитную и разделение по удельному весу не производились). Это усложняло расшифровку дебаграмм, на которых линии гематита перекрывают отдельные линии корунда и маггемита. Но такие типичные для корунда межплоскостные расстояния, как 3,47 кХ, 2,07 кХ, 1,729 кХ, 1,599 кХ, 1,37 кХ, 0,997 кХ, а для меггемита 2,84 кХ и 1,084 кХ, присутствуют на дебаграммах всех без исключения бобовин.

По данным рентгеновского анализа, одним из основных минералов окиси железа в бобовинах является гематит. Нередко он преобладает. Межплоскостные расстояния, типичные для гематита, оказываются часто несколько заниженными в бобовинах по сравнению с эталонными. Так, рефлексы (101) — 3,68 кХ, (112) — 2,69 кХ эталонного гематита обычно снижаются до 3,63—3,67 кХ и 2,65—2,67 кХ на дебаграммах наших бокситов. Этот факт был отмечен С. И. Бенеславским (1957₁) для южноукраинских, татарских и барзасских бокситов и объяснялся им образованием твердых растворов Al_2O_3 в Fe_2O_3 (алюмогематит).

Уменьшение межплоскостных расстояний гематита как результат уменьшения параметров решетки объясняется в данном случае тем, что происходит замена иона Fe^{3+} с радиусом 0,67 Å ионом Al^{3+} с радиусом 0,57 Å.

Еще в 1928 г. Хаусен и Броунмиллер провели опыты по получению твердых растворов Al_2O_3 в Fe_2O_3 и установили, что Al_2O_3 может входить в состав гематита в количестве не более 15%, а при 20% на рентгенограммах уже видны линии корунда (Бенеславский, 1957₁).

Процесс изоморфного замещения железа алюминием в решетке гематита при его искусственном получении из раствора, где находится алюминий, описывается в работе Кайер С. и др. (Caillière, Gatineau, Hénin, 1960). Кайер и Побегэн отмечают и обратный процесс замещения алюминия железом в бокситах (Caillière, Pobeguín, 1961). Они счи-

¹ Рентгеновские анализы бобовин выполнены в лабораториях ИМГРЭ, ИОНХ АН СССР, съемка велась в камерах диаметром 57,3 мм на железном излучении с Мп-фильтром или без фильтра. Расшифровка и интерпретация дебаграмм проводилась Пастуховой М. В. при консультации В. А. Дрица.

тают, что Fe^{+++} входит в решетку бемита, замещая Al^{+++} , причем иногда достигается соотношение 1:1 без нарушений в решетке.

Образование смешанных кристаллов происходит обычно у веществ, близких по кристаллической структуре, по строению и размерам ионов. Как известно, ромбоэдрическая структура гематита $\alpha\text{-Fe}_2\text{O}_3$ изотипна структуре корунда $\alpha\text{-Al}_2\text{O}_3$ (Руксби, 1955). Следовательно, при определенных условиях образования гематита (например, наличие повышенного количества Al_2O_3 в среде) часть ионов Fe^{+++} в решетке могла замещаться Al^{+++} , не приводя к заметным напряжениям в кристалле, конечно в определенных пределах. Эти данные, как нам кажется, в какой-то мере проливают свет на образование корунда в бобовинах бокситов.

Этот процесс замещения Fe^{+++} на Al^{+++} вероятно имел место в верхней зоне коры выветривания, в самой поверхностной железистой корке, где росли бобовины. В литературе отсутствуют какие-либо указания на этот счет, по всей вероятности из-за слабой минералогической изученности этих образований.

Нами были изучены мелкие (0,5—2 см) железистые образования типа бобовин из коры выветривания. По данным рентгеновского и химического анализов, в этих бобовинах содержится около 64% гематита и 9,34% корунда. В терригенных бобовинах из глинистых брекчий корунд присутствует в количестве 2—2,5%, наряду с 57—60% гематита.

В глинистых и сухаристых бокситах среднее содержание корунда составляет 17—20%, а гематита — около 20%, по данным химических анализов. Что касается данных рентгеновских анализов, то мы видим лишь присутствие того и другого минерала, не имея возможности судить о их количественных соотношениях, тем более, что часть материала вероятно присутствует в рентгеноаморфной фазе.

Наибольшее количество корунда 43,98—47,41% отмечено в черных магнитных бобовинах каменистых бокситов, здесь корунд часто количественно преобладает над другими минеральными компонентами, такими, как минералы окиси железа, гиббсит и каолинит.

Если эти данные о содержании корунда в бобовинах бокситовых пород, начиная от глинистых брекчий и кончая каменистыми бокситами, сопоставить с данными о содержании свободного глинозема в бобовинах и в цементе (табл. 6), то можно увидеть, что в целом количество свободного глинозема в бобовинах нарастает приблизительно параллельно увеличению его содержания в цементе. При этом количество корунда также возрастает от глин к каменистым бокситам.

Таблица 6

Содержание свободного глинозема в цементе и бобовинах глин и бокситов (%)

Тип пород	Бобовины	Цемент	Содержание корунда в бобовинах (%)
Глины смешанного состава	20,4—20,9	0—2,5	2,0—2,1
Глинистые бокситы	16,9—41,4	33,2—36,5	16,9—29,9
Сухаристые бокситы	22,0—36,8	40,9—43,2	12,0—14,5
Каменистые бокситы (свежие) . .	49,0—55,5	42,3—47,8	24,0—47,5

Эти данные позволяют предположить, что, по всей вероятности, такие бобовины смешанного состава, например, корундово-гематитового, и их обломки, и просто обломки гематита из верхней зоны латеритной коры выветривания попадали в карстовых воронках в среду, в которой в результате процессов бокситообразования нарастало количество

свободного глинозема. В результате этого гели глиноземистого состава замещали бобовины и их обломки по краю, проникали вглубь них по трещинам усыхания, замещали также обломочные зерна кварца и каолинита, находящиеся внутри бобовин и их обломков. Кроме этого, могло иметь место дальнейшее замещение Fe^{3+} в решетке гематита на Al^{3+} , что приводило к увеличению количества корунда, происшедшего в соответствии с нарастанием свободного глинозема в окружающей среде. Похожие процессы наблюдаются в зоне окисления многих рудных месторождений, где в ранние стадии выветривания в растворах отсутствуют рудообразующие элементы и, вследствие этого, образуются глинистые минералы нормального состава (галлуазит, нонтронит и др.). На более поздних стадиях выветривания, когда глинистые минералы возникают в присутствии растворов, содержащих медь, цинк и др., наблюдаются своеобразные глинистые минералы — медистые галлуазиты, нонтрониты, хризоколлы, цинковый монтмориллонит и др.

При этом происходит изоморфное замещение Al^{3+} в решетке Cu^{2+} , Zn^{2+} и другими ионами (Чухров, Берхин, Молева, 1960; Смольянинова, Молева, Органова, 1960).

При бокситообразовании процесс замещения Fe^{3+} на Al^{3+} продолжался с разной интенсивностью, которая зависит, как видно из табл. 6, от содержания свободного глинозема в породе. В каменных бокситах, которые как бы знаменуют собой высший этап бокситизации, в бобовины стягивалось максимальное количество Al_2O_3 и в части бобовин гематит почти нацело превращался в корунд.

Постепенность нарастания количества корунда от глин к каменным бокситам затушевывается тем, что более поздние процессы разрушения бокситов накладывают свой отпечаток. Так, каменные прочные бокситы становятся более хрупкими, черные бобовины превращаются в бордово-красные, менее прочные, немагнитные. В сухаристых и глинистых бокситах также наблюдается разрыхление бобовин и их обломков. В таких измененных бобовинах происходит частичная или полная гидратация корунда, а также переход маггемита в гематит, который, адсорбируя воду, часто разрыхляется.

Все это затрудняет определение первоначальных соотношений минералов в бобовинах.

Могут возникнуть возражения, что процесс стягивания Al_2O_3 в бобовины указывает на возникновение бобовин в самом боксите, как и считают многие исследователи. Но в таком случае хочется спросить, каким образом образовались в боксите многочисленные остроугольные обломки бобовин, составляющие до 20—30% от общего числа бобовин и имеющие такой же состав, как и сами бобовины в данном типе глины или боксита.

По всей вероятности, специфика среды в момент бокситообразования (вынос SiO_2 , накопление Al_2O_3) оказывала воздействие на обломки, содержащие гематит в своем составе, а именно, замещая Fe^{3+} в его решетке на Al^{3+} с образованием корунда.

Этот процесс происходил, вероятно, не только в бобовинах, но и в цементе бокситов любого типа, а также в глинах, содержащих свободный глинозем, где, как мы знаем, присутствуют в большом количестве мелкие (0,05—0,1 м) обломки гематита, в которых также происходило замещение Fe^{3+} на Al^{3+} с образованием корунда. С этим хорошо согласуются данные К. Ф. Терентьевой, Ф. Г. Пасовой и Г. А. Сидоренко о присутствии корунда не только в бобовинах каменных бокситов, но и в цементе каменного боксита и в глиноподобном безбобовом боксите. Конечно для окончательных выводов необходимы дальнейшие детальные исследования.

Другим железистым минералом, неизменно присутствующим в бобовинах, является маггемит. В работе Е. Н. Куземкиной (1960) в качестве единственного магнитного минерала бобовин описывается магнетит ($\text{FeO} \cdot \text{Fe}_2\text{O}_3$), определенный с помощью рентгеновского и химического анализов. На присутствие магнетита в бобовинах еще ранее указывали А. К. Гладковский и А. К. Шарова (1953_{1, 2}, 1955), Б. П. Кротов (1958) и др. По нашим данным, магнетит встречается в бокситах, цементе и бобовинах в виде обломочных мелких зерен.

По-видимому, есть все основания считать, что в основной массе бобовин присутствует не магнетит, а маггемит ($\gamma\text{—Fe}_2\text{O}_3$). Во-первых, содержание FeO в бобовинах обычно низкое — 0,13—1,6%, если исключить FeO, входящее в состав сидерита и шамозита. Уже упоминалось, что природный маггемит $\gamma\text{Fe}_2\text{O}_3$ может содержать примесь FeO от следов до 3%, в то время как магнетит содержит FeO до 31%. По данным рентгеновского анализа, в некоторых черных, сильномагнитных бобовинах Краснооктябрьского месторождения магнитный минерал железа количественно преобладает, а химический анализ показывает не более 2% FeO при 20—23% Fe_2O_3 . Это дает основание предполагать присутствие маггемита с примесью FeO, так как в случае магнетита при наличии 20—23% Fe_2O_3 должно было быть примерно такое же количество FeO.

К тому же, кристаллическая структура $\gamma\text{Fe}_2\text{O}_3$ (дефектная структура шпинели) очень близка к структуре магнетита $\text{FeO} \cdot \text{Fe}_2\text{O}_3$ (структура шпинели), в силу чего они дают очень сходную картину на дебаеграммах. Но есть и отличие: по сравнению с магнетитом у маггемита несколько меньшая величина ребра элементарной ячейки по оси $a=8,30 \text{ кХ}$, в связи с чем на его дебаеграмме линии расположены под несколько большими углами отблеска, чем у магнетита (Руксби, 1955; Сельдау, 1961). И действительно, мы имеем на рентгенограммах своих образцов уменьшение межплоскостных расстояний по сравнению с межплоскостными расстояниями магнетита, такими как 4,97 кХ, 2,96 кХ, 2,52 кХ, 1,61 кХ, 1,09 кХ и др. (см. табл. 5). Это объясняется присутствием катионов с ионным радиусом 0,67Å в структуре маггемита, в то время как в структуре магнетита значительная часть была бы представлена катионами Fe^{++} с большим ионным радиусом 0,79Å.

Кроме этого, как отмечает Руксби (1955), у маггемита есть некоторые рефлексы, которые отсутствуют у магнетита со структурой настоящей шпинели (3,70 кХ, 3,39 кХ, 1,81 кХ, 1,52 кХ). На рентгенограммах черных сильномагнитных бобовин наблюдаются близкие к этим отражения. В подтверждение присутствия маггемита, а не магнетита в бобовинах свидетельствует и ряд других косвенных фактов.

В литературе, посвященной минералогии бокситов, нет единого мнения по вопросу происхождения магнитных минералов в бобовинах.

Чаще всего маггемит считают продуктом окисления магнетита, который некоторые исследователи рассматривают как осадочный продукт (?), образовавшийся в боксите (Гладковский и Шарова, 1953_{1, 2}; Куземкина, 1960). Другие исследователи считают магнитные бобовины гальками, переотложенными из латеритной коры выветривания (Гладковский, Шарова, 1955; Кротов, 1958). Есть еще одна точка зрения М. С. Каштанова (1960), согласно которой маггемит образуется в диagenезе, когда из комплексных гелей Al , Si , Fe и Ti , принесенных из коры выветривания (!), выкристаллизовываются гиббсит, каолинит, галлуазит, гематит, гетит, анатаз, халцедон и маггемит, после чего все это перераспределяется, формируются бобовины, оолиты и т. д.

Е. М. Брадинская (1959) отмечает для бокситов Енисейского края наличие маггемита и магнетита. Ей удалось под микроскопом в отраженном свете наблюдать соотношения маггемита с гематитом.

По данным других авторов (Куземкина, 1960; Пасова, 1959 и др.) и нашим, оптический метод не позволяет наблюдать маггемит, так как последний присутствует обычно в тонкодисперсном состоянии, в тонком сростании с гематитом и корундом.

По Е. М. Брадинской, магнетит встречается в бокситах очень редко в виде мелких зерен, а маггемит образуется в результате окисления магнетита и при разложении зерен магнитного ильменита в бобовинах и в цементе. Гематит, в свою очередь, является вторичным по маггемиту и магнетиту.

Все это, однако, не объясняет происхождения тонкодисперсного маггемита, который является неизменной и преобладающей составной частью бобовин бокситов.

Маггемит γ — Fe_2O_3 , можно получить искусственно различными путями — путем разложения лепидокрокита, нагревая его при температуре $250\text{--}300^\circ$ в течение одного часа (Руксби, 1955). При этом маггемит характеризуется очень мелкими размерами кристаллитов ($\sim 50 \text{ \AA}$). Другой путь получения γ — Fe_2O_3 — медленное окисление некоторых форм магнетита (Руксби, 1955). Природный магнетит при сравнительно низких температурах окислить трудно. В этом случае он переходит чаще всего в α — Fe_2O_3 (мартит). В γ — Fe_2O_3 магнетит обычно переходит при температуре 200°C , а искусственный магнетит при 110°C . Все эти данные совершенно неприменимы к бокситам.

Поскольку мы предполагали, что источником терригенных бобовин и их обломков являлась поверхностная железистая корка латеритной коры выветривания, то пришлось обратиться к данным по минералогии этой части латеритного профиля. Оказалось, что в литературе имеется ряд указаний на присутствие магнитных минералов в латеритной коре выветривания.

Так, например, на Филиппинских островах в поверхностной охряно-красной зоне латеритного профиля содержатся гематитовые и магнетитовые стяжения шаровидной формы размером до 1 см, ближе к поверхности они увеличиваются в размере и количестве. Цементируются также стяжения мягкой зернистой массой окислов железа и алюминия. На самой поверхности наблюдается твердая кора, на которой рассеяны валуны со стяжениями. В некоторых участках эта поверхностная зона состоит из коры и сплошных масс плотных бурых ячеистых лимонитовых руд с подчиненным количеством гематита и магнетита (Луи Сантос-Ньюго, 1955). Таким образом, в данном случае магнитный минерал железа образуется непосредственно у поверхности.

Лейс и Мид (Leith, Mead, 1911) отмечали присутствие магнитных ядер в некоторых гематитовых гранулах в верхней части Кубинских латеритных железных руд. Шерман и Канехиро (Sherman, Kanehiro, 1954) описали разнообразные железистые конкреции в латеритных почвах Гавайских островов. Многие из этих конкреций магнитны. Так, в верхней части (0,3 м) латеритной зоны выветривания ими были встречены сферические железистые конкреции размером от 0,5 мм до 2 см в виде блестящих черных шариков, 80% которых сильномагнитны. Для них характерно высокое содержание TiO_2 (10,3—18,5%) и Fe_2O_3 (71,26—80,97), SiO_2 (0,8—2,6%) и Al_2O_3 (0—6,9%). Содержание FeO колеблется от 2 до 8%, т. е. магнитность обусловлена не магнетитом, а маггемитом. Авторы считают, что конкреции возникают в поверхностном слое латеритной коры, куда железо в форме FeO приносилось латеральными или восходящими водами, окислялось на поверхности в лепидокрокит, который в сухие периоды или просто при выходе на поверхность дегидратировался в маггемит.

Матусака и Шерман (Matusaka, Sherman, 1961), изучавшие почвы Гавайских островов, часто сильномагнитные, установили, что магнит-

ность обуславливалась присутствием маггемита, так как почвы содержали всего 0,5—3% FeO при более чем 60% — Fe₂O₃. В качестве примесей отмечались 13,5% Al₂O₃ и 2,2% SiO₂ при 18,8% потери при прокаливании.

Выяснилось также, что природновлажная почва, которая не проявляла магнитности, при высыхании при обычной температуре приобрела слабые магнитные свойства, а при дальнейшем высушивании от 105° до 500—600° магнитность ее значительно усиливалась. После нагревания в течение 5 часов при 900° магнитные свойства исчезали. Такое поведение при нагревании — характерный признак лепидокрокита FeOOH. Ни один другой минерал окиси железа не обладает таким свойством.

Авторам не удавалось зафиксировать присутствие лепидокрокита в образцах почв с помощью рентгеновского анализа, кроме одного случая. Отсюда они сделали вывод, что по всей вероятности этот минерал представлен рентгеноаморфной фазой.

По данным Э. П. Сельдау (1961), уже при удалении 2% воды из лепидокрокита у него обнаруживаются слабые магнитные свойства, с потерей 8% воды происходит резкий распад лепидокрокита с образованием новой фазы — маггемита, а при удалении 10% воды наблюдаются широкие, сильно размытые линии γ -Fe₂O₃ на дебаграммах, свидетельствующие о мелкодисперсном маггемите.

Таким образом, маггемит мог возникать в поверхностных условиях при обычной температуре тропиков в течение длительных сухих периодов. Этот процесс взаимоперехода гидроокислов железа в лепидокрокит и возможно в гетит, а затем в маггемит и гематит в поверхностных условиях и объясняет, вероятно, затвердевание верхней латеритной корки.

Таким образом, условия выпадения α модификаций (гематит, гетит, и γ модификаций (лепидокрокит и маггемит) еще недостаточно изучены. Предполагается, что определяющим фактором является или кислотность раствора, или быстрота окисления (Сельдау, 1961).

Тот факт, что маггемит может возникать в обычных поверхностных условиях при окислении и дегидратации лепидокрокита, а возможно и гетита (Gokhale, 1961), очень важен, поскольку он позволяет сделать вывод о возможном источнике бобовин и их обломков в бокситах.

Нам представляется, что источником терригенных бобовин и их обломков была самая верхняя зона латеритной коры выветривания, глиноземисто-железистая или железистая, содержавшая железистые конкреции размером от 1 до 10 мм и более. Состав таких конкреций мог быть различным, в зависимости от степени дегидратации материала. Это были конкреции из лепидокрокита и гематита (немагнитные), из лепидокрокита, маггемита и гематита или из гематита и маггемита (магнитные). В качестве примеси присутствовали Al₂O₃ и SiO₂ в виде корунда, гиббсита, каолинита и кварца.

При разрушении и переотложении материала коры выветривания в виде обломков эти железистые конкреции и их обломки попадали в карстовые воронки и впадины, где они распределялись крайне неравномерно.

В толще переотложенного смешанного материала начинались процессы бокситизации: вынос SiO₂, обогащение глиноземом и замещение им обломков каолинистых пород кварца. Глинозем перераспределялся с образованием микробобовин путем облеkania обломков различного состава, образования сгустков и прожилков железисто-глиноземистых гелей, замещающих отдельные участки цемента и бобовины по их краям. Гели проникали и внутрь бобовин по трещинкам усыхания, замещали обломки кварца внутри бобовин и их обломков. Часто

можно видеть, как обломки железистых бобовин облекаются более поздними глиноземистыми оболочками, как бы регенерируются уже в породе. Вещество бобовин и их обломков, состоящее из переменного количества гематита, лепидокрокита и маггемита, тоже должно было реагировать на своеобразие этой среды, богатой свободным глиноземом. Это выражалось в процессе дальнейшего замещения Fe^{+++} в гематите на Al^{+++} с образованием «смешанных» продуктов: гематита-корунда, с преобладанием того или другого в зависимости от содержания свободного Al_2O_3 в среде. Там, где во вмещающей среде было больше свободного глинозема, как, например, в местах образования каменистых бокситов, там процесс замещения был более интенсивным и там корунд часто преобладает над гематитом в бобовинах и их обломках. Трехвалентное железо в лепидокроките также может замещаться в решетке на Al^{+++} , образуя бемит, в связи с изотипностью их решеток. На это указывал Х. П. Руксби (1955). По данным рентгеновского анализа, нам удавалось обнаружить линии бемита в бобовинах из каменистых бокситов, наряду с корундом, гематитом и маггемитом. Возможно, что бемит мог возникать именно таким путем.

Что касается присутствия лепидокрокита в бобовинах и их обломках, то его не удалось обнаружить с помощью рентгеновского анализа, так же как это не удавалось Матусака и Шерману при изучении Гавайских латеритных почв. Но слабое нагревание бобовин из глинистых и сухаристых бокситов показало, что они становятся слабомагнитными, что указывает на присутствие лепидокрокита, возможно в рентгеноаморфной фазе.

Таким образом, в бокситовой породе бобовины и их обломки имеют следующий состав: маггемитово-корундово-гематитовый, гематитово-корундовый, корундово-лепидокрокито-гематитовый или бемито-лепидокрокито-корундово-гематитовый.

Как уже отмечалось, на эти образования накладывались более поздние процессы, ведущие к разрушению бокситов — ресиликация и вторичные изменения с образованием сидерита, шамозита и пирита; гидратация, ведущая к разрыхлению бобовин с образованием гидроокислов железа и алюминия.

При рентгеновском изучении бокситов в рыхлых бурых бобовинах не обнаруживается никакого увеличения межплоскостных расстояний по сравнению с твердыми вишнево-красными бобовинами (см. табл. 5), как должно бы было быть при наличии гидроокислов железа. По всей вероятности, эти рыхлые бобовины слагаются преимущественно тем же гематитом, только тонкодисперсным, который содержит в большем количестве адсорбированную воду.

В заключение следует отметить, что твердые бобовины и их обломки, скапливаясь в большом количестве в отдельных участках делювия коры выветривания в карстовых воронках, по-видимому, играли определенную роль в возникновении каменистых разностей бокситов в процессе бокситизации.

ЖЕЛВАКИ КАМЕНИСТОГО БОКСИТА В БОКСИТОВЫХ ГЛИНАХ, ГЛИНИСТЫХ И СУХАРИСТЫХ БОКСИТАХ

При описании типовых разрезов бокситоносных пород двух месторождений уже упоминалось, что каменистые бокситы преимущественно встречаются в виде единичных желваков или их скоплений. Форма таких желваков округлая или неправильно-округлая (табл. XXXI, 2а, 2б, 2в, 2г), размеры их колеблются от нескольких сантиметров до 0,5 м, а в ряде случаев достигают и нескольких метров.

«Вмещающими» породами для желваков служат бокситовые глины, глинистые и сухаристые бокситы. Здесь мы остановимся несколько подробнее на вопросе о соотношении желваков каменистого боксита с более рыхлой вмещающей массой.

Для бокситовых глин, глинистых и сухаристых бокситов, как правило, характерна редкобобовая структура всей породы в целом. Они содержат от 5 до 20% рыхлых железистых бобовин бурого цвета, размером от 2 до 4 мм в диаметре. Как показало изучение под микроскопом, эти бобовины чаще всего представляют собой аутигенные сгустки гидроокислов железа и алюминия, возникшие в породе обычно в местах более густого скопления обломков в цементе бокситов. Кроме этого, в глинистых и сухаристых бокситах встречаются в переменном количестве терригенные бобовины и их обломки.

Желваки каменистого боксита, в отличие от вмещающих пород, содержат терригенные бобовины и их обломки в количестве от 40 до 70%, причем в каменистых бокситах эти бобовины более прочные, темно-бордовые и черные, часто с металлическим блеском, сильномагнитные, состоят они из окислов алюминия и железа (гипсцит, корунд, маггемит, гематит). Так как желваки каменистого боксита значительно прочнее, чем вмещающая масса, поэтому лишь с трудом удается приготовить шлиф, в котором была бы отчетливо видна граница желвака каменистого боксита и вмещающего его глинистого или сухаристого. При изучении нескольких шлифов прежде всего бросается в глаза совершенно одинаковая микрообломочная структура цемента в каменистом боксите и во вмещающем глинистом или сухаристом, несмотря на внешнее резкое отличие этих пород (табл. XXIX, 1—4).

Обломки имеют размер от 0,007 до 0,3 мм и представлены глиноземистыми, железисто-глиноземистыми, каолинитово-глиноземистыми, каолинитовыми тонкозернистыми и тонкодисперсными породами, листочками каолинита, обломками гематита и гидрогематита, кварца, редкими зернами рутила, брукита и циркона.

Все эти обломки цементируются глиноземисто-каолинитовым тонкодисперсным веществом, содержащим примесь окислов и гидроокислов железа.

Совершенно одинаковая микрообломочная структура цемента изменена под влиянием процессов перераспределения вещества, причем интенсивность этих изменений в желваках и во вмещающей породе неодинакова. Во вмещающих бокситовых глинах, глинистых и сухаристых бокситах наблюдается лишь частичное, реже полное замещение обломков каолинитового и кварцевого состава тонкодисперсным глиноземом. Там же можно видеть вновь образованные микробобовины вокруг части обломков, в том случае, когда они облекаются одной-двумя глиноземистыми оболочками. Очень слабо развиты прожилки ферриалюмогеля (табл. XXIX, 3).

В каменистых желваках, которые содержат большое количество крупных терригенных бобовин и их обломков, процессы перераспределения идут гораздо интенсивнее, чем во вмещающих их породах. Здесь, кроме замещения элементов цемента тонкодисперсным глиноземом и образования микробобовин вокруг обломков различного состава, наблюдаются скопления больших количеств ферриалюмогеля с коллоидной и метакolloидной структурой, которые почти нацело замещают цемент (последний сохраняется в виде отдельных «островков»). Содержания основных компонентов в алюмогеле приведены в табл. 7. Гели разъедают по краю бобовины и их обломки. В результате такого интенсивного замещения ферриалюмогелем почти 80—90% основной массы и части бобовин, наступает «окаменение» замещенного участка и возникает желвак каменистого боксита (табл. XXIX, 2, 4).

В редких случаях в шлифах удавалось наблюдать непосредственную границу соприкосновения такого желвака и вмещающей породы. Она обычно очень неровная, извилистая, можно видеть как ферриалюмогель языками заходит в основную массу вмещающей породы, замещающая и ее (табл. XXIX, 1).

Интенсивное развитие алюмо- и ферриалюмогелей наблюдается преимущественно в каменистых бокситах с обломочно-микробобовой структурой цемента с обломками, замещенными гиббситом, т. е. таких, первоначальная обломочная структура которых преобразована наиболее сильно.

Таблица 7

Содержание основных компонентов в геле
каменистых бокситов (%)

	SiO ₂	TiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	H ₂ O ⁺	H ₂ O ⁻	Сумма
1	4,72	1,25	57,38	7,12	21,00	0,71	100,18
2	0,99	0,43	60,0	7,64	30,52	0,41	99,99

По всей вероятности, скопление крупных терригенных бобовин и их обломков способствовало усиленному процессу стягивания к ним ферриалюмогелей, что в свою очередь делало эти участки с многочисленными бобовинами каменистыми, прочными. Другими словами, шел обычный процесс образования конкреций в рыхлой породе. Образование желвака каменистого боксита аналогично в сущности процессу образования аутигенных бобовин — сгустков в бокситовых глинах, глинистых и сухаристых бокситах, которые являются результатом стягивания гидроокислов железа и алюминия в тех участках цемента, где были более густые скопления обломков каолинитового, железистого, кварцевого и другого состава.

По данным рентгеноструктурного анализа, в составе слабораскристаллизованного геля удастся установить гиббсит, гематит, каолинит, следы гетита.

Итак, бокситы становятся каменистыми, когда в их составе преобладают ферриалюмогели или алюмогели и гиббсит, выполняющий все поры и прожилки.

Процесс стягивания гидроокислов алюминия и в меньшей степени железа в отдельные участки, характеризующиеся наличием большого количества обломков и терригенных бобовин, не всегда сразу приводит к образованию каменистого боксита. Иногда можно наблюдать среди рыхлых глинистых бокситов или бокситовых глин участки более крепкие, чем окружающая масса, но сухаристые, а не каменистые. При микроскопическом изучении в таких сухаристых участках в глинистом боксите, как правило, наблюдается более густое скопление обломков каолинитового состава, а также железистых бобовин и их обломков, которые в значительной степени замещены железисто-глиноземистым гелем.

Эти факты образования сухаристых участков и прочных каменистых желваков в рыхлой массе глинистых и сухаристых бокситов интересны для нас постольку, поскольку они в какой-то мере объясняют причины возникновения некоторых разностей бокситовых пород в разрезах бокситовых месторождений, в частности каменистых.

Глава V

СРАВНИТЕЛЬНАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА И ПРОИСХОЖДЕНИЕ СТРУКТУРНЫХ ТИПОВ ГЛИН И БОКСИТОВ

Всем породам бокситоносной толщи, как это видно из табл. 2, в той или иной мере свойственна обломочная структура. Она наиболее характерна для глин всех разновидностей и меняется от тонкодисперсной (пелитовой) до значительно более грубообломочной и даже брекчиевой. Из той же таблицы очевидно, что от глин к каменистым бокситам наблюдается усложнение структуры бокситовых пород. Иными словами, расположив эти породы в определенной последовательности от менее глиноземистых глинистых пород до кондиционных бокситов, мы получим закономерный ряд, в котором каждая последующая порода обладает более сложной структурой и особенно микроструктурой по сравнению с предыдущей.

В главах, посвященных описанию структурных типов бокситовых пород, мы попытались показать, каким путем возникает каждая вновь образованная структура (например, бобовая или микробобовая) и особенно подчеркнуть то обстоятельство, что новообразованные структуры возникают в самих обломочных породах, коренным образом меняя их облик. Более того, изменение структуры глин происходит одновременно с изменением их состава, так что на одном конце ряда мы имеем обломочные глинистые породы, а на другом — бобовые бокситы.

Отметим еще раз основные преобразования структур в той последовательности, в которой, как нам кажется, они возникают.

Глинистые породы в составе бокситоносной толщи, выполняющей карстовые воронки, имеют пелитовую структуру или содержат примесь алевролитовых и песчаных зерен, а некоторые разновидности представляют собой типичные глинистые брекчии (табл. I, 1—4; табл. II, 1—3).

Состав этих глин каолининовый (табл. 8, 9, 10), а у брекчий сплошь и рядом даже смешанный — гидрослюдисто-каолининовый или монтмориллонит-каолининовый, в зависимости от состава обломков. Последние отражают состав продуктов выветривания, которые переотлагались в воронки и депрессии. От обычных осадочных, отложившихся, например, в озерном бассейне, пелитовые разности таких глин отличаются только присутствием редких железистых бобовин размером 1—5 мм, содержащих глинозем (см. табл. 9, 10). Количество бобовин не превышает 10%, а иногда они совсем отсутствуют (безбобовая структура). Большинство из них представляет собой сгустки гидроокислов железа и глинозема в местах наиболее густого скопления обломков.

Таблица 8

Химический и минеральный состав глин смешанного состава из бокситовых месторождений Тургайского прогиба (вес.%)

Компоненты	1	2	3	4
SiO ₂	35,24	35,78	36,34	31,98
TiO ₂	1,00	1,17	1,68	1,35
Al ₂ O ₃	31,07	29,45	28,24	31,96
Fe ₂ O ₃	16,34	15,30	18,34	19,66
FeO	Следы	Нет	0,50	0,79
P ₂ O ₅	0,28	0,44	0,18	0,33
MnO	0,85	2,40	Нет	0,08
CaO	0,70	0,76	0,44	0,33
MgO	0,94	0,72	0,15	0,40
Na ₂ O	Следы	0,25	Следы	0,28
K ₂ O	Следы	1,26	Следы	0,18
H ₂ O ⁺	11,54	10,09	13,01	11,91
	(П. п. п.)		(П. п. п.)	
H ₂ O ⁻	1,72	1,97	0,95	1,20
CO ₂	—	Нет	—	0,06
C	—	Нет	—	Нет
Сумма	99,81	99,59	99,95	100,51
Свободный кварц	—	0,87	0,16	Нет
Свободный Al ₂ O ₃	1,15	Нет	Нет	4,76
Гиббсит	—	—	—	6,62
Каолинит	—	—	71,43	68,77
Корунд	—	—	—	0,53
Гематит	—	—	1,05	19,60
Гидрогематит	—	—	20,66	—
Ильменит	—	—	—	1,66
Рутил	—	—	—	0,04

Обр. 1 из основания разреза Темирского месторождения; обр. 2 из основания разреза Краснооктябрьского месторождения; обр. 3, 4 из средних частей разреза Краснооктябрьского месторождения.

Они содержат ту же обломочную примесь, что и цементирующая масса. Микробовины в этих глинах почти не образуются (табл. III, 1—4; табл. IV, 1—4; табл. V, 1—4; табл. VI, 1—4).

Бокситовым глинам, которые содержат до 20% свободного глинозема (табл. II), свойственна та же редкособово-обломочная и безбобовая структура. Внешне они часто не отличимы от каолиновых глин. В цементе же бокситовых глин и, отчасти, в лигнитовых глинах появляются микробовинки. Они представляют собой либо округлые сгустки изотропного бесструктурного алюмогеля, либо образуются за счет нарастания каолинит-железисто-глиноземистых или глиноземистых оболочек вокруг обломков. Последние становятся центрами микробовин. Количество микробовин в бокситовых глинах достигает 10—40% (табл. XVI, 2; табл. XVII, 3). Они располагаются беспорядочно и присутствуют наряду с микрообломками.

Микробовины образуются, таким образом, за счет перераспределения вещества, и в частности железа и глинозема, который находится в свободном состоянии, т. е. не входит в решетку силикатов. Этот про-

Таблица 9

Химический и минеральный состав каолинистых глин из бокситовых месторождений Тургайского прогиба (вес.%)

Компоненты	1	2	3	4	5	6
SiO ₂	37,04	40,97	43,40	32,03	37,18	42,04
TiO ₂	1,58	1,29	2,47	1,59	1,59	1,77
Al ₂ O ₃	33,11	29,65	38,43	27,43	33,19	38,25
Fe ₂ O ₃	14,13	13,52	1,99	24,71	17,48	4,22
FeO	0,29	0,21	0,18	0,3	0,07	Нет
P ₂ O ₅	Нет	0,36	—	0,04	Нет	—
MnO	0,03	0,06	—	0,06	Следы	0,01
CaO	0,44	0,42	1,80	—	—	—
MgO	0,10	0,32	0,57	—	—	—
Na ₂ O	0,08	0,26	—	—	—	—
K ₂ O	0,03	0,48	—	—	—	—
H ₃ O ⁺	11,89	10,31	10,66	9,36	11,30	13,12
H ₃ O ⁻	1,40	2,28	0,50	1,44	0,88	0,94
CO ₂	0,18	0,10	—	—	—	—
C	Нет	0,03	—	—	—	—
С у м м а	100,34	100,26	100,00	96,96	98,99	100,34
Свободный кварц	Нет	3,38	—	0,83	—	—
Свободный Al ₂ O ₃	1,62	Нет	1,54	0,20	1,59	2,51
Гиббсит	2,48	—	—	—	1,26	1,46
Каолинит	79,63	76,13	—	67,08	79,93	90,38
Корунд	—	0,49	—	0,90	0,75	1,55
Гематит	14,10	14,95	—	24,66	14,75	4,21
Ильменит	0,60	0,48	—	—	—	—
Рутил	1,25	1,08	—	1,59	1,59	1,77

Обр. 1,2 из Краснооктябрьского месторождения; обр. 3 из Амальгендинского месторождения; обр. 4,5,6 из Целиноградского (Акмолинского) месторождения.

песс накладывается на «первичную» обломочную структуру, начинается преобразование ее в микробовую. На тех участках, где микробовины не возникли, структура бокситовых глин, так же как и состав их обломков, не отличаются от глин каолинистых. Преобладают обломки каолинистых порцд, гематита и гидрогематита, заметную роль играют обрывки растительной ткани. На Амальгендинских месторождениях много кварца, на Краснооктябрьском и некоторых других — обломков выветрелых порфиринов.

Других признаков перераспределения вещества здесь почти нет. Обломки каолинистых пород, листочки и вермикулиты каолинита присутствуют в «нетронутном» виде и только изредка частично замещаются глиноземом.

Основная масса бокситовых глин, цементирующая обломки и микробовины, состоит, главным образом, из тонкодисперсного каолинита с небольшой примесью микрокристаллического гиббсита или тонкодисперсного глинозема, в котором рассеяны тонкодисперсные гидроокислы железа.

В глинистых бокситах, наряду с ростом свободного глинозема иногда до 25—50%, наблюдаются еще более яркие признаки перераспределения вещества (табл. 12).

Таблица 10

Химический и минеральный состав каолинистых и глиноземисто-каолинистых лентитовых глин из бокситовых месторождений Тургайского прогиба (вес. %)

Компоненты	1	2	3	4
SiO ₂	44,37	32,08	34,31	28,54
TiO ₂	1,18	1,78	1,58	1,16
Al ₂ O ₃	36,83	43,18	37,83	40,00
Fe ₂ O ₃	1,82	1,64	1,39	1,40
FeO	0,66	—	0,67	—
P ₂ O ₅	0,39	0,14	0,85	Следы
MnO	Нет	Следы	0,01	Следы
CaO	0,30	Следы	0,60	0,42
MgO	Нет	0,17	0,05	0,08
Na ₂ O	0,11	0,20	0,08	Следы
K ₂ O	0,14	Следы	0,14	Следы
H ₂ O ⁺	12,69	18,80 (П. п. п.)	12,74	26,51 (П. п. п.)
H ₂ O ⁻	1,77	1,63	1,88	2,22
CO ₂	0,38	—	0,10	Не опр.
S	0,13	—	0,40	0,35
C _{орг}	0,11	—	4,87	6,3
С у м м а	100,88	99,61	97,50	100,58
Свободный кварц	Нет	Нет	0,04	0,30
Свободный Al ₂ O ₃	—	15,91	8,66	15,74
Гиббсит	—	21,51	7,06	24,07
Каолинит	—	68,97	73,76	61,36
Корунд	—	1,84	4,04	—
Гематит	—	1,63	1,38	—
Гидрогематит	—	—	—	1,55
Ильменит	—	—	1,41	—
Рутил	—	—	0,83	1,16

Обр. 1—4 из Краснооктябрьского месторождения.

По сравнению с бокситовыми глинами, для них характерно более интенсивное, хотя и неполное замещение обломков каолинистого состава и кварца аморфным глиноземом. Значительная часть обломков еще остается незамещенной.

Структура породы в целом остается редкобово-обломочной или редкобовой. Однако безбобовые разности среди глинистых бокситов уже почти не встречаются. Количество крупных бобовин увеличивается до 5—15% (табл. XXIII, 1—4), что касается структуры цемента, то она заметно меняется. В некоторых разновидностях сохраняется обломочная микроструктура цемента, но в большинстве случаев значительная часть обломков обрастает железисто-глиноземистыми и глиноземистыми оболочками с образованием микробово-обломочной и обломочно-микробовой структур. Незначительная часть микробовин, как и в глинах, представляет собой сгустки аморфного глинозема. Количество микробовин в глинистых бокситах этого типа достигает 40% породы.

Помимо образования микробовин, в глинистых бокситах наблюдаются и другие признаки несколько более позднего перераспределения

**Химический и минеральный состав бокситовых глин месторождений
Казахского нагорья и Тургайского прогиба (вес. %)**

Компоненты	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
SiO ₂	31,62	34,94	30,34	19,32	25,99	33,80	22,24	37,5	28,53	31,71
TiO ₂	1,41	1,84	1,84	1,48	1,60	—	2,35	3,35	3,54	3,77
Al ₂ O ₃	34,07	40,21	46,20	38,14	35,40	40,28	35,27	39,6	42,3	44,23
Fe ₂ O ₃	18,29	8,13	1,48	21,17	20,13	1,12	21,28	5,2	7,3	1,03
FeO	0,12	0,14	0,07	1,07	0,51	—	—	—	—	0,07
P ₂ O ₅	—	—	—	0,07	0,14	—	—	—	—	—
MnO	0,02	—	—	0,02	0,10	—	—	—	—	—
CaO	0,17	—	—	0,34	0,34	—	—	—	—	0,68
MgO	0,12	—	—	0,20	0,08	—	—	—	—	0,07
Na ₂ O	0,43	—	—	0,57	0,13	—	—	—	—	—
K ₂ O	Нет	—	—	0,11	Нет	—	—	—	—	—
H ₂ O ⁺	13,73	14,23	18,83	17,22	15,25	22,30	16,74	14,24	17,5	16,17
						(П. п. п.)	(П. п. п.)	(П. п. п.)	(П. п. п.)	
H ₂ O ⁻	1,90	0,74	0,70	2,01	1,18	0,43	0,24	0,74	0,4	0,56
CO ₂	0,59	—	—	0,51	0,55	—	—	—	—	0,01
С у м м а	100,14	100,23	99,46	100,65	100,34	96,94	98,12	100,63	99,55	98,38
Свободный Al ₂ O ₃	7,19	10,51	20,41	21,71	13,31	—	—	—	—	17,27
Гиббсит	11	—	28,10	33,21	20,35	—	—	—	—	19,23
Каолинит	68	—	65,23	41,53	55,87	—	—	—	—	68,17
Корунд	—	—	2,03	—	—	—	—	—	—	4,70
Гематит	14,2	—	1,47	3,95	6,00	—	—	—	—	10,28
Гидрогематит	4,2	—	—	19,11	15,67	—	—	—	—	—
Ильменит	—	—	—	2,25	0,50	—	—	—	—	—
Рутил	—	—	1,84	0,29	1,33	—	—	—	—	3,77

Обр. 1,2,3 из Целиноградского (Акмолинского) месторождения; обр. 4,5 из Красно-октябрьского месторождения; обр. 6—10 из Амангельдинского месторождения.

Примечание: Свободный кварц не определялся.

вещества. Сюда относятся: 1) образование вторичных оболочек алюмогеля или ферриалюмогеля вокруг крупных бобовин и вновь образованных микробобовин (табл. XXIII, 1—2); 2) еще более существенно появление в цементе глинистых бокситов мелких изолированных сгустков алюмогеля или ферриалюмогеля. Эти сгустки появляются в тех же разновидностях, где присутствуют и вторичные оболочки вокруг бобовин. Часто наблюдается интенсивное перераспределение гидроокислов железа, которое приводит к образованию сгустков неправильной формы, неравномерно разбросанных в породе, затушевывающих первоначальную обломочную структуру. Некоторые из таких сгустков напоминают железистые бобовины, повсеместно встречающиеся в глинистых бокситах.

В основной массе глинистых бокситов, цементирующей обломки и микробобовины, присутствуют главным образом глинозем, гидроокислы железа и в меньшем количестве каолинит. Преобладает тонкодисперсная форма глинозема.

Сухаристые бокситы по содержанию свободного глинозема (30—45%) почти не отличаются от глинистых (табл. 13). В них наблюдается еще более интенсивное перераспределение железистого и глиноземистого вещества с образованием микробобовых и сгустковых структур.

**Химический и минеральный состав глинистых бокситов из месторождений
Казахского нагорья и Тургайского прогиба (вес.%)**

Компоненты	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
SiO ₂	17,86	6,68	3,98	14,25	14,50	11,16	11,46	19,08	9,50	18,58
TiO ₂	2,44	3,93	2,04	1,78	1,76	2,47	1,44	1,08	2,17	1,00
Al ₂ O ₃	50,92	56,77	36,49	45,52	45,44	39,70	39,97	41,83	51,62	41,45
Fe ₂ O ₃	1,85	1,35	35,47	13,60	11,85	24,69	22,42	18,00	8,37	19,55
FeO	0,27	0,17	—	—	—	—	3,51	0,50	0,12	Следы
P ₂ O ₅	—	—	—	—	—	—	0,16	0,16	0,67	0,18
MnO	Следы	Нет	—	—	—	—	0,06	0,05	0,03	0,02
CaO	0,22	0,86	—	—	—	0,56	0,74	0,30	0,16	0,26
MgO	0,08	0,20	—	—	—	0,05	0,24	0,14	Нет	0,14
Na ₂ O	1,21	—	—	—	—	—	0,31	Следы	0,04	Следы
K ₂ O	Нет	—	—	—	—	—	Нет	Следы	0,03	Следы
H ₂ O ⁺	25,32	27,12	19,82	23,38	22,90	19,46	22,20	18,53	24,84	17,09
			(П. п. п.)	(П. п. п.)	(П. п. п.)			(П. п. п.)		
H ₂ O ⁻	0,56	0,84	0,42	0,26	0,38	0,84	1,02	0,68	2,24	0,88
CO ₂	0,18	0,19	—	—	—	—	2,79	—	0,44	—
S	—	—	—	—	—	—	—	—	0,12	—
C	—	—	—	—	—	—	—	—	0,04	—
С у м м а	99,94	97,92	98,22	98,79	96,83	98,93	100,02	100,54	100,33	100,03
Кварц	—	—	—	—	—	—	—	Нет	—	—
Свободный Al ₂ O ₃	35,37	51,09	33,10	—	—	—	30,22	25,61	43,54	—
Гиббсит	54,65	—	—	—	—	—	46,62	41,02	63,52	—
Каолинит	38,39	—	—	—	—	—	22,66	14,36	20,42	—
Корунд	—	—	—	—	—	—	—	—	2,00	—
Гематит	—	—	—	—	—	—	—	—	8,35	—
Гидрогематит	2,26	—	—	—	—	—	27,46	22,05	—	—
Рутил	2,14	—	—	—	—	—	1,44	1,08	2,17	—
Ильменит	0,56	—	—	—	—	—	—	—	—	—

Обр. 1—5 из Амангельдинского месторождения; обр. 6 из Целиноградского (Акмоллинского) месторождения; обр. 7—9 из Краснооктябрьского месторождения; обр. 10 из Козыревского месторождения.

Структура сухаристых бокситов остается редкобобово-обломочной или редкобобовой так же, как и у глинистых бокситов, лишь значительно более интенсивно изменяется структура цемента.

Количество микробобовин в цементе возрастает в некоторых разностях до 40—80%. Все они образуются путем дальнейшего развития процесса обрастания микрообломков оболочками железисто-глинозестого или глиноземистого состава (табл. XXVIII, 1—2).

Процесс замещения обломков каолинитового и кварцевого состава слабо анизотропным тонкодисперсным глиноземом и микрокристаллическим гиббситом идет еще сильнее и приводит к тому, что нередко все обломки каолинитового состава и кварц оказываются нацело замещенными. Оба процесса — нарастание оболочек вокруг обломков с образованием микробобовин и замещение обломков глиноземом — приводит к тому, что первоначальная обломочная структура становится реликтовой. Отдельные обломки еще хорошо заметны при одном николе, а в поляризованном свете неразличимы (табл. XXVI, 3).

Таблица 13

Химический и минеральный состав сухаристых бокситов из месторождений Казахского нагорья и Тургайского прогиба (вес.%)

Компоненты	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20*
SiO ₂	5,58	19,78	19,60	17,44	9,18	7,00	5,53	6,52	2,78	5,68	9,38	9,40	9,71	12,78	11,60	6,72	16,48	6,45	6,56	17,34
TiO ₂	3,23	2,04	2,45	2,40	2,56	2,16	1,62	3,01	1,99	1,60	1,50	1,54	1,60	0,92	2,26	1,71	1,50	1,66	1,49	2,10
Al ₂ O ₃	46,49	44,66	42,37	47,40	49,80	46,14	41,85	44,09	47,17	41,73	43,49	42,77	39,98	44,90	41,54	44,98	42,69	41,05	38,03	28,57
Fe ₂ O ₃	19,64	15,52	14,18	6,80	11,60	18,50	29,05	22,77	19,58	25,32	21,01	21,09	22,63	17,73	20,29	19,11	16,52	17,91	8,71	34,68
FeO	0,14	—	—	—	—	—	0,70	0,14	4,56	3,71	2,00	3,88	6,65	1,65	0,45	1,89	1,17	7,51	18,77	Нет
P ₂ O ₅	—	—	—	—	—	—	—	—	0,08	0,07	0,07	0,06	0,07	—	0,81	0,07	0,06	1,09	0,54	—
MnO	—	—	—	—	—	—	—	—	0,05	0,03	0,03	0,06	0,07	0,02	0,02	0,03	0,02	0,10	0,31	1,10
CaO	1,08	—	—	—	—	—	2,78	1,02	0,78	0,50	0,39	0,62	1,17	0,26	1,09	0,39	0,34	0,73	0,84	1,14
MgO	0,31	—	—	—	—	—	0,04	0,30	0,12	0,16	0,08	0,28	0,28	0,13	0,31	0,08	0,08	0,20	0,34	0,46
Na ₂ O	—	—	—	—	—	—	—	—	0,08	0,08	0,15	0,13	0,23	Следы	0,10	0,31	0,23	0,16	0,12	0,22
K ₂ O	—	—	—	—	—	—	—	—	Нет	Нет	Нет	Нет	Нет	Следы	0,09	Нет	0,06	0,08	0,07	0,08
H ₂ O ⁺	20,81	18,90	19,62	23,46	25,50	24,50	17,55	20,72	27,56	24,08	24,10	21,61	24,44	21,13	20,19	25,99	21,69	21,25	19,27	10,39
							(П. п. п.)	(П. п. п.)	(П. п. п.)	(П. п. п.)	(П. п. п.)	(П. п. п.)	(П. п. п.)	(П. п. п.)	(П. п. п.)	(П. п. п.)	(П. п. п.)			
H ₂ O ⁻	0,82	0,3	0,20	0,90	0,90	0,72	1,41	0,78	1,39	0,99	1,38	0,89	0,88	0,71	1,42	1,14	1,23	1,11	0,48	1,98
CO ₂	—	—	—	—	—	—	0,02	—	2,15	0,81	0,88	2,32	5,05	—	0,10	0,51	0,41	1,32	4,96	2,08
S	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	0,16	Нет	—	0,06	—	—	—
C _{орг.}	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	0,26	—	—	0,14	0,30	0,09
Сумма	98,10	97,70	98,42	98,40	99,54	99,02	100,53	99,35	100,19	99,25	100,20	99,56	100,18	100,39	100,53	99,39	99,67	100,76	100,79	100,23
Кварц	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	Нет	0,08	—	—	—	—	0,14
Свободн. Al ₂ O ₃	41,74	—	—	—	44,99	—	—	—	44,78	—	35,52	34,77	31,72	—	31,68	—	—	35,36	32,45	13,83
Гиббсит	55,28	—	—	49,82	—	—	45,90	—	69,12	—	54,64	—	—	49,66	48,45	54,38	—	54,58	—	14,98
Каолинит	11,99	—	—	37,49	—	—	11,88	—	2,87	—	18,54	—	—	25,26	24,93	12,15	—	4,80	—	37,28
Корунд	5,60	—	—	—	—	—	7,13	—	—	—	—	—	—	1,8	—	4,01	—	1,06	—	4,03
Гематит	19,60	—	—	2,43	—	—	28,99	—	—	—	0,62	—	—	17,69	7,75	19,07	—	17,87	—	34,61
Гидрогематит	—	—	—	5,34	—	—	—	—	21,74	—	22,63	—	—	—	16,27	—	—	—	—	—
Ильменит	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	0,94	—	—	—	—	—

Обр. 1—8 из Амангельдинского месторождения; Обр. 9—20 из Краснооктябрьского месторождения;

* Сухаристый боксит, переотложенный из коры выветривания, встречающийся среди глинистых брекчий в основании разреза.

Т а б л и ц а 14

Химический и минеральный состав неизмененных каменных бокситов Казахского нагорья и Тургайского прогиба (вес. %)

Компоненты	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
SiO ₂	3,08	4,04	3,64	5,98	2,57	1,26	5,21	1,38	1,93	3,69	3,98	2,13
TiO ₂	2,68	2,34	2,14	1,54	1,82	2,15	1,98	2,52	1,95	2,21	2,21	2,41
Al ₂ O ₃	37,74	50,48	52,28	42,79	58,46	46,97	48,01	48,89	51,15	47,05	45,16	48,35
Fe ₂ O ₃	33,26	15,18	17,14	29,40	12,24	31,20	18,91	20,24	20,97	14,24	21,78	17,16
FeO	—	0,54	0,29	—	—	—	0,85	0,60	0,90	4,38	1,00	1,33
P ₂ O ₅	—	—	—	—	—	—	—	0,39	0,13	1,03	0,78	0,33
MnO	—	0,04	—	—	—	—	0,04	0,01	0,02	0,05	0,04	0,02
CaO	0,74	0,74	—	—	—	—	1,10	0,83	0,66	0,96	0,46	1,06
MgO	0,05	0,04	—	—	—	—	0,73	0,37	0,36	0,35	0,26	0,03
Na ₂ O	—	—	—	—	—	—	0,02	0,11	0,04	0,12	0,12	0,20
K ₂ O	—	—	—	—	—	—	0,05	0,03	Нет	0,07	0,07	0,10
H ₂ O ⁺	19,26	25,83	22,57	17,78	21,35	16,05	21,64	23,19	20,11	21,49	22,34	24,84
H ₂ O ⁻	1,70	0,92	1,54	2,11	1,95	1,97	1,68	1,61	1,79	1,93	1,38	1,19
CO ₂	—	0,50	—	—	—	—	0,24	0,34	0,32	2,82	0,58	0,26
S	—	—	—	—	—	—	—	Нет	—	—	—	Нет
C _{орг.}	—	—	—	—	—	—	1,15	0,14	0,01	0,14	0,24	0,17
С у м м а	98,51	100,11	99,60	99,60	98,39	99,6	100,61	100,65	100,34	100,53	100,40	99,85
Кварц	—	—	—	0,28	—	—	Нет	Нет	—	Нет	Нет	Нет
Свободн. Al ₂ O ₃	—	—	—	—	56,27	43,75	43,58	—	—	43,91	—	46,53
Гиббсит	53,0	71,1	62,1	46,5	59,4	45,27	57,33	65,79	49,81	58,88	—	69,91
Каолинит	6,60	8,64	7,7	12,25	5,5	2,70	11,49	2,96	3,67	7,92	—	4,57
Корунд	0,50	0,56	8,57	7,6	17,4	16,29	5,65	4,69	18,58	5,41	—	0,82
Гидрогематит	—	—	—	—	—	—	—	—	23,24	—	—	—
Гематит } Маггемит }	33,26	15,18	16,5	29,4	12,24	31,14	18,87	20,20	—	14,21	—	17,12
Магнетит	—	1,7	0,9	—	—	—	—	—	0,20	—	—	—
Ильменит	—	—	—	—	—	—	1,79	1,26	—	3,37	—	2,80

Обр. 1—3 из Целиноградского (Акмолинского) месторождения; Обр. 4—5 из Козыревского месторождения; Обр. 6—12 из Краснооктябрьского месторождения.

В сухаристых бокситах, в отличие от глинистых, широко развит ферриалюмогель. Он замещает местами основную массу и уже замещенные гиббситом обломки, а также микробобовины. При этом, как уже отмечалось, по количеству свободного глинозема, а также по содержанию окисного железа, сухаристые бокситы почти не отличаются от глинистых. Следовательно, ферриалюмогель не привнесен в сухаристые бокситы, а образовался в самой породе, иначе количество глинозема и окисного железа должно было добавиться к тому, которое имелось в глинистых бокситах или в сухаристых без геля.

В основной массе сухаристых бокситов наблюдается некоторое увеличение мелкокристаллического гиббсита по сравнению с глинистыми бокситами.

Каменистые бокситы содержат свободный глинозем в количестве от 40 до 55% (табл. 14). По своей структуре, так же как и по внешнему облику, они достаточно резко отличаются от бокситов других типов. Их характерными чертами являются:

1. Отчетливая обломочно-бобовая структура породы в целом, резко отличная от безбобовой или редкобобовой микроструктуры глинистых или сухаристых бокситов, где терригенные бобовины составляют всего от 3 до 20%, в то время как в каменистых бокситах их 40—80%.

Одним из отличительных признаков каменистых бокситов является наличие обломков бобовин (в количестве 20—30%) наряду с целыми бобовинами. Аутигенные бобовины присутствуют в каменистых бокситах в количестве 3—5%.

Состав черных и буровато-черных терригенных бобовин имеет свои особенности — в них минералы глинозема представлены корундом и гиббситом, а минералы железа — маггемитом и гематитом. Мы рассматриваем их как инородный обломочный материал, принесенный в карстовые воронки наряду с обломками другого состава. В дальнейшем обломки бобовин, так же как и сами бобовины или обломки иного состава, обрастают железистыми и глиноземистыми оболочками (табл. XLII, 3, 4; табл. XLIV, 1).

2. Процессы замещения достигают предела: все обломки силикатных пород, за редким исключением, замещены тонкодисперсным или микрокристаллическим гиббситом.

3. Цемент каменистых бокситов имеет микробобово-обломочную или обломочно-микробобовую структуру. Каменистые бокситы, в которых обломки не обрастали бы оболочками, встречаются редко. В микробобовых разностях в ряде случаев не остается почти ни одного обломка, который бы не стал центром микробобовины. Вся масса состоит из микробобовин (табл. XXXIX, 2—4).

4. Алюмогели и ферриалюмогели образуют извилистые прожилки и часто замещают большую часть цемента и корродируют бобовины (табл. XL, 3, 4; табл. XLI, 1—4).

В каменистых бокситах наблюдается значительно больше пор и пустот, чем в глинистых и сухаристых бокситах (табл. XXXVIII, 1, 3; табл. XXXIX, 2, 4). Все они частично или полностью выполнены кристаллическим гиббситом. Основная масса цемента также в значительной степени раскристаллизована в кристаллический гиббсит.

Итак, в каменистых бокситах процессы выноса SiO_2 и освобождения глинозема и перераспределение вещества достигают максимума — основная масса породы становится микробобовой, обломочная структура перестает существовать. Однако реликты ее, сохранившиеся в любом образце каменистого боксита, помогают в расшифровке сложного пути его образования.

Глава VI

СРАВНИТЕЛЬНАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА ХИМИЧЕСКОГО И МИНЕРАЛЬНОГО СОСТАВА БОКСИТОВЫХ ПОРОД РАЗНЫХ СТРУКТУРНЫХ ТИПОВ

Данные о химическом и минеральном составе мезо-кайнозойских бокситов рассматриваемой нами области неоднократно приводились в литературе (Гладковский и Шарова, 1953^{1, 2}, 1955; Шарова, Гладковский, 1958; Пасова, 1959; Куземкина, 1960; Луканина, 1959; Бенеславский, 1958; Кротов, 1958; Брадинская, 1959; Каштанов, 1960 и др.). Это облегчает нашу задачу. В настоящей главе мы приводим только краткие сведения о минералогии и химическом составе глин и бокситов и лишь постольку, поскольку они необходимы для характеристики структурных типов и обоснования генетических выводов.

Большинство анализов, и в особенности отдельные определения бокситов и цемента и определение кварца, выполнены в химической лаборатории Геологического института АН СССР под руководством Э. С. Залманзон. Меньшая часть образцов проанализирована в лабораториях Архангельской геологической экспедиции и Института Арктики и Антарктики Министерства морского флота.

Полученные данные сведены в табл. 3, 4 и 8—16. Результаты анализов нескольких образцов для каждого типа пород пересчитаны на минеральные компоненты.

Содержание основных компонентов в глинах и бокситах из месторождений

Тип пород	Содержание основных								
	SiO ₂			TiO ₂			Al ₂ O ₃		
	мин.	макс.	ср.	мин.	макс.	ср.	мин.	макс.	ср.
Глины смешанного состава . .	31,98	36,34	34,83	1,00	1,68	1,30	28,24	31,96	30,18
Глины каолинистые .	32,03	43,40	38,77	1,29	2,47	1,71	27,43	38,43	33,34
Глины лигнитовые каолинистые и глиноземисто-каолинистые	28,54	49,16	41,18	1,03	1,78	1,35	17,77	43,18	32,75
Глины бокситовые	19,32	33,80	31,04	1,29	3,77	2,14	29,65	46,20	38,43
Бокситы глинистые .	3,98	19,08	12,05	1,08	3,93	2,12	36,49	56,77	45,47
Бокситы сухаристые .	2,78	19,78	10,47	0,92	3,23	1,96	38,03	49,80	43,60
Бокситы каменные .	1,26	5,98	3,24	1,54	2,68	2,16	37,74	58,46	48,11

Примечание. Максимальное содержание TiO₂ в каменных бокситах Амангель-

При этом наибольшую трудность представляло распределение кристаллизационной воды (H_2O^+), оставшейся после расчета каолинита по SiO_2 . Поскольку никаких критериев для связи воды с Al_2O_3 или Fe_2O_3 не существует, эта оставшаяся от каолинита большая часть воды обычно связывалась с Al_2O_3 для образования гиббсита. При таком способе пересчета только в тех случаях, когда количество H_2O^+ превышало нужное для образования каолинита и гиббсита, этот избыток относился за счет гидрогоматита ориентировочного состава: $\text{Fe}_2\text{O}_3 \cdot \text{H}_2\text{O}$ (иногда $\text{Fe}_2\text{O}_3 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$).

В большинстве случаев содержание кристаллизационной воды, определяемой аналитически, оказывалось недостаточным для образования минералов гидроокиси железа. Следовательно, в результате пересчетов мы получали гидроокислы железа в заниженных количествах. Вероятно занижено и количество корунда, тогда как гиббсит преувеличен. Чтобы избежать этой постоянной ошибки в тех случаях, когда под микроскопом наблюдались гидроокислы железа, мы связывали кристаллизационную воду в первую очередь с железом и только остаток ее с Al_2O_3 .

Из сказанного видно, что пересчеты выполнены в разных случаях по-разному и результаты их могут рассматриваться лишь как приближенные.

Кроме того, наиболее типичные образцы исследовались с помощью рентгеновского и термического анализов, что позволило сделать более надежные выводы об их минеральном составе.

Химический состав бокситов и глин

Для месторождений Казахстана мы приводим результаты полного силикатного анализа характерных образцов каждого типа пород (см. табл. 8—14).

По этим данным вычислены минимальные, максимальные и средние содержания основных компонентов (Al_2O_3 , TiO_2 , Fe_2O_3 , SiO_2) в породах разного типа. Имея в своем распоряжении несколько сотен анализов средних проб бокситовых пород на основные компоненты, мы прокорректировали средние значения, полученные для нескольких характерных образцов. Небольшие отклонения от наших цифр не меняют общей картины. Сопоставляя эти данные (табл. 15), получаем следующие выводы:

Т а б л и ц а 15

Тургайского прогиба и Казахского нагорья

компонентов (в %)									$\frac{\text{Al}_2\text{O}_3}{\text{TiO}_2}$	Число образцов
Fe_2O_3			H_2O^+			H_2O^-				
мин.	макс.	ср.	мин.	макс.	ср.	мин.	макс.	ср.		
15,30	19,66	17,41	10,09	13,01	11,64	0,95	1,97	1,46	23,2	5
1,99	24,71	12,23	9,36	13,12	11,10	0,50	2,28	1,24	19,4	6
1,15	1,82	1,71	8,18	22,29	14,59	1,57	2,22	1,81	24,2	5
1,03	21,28	11,15	13,73	17,22	15,10	0,74	2,01	1,45	17,9	10
1,35	35,47	15,36	17,85	27,12	23,46	0,56	2,24	1,06	21,4	9
6,80	34,68	19,13	10,39	26,17	21,43	0,20	1,98	0,98	22,2	19
12,24	33,26	20,95	16,05	25,83	21,37	0,92	2,11	1,64	22,2	12

динских месторождений достигает 5,4%

1. Наиболее закономерно поведение кремнезема. Содержание его постепенно убывает от 32—40% в глинах до 1,26—6% в каменных бокситах.

2. Содержание глинозема меняется прямо противоположно кремнезему. В глинах оно равняется 31—38%, а в бокситах достигает 45—48%. Максимальные содержания его еще более значительны: 56—58%, тогда как минимальные не падают ниже 36%. При этом, среди глинистых бокситов преобладают разности с меньшим содержанием глинозема (при больших количествах кремнезема, чем в каменных). Содержание глинозема в значительной степени зависит также от содержания железа и резко поднимается, если железа мало. В сильно железистых бокситах оно уменьшается.

Помимо общего содержания Al_2O_3 , состав бокситовых пород характеризует также свободный глинозем. В глинистых брекчиях и каолинистых глинах свободный глинозем либо отсутствует, либо составляет 1—2,5% породы, редко 4,75%. В лигнитовых глинах его содержание поднимается иногда до 15,9%, в бокситовых глинах оно колеблется от 7 до 21%. В глинистых бокситах 21—25% Al_2O_3 является нижним пределом, максимальные значения достигают 43,5—51%. В сухаристых бокситах количество Al_2O_3 не ниже 32% при максимальных его значениях, равных 45%. В каменных бокситах свободный глинозем присутствует в количестве 43,5—56,3%, т. е. составляет половину породы.

3. Содержание двуокиси титана меняется в полном соответствии с изменениями Al_2O_3 . Это хорошо видно по соотношению $\frac{Al_2O_3}{TiO_2}$, которое для всех пород равняется 21—24% и не опускается ниже 18%. Максимальное количество TiO_2 в глинах равняется 2,5%, в бокситах 4—5%, минимальное содержание в глинах равняется 1%, в бокситах всегда более 2%.

Железо (Fe_2O_3) меняется в более широких пределах для каждого типа пород (от 1,3 до 24% в глинах и от 1,3 до 35% в бокситах). Однако в целом оно вполне закономерно возрастает от глин к бокситах. Это хорошо заметно по минимальным содержаниям Fe_2O_3 . В глинах оно не поднимается выше 24,7%, а в бокситах достигает 33—35%.

Распределение закисного железа (в таблице не показано) в породах разного типа неравномерно и зависит в значительной степени от присутствия органических остатков. Например, в лигнитовых глинах или серых бокситах, содержащих углистое вещество, оно равняется десятиым долям процента и не поднимается выше 9%. В бокситах, а частично и в глинах, присутствие FeO вторично и зависит от содержания в них вторичных пострудных минералов (см. ниже), главным образом шамозита и сидерита. Только сравнительно небольшая часть FeO присутствует в бобовинах каменистого боксита в составе магнетита и в составе ильменита, который встречается среди обломков в цементе пород.

Минеральный состав бокситов и глин Восточного склона Урала, Казахстана и Западной Сибири

Минералогически бокситовые породы этих районов хорошо изучены и описаны многими авторами (см. начало главы). Это касается, главным образом, каменных бокситов, которые содержат следующие породообразующие минералы: гиббсит и корунд, маггемит, гематит, гидрогематит, гетит и гидрогетит, каолинит и титансодержащие минералы.

На месторождениях Казахского нагорья и, в первую очередь Амангельдинских, в составе каменных бокситов определены те же мине-

ралы. В других типах бокситов и бокситовых глин из породообразующих минералов достоверно установлены только гиббсит, минералы окислов и гидроокислов железа, каолинит.

В табл. 3—14 дается некоторое представление о минеральном составе бокситов и глин разных типов. Сравнение этих ориентировочных данных сделано в табл. 16.

Таблица 16

Приблизительный минеральный состав (%) бокситов и глин
(Таблица составлена по данным пересчетов химических анализов; вторичные минералы не приводятся)

Типы пород	Гиббсит	Корунд	Минералы окислов и гидроокислов железа	Каолинит	Ильменит	Рутил и др.	Кварц
Глинистые брекчии .	0—6,6	0—0,5	Доли % —21,7	68,0—71,4	0—1,6	Сотые доли	
Глины каолиновые . .	0—2,5	1—1,5	4,2—24,6	67—90,4	0—0,6	1,2—1,6	
Глины лигнитовые, каолиновые и глиноземисто-каолиновые	7—24	0—4,0	Доли %—1,6	61—73,7	0—1,4	0—1,2	0—16
Глины бокситовые . .	11—33,2	0—4,7	1,4—2,3	41,5—68,1	0—2,2	0—3,7	
Бокситы глинистые . .	41—63,5	0—2,00	2,2—27,5	14,4—38,4	0—0,6	1—2,2	0—1,6
Бокситы сухаристые .	45,9—69,1	0—7,1	7,7—28,9	2,9—37,5	0—0,9	0,9—3,2	
Бокситы каменистые .	45,3—71,1 до 90	0,5—18,6	12,2—33,3	2,7—12,2	3—3,4	0—2,1	

Основным минералом глинозема в описываемых месторождениях является гиббсит, в значительных количествах присутствует также корунд. Гиббсит в глинистых породах всех разновидностей содержится в количестве нескольких процентов или отсутствует вовсе. В заметных количествах он появляется, начиная с глиноземисто-каолиновых лигнитовых глин (7—24%), а в некоторых разностях бокситовых глин его содержание достигает 33%. В бокситах количество гиббсита составляет обычно 45—50, а иногда 70 и даже 90%. Он встречается в тонкодисперсной и кристаллической форме. Первая более характерна для глин и глинистых бокситов, вторая для сухаристых и особенно каменистых бокситов. Корунд присутствует в глинах всех типов, но не повсеместно и притом в количестве от нескольких десятых долей процента до 1,5%. В бокситах глинистых и сухаристых содержание корунда повышается до 2—3, а в каменистых разностях оно возрастает иногда до 18,6%.

Проведенные рентгенографические исследования подтвердили присутствие корунда в бобовинах (см. табл. 5) каменистых, сухаристых и глинистых бокситов и глин смешанного состава. Другими исследователями (см. стр. 52) корунд отмечался в цементе каменистых бокситов и в глиноподобном боксите без бобовин. Формы выделения корунда: тонкодисперсная, скрытокристаллическая.

Минералы окиси и гидроокиси железа присутствуют во всех типах пород бокситоносной толщи в количестве от долей процента до 30%.

а иногда и более. Исключения представляют каолиновые и глинозесто-каолиновые лигнитовые глины, содержащие до 30% органического вещества, в которых количество железа резко понижено.

Сопоставляя глины и бокситы в отношении содержания в них минералов окиси и гидроокиси железа, правильнее учитывать сумму тех и других минералов, поскольку добиться надежного их расчленения при пересчетах химических анализов обычно не удастся. Это и понятно, если принять во внимание, что содержание воды в этих минералах переменное. Во всех бокситоносных породах присутствуют: гематит, магнетит, тесно связанный с гематитом, и небольшие количества магнетита. Эти минералы установлены главным образом в бобовинах (см. главу IV). В цементе преобладают гидрогематит и гематит. Сумма железистых минералов несколько возрастает в бокситах по сравнению с глинами. Каолинит — характерный минерал для всех бокситоносных пород. Распределение его в породах разных типов весьма закономерно. В глинах каолинит составляет от 60 до 91%, т. е. является не только характерным, но и основным породообразующим минералом. В бокситовых глинах он присутствует в количестве от 40 до 68%, но уже в глинистых бокситах количество каолинита сокращается до 14—38%. В сухаристых бокситах максимальное содержание может составлять до 37,5% породы, но чаще не поднимается выше 20—24%. Минимальное содержание около 3%. В каменистых бокситах каолинит присутствует в количестве 2,7—8%, изредка составляет 12% породы.

Наблюдаются следующие формы выделения каолинита: тонкодисперсная, микрокристаллическая, встречаются так же отдельные крупные вермикулитоподобные кристаллы и их скопления. В бокситах каолинит замещается гиббситом.

Минералы титана — ильменит, рутил, лейкоксен, анатаз, брукит — присутствуют в малых количествах. В сумме они колеблются от долей процента до 5—6%. Обычно эти минералы встречаются в виде зерен или в виде тонкодисперсных выделений, как например, в составе алюмогеля.

Кварца в бокситовых породах очень немного. В глинах примесь кварцевых зерен составляет несколько десятых процента или несколько процентов, но в ряде случаев его содержание поднимается до 10—16%. В бокситах кварц является реликтовым минералом. Обычно он выщелочен или замещен гиббситом. Содержание его незначительно — 0—1,6%.

Породы бокситоносной толщи, как глины, так и бокситы, содержат одни и те же минералы, но в разных соотношениях.

Сравнивая содержание породообразующих минералов в глинах и бокситах, нельзя не отметить, что их изменение происходит весьма закономерно. Так, содержание гиббсита, корунда постепенно увеличивается от глин смешанного состава и каолиновых глин к каменистым бокситам, не менее закономерно постепенное уменьшение содержания каолинита и кварца, которое происходит параллельно с ростом содержаний минералов свободного глинозема. Что касается минералов железа, то их распределение в бокситах более сложно.

Глины и бокситы разных типов образуют как бы ряд пород, связанных взаимопереходами. Изменение минерального состава пород в этом ряду — увеличение содержания одних минералов и уменьшение других — находится в полном соответствии с изменением их химического состава. Здесь наблюдается закономерное уменьшение SiO_2 , увеличение Al_2O_3 , Fe_2O_3 и TiO_2 , а также связанной воды от глин к бокситам.

В главе V мы попытались показать, что и по структурному признаку все разновидности пород, от глинистых брекчий до каменистых бокси-

тов, также располагаются в ряд, где структуры каждой следующей породы представляют собой результат более глубокого преобразования первичной обломочной структуры исходного материала (табл. 2).

Следовательно, данные, полученные нами при сопоставлении химического и минерального состава бокситоносных пород, подтверждают сделанные ранее выводы (см. главу V) о том, что бокситы являются результатом вторичных изменений глинистых пород (глин смешанного состава и каолинитовых). Эти глинистые породы, в свою очередь, образовались в результате переотложения продуктов разных зон коры выветривания в карстовые воронки. Наименее измененный материал коры выветривания в составе бокситоносной толщи мы наблюдаем и сейчас в виде глинистых брекчий и песчаниковидных глин смешанного состава.

Глава VII

О ВЛИЯНИИ ВТОРИЧНОЙ МИНЕРАЛИЗАЦИИ НА СТРУКТУРУ И ТЕКСТУРУ БОКСИТОНОСНЫХ ПОРОД

Вторичная минерализация глин и бокситов выражается в появлении в этих породах шамозита, сидерита и пирита. Распространение их в бокситовых породах настолько широко, что в ряде случаев они сильно меняют состав рудной толщи.

Мощности вторично измененных пород на месторождениях Северного Казахстана колеблются для шамозита от 30 до 54 м, для пирита от 7 до 39 м, а для сидерита достигают 89 м. При этом, сидеритизация распространяется не только на бокситовую толщу, но и на подстилающие ее породы коры выветривания. Содержание вторичного шамозита в бокситовых породах колеблется от 1 до 30%, сидерита — обычно от 5 до 8% с резкими повышениями до 35—40%. Что касается пирита, то его количества не превышают 2—3%. Содержание вторичных минералов уменьшается сверху вниз по разрезу, убывая до долей процента в нижних горизонтах бокситоносной толщи.

Вторичные минералы мы находим в любых типах бокситов или глин, но сильнее всего изменены каменистые бокситы, в которых цемент в значительной степени замещен алюмогелем. В большинстве случаев в каменистых бокситах можно встретить два или все три вторичных минерала в одном образце. Каменистые бокситы в этом случае сильно меняют свой облик, становятся более светлыми с матовой поверхностью, сухаристыми, приобретают палево-розовую или кирпично-розовую окраску. Бобовины, частично замещенные сидеритом, становятся рыхлыми (табл. XLIX, 3). Такой «сухаристый» боксит похож на первичный редкобобовый сухаристый боксит и отличается от него только большим количеством крупных бобовин и, конечно, своей микроструктурой, реликты которой, несмотря на присутствие прожилков и отдельных участков зеленого шамозита, сидерита и пирита, можно все же наблюдать под микроскопом.

Химический и минеральный состав каменистых бокситов, измененных процессами вторичной минерализации, показывает повышенные содержания закисного железа и двуокиси углерода за счет уменьшения железа в окисной форме (табл. 17). Количество свободного глинозема также уменьшается, причем общее содержание Al_2O_3 в бокситах остается постоянным: уменьшение свободного глинозема объясняется тем, что часть Al_2O_3 , помимо участия в решетке каолинита, связывается с кремнеземом и закисным железом для образования шамозита. Все эти изменения хорошо заметны при сравнении двух анализов: свежего каменистого боксита из центральной части желвака (табл. 14, обр. 12) и измененного из более рыхлой внешней оболочки (табл. 17, обр. 3).

Химический и минеральный состав каменных бокситов, содержащих вторичные минералы (карбонаты Ca, Mg, Fe, шамозит, пирит)

Компоненты	1	2	3	4	5	6	7
SiO ₂	11,06	19,75	4,20	4,42	5,96	6,22	10,86
TiO ₂	1,62	1,58	2,03	1,66	1,60	1,56	1,27
Al ₂ O ₃	41,01	40,29	46,47	37,86	45,96	44,99	38,28
Fe ₂ O ₃	18,41	3,64	13,04	7,42	19,11	17,80	25,40
FeO	2,71	9,33	6,14	15,64	6,10	5,96	4,85
P ₂ O ₅	0,14	1,42	0,63	1,37	0,11	0,09	0,16
MnO	0,17	0,16	0,05	0,31	0,03	0,05	0,08
CaO	0,56	1,00	1,57	1,36	0,56	1,17	0,96
MgO	0,59	0,29	0,33	0,36	0,16	0,20	0,28
Na ₂ O	0,05	0,18	0,13	0,15	0,23	0,12	0,04
K ₂ O	0,02	0,07	0,18	0,07	Her	Her	Her
H ₂ O ⁺	19,93	17,69	23,38	18,78	25,94	27,32	22,44
H ₂ O ⁻	1,85	1,74	1,14	0,98	0,53	1,03	1,61
CO ₂	1,64	3,20	1,28	9,70	1,47	4,93	4,23
C	Her	0,14	0,16	0,14			
С у м м а	99,64	100,49	100,73	100,22	99,66	99,52	99,77
Кварц	0,23	Her	0,23				
Свободн. Al ₂ O ₃	31,94	24,57	43,98	34,53	40,89	39,70	
Гиббсит	46,64	32,89	62,79	49,98		60,72	
Каолинит	21,18	34,36	0,78	6,22		13,37	
Корунд	0,80	3,06	2,90				
Магнетит							
Маггемит		3,55	13,01				
Гематит	18,37			7,4			
Гидрогематит						21,80	
Сидерит	1,26	5,33		21,29		8,56	
Шамозит	4,30	13,43	13,68	5,43			
Карбонаты Ca, Mg, Мп	2,48	2,62	2,90	3,64		2,57	
Рутил	1,62	1,59		1,85		0,84	
Ильменит						1,34	

Обр. 1 из Козыревского месторождения; Обр. 2—7 из Краснооктябрьского месторождения.

Вопросы распространения вторичных минералов в бокситовых породах и коре выветривания, порядок их выделения и генезис более детально рассмотрены нами ранее (Лисицына, Пастухова, 1961). Ниже мы коснемся только влияния вторичной минерализации на структуры и текстуры бокситов и глин бокситоносной толщи.

Шамозит лучше всего заметен в красных бокситах, где наблюдаются мелкие (1—5 мм) пустотки и прожилки неправильной формы, выполненные голубовато-зеленым или серовато-зеленым довольно мягким минералом, имеющим шелковистый блеск. Иногда шамозит образует зеленовато-серые корки на стенках трещин в каменистом боксите, но чаще он присутствует в основной бокситовой массе, придавая ей сероватую, голубовато-сероватую и зеленоватую окраску.

В зависимости от характера выделения различаются следующие разновидности шамозита: шамозит выполнения пор, шамозит замещения и шамозит инкrustации.

Шамозит, выполняющий поры и трещинки, создает на отдельных участках породы прожилковую или вкрапленную наложенную текстуру. В том случае, если он преобладает в цементе, текстура последнего становится пятнистой: пятна, замещаемые шамозитом, чередуются с уцелевшими от замещения участками с микрообломочной структурой. Микробобово-обломочная или обломочно-микробобовая структура цемента на замещенных участках стирается (табл. LI, 1—3).

Сидерит в максимальных количествах концентрируется в верхней обеленной части бокситоносной толщи и постепенно убывает вниз по разрезу. Он замещает шамозит, реже гиббсит, крупные железистые бобовины и их обломки, а также зерна кварца. Сидерит, так же как и шамозит, обуславливает на отдельных участках прожилковую или вкрапленную наложенную текстуру. Сидерит обычно встречается в виде сферолитов, которые образуются в цементе бокситов, иногда вокруг зерен кварца. Сферолиты размером 0,04—1,5 мм равномерно рассеяны по всей массе породы или дают скопления (табл. LII, 2).

Таким образом, вновь образованная сферолитовая структура связана со вторичной минерализацией. Она накладывается на бобово-обломочную или обломочно-бобовую структуру боксита.

Ближе к верхам разреза сидерит замещает отдельные участки цемента (табл. LI, 4; табл. LII, 1), а при интенсивной сидеритизации в верхних частях разреза происходит полное или почти полное замещение боксита сидеритом. Возникающая, таким образом, тяжелая порода имеет бурый или светло-серый цвет. Остаются незамещенными или замещены неполностью только бобовины и некоторые обломки, реже отдельные участки цемента. Боксит напоминает брекчию с базальным карбонатным цементом. Естественно, что структура боксита при этом утрачивается.

По сравнению с шамозитом и сидеритом влияние вторичного пирита на структуру пород невелико. Пирит встречается в виде отдельных кристаллов кубов или пентагон-додекаэдров и их скоплений размером 0,03—0,5 мм. Реже пирит образует микростяжения округлой формы размером 1—2 мм с реликтами вещества боксита, шамозита или сидерита, которые он заместил внутри стяжения. Такие выделения пирита создают вкрапленность. Размер пиритизированных участков 0,5—5 мм (табл. LII, 3). Местами пирит выполняет тончайшие прожилки, секущие и цемент и бобовины. На этих участках наблюдается прожилковая микроструктура.

Итак, процессы вторичной минерализации заметно изменяют внешний облик породы и создают новые наложенные текстуры и микротекстуры, которые секут структурные элементы бокситов и глин. Сюда относятся: пятнистая текстура, псевдобрекчиевая структура интенсивно хлоритизированных и сидеритизированных пород, прожилковая и вкрапленная текстура и микротекстура.

Большое влияние на структуру и особенно текстуру бокситов и глин оказывают процессы выноса железа или «обеления», которое происходит под влиянием органического вещества. В красных бокситах и глинах образуются белые прожилки, крупные и мелкие, а также пятна (табл. XLIX, 1—3). Химический анализ обеленных участков свидетельствует о частичном или полном выносе окисного железа с сохранением всех остальных компонентов породы (табл. 18, обр. 1). Помимо осветления бобовин и цемента, под микроскопом в таких естественно обесцвеченных глинах и бокситах можно наблюдать отдельные детали их состава и строения, невидимые в породах, густо окрашенных гидроокислами железа.

Не вызывает сомнения, что мелкие белые пятна и прожилки в красных бокситах произошли за счет восстановления и выноса железа.

Химический и минеральный состав обеленных каменных бокситов (вес. %)

Компо- ненты	1	2	3	Компоненты	1	2	3
SiO ₂	1,54	4,66	21,98	Кварц	—	0,40	1,57
TiO ₂	5,14	2,80	1,36	Гиббсит	84,1	42	29,6
Al ₂ O ₃	56,30	41,57	37,15	Каолинит	3,3	7,55	40,6
Fe ₂ O ₃	0,76	11,25	5,26	Корунд	—	10,42	—
FeO	—	7,23	7,62	Гематит	—	11,25	—
P ₂ O ₅	—	1,87	1,44	Гидрогематит	1,07	—	5,8
MnO	—	0,14	0,10	Шамозит	—	4,2	9,1
CaO	0,62	3,11	1,83	Кальцит	—	5,55	3,27
MgO	0,02	1,07	0,28	Карбонат Mg	—	2,24	0,58
Na ₂ O	—	0,11	0,11	Сидерит	—	8,69	4,53
K ₂ O	—	0,03	0,03	Кварц	—	0,4	—
H ₂ O ⁺	30,72	16,05	17,83				
H ₂ O ⁻	1,28	2,66	1,73				
CO ₂	—	7,00	3,52				
C	—	0,30	0,12				
С у м м а	96,38	99,85	100,36				

Обр. 1 из Амангельдинского месторождения; обр. 2, 3 из Краснооктябрьского месторождения.

Однако белые бокситы имеют значительно более широкое распространение. Они встречаются почти во всех месторождениях Казахского нагорья, Восточного склона Урала и Западной Сибири в тех же разрезах, где и красные, и либо чередуются с ними, либо сменяют их по простиранию. Белые бокситы всегда сопровождают черные и серые и отделяют их от красных (см. фиг. 4). Местами в белых бокситах присутствуют органические остатки в виде обрывков растительной ткани, их скоплений или тонкораспыленного материала. Мощные пачки порядка нескольких метров также произошли за счет восстановления и частичного выноса окисного железа из красных бокситов (сравните анализы табл. 18 и 14). Мы не будем останавливаться здесь на их детальном описании, отметим только следующее:

1. В белых каменных бокситах наблюдаются те же структурные типы, что и в красных, причем детали структуры видны значительно лучше. Во многих разностях обильно представлены алюмогели (табл. L, 2). Хорошо развиты вторичные оболочки вокруг крупных бобовин (табл. L, 1—3).

2. Между красными и белыми бокситами и глинами существуют переходные разности, лишь частично обесцвеченные. В них железо в окисной форме сохраняется главным образом в бобовинах, окрашенных в красный цвет. В цементе окисного железа очень мало, цвет цемента белый (табл. I, 1—3; табл. 18, обр. 2, 3).

3. По химическому составу белые бокситы отличаются от красных только меньшим количеством окисного железа, по минеральному — пониженным содержанием или отсутствием минералов окисного железа (табл. 18, обр. 1).

4. Индивидуальные особенности разных месторождений, связанные с различиями в составе материнских пород коры выветривания, отличаются и в белых бокситах. Так, для Амангельдинских месторождений характерно присутствие большого количества гиббсита, заместившего

угловатые зерна кварца. Благодаря этим зернам и в обеленных бокситах сохраняется реликтовая структура песчаника.

Все эти данные свидетельствуют в пользу того, что белые бокситы образуются из красных железистых бокситов любых разновидностей, включая каменистые с хорошо развитой микробобово-обломочной и обломочно-микробобовой структурой. В обеленных образцах структура породы видна еще более отчетливо, чем в железистых. Наряду с обелением наблюдается также пострудная каолинизация бокситов. На рассматриваемых нами месторождениях она не имеет столь широкого распространения, как об этом пишут А. К. Гладковский и другие авторы (Гладковский и Шарова, 1960; Гладковский и Гуткин, 1960; Гладковский и Ушатинский, 1960), имея в виду Уральские и Тихвинские месторождения бокситов. В каолинизированных бокситах каолинит составляет до 40% породы (табл. 18, обр. 2, 3). В нашем случае боксит изменен также процессами вторичной хлоритизации и сидеритизации.

Учитывая, что пятнистое чередование красных и белых бокситов сильно меняет текстуру рудной толщи, делая ее крупнопятнистой, можно считать, что процессы обеления, как причина этого явления, оказывают большое влияние на ее текстуру.

Глава VIII

К ВОПРОСУ О ГЕНЕЗИСЕ МЕЗО-КАЙНОЗОЙСКИХ БОКСИТОВ ВОСТОЧНОГО СКЛОНА УРАЛА, КАЗАХСКОГО НАГОРЬЯ И ЗАПАДНОЙ СИБИРИ

Структуры бокситоносных пород по своему происхождению подразделяются на три типа: первичные, вторичные и наложенные. Первичными являются обломочные структуры. Они присущи главным образом глинистым породам, представляющим собой результат переотложения материала коры выветривания в карстовые воронки и глубокие карманы в толще выветрелых пород.

Вторичные микробово-обломочные структуры характеризуются как наличием обломков, так и возникновением новых структурных элементов, таких, как микробовины и мелкие сгустки гелей. Эти структуры характерны как для глинистых пород, так и для бокситов. Они образовались в результате вторичных изменений переотложенного делювиального материала. Обломочные породы после отложения в карстовые воронки проходят более или менее длительную стадию выветривания и при этом видоизменяются под влиянием промывающей их воды. В нашем случае стадия выветривания была достаточно длительной, как мы покажем ниже. Процессы выветривания, по-видимому, полностью или почти полностью заменили диагенетический процесс. С этой точки зрения формирование микробовин и части крупных бобовин, а также структур замещения, о которых говорилось выше, происходило при дальнейшем выветривании обломочного материала, выполнявшего карстовые воронки.

Наложенные структуры, такие, как крупные колломорфные сгустки гелей разного состава, их прожилки, секущие как реликты первичной обломочной структуры, так и вторичные структуры, образовались в ту же стадию выветривания, но позднее вторичных. Образование структур всех трех типов связано с процессом бокситообразования и характеризует этот процесс.

В бокситовых породах различаются, кроме этого, более поздние по времени образования структуры, возникшие в связи со вторичным минералообразованием — хлоритизацией, сидеритизацией, пиритизацией или каолинитизацией. Эти структуры образовались после того, как процесс бокситообразования завершился, и накладывались на готовые структуры бокситовых пород, что в ряде случаев приводило к их разрушению. Таким образом, изучение структур бокситов и глин разных типов вскрывает два момента в бокситообразовании: 1) обломочную природу исходного материала и 2) огромную роль вторичных преобразований при фор-

мировании бокситов. Эти выводы находятся в полном противоречии с некоторыми гипотезами их происхождения.

Почти все заслуживающие внимания теории или гипотезы происхождения бокситов критически рассмотрены в работах Г. И. Бушинского (1946, 1958_{1, 2, 3}) и Ю. К. Горецкого (1949, 1960). Здесь мы остановимся коротко лишь на немногих наиболее популярных гипотезах.

Академик А. Д. Архангельский (1933, 1937) рассматривал мезозойские бокситы Урала, Казахстана и Енисейского кряжа как озерные осадки, выпавшие из химического раствора в виде гелей. Источником глинозема являлась, по его мнению, область развития коры выветривания, из которой выносились полуторные окислы алюминия. Последние мигрировали в виде истинных и частью коллоидных растворов и накапливались в бассейнах озерного типа. За период времени после опубликования теории А. Д. Архангельского в литературе появились новые данные о подвижности окислов Al, Fe, Ti, Si, которые являются основными компонентами бокситов. К числу таких работ относятся работы А. П. Виноградова (1957), Ю. К. Горецкого (1960), Г. И. Бушинского (1946, 1956, 1958₁), М. Н. Яковлевой (1958), свидетельствующие о крайне слабой подвижности алюминия в природных водах. Содержание растворенных полуторных окислов и глинозема, в том числе в природных водах, измеряется чаще долями, реже единицами мг/л. В то же время из работ, касающихся подвижности кремнезема в низкотемпературных растворах Краускофа (Krauskopf, 1956), Окамото и др. (Okamoto a. oth., 1956), Е. И. Соколовой, Л. П. Листовой, А. З. Вайнштейн (1956), И. И. Гинзбурга и Е. С. Кабановой (1960), следует, что миграционная способность SiO₂ намного превышает подвижность глинозема. Минимальная растворимость его при значениях pH от 5 до 9 составляет, по одним авторам, 115 мг/л (Соколова и др.), по другим данным (Краускопф, Окамото), она равняется 100—140 мг/л и повышается с повышением температуры до 180—200 мг/л при 25° С. Содержание растворенного SiO₂ в природных водах составляет от 2—5 до 40 мг/л, следовательно его подвижность в условиях нейтральной и слабо кислой среды латеритного выветривания в 30—50 раз выше, чем глинозема (Бушинский, 1958₁).

В последние годы на отечественном материале были доказаны значительные накопления глинозема в корах выветривания латеритного типа (Басс, 1958; Никитина, 1958; Яковлева, 1958; Лисицына, 1962; Бобров, 1962 и др.), свидетельствующие об энергичном выносе кремнезема из коры и накоплении в ней железа, титана и алюминия.

Другая серия работ по изучению структур и особенностей строения бокситоносных пород показала большую роль обломков в их составе (Бушинский, 1958_{1, 2, 3}; Кротов, 1958 и др.). Авторы этих работ пришли к выводу о механическом переотложении бокситового материала.

Таким образом, целый ряд данных серьезно противоречит основным положениям хемогенной теории происхождения бокситов. Рассматривая эти противоречия во втором томе «Основ теории литогенеза», Н. М. Страхов считает необходимым «несколько изменить генетическую трактовку бокситов» (Страхов, 1960, стр. 187). Он показывает, что бокситы следует рассматривать как комплексные руды триады Al—Ti—Fe³⁺, происхождение которых в концепции А. Д. Архангельского не находит удовлетворительного объяснения. Н. М. Страхов, вслед за С. Ф. Малявкиным и рядом других геологов, рассматривает бокситы «в качестве, главным образом, механически переотложенных и значительно переработанных в диагенезе продуктов латеритного выветривания» (Страхов, 1960, стр. 189).

Тем не менее, многие геологи, как уже отмечалось выше, до сих пор

привлекают теорию А. Д. Архангельского, в частности, для объяснения генезиса Казахских и Западно-Сибирских платформенных бокситов. К сожалению, в этих работах не приводится новых фактов, подтверждающих перенос и хемогенную садку их основных компонентов. В то же время наблюдения, которые ей противоречат, не находят у этих авторов удовлетворительного объяснения. В этом отношении характерна работа В. Н. Разумовой, вышедшая в 1961 г., в которой есть глава, посвященная генезису Казахских бокситов. В начале главы В. Н. Разумова пишет о весьма малой миграционной способности глинозема, которая известна, по ее мнению, только из лабораторных исследований. Не придавая никакого значения этим данным и не приводя никаких новых фактов в пользу того, что глинозем может мигрировать в природных водах в количествах, достаточных для накопления Казахских бокситов, В. Н. Разумова тем не менее остается на позициях их хемогенного генезиса. В. Н. Разумовой известны и бобово-обломочные и обломочные структуры в бокситах, но они, по ее мнению, не противоречат хемогенной гипотезе, ибо образуются в прибрежной части бассейна за счет перемыва на месте ранее отложенного материала. Эта мысль, ранее высказанная А. Д. Архангельским (1937), позднее Ф. Г. Пасовой (1958) и Ю. К. Горещким (1958, 1960), была бы возможно справедливой, если бы обломки локализовались среди необломочного боксита и состояли из материала самого боксита. Однако обломки распространены по всей бокситоносной толще и составляют, например, в глинистых бокситах до 50%. Среди них различаются: кварц, тонкодисперсный и кристаллический каолинит, вермикулиты каолинита, гематит, измененные порфириды и туфы, ильменит, лейкоксен, брукит, циркон и другие минералы. В каменистых бокситах те же обломки находятся в ядрах микробовин, которые образовались на месте, с чем соглашается и В. Н. Разумова. Этот обломочный материал, «освоенный» каменистым бокситом и в значительной степени замещенный глиноземом или гидроокислами железа, как нельзя лучше подтверждает механическое переотложение продуктов коры выветривания в бассейны бокситонакопления.

Гипотеза механического переотложения бокситов впервые выдвинута С. Ф. Малявкиным (1934 г.). Малявкин исходил из малой подвижности алюминия. Основным фактором образования месторождений бокситов он считал «разрушение латеритного покрова и перенос частью в виде гелей, частью в виде тончайшей суспензии (физический коллоид) и выпадение твердой фазы в соответствующих благоприятных условиях» (Малявкин, 1934, стр. 533).

Итак, продукты латеритного распада приносились в виде тонких суспензий в застойные водоемы, где и накапливались свободные гидраты глинозема. Изучение структур и вещественного состава бокситоносных пород не подтверждает выводов С. Ф. Малявкина о переносе материала в виде тонких суспензий. Бокситоносные породы любых месторождений имеют, как правило, обломочное строение. Это обстоятельство послужило причиной появления ряда работ, в которых бокситы рассматриваются как результат механического переотложения продуктов коры выветривания в виде грубых обломков. К числу работ такого типа, касающихся мезо-кайнозойских бокситов Урала, Казахского нагорья и Западной Сибири, относятся работы А. К. Гладковского и А. К. Шаровой, Б. П. Кротова и др. А. К. Шарова и А. К. Гладковский (1958) считают все мелкие бокситы Азиатской провинции переотложенными из латеритной коры выветривания и бокситовые бобовины рассматривают как гальки. Точка зрения этих авторов не вяжется с разнообразным составом обломков в бокситовых породах и, главным образом, их количеством (до 50% в глинистом боксите). Эти обломки по

своему составу соответствуют породам разных зон коры выветривания, а не только ее верхней зоны латеритных бокситов. Более того, существование такой зоны в рассматриваемой области точно не доказано. А. К. Гладковский и А. К. Шарова, уделявшие основное внимание каменистым бокситам, недооценивали роль обломков небокситового состава. Б. П. Кротов считает, что бокситы образуются как делювий, состоящий из обломков латеритной коры выветривания, которые «были снесены механическим путем в лога или озера, где они подвергались диагностическим процессам, обусловившим их превращение в твердые каменистые породы, получившие неправильное название «бобовых» или «каменистых» бокситов (Кротов, 1958, стр. 377). Можно не соглашаться с отдельными выводами Б. П. Кротова, но два общих положения в его объяснении генезиса бокситов, вытекающие из рассмотрения фактического материала, совпадают с нашими выводами, которые получены на материале других месторождений. Первый вывод — о механическом перетолжении материала коры выветривания в бассейны бокситонакопления и второй вывод — о вторичных преобразованиях этого обломочного материала, превращающих его в бокситы. Однако характер этих преобразований только намечен автором, а причины (растворение некоторого количества глинозема обломков под действием кислых гумусовых растворов в озерных водоемах), с нашей точки зрения, неверны. Образование некоторых бокситов Енисейского кряжа за счет механического перетолжения доказывается в работах Е. Т. Боброва (1962) и др. Г. И. Бушинский (1956, 1958) изучал Северо-Уральские бокситы и убедительно доказал, что красные бокситы, имеющие наибольшую практическую ценность, накапливались в карстовых воронках за счет приноса в эти воронки материала коры выветривания временными потоками в виде грубых суспензий.

Дальнейшая переработка этого материала в условиях жаркого влажного климата и превращение его в бокситы связана, по мнению Г. И. Бушинского, с воздействием нисходящих теплых кислородных грунтовых вод, которые выносили карбонаты и кремнезем, а окислы железа, алюминия и титана накапливались на месте в виде боксита. Этот процесс вторичных преобразований обломочного материала в воронках Г. И. Бушинский определяет как процесс выветривания: латеритизация алюмосиликатов, начавшаяся в коре выветривания основных пород, продолжалась, по его мнению, и в карстовых воронках. К этому типу близки и мезо-кайнозойские карстовые бокситы Зауралья. Г. И. Бушинский считает, что в образовании континентальных бокситов большую роль играет также процесс диагенеза, который «на дне мелких пресных водоемов в условиях влажного жаркого климата аналогичен процессу латеритизации. При диагенезе этого типа также происходит коррозия кварца и разложение алюмосиликатов с выносом солей К, Na, Ca, Mg и кремнезема и с накоплением свободного глинозема и двуокиси титана в качестве остаточного продукта» (Бушинский, 1958, стр. 438). При этом «кремнезем может выноситься из ила только такими водами, в которых его раньше не было или он содержался в ничтожном количестве». Г. И. Бушинский отмечает, что прямых доказательств существования этого процесса не имеется. Однако в осадочных бокситах на месторождениях Урала, Казахстана и Западной Сибири, а также в Подмосковье и за рубежом (Суринам, Демерара) наблюдаются многочисленные примеры разложения кварца и замещения его гиббситом, свидетельствующие о выносе кремнезема. Вынос кремнезема естественно приводит к обогащению осадка глиноземом. Процесс этот еще недостаточно выяснен и требует дальнейшего изучения.

Некоторые особенности состава и структуры мезо-кайнозойских бокситов, например Зауралья и Западной Сибири, такие как разви-

тие в них алюмогелей и ферриалюмогелей, послужили причиной еще одного варианта объяснения их генезиса.

А. В. Гольберт (1961) и М. С. Каштанов (1960) высказывают точку зрения, которая фактически является попыткой примирить обе теории — хемогенного и обломочного генезиса бокситов. Авторы, подобно Б. П. Кротову (1958) и С. И. Бенеславскому (1957₂), приходят к выводу о сносе обломочного материала коры выветривания в карстовые воронки делювиальным путем. А. В. Гольберт считает, что образование карстовых бокситов далее происходит путем обогащения и замещения соединениями железа и алюминия (бокситизации) первичных делювиальных глинистых осадков посредством фильтрации через них поверхностных и грунтовых вод, обогащенных полуторными окислами в зоне выветривания. М. С. Каштанов считает, что в карстовые воронки, наряду с обломочным материалом, поступало и некоторое количество растворенного вещества, преимущественно в форме комплексных гелей Al, Si, Fe, Ti. Дальнейшее превращение этого осадка смешанного состава в бокситы происходило в диагенезе и частично в эпигенезе. Какие процессы в течение этих двух стадий образования пород приводят к освобождению осадка от кремнезема и других разубоживающих боксит элементов, остается неизвестным. Здесь уместно вспомнить высказывание Н. М. Страхова (1960), касающееся роли диагенеза в формировании бокситов, который считает, что эта роль сводится к формированию минералого-петрографического облика рудного пласта. Создать же концентрацию глинозема процессы диагенеза, по его мнению, не в состоянии.

Приведенные нами соображения разных авторов о генезисе Восточно-Уральских, Казахстанских и Западно-Сибирских бокситов не решают всех вопросов, связанных с их происхождением. Для нас эти работы интересны тем, что углубленное изучение минералогического состава и структуры бокситов приводят их авторов (кроме В. Н. Разумовой) к признанию механического, а не химического переноса материала коры выветривания в бассейны бокситонакопления. Более того, во всех цитированных работах признается большая роль вторичных процессов в преобразовании накопленного таким путем материала в кондиционный боксит. Характер и ход этих преобразований в одних работах только лишь намечены в общих чертах, в других объяснение их сомнительно, что ясно одно: следы этих процессов наблюдались многими исследователями.

Истолкование генезиса континентальных платформенных бокситов не входило в задачи настоящей работы. Однако из описания структурных типов бокситовых пород платформенных месторождений Казахстана и Западной Сибири подтверждается высказанная Г. И. Бушинским (1956, 1958_{2,3}) точка зрения на суть вторичных изменений накопленного в карстовых воронках (и, по-видимому, в других углублениях) обломочного материала. Г. И. Бушинский считает, что латеритизация алюмосиликатов, начавшаяся в коре выветривания, продолжается и в карстовых воронках.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Ниже мы приводим основные выводы по условиям формирования бокситов рассматриваемого нами типа.

В начале настоящей работы мы разделили мезо-кайнозойские бокситовые месторождения Урала, Казахского нагорья и Западной Сибири по условиям залегания бокситоносных пород на два типа (см. стр. 11). Процессы формирования бокситов были, по-видимому, одни и те же, поэтому мы рассматриваем их совместно.

Геологическая позиция обоих типов месторождений хорошо известна: и те и другие приурочены к эффузивно-карбонатным или песчано-сланцево-карбонатным толщам палеозойского возраста. Известняки этих толщ в субтропических или тропических климатических условиях хорошо карстуются, а силикатные породы дают значительные по мощности глинистые продукты выветривания, которые являются общепризнанным источником материала для бокситов.

Климатические условия. Как известно, бокситообразование в разных районах Урала, Казахстана и Западной Сибири происходило не одновременно. Тем не менее, состав растительности, определенный по данным спорово-пыльцевого анализа, свидетельствует о близких климатических условиях периодов формирования бокситов. Данные Н. А. Болховитиной для Аятских месторождений восточного склона Урала (альб—сеноман), Е. Д. Заклинской (1959) для ряда месторождений Тургайского прогиба (альб—сеноман), Е. Д. Заклинской (1959) и Э. К. Жученко (Волков, 1959) для бокситоносных районов Казахского нагорья (палеоцен—эоцен) приводят этих исследователей к выводу о существовании в те времена субтропических климатических условий. В области Казахского нагорья также отмечается постепенное изменение этих условий в сторону увлажнения климата и понижения температур до умеренных к концу палеогена. Примерно к такому же выводу о постепенном изменении климата приходит К. В. Боголепов, изучавший совместно с П. А. Поповым спорово-пыльцевые спектры бокситоносных пород Енисейского края. Состав растительности в начале бокситонакопления (хвойный и миртовый горизонты) характеризовался, по мнению авторов, «высокими среднегодовыми температурами, близкими к температурам современной субтропической зоны, значительной сухостью воздуха или во всяком случае сезонной сменой засушливого жаркого и дождливого периодов» (Боголепов, 1958, стр. 455). Позже (каштановый горизонт) климатические условия характеризуются обилием выпадающих осадков, снижением и выравниванием температуры.

Следовательно, во всех бокситоносных районах в эпохи бокситонакопления состав растительности свидетельствует о субтропических, а не тропических условиях климата, а временами и умеренно-влажных с преобладанием листопадных форм (Страхов, 1960).

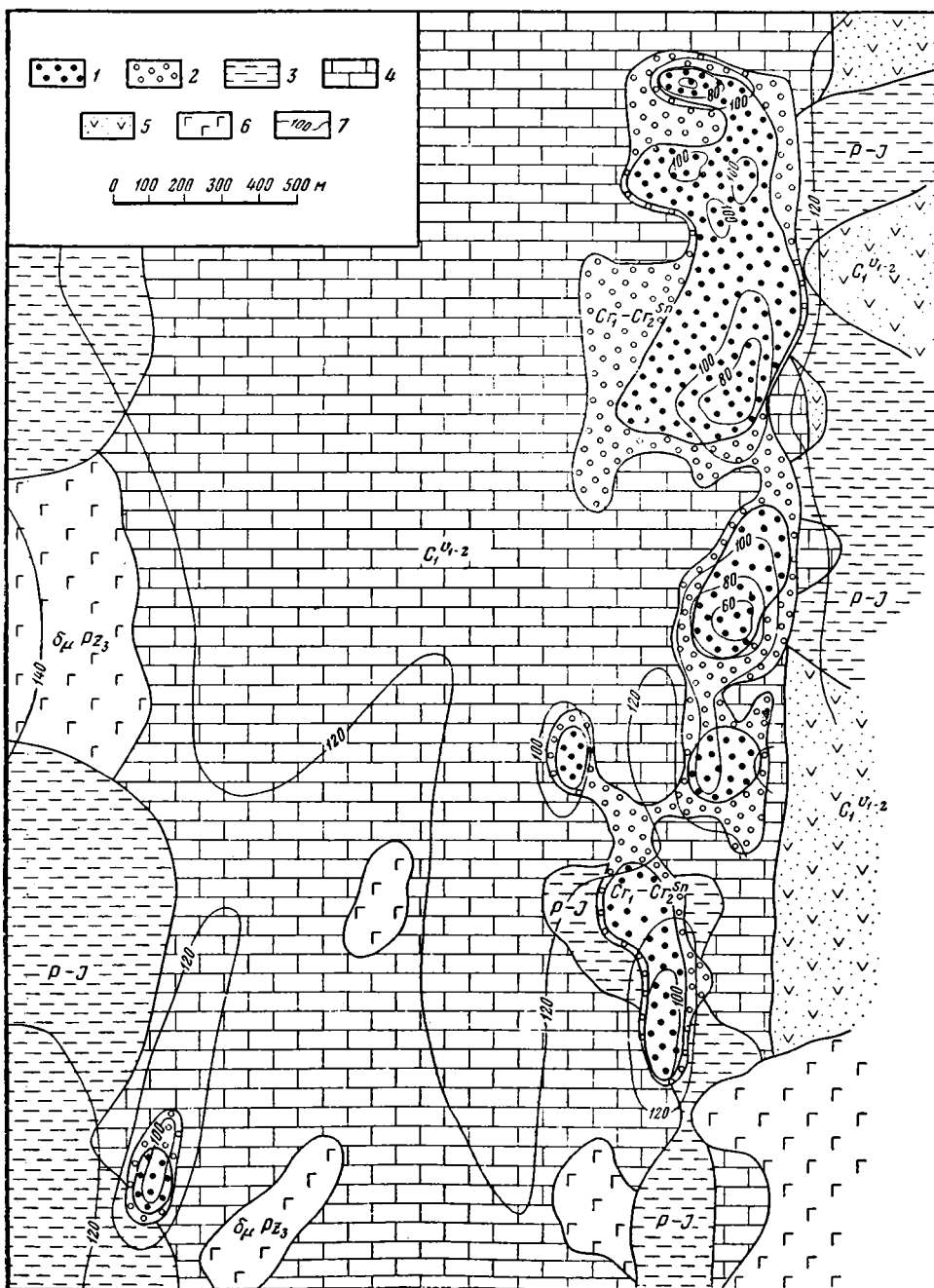
Бассейны бокситонакопления. Бокситы формировались в карстовых воронках или углублениях — карманах в коре выветривания. Таким образом, источник сноса и бассейны бокситонакопления находились в непосредственной близости, в пределах одной материнской толщи (фиг. 4; см. фиг. 1, 2, 3). Самые глубокие карстовые воронки, известные в рассматриваемой области, имеют глубину до 250 м при ширине порядка 200 м, т. е. заметно меньшей, чем глубина. Бокситы в воронках такого типа ничем не отличаются от тех, которые формировались в достаточно пологих и неглубоких впадинах (см. фиг. 1). Это свидетельствует о сходстве процессов бокситообразования в тех и других, независимо от индивидуальных особенностей водоема, и еще раз наводит на мысль о решающей роли в образовании бокситов вторичных процессов, которые преобразовывали толщу ранее накопленных осадков. Особенности водоемов в карстовых воронках нам известны, однако можно сказать уверенно, что сколько-нибудь заметной сортировки материала в них не было. Это подтверждается строением бокситоносной толщи, особенно в краевых частях воронок, где весь разрез обычно сложен глинистой брекчией. Бокситовые породы, залегающие в углублениях коры выветривания, также лишены сортировки и имеют обломочное строение. Итак, первичный материал бокситов — продукты переотложения коры выветривания — накапливался в карстовых воронках или подобных им «карманах» в коре выветривания. Исходя из морфологии этих бассейнов, учитывая обломочные структуры бокситовых пород и пестрое и лишнее закономерностей распределение в них материала (см. главу II), невозможно рассматривать бокситоносные породы как «отложения заболоченных равнин (!) и подпруженных речных долин», как это делает В. Н. Разумова (1961, стр. 159).

Образование суффозионно-карстовых углублений в коре выветривания и заполнение их ее материалом, по-видимому, не были разделены во времени. По этому вопросу в литературе приводились разные мнения. Однако наиболее вероятным, а скорее всего и единственно возможным является постепенное заполнение воронок в процессе их образования. Об этом свидетельствуют следующие особенности их строения.

1. Карстовые воронки имеют, как правило крутые стенки, и в большинстве случаев в строении этих стенок принимают участие глинистые породы коры выветривания с ненарушенной материнской текстурой. Это довольно отчетливо видно на фиг. 2 — Целиноградская (Акмолинская) группа месторождений и на фиг. 3 — Амангельдинская группа. Естественно, что сложенные глинами почти вертикальные обрывы при глубине воронок до 200 м не могли существовать длительное время, следовательно трудно предположить, чтобы карст был дорудным.

2. Другие факты противоречат предположению о том, что воронки образовались после отложения бокситов. Так, например, на Амангельдинских месторождениях резко увеличенные мощности бокситовой пачки в воронках, местами превышающие 100 м, против 5—6 м на более высоких участках поверхности коры выветривания, могли образоваться только при условии активного углубления соответствующих воронок. Прогнивание уже отложившейся бокситовой пачки благодаря пострудному карсту не объясняет резкого увеличения мощностей самих бокситовых пород в воронках часто более чем в 10 раз.

К выводу о постепенном заполнении воронок и карманов приходят геологи, изучавшие бокситы других групп месторождений, например, Енисейского края (Боголепов, 1958). Одновременное с развитием карста заполнение воронок материалом коры выветривания является, по-видимому, более общей закономерностью, которая отмечается не только для платформенных бокситов, но также и для девонских карстовых бокситов Урала (Бушинский, 1958, 3; Плотников и Миловидов, 1961).



Фиг. 4. Схема распространения бокситоносных пород. Участок Верхнетобольских месторождений. Составлена А. Ф. Андреевым и А. Ф. Холодовым

1 — бокситы ($Cr_1 - Cr_2^{Sn}$); 2 — глины бокситовые пестроцветные ($Cr_1 - Cr_2^{Sn}$); 3 — глины коры выветривания (P — I); 4 — известняки (C_1^{V1-2}); 5 — туфы, туфопесчаники, туфоконгломераты (C_1^{V1-2}); 6 — диориты, диоритовые порфириды $\delta_\mu Pz_3$; 7 — изогипсы поверхности палеозойского фундамента

Источники сноса и характер поступления материала. Источником сноса служили глинистые продукты выветривания, которые не только слагали повышенные участки рельефа — водоразделы между карстовыми воронками, но частично и стенки воронок (см. фиг. 2, 3, 4). В ряде случаев кора выветривания подстилала бокситы, которые формировались в углублениях ее поверхности, что, например, типично для месторождений Амангельдинской группы. Состав сохранившейся коры выветривания Казахского нагорья описан в работах В. Н. Разумовой (1956), Н. А. Лисицыной (1959) и др. Для коры выветривания этой области характерна мощная каолинитовая зона с горизонтами железистых пород. Иногда эти породы содержат в небольших количествах свободные окислы алюминия и гиббсит. В Тургайском прогибе кора выветривания на порфиритах, доальбская кора, по Михайлову (Михайлов, Петровская, 1959), также имеет хорошо развитую каолинитовую зону. Судя по переотложенным в карстовые воронки бобовинам и обломкам сухаристо-глинистого боксита бобовой структуры, которые образуют значительные накопления в составе обломочных глин, в этой зоне накапливались свободные окислы алюминия. Этот латеритный горизонт *in situ* здесь пока не обнаружен. Можно предполагать, что в основном он был разрушен процессами эрозии. Однако в соседних районах, например в Мугоджарском, глиноземистые породы сохранились в верхней зоне коры выветривания карбонатных пород и альбитизированных диабазов (Б. М. Михайлов и Л. С. Теплова, 1961). В восточной части Бокситового пояса на Енисейском кряже и в прилегающих районах гиббситовая зона в коре выветривания найдена Е. Т. Бобровым (1962). Коры выветривания такого типа формировались в условиях жаркого влажного климата.

Переотложение материала из коры выветривания и заполнение карстовых воронок происходили путем механического переноса. Нетрудно себе представить обрушение стенок карста, сложенных рыхлыми или просто глинистыми продуктами выветривания. Несколькими более удаленные (0,5—1—2 км) водораздельные участки (см. фиг. 4) также представляли материал в основном в виде обломков. Об этом свидетельствуют структуры всех разновидностей пород бокситоносной пачки.

Состав обломков достаточно пестрый. Он запечатлен в глинистых брекчиях, песчаниковидных и каолинитовых глинах, которые следует рассматривать как неизмененный вторичными процессами первичный материал бокситов (см. главу IV).

Глинистые брекчии также содержат обломки каолининово-железистых и железисто-глиноземистых пород (бокситов). Эти обломки присутствуют в подчиненных количествах, но местами образуют скопления. По содержанию глинозема (50% при 9—10% SiO_2) они соответствуют кондиционному бокситу. В целом состав обломков достаточно разнообразен и полностью зависит от коры выветривания, находящейся в непосредственной близости. Глинистые брекчии Амангельдинских месторождений, где развиты коры аркозовых песчаников, содержат повышенные содержания кварца. На Краснооктябрьском месторождении вблизи гранитных массивов обломочные глины обогащены обломками кислых пород, в области развития туфопесчаников присутствуют обломки этих песчаников и т. д.

Глинозем из коры выветривания, по-видимому, частично поступал в виде суспензий. Об этом свидетельствует состав глинистых брекчий и песчаниковидных глин, которые содержат иногда до 1—4,7% свободного глинозема при отсутствии высокоглиноземистых пород в составе обломков.

Роль глиноземистых растворов в переотложении материала коры выветривания трудно определить, по-видимому, она невелика. Здесь

уместно привести данные Ю. К. Горещкого (1960), полученные им для коры выветривания Батумского побережья.

В поровых водах, отжатых из глин коры выветривания, содержание Al_2O_3 составляло 0,43—3,88 мг/л, TiO_2 — 0,17—0,24 мг/л, а SiO_2 — 5—8 мг/л. В воде, высачивающейся из этих глин, содержание Al_2O_3 достигало всего лишь 2,65 мг/л при 0,27 мг/л TiO_2 и 4,5 мг/л SiO_2 . Но в воде ручья, текущего по склону, Al_2O_3 был обнаружен в количестве всего лишь 0,05 мг/л, титана не было вовсе, тогда как содержание SiO_2 составляло 6—9 мг/л. Близкие к этим содержания Al_2O_3 (доли мг/л) при значительных содержаниях SiO_2 (единицы — первые десятки мг/л), определены разными авторами для поверхностных вод тропических лагунных областей (Бушинский, 1958).

Судя по этим данным, можно предполагать, что грунтовые воды, которые промывали казахстанские и западносибирские коры в эпохи бокситообразования, не содержали значительных количеств свободного глинозема.

Однако алюмогели и железистые алюмогели, которые наблюдаются в бокситах в затвердевшем состоянии, послужили причиной того, что многие авторы (см. выше) рассматривают их как доказательство переноса глинозема из коры выветривания в виде коллоидальных растворов (Кротов, 1958; Гольберт, 1961 и др.). Так ли это? При описании структурных типов мы уже отмечали, что алюмогели и другие гели появляются только в некоторых высокоглиноземистых породах бокситоносной толщи. Они неизвестны в глинистых брекчиях и каолинитовых глинах. В лигнитовых и бокситовых глинах появление их лишь намечается в виде небольших сгустков. Только в сухаристых и особенно в каменистых бокситах гели присутствуют в значительных количествах и образуют прожилки.

Следует отметить, что и в этих породах алюмогели проявляются только на определенной стадии их развития, после образования вторичных оболочек вокруг микробовин и бобовин. Отсюда мы заключаем, что алюмогели выделяются в процессе вторичных изменений бокситового материала.

Гели возникают в самой бокситизирующейся породе и далее только перераспределяются в ней, а не приносятся извне. Следы этого перераспределения мы наблюдаем в виде прожилков геля, корродирующего уже сформировавшиеся структуры бобовин и цемента. Справедливость этого положения подтверждается также и тем, что в бокситах одного и того же типа присутствие значительных количеств алюмогеля не прибавляет глинозема, и по составу они почти не отличаются от бокситов без алюмогеля. Чтобы убедиться в этом, достаточно сравнить химические анализы каменистых бокситов (см. табл. 14). Обр. 8 содержит примерно 20% алюмогеля, обр. 7 его не содержит в заметных количествах. Содержание Al_2O_3 в этом и другом образце примерно одинаково (48,01 и 48,89%). Состав алюмогелей, приведенный в главе IV, показывает, что алюминий, как и везде в бокситовых породах, ассоциируется в них с титаном. Итак, в карстовые воронки материал коры выветривания поступал в виде обломков. Минералогический состав его был смешанный, преимущественно каолинитовый и лишь в подчиненных количествах бокситовый.

Пестрый состав обломков, слабая окатанность, а также отсутствие сортировки материала свидетельствуют о том, что он приносился скорее всего временными потоками, накапливался в виде делювия или осыпей.

Еще одно подтверждение этого факта мы видим в совершенном сходстве обломочной структуры некоторых глинистых бокситов (табл. 12, обр. 10), например, Козыревского месторождения (25,67% свободного

Al_2O_3) и глинистых брекчий, которые либо лишены свободного глинозема, либо содержат его в малых (2,5%) количествах (табл. 4, обр. 1—4). Глинистая брекчия — это первичный осадок, тогда как глинистый боксит — результат вторичных преобразований. В нем сохраняется обломочная структура, но часть обломков уже замещена тонкодисперсным глиноземом или гиббситом.

Бокситизация осадочного материала в карстовых воронках. Преобразования обломочного материала после его накопления в карстовых воронках или в карманах коры выветривания наблюдаются в бокситовых породах в виде вторичных структур, о которых подробно говорилось выше. Первичные глинистые породы обломочной структуры — глинистые брекции, песчаниковидные и каолиновые глины почти не изменены вторичными процессами.

В бокситовых глинах появляются первые микробобовинки — сгустки изотропного бесструктурного геля. Часто микробобовины образуются за счет роста оболочек вокруг микрообломков. Начинается преобразование первичной обломочной структуры в микробобовую. Количество микробобовин достигает иногда 40%. Большая часть обломков сохраняется внутри бобовин неизменной, и только немногие замещены тонкодисперсным глиноземом или кристаллическим гиббситом. В глинистых бокситах как возникновение микробобовин, так и замещение обломков происходит в более широких масштабах, чисто обломочные разности почти не встречаются. Образуют вторичными оболочками многие крупные бобовины, появляются небольшие колломорфные сгустки алюмогеля и ферриалюмогеля. Интенсивно перераспределяется и железо. Сгустки его затушевывают местами первичные обломочные структуры. В цементе преобладает тонкодисперсная форма глинозема.

В сухаристых бокситах количество микробобовин в цементе возрастает в некоторых разностях до 40—80%, а микрообломки в ряде случаев нацело замещены микрокристаллическим гиббситом. Первичная обломочная структура становится реликтовой. В основной массе цемента значительное место занимает кристаллический гиббсит. Каменные бокситы представляют высшую степень преобразования обломочных глин. Структура каменных бокситов обломочно-бобовая, они содержат много железистых бобовин и их обломков, по-видимому, принесенных из верхней зоны коры выветривания (см. главу VII). Эти бобовины отличаются от бобовин сухаристых и глинистых бокситов, которые образовались на месте в породе. Цемент в некоторых разностях состоит из микробобовин, сцементированных гиббситом. Обломки за редким исключением обычно нацело замещены гиббситом или тонкодисперсным глиноземом и затем окружены оболочками.

Алюмогели развиты максимально, образуют прожилки, отчасти замещают основную массу и корродируют более ранние структуры. Только реликтовая обломочная структура помогает в расшифровке путей образования породы.

Каменные бокситы возникли в местах скопления магнитных бобовин, их обломков и обломков других пород, поскольку эти участки служили центрами, куда стягивались ферриалюмогели. Все эти изменения структур происходят одновременно с уменьшением содержания кремнезема от 32—40% в глинистых брекциях, до 1,2—6% в каменных бокситах. Соответственно возрастает количество глинозема и титана, а также окисного железа. На минералогическом составе это сказывается следующим образом: увеличивается содержание гиббсита и корунда, который присутствует в малых количествах и в глинистых брекциях. В бокситах больше минералов окиси и гидроокиси железа, чем в глинах. Количество каолинита и кварца, напротив, падает от глин к бокситам, что и наблюдалось под микроскопом. Эти изменения

структуры и состава пород, выполняющих воронки, свидетельствуют о выносе из них кремнезема.

Химизм этого процесса можно объяснить по аналогии с процессами в четвертичных корах выветривания Батумского побережья Кавказа, рассмотренных М. Н. Яковлевой (1958) и Ю. К. Горецким (1960), тем более, что климатические условия этой области близки к существовавшим в Казахстане и Западной Сибири в периоды бокситонакопления. С помощью проведенных экспериментов М. Н. Яковлева подтвердила выводы К. Д. Глинки (1904), А. Н. Острякова (1918) и других исследователей о том, что кремнезем в условиях обильного выпадения осадков и хорошей фильтрации должен выноситься из коры выветривания при значениях рН от 1,38 до 8,52, т. е. практически при самых распространенных в природе. Этот вывод подтверждается анализами поровых вод в гидраргиллитизированных галечниках Батумской коры выветривания и вод источников, вытекающих из выветрелых пород (Яковлева, 1958; Горецкий, 1960). Данные анализов, как уже упоминалось выше, свидетельствуют о выносе кремнезема и накоплении глинозема, двуокиси титана и окисного железа в составе элювия. Состав элювия на порфиритах Батумского побережья Кавказа показывает, что в условиях субтропического климата полного латеритного разложения массивных пород, таких как порфириты, гранитоиды или другие породы, не происходит. Накопления свободного глинозема в элювии не имеют широкого распространения (Лисицына, 1962). Другое дело обломочные глинистые породы коры выветривания, переотложенные в карстовые воронки. Эти породы в отношении процессов выветривания имели ряд преимуществ перед массивными:

1. Обломочные породы в карстовых воронках представляли собой рыхлую массу, легко проницаемую для грунтовых вод.

2. Состав их, преимущественно каолиновый с отдельными накоплениями бокситов, следует рассматривать как промежуточный продукт латеритного выветривания, прошедший предварительную подготовку: превращение массивной алюмосиликатной породы в глинистую.

Подвергаясь дальнейшему разложению, эти породы превращались в конце концов в бокситы.

Рассматривая бокситы как результат выветривания пород, переотложенных в карстовые воронки, интересно сравнить особенности строения бокситоносной толщи и обычного элювия. Пятнистое расположение материала в бокситоносных породах напоминает пестрое, пятнистое строение некоторых кор выветривания и, в частности, четвертичного элювия основных пород Батумского побережья. Пятнистость отражает особенности процессов выветривания. Наиболее выветрелые породы примыкают к трещинам и другим ослабленным зонам. Полосы разложенных пород сливаются друг с другом, образуя сеть, в ячейках которой сохраняются малоизмененные породы. Выветрелые полосы расширяются в стороны от трещины, захватывая все большие массы выветривающейся породы. В конце концов останцы свежей породы в петлях этой сети принимают форму шара и существуют длительное время, контактируя с превращенными в глины породами. Подобные формы выветривания, помимо Батумского побережья Кавказа, нам приходилось наблюдать в северном Вьетнаме, они же описаны Абботом (Abbot, 1958) в корах выветривания Гавайских островов и другими авторами. Таким образом, пятнистая смена участков породы, измененных в разной степени, характерна для любых продуктов выветривания и для массивных и для обломочных толщ. Что касается зональности, которая, как правило, наблюдается в древних корах выветривания, то она отнюдь не всегда образует горизонтальные пачки в разрезе. Эта зональность выражается в закономерной смене свежих пород все более выветрелыми

через промежуточные разности, но последние могут располагаться достаточно пятнисто. Только после длительного периода формирования коры эта пятнистость сглаживается и мы наблюдаем в нижней части коры слабо выветрелые породы, а чем выше по разрезу, тем более сильно измененные. Нечто похожее можно видеть и в бокситовой толще, где в основании и краевых частях залежи находятся мало измененные глинистые породы, а в верхних частях разреза преобладают бокситы.

В связи с преобразованием толщи глинистых брекчий в боксит возникает вопрос — куда же поступают освобождающиеся массы кремнезема? Этот вопрос также не изучен. Здесь, однако, следует исходить из многочисленных данных о подвижности кремнезема в природных водах. Они свидетельствуют о том, что кремнезем выносится реками не только тропических областей, где содержание его поднимается до 45 мг/л (Индонезия, по данным Mohr, 1944), но и умеренных и даже северных (2—10 мг/л, данные И. И. Гинзбурга, и Е. С. Кабановой, 1960 и др.). Возможность переноса растворенного кремнезема реками на большие расстояния, не говоря уже о более мелких водотоках, объясняет то обстоятельство, что вблизи залежей бокситов обычно не находят кремнистых пород, хотя накопления кремнезема должны были образоваться при латеритизации. Поступал ли кремнезем в морские бассейны, прилегающие к областям бокситонакопления? В работах В. В. Лаврова (1957) и других авторов упоминается тот факт, что морские толщи в Тургайском прогибе, накопление которых происходило одновременно с бокситообразованием в области Казахского нагорья и несколько позже, обогащены кремнеземом. Это тасаранская и саксаульская свиты. Ближе к бокситовым породам находятся окремненные кальцито-доломитовые породы, залегающие в основании коры выветривания (Лисицына, 1959). Окремнение их, по-видимому, связано с выносом кремнезема из выветривающихся толщ.

О происхождении типов бокситовых пород, слагающих бокситоносную толщу. Здесь уместно также затронуть еще один вопрос, касающийся природы тех разновидностей бокситов и глин, которые слагают бокситоносную толщу. Некоторые авторы (Пасова, 1958; Горецкий, 1960 и др.), изучавшие и изучающие платформенные бокситы, рассматривают разные типы бокситов и глин как фациальные разновидности, отлагавшиеся в водном бассейне в разных условиях гидродинамического режима и рельефа дна, а затем частично измененные диагенетическими процессами.

Так ли это? Анализ химического и минералогического состава, а также структур бокситоносных пород противоречит такой трактовке. В настоящей и предыдущих главах было показано, что рассмотренные нами разновидности глин и бокситов представляют собой в разной степени преобразованный материал коры выветривания, переотложенный в карстовые воронки. Они не отражают условий осадконакопления в разных частях континентальных бассейнов и не могут рассматриваться как фациальные разновидности пород осадочной толщи. Распределение их в этой толще достаточно пестрое, что, кстати говоря, типично для продуктов выветривания и не соответствует слоистому характеру осадочных пород. Пятнистое строение бокситоносной толщи является результатом интенсивного, но весьма неравномерного перераспределения вещества при дальнейшем выветривании переотложенного элювия.

ЛИТЕРАТУРА

- Архангельский А. Д. К вопросу об условиях образования бокситов в СССР. Бюлл. Моск. об-ва испыт. природы, отд. геол., 1933, **11**, № 4.
- Архангельский А. Д. Типы бокситов СССР и их генезис. В кн.: «Труды конференции по генезису руд железа, марганца и алюминия». М.—Л., Изд-во АН СССР, 1937.
- Бардоши Д. Геология бокситовых месторождений Венгрии. Изв. АН СССР, серия геол., 1957, № 9.
- Басс Ю. Б. Бокситы юга Украины и их генезис. В кн.: «Бокситы, их минералогия и генезис». М., Изд-во АН СССР, 1958.
- Басс Ю. Б. Новые данные о геологическом строении и условиях образования месторождений бокситов юга УССР. В кн.: «Закономерности размещения месторождений в платформенных чехлах». Киев, Изд-во АН Укр. ССР, 1960.
- Безруков П. Л., Яншин А. Л. Юрские отложения и месторождения бокситов на Южном Урале. Труды Ин-та геол. и мин., 1934, вып. 7.
- Бенеславский С. И. Некоторые причины неполной выщелачиваемости гиббситовых бокситов. Докл. АН СССР, 1954, **95**, № 5.
- Бенеславский С. И. 1. Карстово-делювиальный тип месторождений бокситов. Докл. АН СССР, 1957, **114**, № 2.
- Бенеславский С. И. 2. Новые алюмосодержащие минералы бокситов. Докл. АН СССР, 1957, **113**, № 5.
- Бенеславский С. И. Минералогия осадочных бокситов. В кн.: «Бокситы, их минералогия и генезис». М., Изд-во АН СССР, 1958.
- Бобров Е. Т. Связь коры выветривания на траппах с бокситообразованием. В кн.: «Кора выветривания». Вып. 4. М., Изд-во АН СССР, 1962.
- Боголепов К. В. К стратиграфии меловых и третичных отложений Енисейского кряжа. В кн.: «Труды межведомственного совещания по разработке унифицированных стратиграфических схем Сибири», 1956 г. Л., Гостоптехиздат, 1957.
- Боголепов К. В. К вопросу о стратиграфическом положении и генезисе бокситов Енисейского кряжа. В кн.: «Бокситы, их минералогия и генезис». М., Изд-во АН СССР, 1958.
- Боголепов К. В., Попов П. А. О возрасте бокситов Енисейского кряжа. Докл. АН СССР, 1955, **100**, № 1.
- Брадинская Е. М. Минералы железа и титана в бокситах Енисейского кряжа. Зап. Вост.-Сиб. отд. Всес. мин. об-ва, 1959, вып. 1.
- Бушинский Г. И. К вопросу о генезисе бокситов. В кн.: «Материалы по литологии». М., Изд-во Моск. об-ва испыт. природы, 1946.
- Бушинский Г. И. О диагенезе в связи с генезисом огнеупорных глин, осадочных железных руд и бокситов. Изв. АН СССР, серия геол., 1956, № 11.
- Бушинский Г. И. 1. О генетических типах бокситов. В кн.: «Бокситы, их минералогия и генезис». М., Изд-во АН СССР, 1958.
- Бушинский Г. И. 2. Теория А. Д. Архангельского о генезисе бокситов в свете современных данных. В кн.: «Бокситы, их минералогия и генезис». М., Изд-во АН СССР, 1958.
- Бушинский Г. И. 3. Об условиях образования бокситов и о закономерностях размещения бокситовых месторождений. В кн.: «Закономерности размещения полезных ископаемых». Т. I. М., Изд-во АН СССР, 1958.
- Бушинский Г. И. Критический обзор советской литературы по бокситам за 1955—1957 гг. Бюлл. Моск. об-ва испыт. природы, отд. геол., 1959, **34**, вып. 4.
- Вахрамеев В. А. Стратиграфия и ископаемая флора меловых отложений Казахстана. В кн.: «Региональная стратиграфия СССР». Т. I. М., Изд-во АН СССР, 1952.
- Великовская Е. М. Бокситы Северо-Восточного Казахстана. В кн.: «Бокситы». Т. 1, ч. 2. М., 1936 (Труды Науч.-исслед. ин-та мин. сырья, вып. 3).
- Великовская Е. М. Бокситы восточной части Тургайской впадины (басс. р. Ашутасты-Тургай). В кн.: «Бокситы». Т. 4. М., 1939 (Труды науч.-исслед. ин-та мин. сырья, вып. 151).

- Викүлова М. Ф. Методическое руководство по петрографо-минералогическому изучению глин. М., Госгеолтехиздат, 1957.
- Виноградов А. П. О причинах высокого содержания титана в бокситах (в связи с вопросом генезиса бокситов). Изв. АН СССР, серия геол., 1957, № 4.
- Волков А. Н. Геологическое строение района Амангельдинских месторождений бокситов и огнеупорных глин. Труды Ин-та геол. наук АН Казах. ССР, серия геол., 1959, вып. 2.
- Волкова-Быкова М. С. Некоторые данные о бокситах и латеритах Бат-Баккаринского и Есильского района Казахской ССР. «Проблемы советской геологии», 1933, т. 1, вып. 3.
- Гвоздецкий Н. А. Карст. М., Географгиз, 1954.
- Геологическое строение Тургайского прогиба. Л., 1961. (Труды Всес. науч.-исслед. геол. ин-та, нов. серия, 53).
- Гинзбург И. И., Кабанова Е. С. Содержание кремнезема в природных водах и формы его присутствия. В кн.: «Кора выветривания». Вып. 3. М., Изд-во АН СССР, 1960.
- Гинзбург И. И. и др. Древняя кора выветривания на ультраосновных породах Урала. Ч. 1. Типы и морфология древней коры выветривания. Труды Ин-та геол. наук СССР, 1946, вып. 80, серия Уральск. компл. экспед. АН СССР (№ 1).
- Гладковский А. К. О закономерностях формирования и размещения месторождений бокситов на Урале и в Зауралье. В кн.: «Закономерности размещения месторождений в платформенных чехлах». Киев, Изд-во АН Укр. ССР, 1960.
- Гладковский А. К., Гуткин Е. С. О минералах, образовавшихся при выветривании бокситов Североуральского бассейна. Труды Свердл. горн. ин-та, 1960, вып. 35.
- Гладковский А. К., Ушатинский И. Н. О каолините в Тихвинских бокситах и боровичских сухарных глинах. Труды Свердл. горн. ин-та, 1960, вып. 35.
- Гладковский А. К., Шарова А. К. 1. Азиатская меловая бокситовая провинция. Докл. АН СССР, 1953, 88, № 1.
- Гладковский А. К., Шарова А. К. 2. К вопросу о минералогическом составе нижнемеловых бокситов СССР. Докл. АН СССР, 1953, 89, № 1.
- Гладковский А. К., Шарова А. К. Магнетит и маггемит в меловых осадочных бокситах западносибирских месторождений. В кн.: «Вопросы геологии Азии». Т. 2. М., Изд-во АН СССР, 1955.
- Гладковский А. К., Шарова А. К. О минералах, образовавшихся при выветривании бокситов Южно-Уральского бассейна, и их роль в геохимии бокситов. Изв. высших учеб. заведений, серия геол. и разведка, 1960, № 7.
- Глинка К. Д. О некоторых явлениях выветривания в Чакве близ Батума. Почвоведение, 1904, 6, № 1—4.
- Гольберт А. В. Бокситы Ливановских месторождений Приуральской части Западно-Сибирской низменности. В кн.: «Материалы по геологии и полезным ископаемым Сибири». М., Госгеолтехиздат, 1961.
- Горецкий Ю. К. Генезис и история формирования основных типов бокситовых месторождений. Труды Всес. науч.-исслед. ин-та мин. сырья, 1949, вып. 1.
- Горецкий Ю. К. Закономерности в размещении бокситовых месторождений и условия их образования. В кн.: «Бокситы, их минералогия и генезис». М., Изд-во АН СССР, 1958.
- Горецкий Ю. К. Закономерности размещения бокситовых месторождений. Труды Всес. науч.-исслед. ин-та мин. сырья, нов. серия, 1960, вып. 5.
- Горецкий Ю. К., Лаврович Н. С., Любимов А. Л. Бокситы. М., Госгеолтехиздат, 1949. (Оценка м-ний при поисках и разведке, вып. 10).
- Заклинская Е. Д. Палеофлористические обоснования стратиграфического расчленения кайнозойских отложений Казахстана и прилегающих частей Западно-Сибирской низменности. В кн.: «Вопросы биостратиграфии континентальных толщ». М., Госгеолтехиздат, 1959.
- Каржавин Н. А. Нижнемеловые бокситы Восточного склона Урала и их генезис. В кн.: «Бокситы, их минералогия и генезис». М., Изд-во АН СССР, 1958.
- Капитанов М. С. Минеральный состав меловых бокситов Енисейского кряжа. В кн.: «Вопросы геологии Енисейского кряжа». Казань, Изд-во Казан. ун-та, 1960.
- Кротов Б. П. К вопросу о генезисе нижнемеловых месторождений бокситов на Урале. В кн.: «Бокситы, их минералогия и генезис». М., Изд-во АН СССР, 1958.
- Кротов Б. П., Столярова Т. И. Соколовское месторождение бобовых железистых бокситов в Каменском районе Челябинской области и его генезис. Изв. АН СССР, серия геол., 1942, № 4.
- Куземкина Е. Н. Состав и особенности строения бобовин мезозойских бокситов Кустанайской области. Геол. рудных м-ний, 1960, № 3.
- Лавров В. В. Морской палеоген Зауральских равнин и его континентальные эквиваленты. Алма-Ата, Изд-во АН Каз. ССР, 1957.
- Лисицына Н. А. 1. Некоторые особенности накопления континентальных бокситов Казахстана. Докл. АН СССР, 1956, 111, № 2.
- Лисицына Н. А. 2. О замещении кварца гиббситом. Докл. АН СССР, 1956, 109, № 5.

- Лисицына Н. А. Об условиях залегания кайнозойских континентальных бокситов западной части Казахского нагорья. В кн.: «Бокситы, их минералогия и генезис». М., Изд-во АН СССР, 1958.
- Лисицына Н. А. Древняя кора выветривания западной части Казахского нагорья. Труды Геол. ин-та АН СССР, 1959, вып. 11.
- Лисицына Н. А. О гиббситоносной коре выветривания Батумского побережья Кавказа. В кн.: «Кора выветривания». Вып. 4. М., Изд-во АН СССР, 1962.
- Лисицына Н. А., Пастухова М. В. Вторичная минерализация в бокситовой толще и коре выветривания Тургайских и Северо-Казахстанских месторождений бокситов. Геол. рудных м-ний, 1961, № 1.
- Луканина М. И. Минералогический состав руд Соколовского и Одинского месторождений Каменского района. В кн.: «Материалы по геологии рудных месторождений, петрографии, минералогии и геохимии АН СССР». М., Изд-во АН СССР, 1959.
- Луи Сантос-Ньюго. Геология железорудных месторождений Филиппин. В кн.: «Железорудные месторождения мира». Сб. статей. Т. I. М., Изд-во иностр. лит-ры, 1955.
- Луцицкий В. И. Типы гиббситовых бокситов и их генетические взаимоотношения. В кн.: «Вопросы минералогии, геохимии и петрографии». М.—Л., Изд-во АН СССР, 1946.
- Малаявкин С. Ф. Боксит. В кн.: «Курс нерудных месторождений». Под ред. П. М. Татаринова. Л., Изд-во АН СССР, 1934.
- Малаявкин С. Ф. К вопросу о генезисе месторождений бокситов СССР. В кн.: «Труды конференции по генезису руд железа, марганца и алюминия». М.—Л., Изд-во АН СССР, 1937.
- Михайлов Б. М., Петровская Т. С. Литология мезозойских и кайнозойских отложений Тургайского бурогоугольного бассейна. Труды Всес. науч.-исслед. геол. ин-та, нов. серия, 1959, 24.
- Михайлов Б. М., Теплова Л. С. Некоторые вопросы литологии меловых и палеогеновых отложений бассейна р. Шет-Иргиз. Мат. Всес. науч.-исслед. геол. ин-та, нов. серия, 1961, вып. 43.
- Нагорский М. П. Пестроцветные отложения Салаирского кряжа. В кн.: «Бокситы, их минералогия и генезис». М., Изд-во АН СССР, 1958.
- Никитина А. П. Каолиннизация и бемитизация в коре выветривания хлоритовых сланцев Яковлевского месторождения КМА. В кн.: «Исследование и использование глин». Львов, Изд-во Львов. ун-та, 1958.
- Остряков А. Н. К познанию латеритных почв. Ч. 2. Исследование латеритных почв Батумской области. Казань, Изд-во Казан. ун-та, 1918.
- Пасова Ф. Г. Об условиях образования боксита. В кн.: «Бокситы, их минералогия и генезис». М., Изд-во АН СССР, 1958.
- Пасова Ф. Г. Химико-минералогическая характеристика бокситов Амангельдинских месторождений и вмещающих их пород. Труды Ин-та геол. наук АН Казах. ССР, геол. серия, 1959, вып. 2.
- Петрусович А. Ф. Перспективы бокситоносности центральной части и западного борта Тургайского прогиба. Вестн. АН Казах. ССР, 1957, № 5 (116).
- Плотников И. И., Миловидов Е. Д. О генезисе североуральских бокситовых месторождений. Сов. геол., 1961, № 7.
- Полынов Б. Б. Избранные труды. М., Изд-во АН СССР, 1956.
- Разумова В. Н. Кора выветривания северо-западной части Казахского нагорья. В кн.: «Кора выветривания». Вып. 2. М., Изд-во АН СССР, 1956.
- Разумова В. Н. Континентальные третичные отложения северо-западной части Казахского нагорья. В кн.: «Труды Межведомственного совещания по разработке унифицированных стратиграфических схем Сибири». 1956. Л., Гостоптехиздат, 1957.
- Разумова В. Н. Меловые и третичные формации западной части Центрального и Южного Казахстана. Труды Геол. ин-та АН СССР, 1961, вып. 46.
- Рожкова Е. В., Соболева М. В. Минералогия и условия образования бобовых железо-алюминиевых руд. В кн.: «Бокситы». т. I, ч. 2. М. 1936. (Труды Всес. науч.-исслед. ин-та мин. сырья, вып. 3).
- Руксби Х. П. Окислы и гидроокислы алюминия и железа. В кн.: «Рентгеновские методы определения и кристаллическое строение минералов глин». Сб. статей. М., Изд-во иностр. лит-ры, 1955.
- Сельдау Э. Л. Рентгенометрическое исследование продуктов обезвоживания гетита и лепидокрокита. Зап. Ленингр. горн. ин-та, 1961, 38, вып. 2.
- Смольянинова Н. Н., Молева В. А., Органова Н. И. Новый безалюминиевый член ряда монтмориллонит — соконит. В кн.: «Доклады к собранию Международной комиссии по изучению глин». М., Изд-во АН СССР, 1960.
- Спирин С. Л., Пасова Ф. Г. Закономерности размещения и литологический состав бокситоносных отложений в юго-западной части Чулымо-Енисейской впадины. Мин. сырье, 1960, вып. I.
- Соколова Е. И., Листова Л. П., Вайнштейн А. З. Феррисиликаты и ферросиликатные сульфатные и хлоридные системы равновесия. Труды Геол. ин-та АН СССР, 1956, вып. 3.

- Страхов Н. М. Основы теории литогенеза. Т. 1—2. Изд-во АН СССР, 1960.
- Терентьева К. Ф. О корунде Казахстана. Труды Всес. науч.-исслед. ин-та мин. сырья, нов. серия, 1949, вып. 2.
- Терентьева К. Ф., Пасова Ф. Г., Сидоренко Г. А. О тонкодисперсном корунде в гидрагиллитовых бокситах. Мин. сырье, 1961, вып. 2.
- Тюрин Б. А., Кальменев М. А. Геолого-экономическая характеристика месторождений бокситов и огнеупорных глин. Труды Ин-та геол. наук АН Казах. ССР, 1959, вып. 2.
- Чухров Ф. В., Берхин С. И., Молева В. А. О медистых глинистых минералах. В кн.: «Доклады к собранию Международной комиссии по изучению глин». М., Изд-во АН СССР, 1960.
- Шарова А. К., Гладковский А. К. Минеральный состав, происхождение и изменение нижнемеловых бокситов восточного склона Урала и Тургайской равнины. В кн.: «Бокситы, их минералогия и генезис». М., Изд-во АН СССР, 1958.
- Шукина Е. Н. Бокситы Енисейского края. Труды Всес. науч.-исслед. ин-та мин. сырья, 1936, вып. III.
- Яковлева М. Н. Об аллитной коре выветривания во влажных субтропиках Закавказья. В кн.: «Материалы совещания по исследованию и использованию глин». Львов, Изд-во Львов. ун-та, 1958.
- Яншин А. Л. Геология Северного Приаралья. М., Изд-во Моск. об-ва испыт. природы, 1953 (Мат. к познанию геол. строения СССР, вып. 15(19)).
- Abbot A. T. Occurrence of gibbsite on the Island of Kauai. Hawaiian Islands, Econ. Geol., 1958, 53, N 7.
- Bonnet I. A. The nature of lateritisation as revealed by hemical, physical and mineralogical studies of laterite soil from Puerto Rico. Soil. Sci., 1939, 48, N 1.
- Caillière S., Gatinéan L., Hénin S. Préparation a basse température d'hématite alumineuse. C. R. Acad. sci., Paris, 1960, 250, N 22.
- Caillière S., Pobeguín T. Sur les minéraux ferriques des bauxites. C. R. Acad. sci., Paris, 1961, 253, N 2.
- Gokhale K. V. G. K. Studies on the oxidation of goethite. Econ. Geol., 1961, 56, N 6.
- Krauskopf K. B. Dissolution and precipitation of silica at low temperatures. Geoch. et Cosmoch. acta, 1956, 10, N 1/2.
- Leith C. K., Mead W. J. Origin of iron ores of Central and Northern Cuba. Amer. Inst. Min Eng. Bull., 1911, 51. То же: Trans. 1911, 42.
- Magistad O. C. The aluminium content of the soil solution and its relation to soil reaction and plant growth. Soil Sci., 1925, 20, N 3.
- Matusaka Y., Sherman G. D. Magnetism of iron oxide in Hawaiian Soils. Soil Sci., 1961, 91, N 4.
- Mohr E. C. I. The soils of equatorial regions with special reference to the Netherland East India. Ann. Arbor, 1944.
- Okamoto G., Ocura T., Goto K. Properties of silica in water. Geoch. et Cosmoch. acta, 1957, 12, N 1—2.
- Sherman G. D., Kanehiro Y. Origin and development of ferruginous concretions in Hawaiian latosoles. Soil Sci., 1954, 77, N 1.
-

ОБЪЯСНЕНИЯ К ТАБЛИЦАМ

Т а б л и ц а I

- 1а, 1б, 1в. Глина смешанного состава (глинистая брекчия), состоящая из каолинистых и гидрослюдисто-каолинистых обломков с цементом такого же состава. Видны неравномерно распределенные рыхлые бобовины и их обломки. Структура редкобовово-обломочная. Краевые части впадины, выполненной бокситоносными отложениями. Краснооктябрьское месторождение.
- 2а, 2б. Глина смешанного состава (песчаниковидная глина), состоящая из обломков каолинитового, гидрослюдисто-каолинитового, монтмориллонитово-гидрослюдистого состава. В большом количестве встречаются обломки сухаристо-глинистых бобовых бокситов. Цементирующая масса — гидрослюдисто-каолинистая с примесью гидроокислов железа. Встречаются редкие бобовины. Залегает на коре выветривания порфиринов и их туфов в основании бокситов. Краснооктябрьское месторождение.
3. Обломок сухаристо-глинистого бобового боксита из глины смешанного состава (см. описание 2).
4. Глина смешанного состава (глинистая брекчия), состоящая из обломков каолинистых пород (а) и выветрелых туфов порфирита (б). Видны редкие бобовины и их обломки. Залегает на коре выветривания порфиринов и их туфов в основании бокситов. Краснооктябрьское месторождение.

Т а б л и ц а II

1. Глинистая брекчия, состоящая из обломков светлоокрашенных (белых и розовых) каолинистых пород. Структура редкобовово-обломочная. Из верхних частей бокситового разреза. Краснооктябрьское месторождение.
2. Песчаниковидная глина, состоящая из обломков каолинистых глин, гематита и гидрогематита. Структура песчанопелитовая. Встречена в верхней части разреза, подстилается бокситами. Краснооктябрьское месторождение.
3. Глинистая брекчия из обломков каолинитового состава. Амангельдинская группа месторождений.
4. Глинистая брекчия, состоящая из обломков каолинистых глин (белые), выветрелых тонкослоистых туфов (а). Из верхней части разреза; покрывается и подстилается бокситовыми глинами и бокситами. Краснооктябрьское месторождение.

Т а б л и ц а III

1. Глинистая брекчия. Брекчиевая структура породы в целом. Обломки каолинитового состава (а), обломок выветрелого порфирита (б), гематита и гидрогематита размером от 0,5 мм до 2—3 см и более сцементированы основной массой с алевропелитовой структурой. Увел. 160. Без анализатора. Краснооктябрьское месторождение.
2. Глинистая брекчия. Виден обломок выветрелого порфирита (а). Увел. 20. Без анализатора. Темирское месторождение.
3. Глинистая брекчия. Характерна брекчиевидная структура породы в целом. Обломки представлены каолинистыми породами (а) тонкозернистыми и среднезернистыми. Основная масса каолинисто-железистая, структура ее алеврипилитовая. Увел. 20. Без анализатора. Темирское месторождение.

4. Глинистая брекчия. Характерна брекчиевидная структура породы в целом и песчанопелитовая основная массы. Преобладают обломки каолининовых пород (а), гидрогематита и гематита. Увел. 20. Без анализатора. Краснооктябрьское месторождение.

Т а б л и ц а I V

1. Глинистая брекчия. Характерна брекчиевидная структура породы в целом и песчанопелитовая структура основной массы. Наряду с обломками каолининовых, железисто-каолининовых и гидрослюдисто-каолининовых пород встречаются обломки глинистых бокситов (а) с бобовой структурой. Увел. 45. Без анализатора. Краснооктябрьское месторождение.
2. Песчаниковидная глина. Характерна песчаниковидная структура породы в целом. Преобладают обломки каолининового и глиноземисто-каолининового состава, представляющие собой обломки бокситовых пород, часто бобовых (а). Основная масса имеет алевропелитовую структуру. Увел. 20. Без анализатора. Темирское месторождение.
3. Песчаниковидная глина с алевропелитовой структурой основной массы. Среди обломков преобладают обломки кварца (а). Увел. 45. Без анализатора. Краснооктябрьское месторождение.
4. Глинистая брекчия. Характерна брекчиевидная структура породы в целом и песчанопелитовая структура основной массы. В большом количестве присутствуют обломки кварца (а) и каолининовых пород (б), в подчиненном — гидрогематит и гематит (в). Увел. 20. Без анализатора. Краснооктябрьское месторождение.

Т а б л и ц а V

1. Цемент глинистой брекчии с алевропелитовой структурой. Характерны многочисленные мелкие (доли мм) листочки каолинита (а), ориентированные в одном направлении. Увел. 160. Без анализатора. Краснооктябрьское месторождение.
2. Песчанопелитовая структура песчаниковидной глины. Видны зерна кварца (а), обломки вермикулитов каолинита (б). Увел. 45. Без анализатора. Краснооктябрьское месторождение.
3. Песчаниковидная глина с песчанопелитовой структурой. Наблюдается некоторая сортировка обломочного материала, представленного преимущественно обломками каолининовых пород (а) и гидрогематита (б). Увел. 20. Без анализатора. Краснооктябрьское месторождение.
4. Песчаниковидная глина с алевропелитовой и песчанопелитовой структурой и с микрослонистой текстурой. Увел. 20. Без анализатора. Краснооктябрьское месторождение.

Т а б л и ц а VI

1. Песчаниковидная глина с песчанопелитовой структурой. Основная масса каолиново-гидрослюдистого состава. Присутствуют обломки кварца (а) и каолининовых пород (б). Увел. 45. Без анализатора. Краевые части бокситоносного разреза вблизи массива выветрелых гранитоидов. Краснооктябрьское месторождение.
2. Песчаниковидная глина с песчанопелитовой структурой. Преобладают обломки каолининового состава (а). Увел. 45. Без анализатора. Верхняя часть разреза бокситовой толщи. Краснооктябрьское месторождение.
3. Песчаниковидная глина с алевропелитовой структурой. Преобладают обломки каолининового состава. Основная масса каолининовая с большим количеством гидроокислов железа. Увел. 45. Без анализатора. Краевые части бокситоносного разреза. Краснооктябрьское месторождение.
4. Песчаниковидная глина с песчанопелитовой структурой. Преобладают обломки тонкозернистых и мелкокристаллических каолининовых пород (а), часто встречаются мелкие листочки и чешуйки каолинита. Основная масса каолининовая с гидроокислами железа. Увел. 45. Без анализатора. Краснооктябрьское месторождение.

Т а б л и ц а VII

1. Обломок бобовины (а) в глинистой брекчии. Увел. 20. Без анализатора. Темирское месторождение.
2. Обломок гематитово-гидрогематитового состава с зернами кварца (а) в глинистой брекчии. В самой породе очень мало обломков кварца. Увел. 20. Без анализатора. Краснооктябрьское месторождение.

3. Бобовины и их обломки гематитового состава в песчаниковидной глине. Внутри бобовин и их обломков видны мелкие зерна кварца. Увел. 20. Без анализатора. Краснооктябрьское месторождение.
4. Кварцевые округлые стяжения (а) в цементирующей массе глинистой брекчии. Увел. 45. Без анализатора. Краснооктябрьское месторождение.

Т а б л и ц а VIII

1. Безбобовая каолинистая глина. Характерна неравномерная, пятнистая окраска, обусловленная гидроокислами железа. Нат. вел. Амангельдинская группа месторождений.
2. Каолинистая глина с алевропелитовой структурой. Обломки представлены каолининовыми породами и зернами гематита. Увел. 45. Без анализатора. Краснооктябрьское месторождение.
3. Каолинистая глина с примесью гидроокислов железа. Структура алевропелитовая. Обломочный материал представлен каолининовыми глинами. Характерна микрослоистость. Увел. 45. Без анализатора. Краснооктябрьское месторождение.

Т а б л и ц а IX

1. Каолинистая глина с алевропелитовой структурой, микрослоистая. Среди обломков преобладают каолининовые глины. Увел. 45. Без анализатора. Темирское месторождение.
2. Каолинистая глина с алевропелитовой структурой. Характерна полосчатая текстура, обусловленная распределением гидроокислов железа. Увел. 20. Без анализатора. Темирское месторождение.
3. Глина железисто-каолинистая с алевропелитовой структурой. Обломки представлены каолининовыми породами. Увел. 45. Без анализатора. Краснооктябрьское месторождение.
4. Каолинистая глина с алевропелитовой структурой. Обломочная примесь представлена каолининовыми породами и гематитом. Характерно пятнистое распределение гидроокислов железа. Увел. 20. Без анализатора. Краснооктябрьское месторождение.

Т а б л и ц а X

1. Каолинистая безбобовая глина с пелитовой структурой, контактирующая с линзой кварцевого песчаника. Увел. 45. Без анализатора. Краснооктябрьское месторождение.
2. То же. Николи скрещены. Характерно ориентированное погасание глинистой массы.
3. Кварцево-каолинистая глина с песчанопелитовой структурой. Обломочный материал состоит из кварцевых зерен. Глинистая масса пятнисто окрашена гидроокислами железа. Увел. 72. Без анализатора. Амангельдинская группа месторождений.
4. Кварцево-каолинистая глина с примесью гидроокислов железа. Характерна песчанопелитовая структура породы. Обломки представлены кварцем и чешуйками гидрослюда. Увел. 72. Без анализатора. Амангельдинская группа месторождений.

Т а б л и ц а XI

1. Каолинистая глина с алевропелитовой структурой. Среди обломков преобладают кварц и каолининовые породы. Кроме этого встречаются вермикулиты каолинита (а). В глинистой массе наблюдается примесь гидрослюда. Увел. 72. Без анализатора. Амангельдинская группа месторождений.
2. То же. Николи скрещены. Характерна перекрестно-погасающая структура глинистой массы.
3. Гидрослюдисто-каолинистая глина с алевропелитовой структурой. Среди обломков преобладает кварц (а). Текстура глинистой массы беспорядочная. Увел. 72. Николи скрещены. Амангельдинская группа месторождений.
4. Гидрослюдисто-каолинистая глина с алевропелитовой структурой. Характерна перекрестно-погасающая текстура глинистой массы. Увел. 72. Николи скрещены. Амангельдинская группа месторождений.

Таблица XII

1. Лигнитовая глина каолинитового состава серого цвета с редкобобово-фитодетритовой структурой. Содержит обугленные остатки древесины размером до 5—6 см. Бобовины рыхлые, серые или бурые. Козыревское месторождение.
- 2а, 2б. Обломки обугленной древесины из лигнитовой каолинитовой глины. Козыревское месторождение.
3. Глиноземисто-каолинистая слабо углистая глина, светло-серая, с редкобобово-фитодетритовой структурой. Обломки обугленной древесины мелкие, до 0,5—1 мм. Бобовины рыхлые серые и бурые. Темирское месторождение.

Таблица XIII

1. Лигнитовая каолинистая глина с фитоалевропелитовой структурой. Среди обломков преобладают каолиновые породы, кварц и растительный детрит. Увел. 45. Без анализатора. Краснооктябрьское месторождение.
2. То же. Николи скрещены. Наблюдается ориентированно-погасающая структура глинистой массы.
3. Лигнитовая каолинистая глина с фитопелитовой структурой. Белые включения (а) размером 0,01—0,1 мм представляют собой вермикулитоподобные кристаллики каолинита, образовавшиеся в результате перекристаллизации тонкодисперсной каолинистой глинистой массы. Вермикулиты каолинита рассеяны довольно равномерно в основной массе, создавая впечатление порфирированной структуры. Увел. 45. Без анализатора. Краснооктябрьское месторождение.
4. То же. Николи скрещены. Видна порфирированная структура глинистой массы. Сама глинистая масса местами погасает ориентированно.

Таблица XIV

1. Лигнитовая глиноземисто-каолинистая глина с фитоалевропелитовой структурой глинистой массы. Обломки представлены каолиновыми глинами и обрывками растительных тканей, которые обычно располагаются параллельно слоистости. Глинистая масса тонкодисперсная глиноземисто-каолинистая. Увел. 45. Без анализатора. Краснооктябрьское месторождение.
2. Лигнитовая каолинистая глина с фитопесчанопелитовой структурой. Обломочный материал состоит из каолиновых пород (а), кварца (б) и растительного детрита (черное). Основная масса тонкодисперсная каолинистая. Увел. 45. Без анализатора. Краснооктябрьское месторождение.
3. Лигнитовая каолинистая глина с фитопесчанопелитовой структурой. Обломки представлены кварцем (а), растительным детритом (черное) и каолиновыми породами (б). Увел. 20. Без анализатора. Краснооктябрьское месторождение.
4. Лигнитовая глиноземисто-каолинистая глина с микробово-обломочной структурой. Обломочный материал состоит из каолиновых пород (а) и мелкого растительного детрита (б). Основная масса тонкодисперсная глиноземисто-каолинистая. Микробовины (в) представляют собой сгустки аморфного глинозема. Увел. 45. Без анализатора. Краснооктябрьское месторождение.

Таблица XV

1. Бокситовая глина с редкобобовой структурой. Краснооктябрьское месторождение.
2. Бокситовая глина с редкобобово-обломочной структурой. Видны обломки каолиновых пород (а), обломки гидрогематитово-гематитового состава (б). Целые бобовины редки, чаще наблюдаются обломки бобовин. Козыревское месторождение.
3. Бокситовая полосчатая глина. Темные полосы — гидроокислы железа. Амангельдинская группа месторождений.
4. То же. Видно, как полосчатость «растворяется».

Таблица XVI

1. Бокситовая глина с песчанопелитовой структурой. Обломки представлены главным образом каолиновыми породами (а). Встречаются зерна гематита и кварца (б). Некоторые обломки каолинистого состава частично замещены тонкодисперсным глиноземом (в). Глинистая масса тонкодисперсная глиноземисто-каолинистая. Увел. 20. Без анализатора. Краснооктябрьское месторождение.

2. Бокситовая глина с песчанопелитовой структурой. Среди обломков преобладают гематитовые и гидрогематит-гематитовые (черные). В подчиненном количестве встречаются каолиновые породы (белые). Глинистая масса глиноземисто-каолинитовая с примесью гидроокислов железа. Увел. 45. Без анализатора. Краснооктябрьское месторождение.
3. Бокситовая глина с песчанопелитовой структурой. Обломки представлены кварцем (а) и каолинитовыми породами (б). Встречаются также обломки гематита (черные). Основная глинистая масса глиноземисто-каолинитовая с примесью гидроокислов железа (в). Увел. 72. Без анализатора. Амангельдинская группа месторождений.
4. Бокситовая глина с алевропелитовой структурой. Среди обломков преобладают вермикулиты и чешуйки каолинита (а), замещенные частично тонкодисперсным глиноземом. Глинистая масса тонкодисперсная каолинитовая. Увел. 160. Амангельдинская группа месторождений.

Т а б л и ц а XVII

1. Бокситовая глина с алевропелитовой структурой. Обломочный материал представлен каолинитовыми породами, гематитом и гидрогематитом (черные обломки). Глинистая масса глиноземисто-каолинитовая тонкодисперсная, неравномерно окрашена гидроокислами железа. Увел. 160. Без анализатора. Амангельдинская группа месторождений.
2. Бокситовая глина с песчанопелитовой структурой. Преобладают обломки каолинитового состава (а) и обломки гематита (черные). В меньшей степени встречаются обломки бокситовых пород с неясной бобовой структурой (б). Обломки каолинитового состава частично замещены тонкодисперсным глиноземом. Встречаются единичные глиноземистые микробобовины (в). Увел. 20. Без анализатора. Краснооктябрьское месторождение.
3. Бокситовая глина с микробобово-обломочной структурой. Обломки каолинитовые (а). Микробобовины — сгустки аморфного глинозема бесструктурные и часто расплывчатые (б). Увел. 160. Без анализатора. Амангельдинская группа месторождений.
4. Бокситовая глина со сгустковой структурой. Светлые участки — глина алевропелитовой структуры, темные участки — та же глина, но с гидроокислами железа. Увел. 20. Без анализатора. Краснооктябрьское месторождение.

Т а б л и ц а XVIII

1. Стягивание гидроокислов железа (черные) в участок бокситовой глины, обогащенный обломочным материалом. Увел. 45. Без анализатора. Амангельдинская группа месторождений.
2. Гематитово-гидрогематитовая аутигенная бобовина в бокситовой глине, представляющая сгущение гидроокислов железа. Увел. 20. Без анализатора. Козыревское месторождение.
3. Гематитовая аутигенная бобовина в бокситовой глине. Увел. 20. Без анализатора. Козыревское месторождение.
4. Обломки глиноземисто-железистых бобовин в бокситовой глине. Увел. 20. Без анализатора. Амангельдинская группа месторождений.

Т а б л и ц а XIX

1. Глинистый боксит с редкособово-обломочной структурой. Нат. вел. Козыревское месторождение.
2. Глинистый боксит с редкособовой структурой. Нат. вел. Козыревское месторождение.
3. Глинистый боксит с редкособово-обломочной структурой. Видны обломки железистых бобовин. Нат. вел. Амангельдинская группа месторождений.

Т а б л и ц а XX

1. Глинистый боксит с песчанопелитовой структурой цемента. Обломки представлены тонкозернистыми и тонкодисперсными глиноземистыми породами. Основная масса цемента глиноземисто-каолинитовая с примесью гидроокислов железа. Увел. 45. Без анализатора. Краснооктябрьское месторождение.
2. Глинистый боксит с песчанопелитовой структурой цемента. Преобладают обломки глиноземистого состава, среди них видны обломки бобовин с концентрическим строе-

нием (а), обломки с неясным бобовым строением (б). Кроме этого, встречаются зерна кварца (в) и каолининовых пород (г). Основная масса цемента глиноземисто-каолининовая с гидроокислами железа. Увел. 20. Без анализатора. Краснооктябрьское месторождение.

3. Глинистый боксит с алевропелитовой структурой основной массы. Преобладают обломки гематитово-гидрогематитового состава (черные), часты зерна кварца и каолининовых пород. Глинистая масса глиноземисто-каолининовая с примесью гидроокислов железа. Увел. 45. Без анализатора. Краснооктябрьское месторождение.
4. Глинистый боксит с песчанопелитовой структурой основной массы. Состав обломков: каолининовые породы (а), кварц (б), бокситовые породы (в). Глинистая масса глиноземисто-каолининовая с гидроокислами железа. Увел. 45. Без анализатора. Краснооктябрьское месторождение.

Т а б л и ц а XXI

1. Глинистый боксит с микробово-обломочной структурой основной массы. Обломки каолининового состава (а) замещены почти нацело тонкозернистым глиноземом. На некоторых обломках каолининового и гидрогематитового состава нарастают оболочки из тонкодисперсного глинозема, образуя микробовины (б). Увел. 45. Без анализатора. Краснооктябрьское месторождение.
2. Глинистый боксит с микробово-обломочной структурой основной массы. Обломки представлены каолининовыми породами (светлые) и гематитом (черные). Обломки каолининового состава частично замещены тонкодисперсным глиноземом. Встречаются единичные микробовины (а). Глинистая масса сложена глиноземисто-каолининовым веществом, неравномерно окрашенным гидроокислами железа (темные пятна). Увел. 45. Без анализатора. Козыревское месторождение.
3. Глинистый боксит с микробово-обломочной структурой основной массы. Видно, как вокруг обломков гидрогематитового состава (черные) образуется светлая оболочка глиноземистого состава (а). Увел. 72. Без анализатора. Амангельдинская группа месторождений.
4. Глинистый боксит с микробово-обломочной структурой основной массы. Характерен сильно железистый глиноземисто-каолининовый цемент, обломки каолининовых пород, зерна кварца и гематита. Вокруг некоторых обломков образуются светлые глиноземистые оболочки (а). Увел. 45. Без анализатора. Краснооктябрьское месторождение.

Т а б л и ц а XXII

1. Обломок вермикулита каолинита (а) в основной массе глинистого боксита, замещенный мелкокристаллическим гиббситом. Увел. 300. Без анализатора. Козыревское месторождение.
2. То же. Николи скрещены. Хорошо виден гиббсит (белое).
3. Крупнокристаллический каолинит в глинистом боксите, не замещенный гиббситом (белое). Увел. 30. Николи скрещены. Козыревское месторождение.
4. Крупнокристаллический каолинит (а), частично замещенный гиббситом (б) в глинистом боксите. Увел. 300. Николи скрещены. Козыревское месторождение.

Т а б л и ц а XXIII

1. Осветленные аутигенные (а) и терригенные (б) бобовины в маложелезистом глинистом боксите. Увел. 20. Без анализатора. Амангельдинская группа месторождений.
2. То же. Внутреннее строение аутигенной бобовины. Видно, что вокруг обломка терригенной бобовины с трещинками усыхания (а) и обломков каолининового состава (светлые) в основной массе образовался сгусток глинозема. Увел. 72. Без анализатора.
3. Аутигенные (а) и терригенные (б) бобовины в глинистом боксите. Увел. 20. Без анализатора. Амангельдинская группа месторождений.
4. Аутигенные бобовины (а) в глинистом боксите — сгущение гидроокислов железа в цементе. Увел. 20. Без анализатора. Амангельдинская группа месторождений.

Т а б л и ц а XXIV

1. Сухаристый боксит с редкобово-обломочной структурой. Козыревское месторождение.

- 2а, 2б. Сухаристый боксит с редкобобовой структурой. Краснооктябрьское месторождение.
3. Сухаристый боксит, безбобовый. Краснооктябрьское месторождение.
4. Сухаристый боксит с редкобобовой структурой. Бобовины и их обломки образуют скопление. Амангельдинская группа месторождений.

Т а б л и ц а XXV

1. Сухаристый боксит с редкобобовой структурой и с обломочной структурой основной массы. Железистые бобовины присутствуют в виде обломков (а). В основной массе обломки представлены каолининовыми (б) и глиноземистыми породами (в), а также обломками гематита (черные, мелкие). Значительная часть каолининовых обломков замещена частично глиноземом. Основная масса цемента тонкодисперсная каолининово-глиноземистая, с небольшим количеством гидроокислов железа. Увел. 20. Без анализатора. Краснооктябрьское месторождение.
2. Сухаристый боксит с обломочной структурой основной массы. Среди обломков преобладают гематитовые (а). Наблюдаются железистые бобовины (б) и их обломки (в). Увел. 20. Без анализатора. Краснооктябрьское месторождение.
3. Безбобовый сухаристый боксит с алевропелитовой структурой основной массы. Намечается некоторая сортировка по крупности зерен. Большинство обломков представлено каолининовыми породами, частично замещенными глиноземом. Увел. 20. Без анализатора. Краснооктябрьское месторождение.
4. Сухаристый боксит с обломочной структурой основной массы и с тонкослоистой текстурой, обусловленной распределением гидроокислов железа. Обломки представлены каолининовыми породами, частично или нацело замещенными глиноземом и гематитом. Увел. 72. Без анализатора. Амангельдинская группа месторождений.

Т а б л и ц а XXVI

1. Сухаристый боксит с обломочной структурой цемента. Преобладают обломки каолининового состава, замещенные частично или нацело глиноземом; (а) — обломок выветрелого порфирита. Основная масса цемента тонкодисперсная каолининово-глиноземистая с примесью гидроокислов железа. Увел. 20. Без анализатора. Краснооктябрьское месторождение.
2. Сухаристый боксит с обломочной структурой цемента. Каолининовые обломки частично замещены глиноземом (а). Кроме этого, присутствуют обломки бокситовых пород (б), кварца (в), гематита (черные), выветрелого порфирита (г). В основной массе много гидроокислов железа. Увел. 45. Без анализатора. Краснооктябрьское месторождение.
3. Сухаристый боксит с обломочной структурой цемента. Обломки состоят из каолинита, почти нацело замещенного тонкозернистым глиноземом. Черное — обломки гематита. Основная масса тонкозернистая каолининово-глиноземистая. Увел. 45. Без анализатора. Краснооктябрьское месторождение.
4. Сухаристый боксит с обломочной структурой цемента. Среди обломков встречаются каолининовые породы (а), кварц (б) и гематит. Вокруг некоторых обломков образовались микробобовины (в). В основной массе много гидроокислов железа. Увел. 45. Без анализатора. Амангельдинская группа месторождений.

Т а б л и ц а XXVII

1. Сухаристый боксит с микробобово-обломочной структурой цемента. Преобладают обломки каолининового и глиноземистого состава. Реже встречаются обломки кварца и гематита. Микробобовины присутствуют в незначительном количестве. В основной массе цемента много гидроокислов железа. Увел. 72. Без анализатора. Амангельдинская группа месторождений.
2. Сухаристый боксит с микробобово-обломочной структурой цемента. Обломки представлены каолининовыми породами (а), глиноземистыми породами (б) и гематитом. Микробобовины образуются вокруг обломков в небольшом количестве. Увел. 45. Без анализатора. Краснооктябрьское месторождение.
3. Сухаристый боксит с микробобово-обломочной структурой цемента. Микробобовины (а) представляют собой округлые бесструктурные сгустки тонкодисперсного глинозема. Увел. 45. Без анализатора. Козыревское месторождение.
4. Сухаристый боксит с микробобово-обломочной структурой цемента. Большинство обломков представляют собой каолининовые породы, замещенные частично или нацело тонкодисперсным глиноземом. Микробобовины образуются вокруг обломков (а). Увел. 45. Без анализатора. Краснооктябрьское месторождение.

Т а б л и ц а XXVIII

1. Сухаристый боксит с обломочно-микробобовой структурой цемента. Большая часть обломков превращена в микробобовины — внутри каждой наблюдаются обломки гематита (*a*) или обломки глиноземисто-каолинитового состава (*б*). В цементирующей основной массе преобладают гидроокислы железа. Увел. 45. Без анализатора. Краснооктябрьское месторождение.
2. Сухаристый боксит с обломочно-микробобовой структурой цемента. Большинство обломков превратилось в микробобовины. Увел. 45. Без анализатора. Краснооктябрьское месторождение.
3. Сухаристый боксит с обломочно-микробобовой структурой цемента. Микробобовины представляют собой или сгустки глинозема, или образуются вокруг обломков. Увел. 20. Без анализатора. Краснооктябрьское месторождение.
4. Сгустки ферриалюмогеля в цементе сухаристого боксита. Увел. 160. Без анализатора. Амангельдинская группа месторождений.

Т а б л и ц а XXIX

1. Граница глинистого боксита (*I*) и желвака каменистого бобового боксита (*II*). Видно, что граница эта очень неровная, извилистая. Глинистый боксит характеризуется обломочной структурой цемента. Обломки его представлены каолинитовыми породами, частично замещенными тонкодисперсным глиноземом (*a*). Каменистый боксит имеет бобово-обломочную структуру, т. е. состоит из железистых бобовин и их обломков (*б*), которые цементируются ферриалюмогелем (*в*). Увел. 20. Без анализатора. Краснооктябрьское месторождение.
2. Каменистый боксит (желвак в глинистом боксите) с обломочно-бобовой структурой. Видно скопление бобовин (*a*) и их обломков (*б*), сцементированных массой тоже с обломочной структурой, частично замещенной ферриалюмогелем (*в*), частично раскристаллизованным в мелкокристаллический гиббсит. Увел. 20. Без анализатора. Краснооктябрьское месторождение.
3. Глинистый боксит с редкобобовой структурой и с микробобово-обломочной структурой цемента. Среди обломков преобладают обломки глиноземисто-каолинитового состава. Увел. 45. Без анализатора. Краснооктябрьское месторождение.
4. Каменистый бокситовый желвак, заключенный в глинистом боксите (см. 3). Характеризуется большим количеством железистых бобовин (*a*) и их обломков (*б*), которые цементируются массой с микробобово-обломочной структурой, аналогичной цементу вмещающего желвака глинистого боксита. Увел. 20. Без анализатора. Краснооктябрьское месторождение.

Т а б л и ц а XXX

1. Каменистый боксит бордово-красный с раковистым изломом. Структура обломочно-бобовая, т. е. помимо округлых бобовин встречаются и их обломки. Краснооктябрьское месторождение.
2. Каменистый боксит с обломочно-бобовой структурой. Цемент боксита ингенсивно замещен алюмогелем белого цвета (*a*). Нат. вел. Краснооктябрьское месторождение.
3. Каменистый боксит с обломочно-бобовой структурой. Отчетливо видно, что наряду с округлыми бобовинами в большом количестве присутствуют обломки бобовин. Белые прожилки — пятна — результат выноса окислов железа из цементирующей массы боксита и некоторых бобовин. Нат. вел. Краснооктябрьское месторождение.

Т а б л и ц а XXXI

1. Каменистый боксит с конгломератовой структурой. Гальки состоят из гематита или каменистого сильно железистого бобового боксита. Основная масса представляет собой каменистый боксит с обломочно-бобовой структурой. Козыревское месторождение.
- 2а, 2б, 2г. Мелкие желваки каменистого боксита из глинистых и сухаристых бокситов. Нат. вел. Краснооктябрьское месторождение.

Т а б л и ц а XXXII

1. Каменистый боксит с крупнобобовой структурой. Видно, что некоторые бобовины образовались при нарастании оболочек на железистые обломки. Нат. вел. Амангельдинская группа месторождений.

2. Каменистый боксит с брекчиевой структурой. Обломки состоят из тонкодисперсного глинозема, окрашенного гидроокислами железа. Уменьшено в 1,5 раза. Амангельдинская группа месторождений.
3. Каменистый боксит, буро-красного цвета с трубчатой (червяковой) текстурой. Нат. вел. Амангельдинская группа месторождений.

Т а б л и ц а XXXIII

1. Каменистый боксит. Характерна обломочно-бобовая структура породы в целом и микробово-обломочная структура цемента. Значительная роль в цементе принадлежит алюмогелю (светло-серые участки). Видны более поздние оболочки железисто-глиноземистого состава на обломках бобовин (а). Увел. 20. Без анализатора. Краснооктябрьское месторождение.
2. Каменистый боксит. Структура его обломочно-бобовая, а структура цемента обломочная. Среди обломков в цементе преобладает гематит. Алюмогель, замещающий цемент, раскристаллизован в мелкокристаллический и крупнокристаллический гибсит (а). Увел. 10. Без анализатора. Краснооктябрьское месторождение.
3. Каменистый боксит. Структура боксита обломочно-бобовая. Вокруг бобовин и их обломков наблюдается образование более поздних глиноземистых оболочек, происходит как бы «дорастание», превращение обломков в бобовины в породе. Увел. 10. Без анализатора. Краснооктябрьское месторождение.
4. Каменистый боксит. Структура обломочная. Наблюдаются только обломки бобовин. Белые угловатые зерна внутри обломков — кварц. Увел. 10. Софиевское месторождение (район Целинограда).

Т а б л и ц а XXXIV

1. Каменистый боксит. Структура боксита обломочно-бобовая. Для бобовин (а) и их обломков (б) характерны трещинки усыхания. Увел. 10. Без анализатора. Краснооктябрьское месторождение.
2. То же. Видны бобовины (а) и их обломки (б). Увел. 10. Без анализатора.
3. Каменистый боксит с обломочно-бобовой структурой. Наряду с округлыми бобовинами видны их остроугольные обломки. Увел. 20. Без анализатора. Краснооктябрьское месторождение.
4. Каменистый боксит. Структура обломочно-бобовая, наблюдаются как округлые терригенные бобовины, так и их обломки. Цемент имеет обломочную структуру. Среди обломков присутствуют обрывки растительной ткани с клеточным строением. Основная масса и частично бобовины и их обломки замещаются алюмогелем. Увел. 10. Без анализатора. Краснооктябрьское месторождение.

Т а б л и ц а XXXV

1. Цемент каменистого боксита с обломочной структурой. Обломки имеют каолинитовый, глиноземисто-каолинитовый и глиноземистый состав. Кроме этого присутствуют обломки гематита и ильменита. Цементируются обломки тонко- и мелкозернистым гибситом. Увел. 15. Без анализатора. Краснооктябрьское месторождение.
2. То же. Никולי скрещены.
3. Цемент каменистого боксита с обломочной структурой. Среди обломков преобладают каолинитово-глиноземистые породы. Увел. 20. Без анализатора. Краснооктябрьское месторождение.
4. Основная масса каменистого боксита с обломочной структурой. Среди обломков наблюдаются бокситовые породы (а) с неясной микробобовой структурой и зерна кварца (б). Увел. 20. Без анализатора. Краснооктябрьское месторождение.

Т а б л и ц а XXXVI

1. Цемент каменистого боксита с обломочной структурой. Почти все обломки нацело замещены тонкодисперсным глиноземом, кое-где сохраняются реликты незамещенного кварца (а). В цементе много гидроокислов железа. Увел. 160. Без анализатора. Амангельдинская группа месторождений.
2. Цемент каменистого боксита с обломочной структурой. Обломки состоят главным образом из тонкодисперсного и тонкозернистого глинозема, который заместил тонкодисперсный каолинит. В цементе много гидроокислов железа. Увел. 45.
3. Цемент «червякового» каменистого боксита с обломочной структурой. Состав обломков: кварц (а), каолинитовые породы, замещенные тонкозернистым глиноземом (б),

- железисто-глиноземистые породы (в). В цементирующей основной массе много гидроокислов железа. Увел. 45. Без анализатора. Амангельдинская группа месторождений.
4. Цемент каменистого боксита с обломочной структурой. Среди обломков преобладает гематит. Большинство обломков окатано. Увел. 45. Без анализатора. Краснооктябрьское месторождение.

Т а б л и ц а XXXVII

1. Цемент каменистого боксита с обломочной структурой. Все обломки представлены кварцем, который частично или нацело замещен гиббситом. Увел. 172. Без анализатора. Амангельдинская группа месторождений.
2. То же, светлое — гиббсит. Николи скрещены.
3. Цемент каменистого боксита с микробово-обломочной структурой. Все обломки представлены кварцем, который замещается нацело или частично гиббситом. Видно, как такой обломок кварца, полузамещенный гиббситом, становится центром микробовины (а). Увел. 150. Без анализатора. Амангельдинская группа месторождений.
4. То же. Николи скрещены.

Т а б л и ц а XXXVIII

1. Цемент каменистого боксита с микробово-обломочной структурой. Обломки представлены главным образом кварцем (а) и гематитом (б). Кварц в той или иной степени замещен гиббситом. Значительная часть обломков становится центром микробовин (в). Наблюдаются поры (светлые), выполненные гиббситом. Увел. 72. Амангельдинская группа месторождений.
2. Цемент каменистого боксита с микробово-обломочной структурой. Среди обломков наблюдаются — гематит, ильменит (черные), тонкозернистые глиноземистые породы (серые). Вокруг некоторых обломков образуются оболочки железисто-глиноземистого состава. Основная масса глиноземистая. Увел. 45. Без анализатора. Краснооктябрьское месторождение.
3. Цемент каменистого боксита с микробово-обломочной структурой. Видны частично замещенные гиббситом обломки кварца (а). Часть обломков обрастает оболочками. В породе большое количество пор, выполненных кристаллическим гиббситом. Увел. 45. Без анализатора. Амангельдинская группа месторождений.

Т а б л и ц а XXXIX

1. Цемент каменистого боксита с микробово-обломочной структурой. Среди обломков наблюдаются — гематит (а), кварц (б), каолиново-глиноземистые породы (в). В центре немногочисленных микробовин (г) наблюдаются обломки. Увел. 20. Без анализатора. Краснооктябрьское месторождение.
2. Цемент каменистого боксита с обломочно-микробовой структурой. Микробовины слагают большую часть цемента. Внутри них наблюдается кварц (а), гематит (б). Цементируются микробовины кристаллическим гиббситом и гидроокислами железа. Наблюдается большое количество пор, выполненных гиббситом. Увел. 20. Без анализатора. Амангельдинская группа месторождений.
3. Цемент каменистого боксита с обломочно-микробовой структурой. Внутри большинства микробовин заключены обломки каолинового и глиноземистого состава и гематита. Увел. 45. Без анализатора. Месторождения района Целинограда.
4. Цемент каменистого боксита с обломочно-микробовой структурой. Микробовины цементируются кристаллическим гиббситом. Наблюдаются многочисленные породы с гиббситом. Увел. 160. Без анализатора. Амангельдинская группа месторождений.
5. Каменистый боксит с обломочно-микробовой структурой цемента. Вокруг обломка терригенной бобовины (а) образуется глиноземистая оболочка — возникает аутигенная бобовина. В цементе наблюдается большое количество пор, выполненных кристаллическим гиббситом (б). Увел. 45. Без анализатора. Амангельдинская группа месторождений.

Т а б л и ц а XL

1. Прожилок алюмогеля, секущий цемент каменистого боксита. Увел. 45. Без анализатора. Краснооктябрьское месторождение.

2. Прожилок ферриалюмогеля колломорфной структуры в цементе каменистого боксита. Увел. 45. Без анализатора. Краснооктябрьское месторождение.
3. Каменистый боксит обломочно-бобовой структуры с цементом колломорфной структуры. Алюмогель (а) заместил обломочный цемент, который сохранился лишь в отдельных участках (б). Увел. 10. Без анализатора. Краснооктябрьское месторождение.
4. Каменистый боксит с обломочно-бобовой структурой. Цемент боксита с обломочной структурой, реликты которого кое-где сохранились (а), заместился железистым алюмогелем (б). Увел. 10. Без анализатора. Краснооктябрьское месторождение.

Т а б л и ц а XLI

1. Замещение цемента каменистого боксита алюмогелем (а), который участками кристаллизуется в массу тонкозернистого гиббсита (б) или крупнокристаллического гиббсита (б). Увел. 10. Без анализатора. Краснооктябрьское месторождение.
2. Замещение железистой бобовины (а) в каменистом боксите алюмогелем (б). Хорошо видно, как алюмогель разъедает бобовину по краю. Увел. 20. Без анализатора. Краснооктябрьское месторождение.
3. Каменистый боксит из желвака в глинистом боксите. Видно, что железистый алюмогель с колломорфной структурой (а) замещает нацело цемент боксита и корродирует бобовины. Увел. 20. Без анализатора. Краснооктябрьское месторождение.
4. Железистый алюмогель (а) замещает цемент каменистого боксита. Остаются отдельные незамещенные «островки» цемента (б). Увел. 20. Без анализатора. Краснооктябрьское месторождение.

Т а б л и ц а XLII

1. Железисто-глиноземистая терригенная бобовина каменистого боксита с концентрическим строением. Внутри бобовины много обломков кварца (белые). Увел. 20. Без анализатора. Краснооктябрьское месторождение.
2. Железистая терригенная бобовина из каменистого боксита. Увел. 20. Без анализатора. Месторождение района Целинограда.
3. Глиноземисто-железистая терригенная бобовина каменистого боксита с трещинами усыхания и неясными конценрами. Увел. 20. Без анализатора. Краснооктябрьское месторождение.
4. Сложная бобовина в каменистом боксите. Видно, что гидроокислы алюминия и железа стаянулись в участок, где было скопление бобовин (а), их обломков (б) и обломков иного состава. Увел. 20. Без анализатора. Краснооктябрьское месторождение.

Т а б л и ц а XLIII

1. Железистая бобовина в каменистом боксите. Содержит большое количество угловатых обломков кварца (а). Увел. 72. Без анализатора. Амангельдинская группа месторождений.
2. Внутренняя часть железистой бобовины. Наблюдаются обломки кварца, частично или нацело замещенные гиббситом. Увел. 72. Без анализатора. Амангельдинская группа месторождений.
3. Округлая бобовина из каменистого боксита. Внутренняя часть бобовины имеет микробово-обломочное строение. Увел. 20. Без анализатора. Краснооктябрьское месторождение.
4. Обломок железистого боксита в каменистом боксите. Структура обломка микробово-обломочная. Увел. 20. Без анализатора. Краснооктябрьское месторождение.

Т а б л и ц а XLIV

1. Образование аутигенной бобовины в каменистом боксите при нарастании оболочки (а) глиноземисто-железистого состава вокруг обломка железистой терригенной бобовины (б). Увел. 20. Без анализатора. Краснооктябрьское месторождение.
2. Нарастание оболочки глиноземистого состава (а) на обломке терригенной бобовины (б). Увел. 20. Без анализатора. Амангельдинская группа месторождений.
3. Аутигенная бобовина в каменистом боксите. Внутри бобовины виден обломок древесины. Увел. 45. Без анализатора. Краснооктябрьское месторождение.
4. Образование аутигенной бобовины в каменистом боксите при обрастании обломка кварца (а) оболочкой из гидроокислов железа (б). Увел. 20. Без анализатора. Амангельдинская группа месторождений.

Т а б л и ц а XLV

1. Замещение обломков кварца (а) гиббситом и гидроокислами железа (б) в каменистом боксите. Вокруг зерен видны глиноземистые оболочки. Увел. 120. Без анализатора. Амангельдинская группа месторождений.
2. То же. Хорошо видны каемки гиббсита (в) вокруг зерен кварца. Николи скрещены.
3. Замещение зерна кварца (а) сначала гиббситом (б), затем гидроокислами железа (в) в каменистом боксите. Увел. 150. Без анализатора. Амангельдинская группа месторождений.

Т а б л и ц а XLVI

1. Цемент каменистого боксита. Видно замещение вермикулита каолинита (а) и обломка кварца (б) кристаллическим гиббситом (в). Увел. 390. Без анализатора. Козыревское месторождение.
2. То же. Николи скрещены.
3. Обломок порфирита (а) в цементе каменистого боксита. Лейсты плагиоклаза в порфирите замещены гиббситом. Увел. 45. Без анализатора. Краснооктябрьское месторождение.
4. Замещение обломка порфирита (а) в каменистом боксите. Белое — лейсты плагиоклаза, замещенные гиббситом, черное — гидроокислы железа. Увел. 45. Без анализатора. Краснооктябрьское месторождение.

Т а б л и ц а XLVII

1. Замещение гиббситом (а) обломка древесины в цементе каменистого боксита. Увел. 160. Без анализатора. Софиевское месторождение. Район Целинограда.
2. То же. Светлое — гиббсит. Николи скрещены.
3. Обломок растительной ткани в основной массе каменистого боксита, инкрустированный гиббситом. Увел. 150. Без анализатора. Амангельдинская группа месторождений.
4. То же. Николи скрещены.

Т а б л и ц а XLVIII

1. Крупнокристаллический гиббсит поздней генерации (а) в цементе каменистого боксита. Образуется при раскристаллизации прожилок алюмогеля. Увел. 45. Без анализатора. Краснооктябрьское месторождение.
2. То же. Николи скрещены.
3. Крупнокристаллический гиббсит поздних генераций в цементе каменистого боксита. Увел. 160. Без анализатора. Козыревское месторождение.
4. То же. Николи скрещены.
5. Крупнокристаллический гиббсит, выполняющий пору в цементе каменистого боксита. Увел. 165. Без анализатора. Месторождение района Целинограда.
6. То же. Николи скрещены.

Т а б л и ц а XLIX

1. Каменистый боксит бордово-красного цвета с полосой обеления вдоль трещинки. Происходит вынос окислов и гидроокислов железа из цемента и бобовин боксита. Белое — микрокристаллический гиббсит. Нат. вел. Краснооктябрьское месторождение.
2. Обеленный каменистый боксит с обломочно-бобовой структурой. Нат. вел. Амангельдинская группа месторождений.
3. Каменистый боксит, измененный вторичными процессами (образование шамозита и сидерита). Вторичные минералы замещают цемент и бобовины. Боксит становится хрупким, сухаристым на ощупь, более светлым. Резко сокращается количество бобовин, часть которых нацело замещается шамозитом и сидеритом. Нат. вел. Краснооктябрьское месторождение.

Т а б л и ц а L

1. Каменистый боксит с обесцвеченным цементом (а) и частично обесцвеченными бобовинами и их обломками (б). В бобовинах и их обломках видно концентрическое строение. Увел. 10. Без анализатора. Краснооктябрьское месторождение.

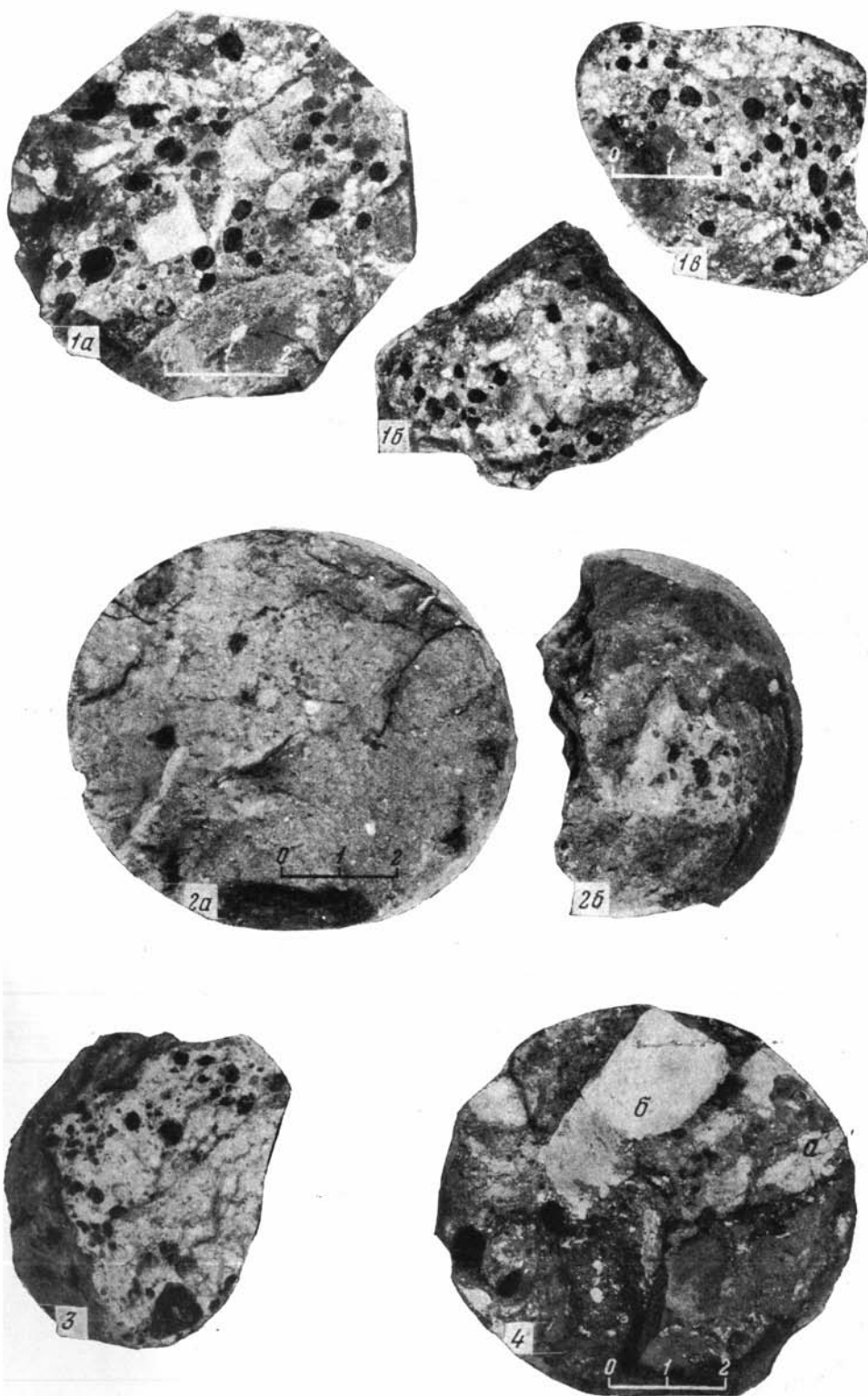
2. Каменный боксит с обесцвеченным цементом. Бобовины обесцвечены частично. В более обесцвеченных видно концентрическое строение. Увел. 10. Без анализатора. Краснооктябрьское месторождение.
3. Каменный обесцвеченный боксит. Наблюдается концентрическое строение бобовин (а); концентрические оболочки неодинаковой ширины. В основной массе цемента виден пирит (черное). Обесцвечивание сопровождается вторичное изменение пород (образование сидерита и пирита). Увел. 10. Без анализатора. Краснооктябрьское месторождение.
4. Каменный обесцвеченный боксит с обломочной структурой. Увел. 46. Без анализатора. Амангельдинская группа месторождений.

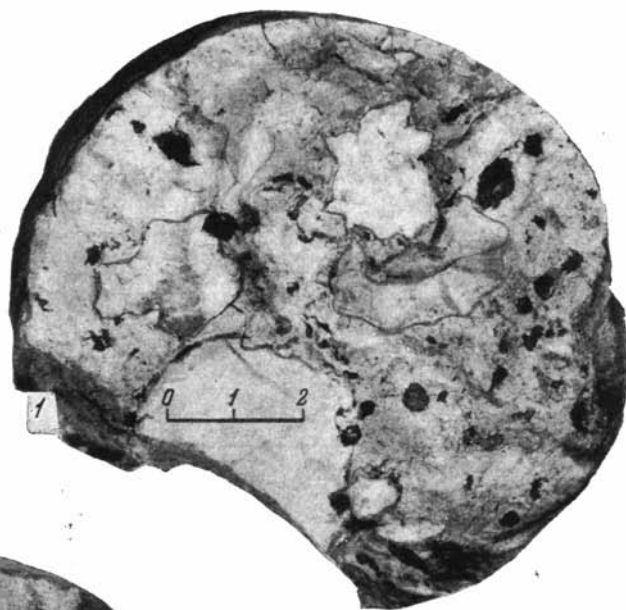
Т а б л и ц а L I

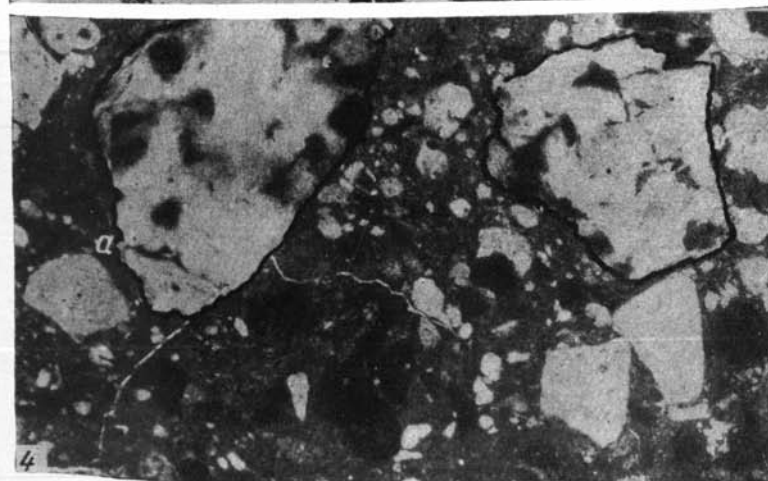
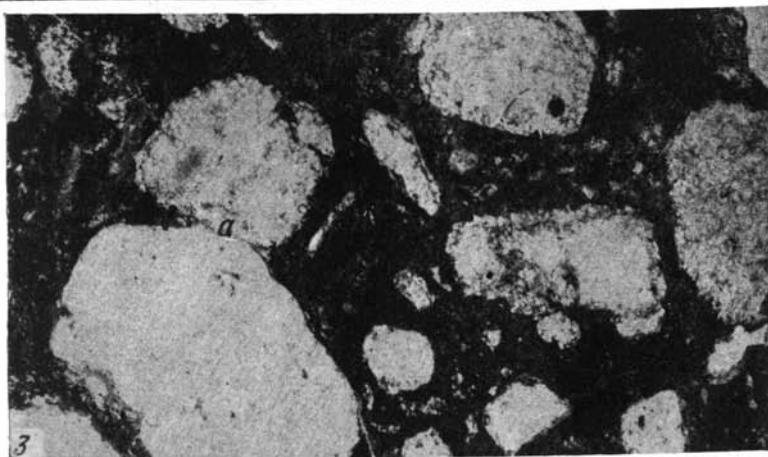
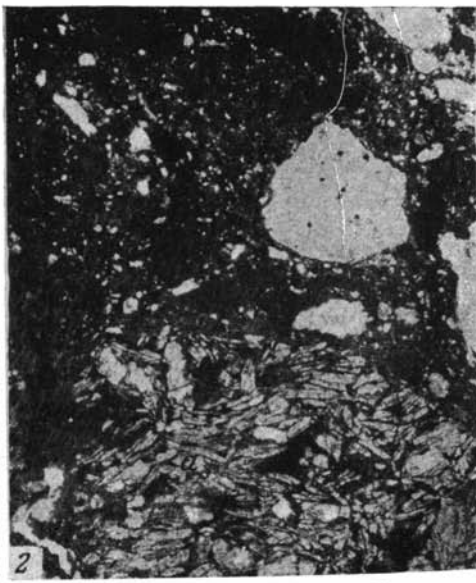
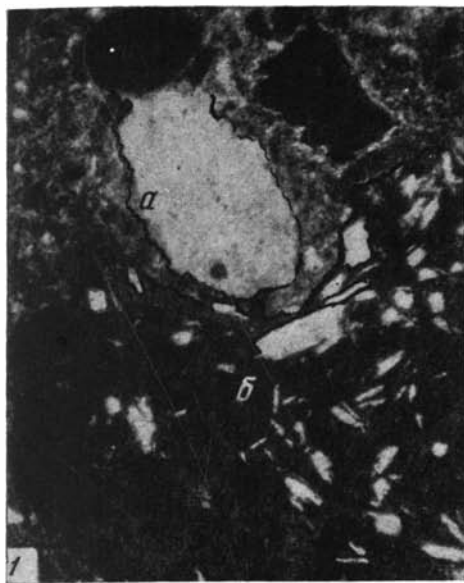
1. Замещение цемента каменного боксита шамозитом (а). Шамозит замещает основную массу и в меньшей степени обломки и микробовины. Увел. 10. Без анализатора. Краснооктябрьское месторождение.
2. Замещение основной массы каменного боксита шамозитом (а). Незамещенными остаются обломки и микробовины (б). Увел. 45. Без анализатора. Краснооктябрьское месторождение.
3. Замещение алюмогеля в каменном боксите (а) шамозитом (б). Увел. 60. Без анализатора. Краснооктябрьское месторождение.
4. Замещение цемента (а) каменного боксита сидеритом (б). Увел. 60. Без анализатора. Краснооктябрьское месторождение.

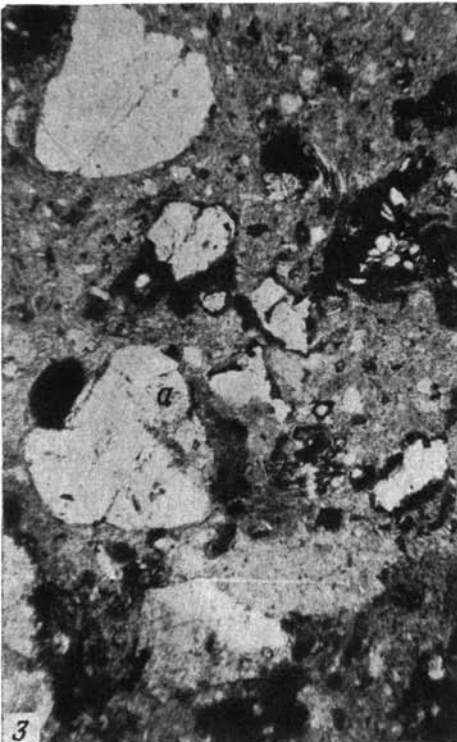
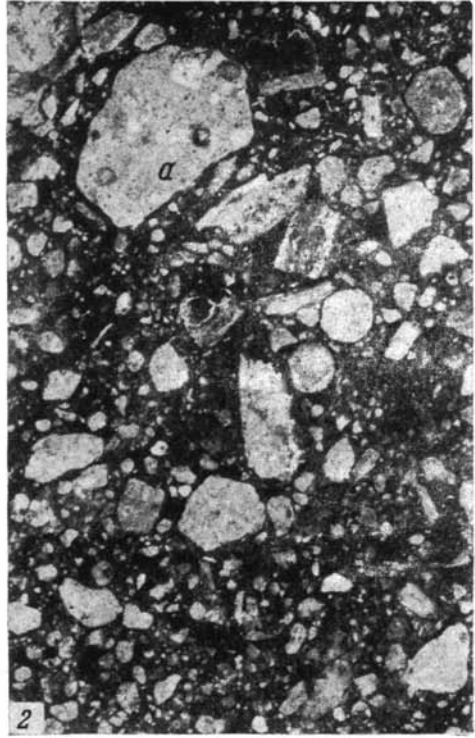
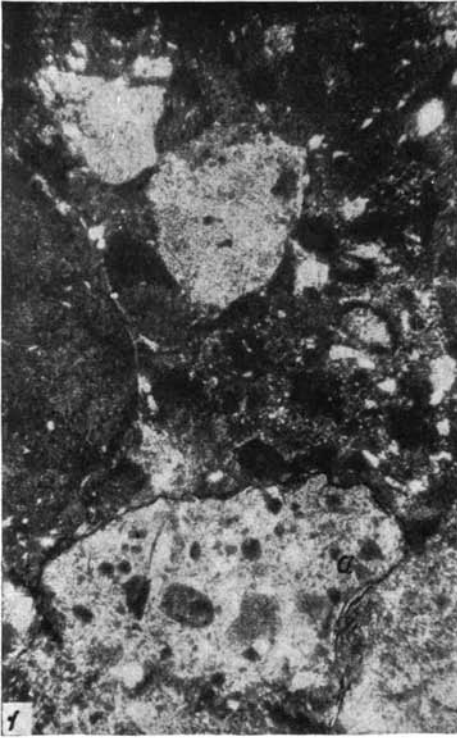
Т а б л и ц а L I I

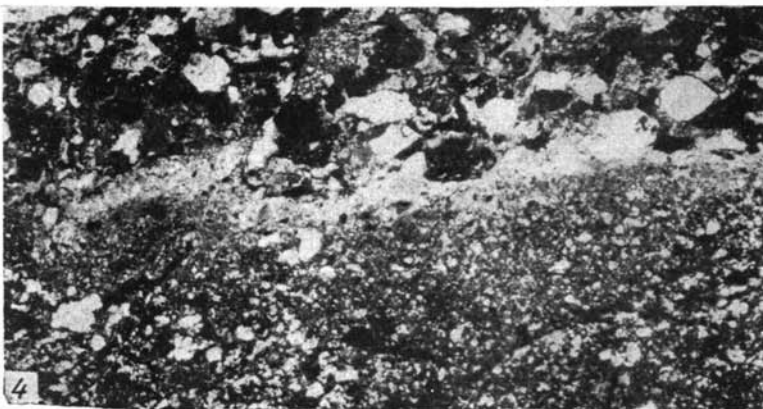
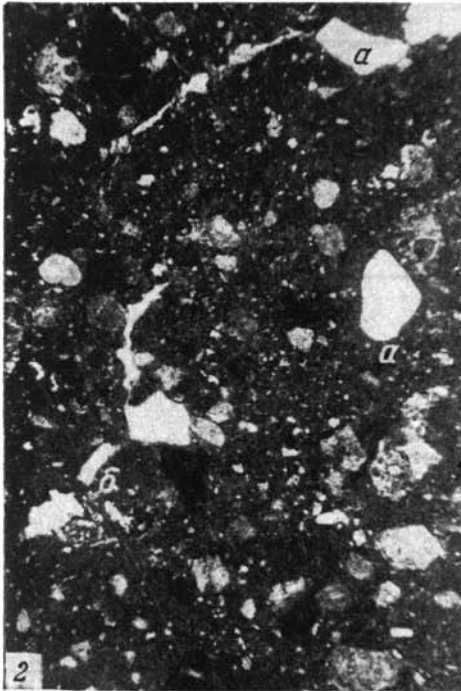
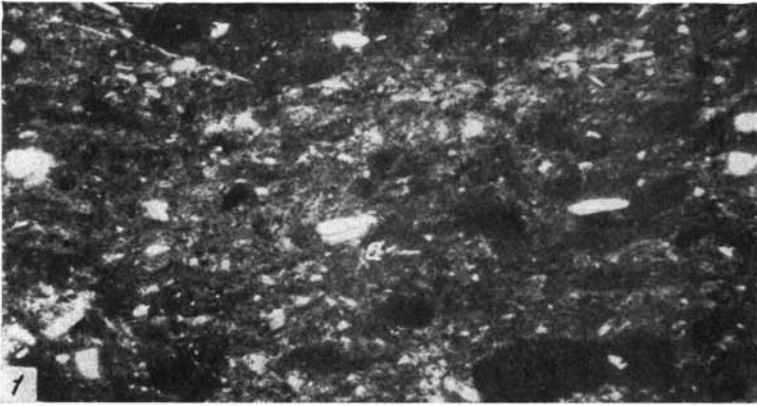
1. Крупнокристаллический сидерит в цементе каменного боксита. Увел. 22. Без анализатора. Краснооктябрьское месторождение.
2. Сферолиты сидерита в цементе боксита. Увел. 120. Без анализатора. Краснооктябрьское месторождение.
3. Замещение цемента каменного боксита пиритом (черное). Увел. 58. Без анализатора. Краснооктябрьское месторождение.

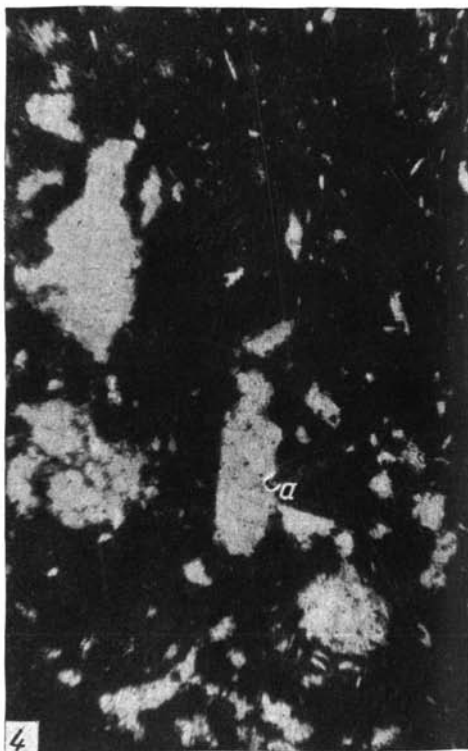
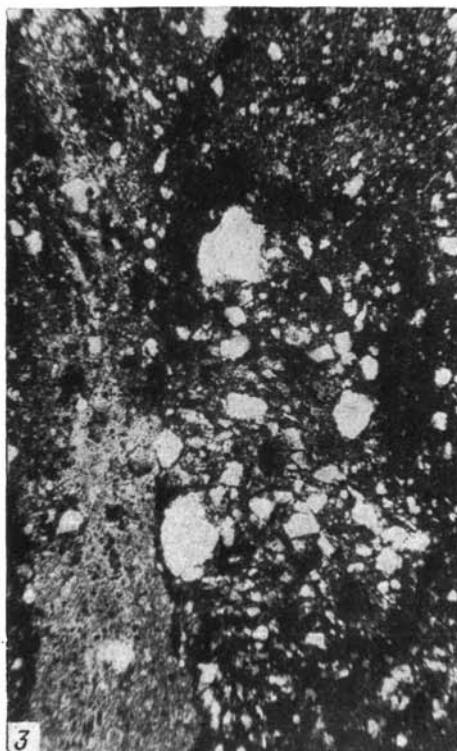
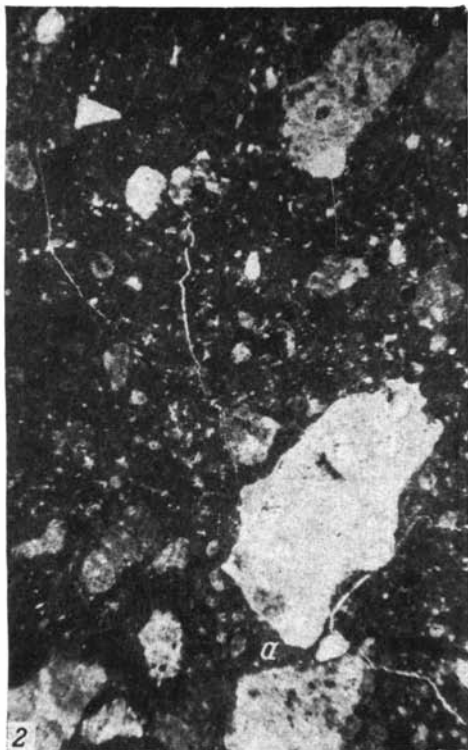
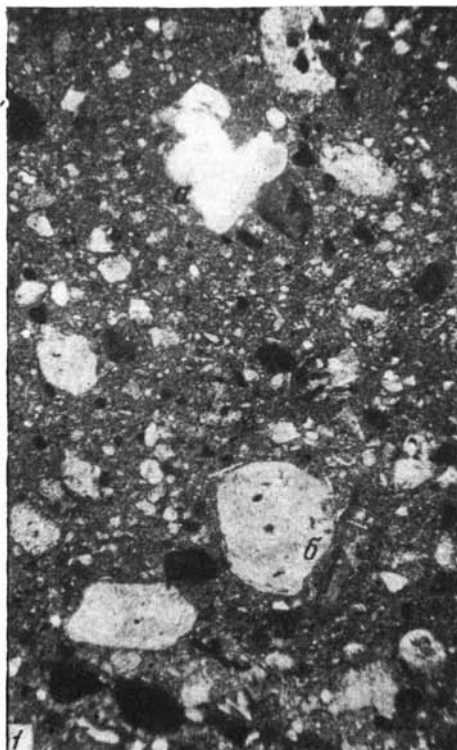


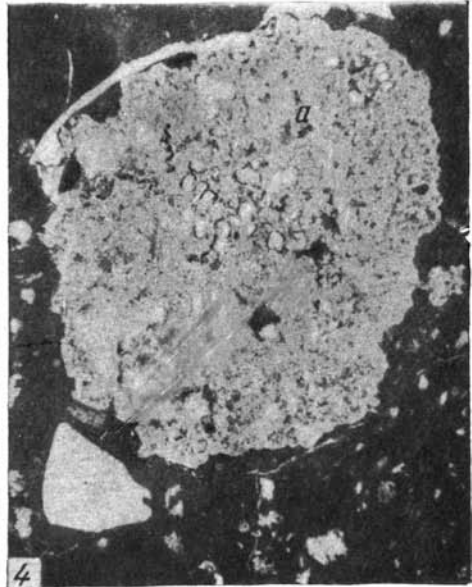
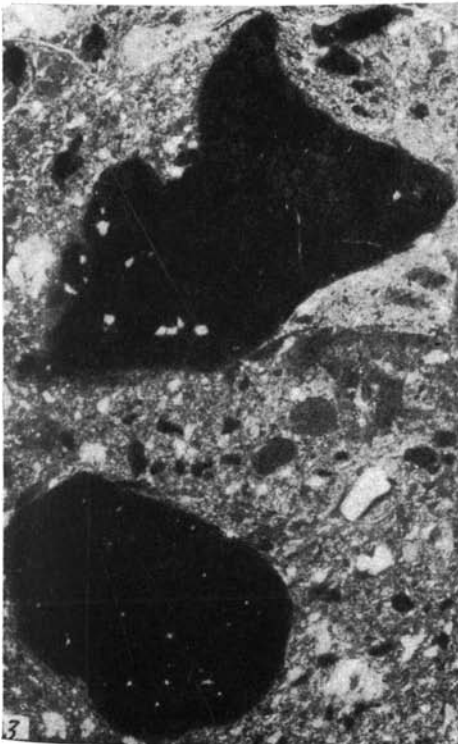
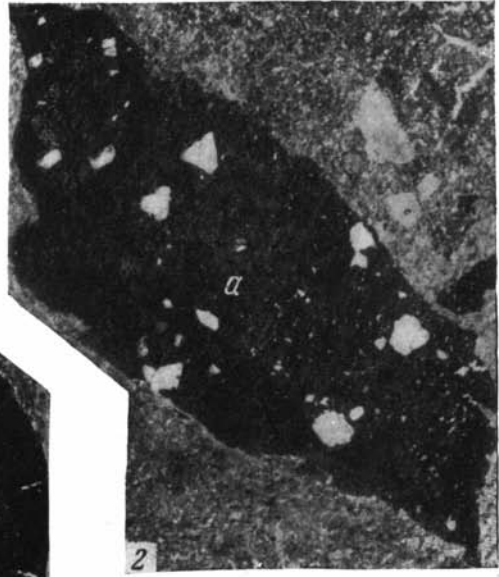
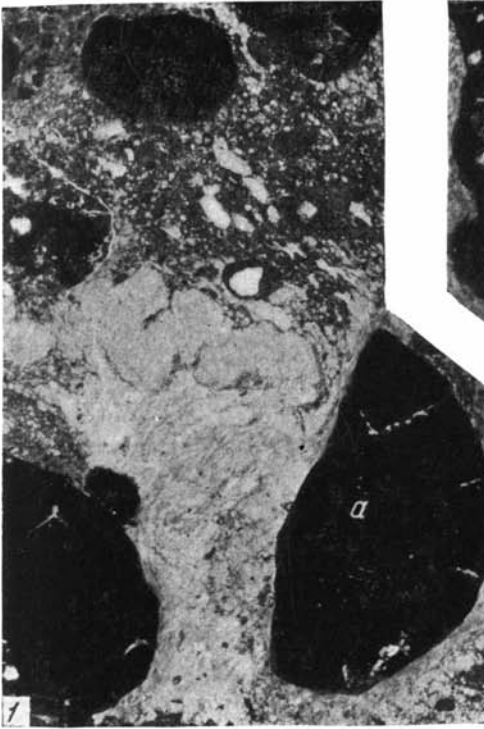


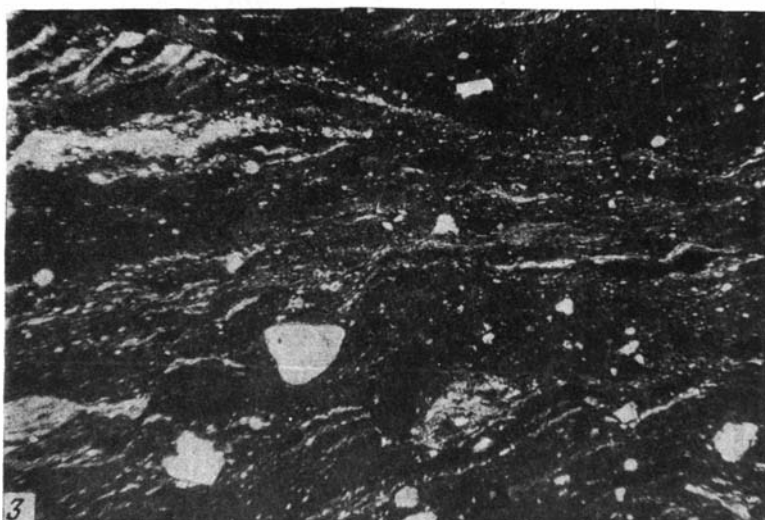
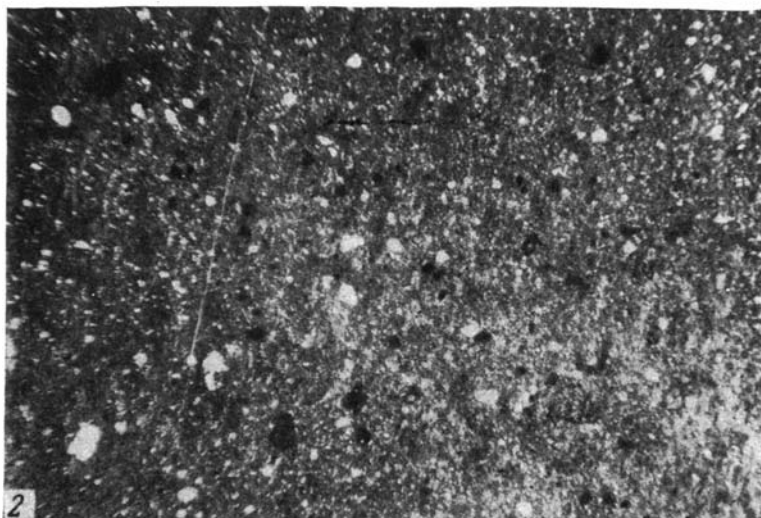


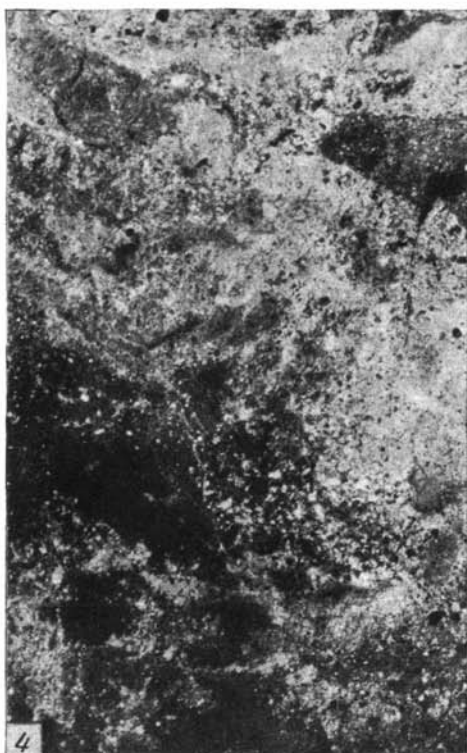
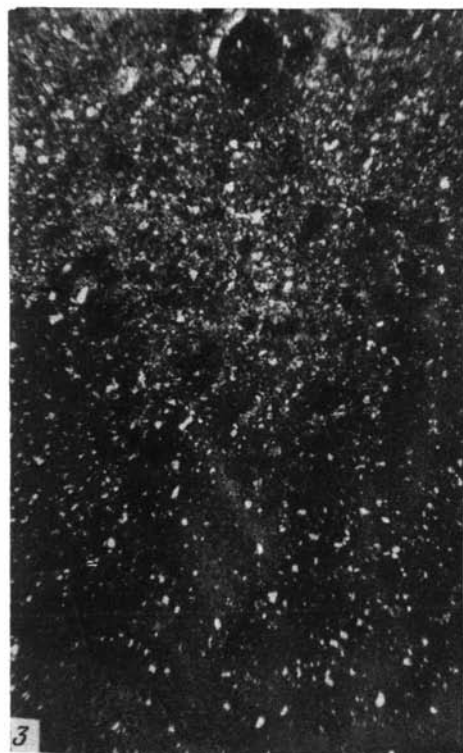
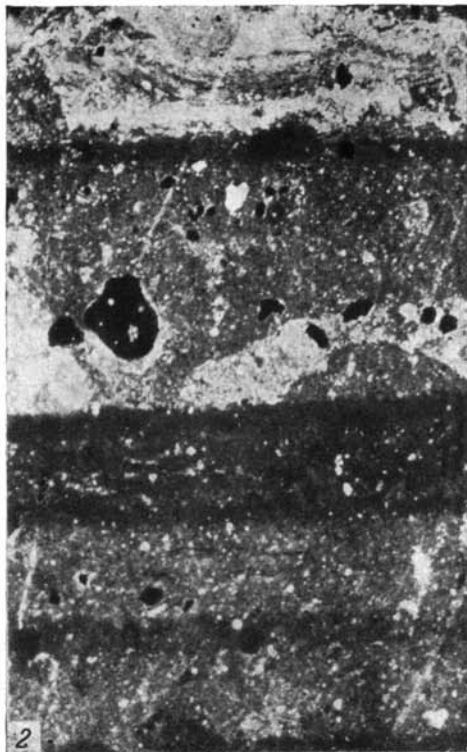


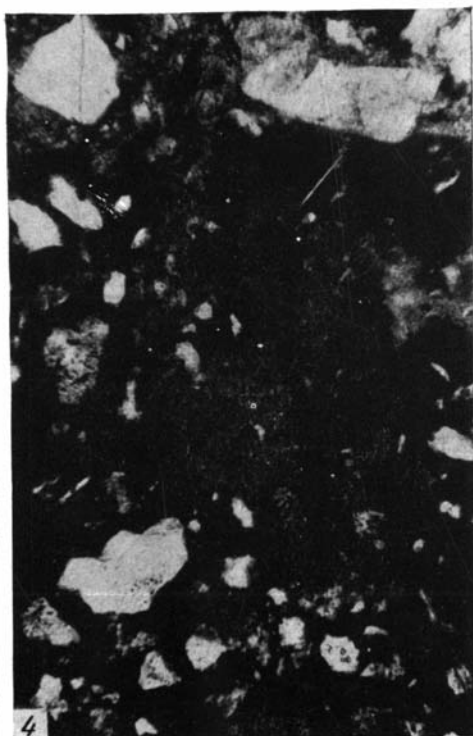
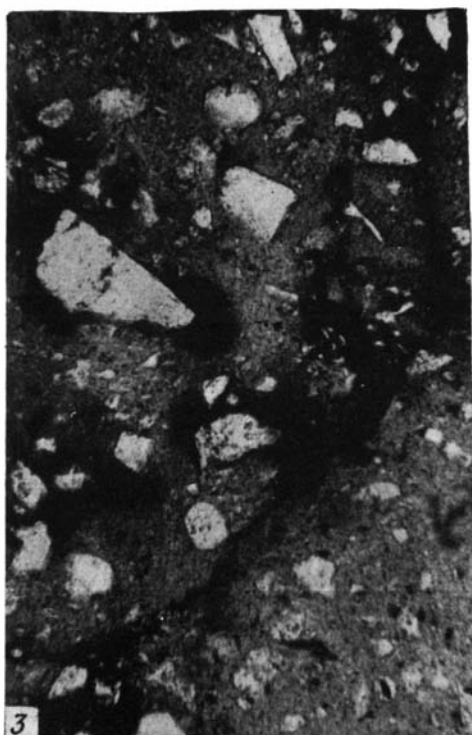
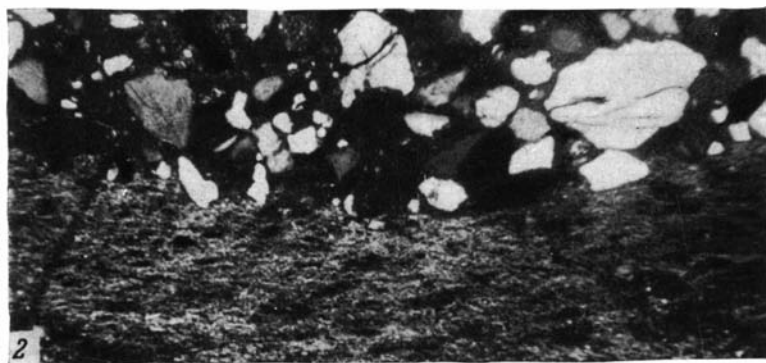
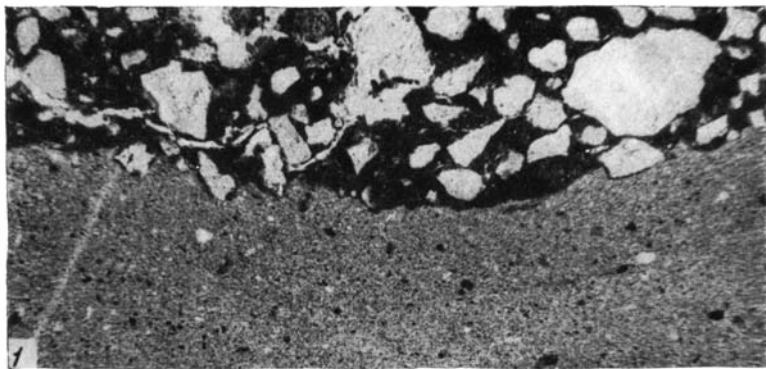


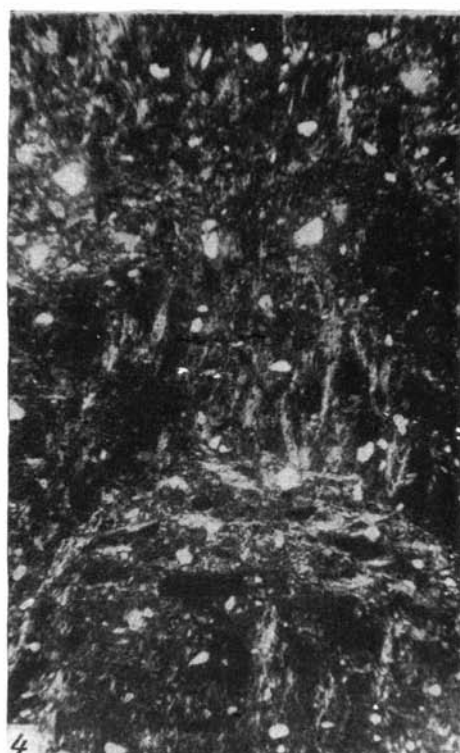
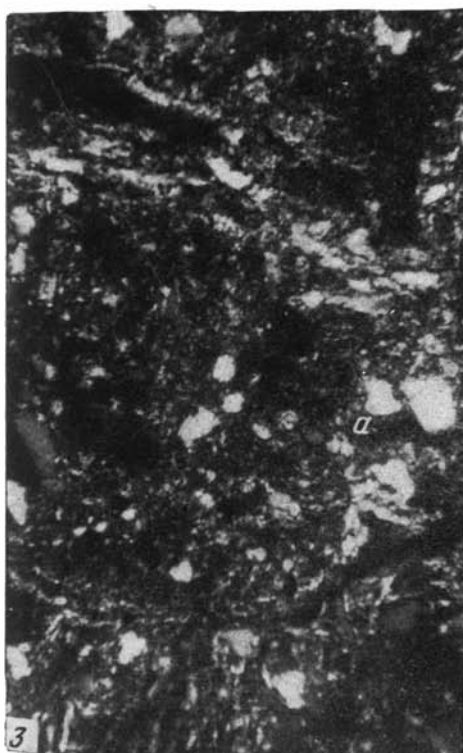
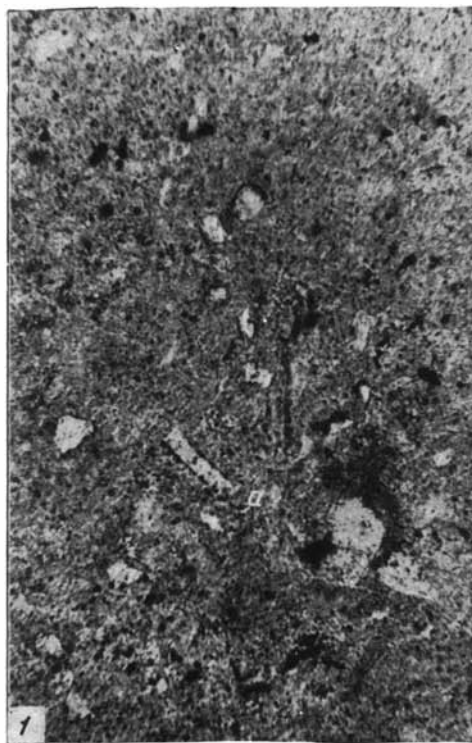




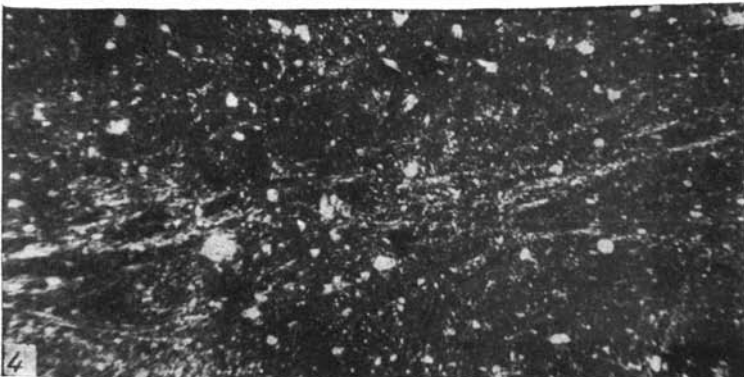
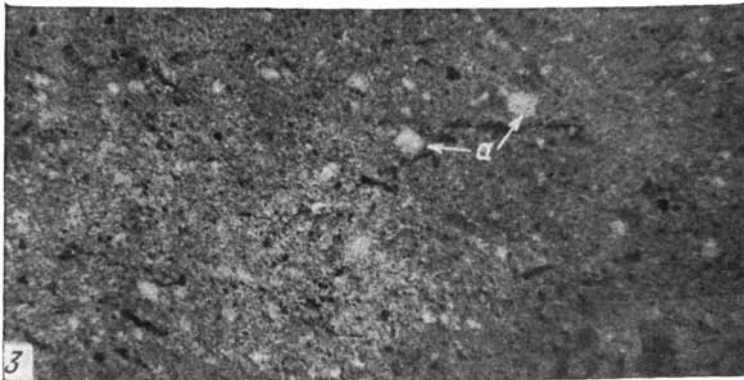
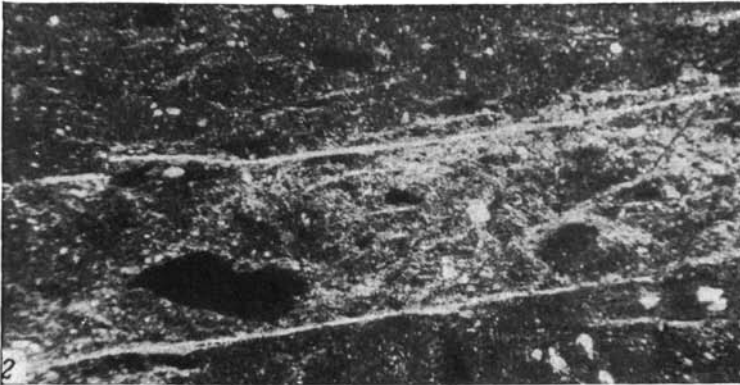
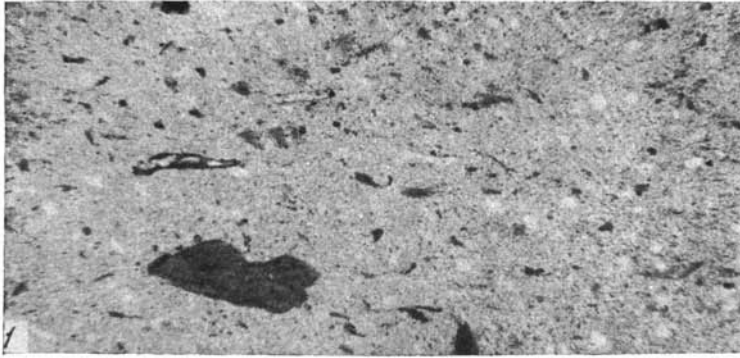


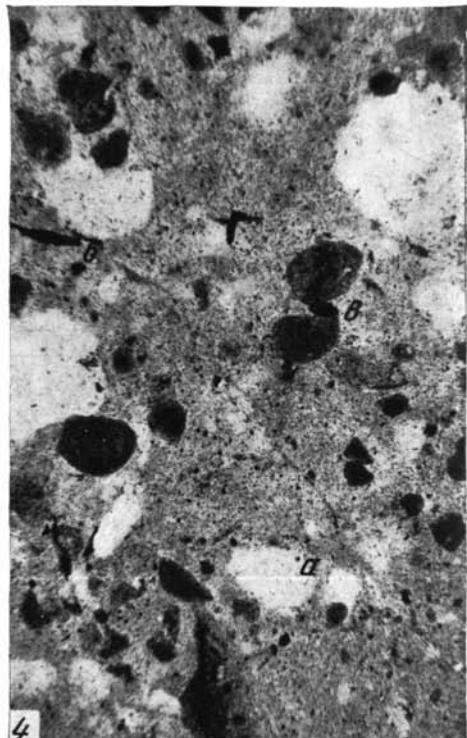
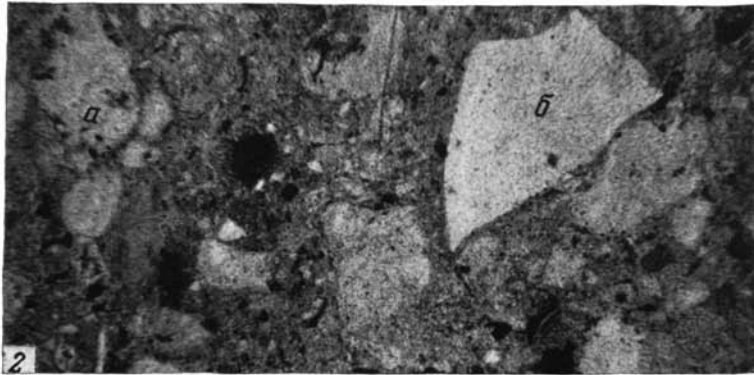
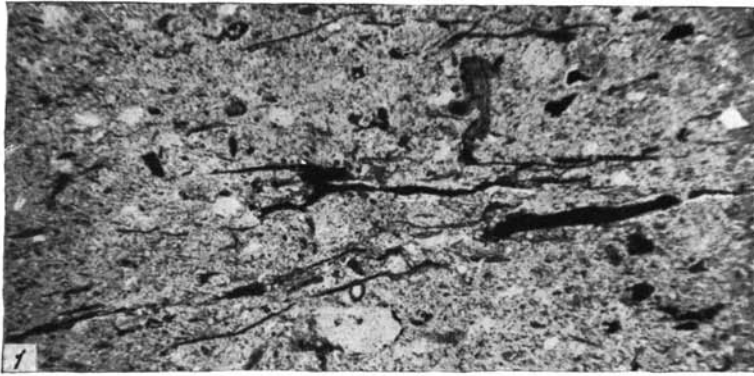


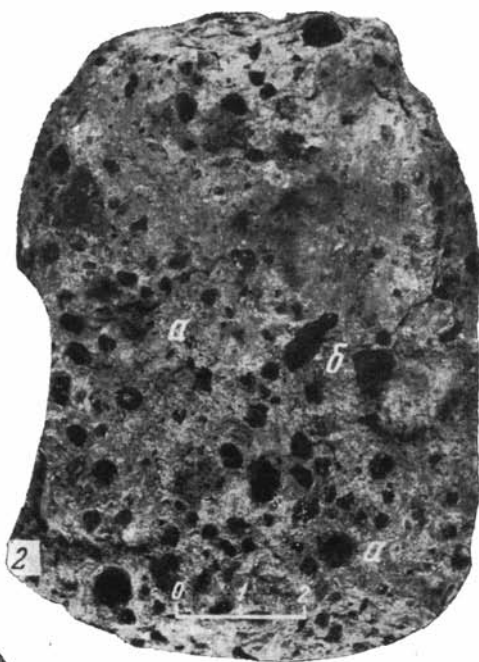


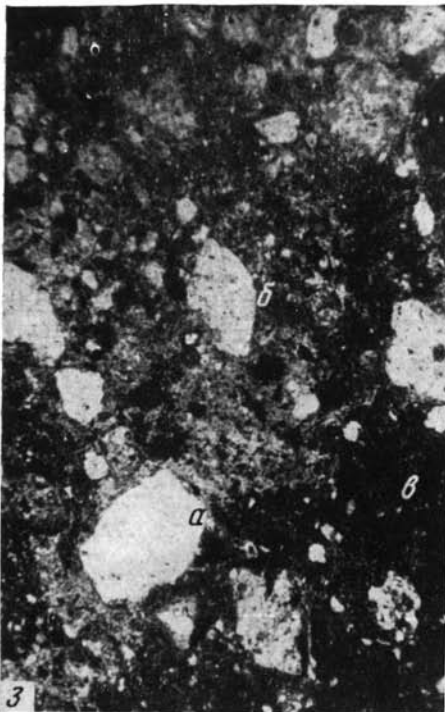
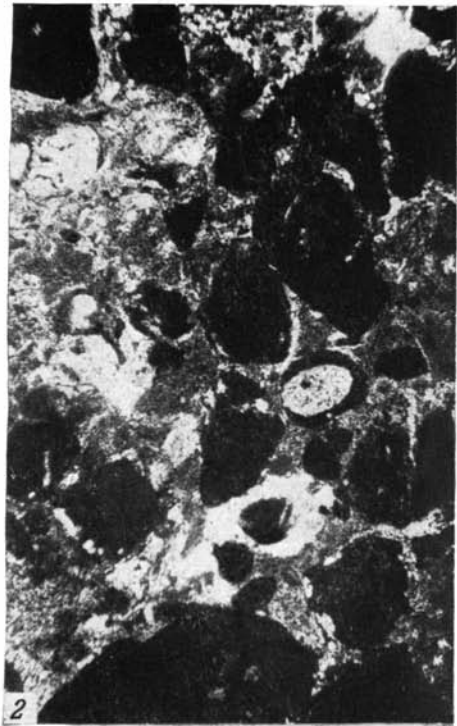
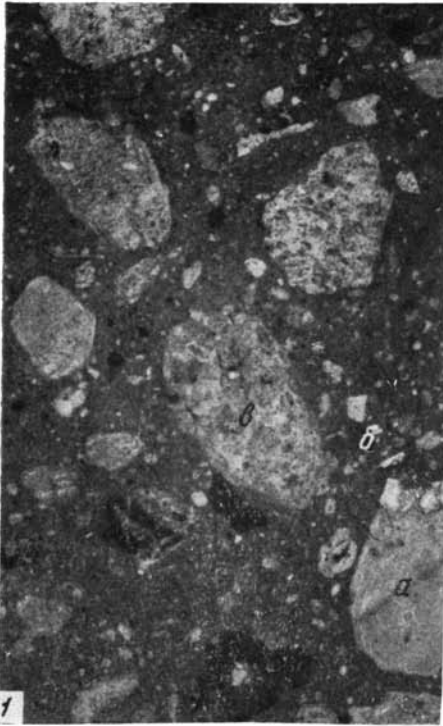


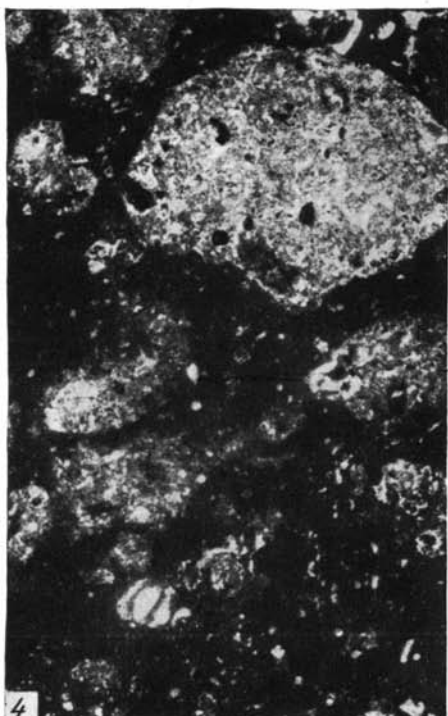
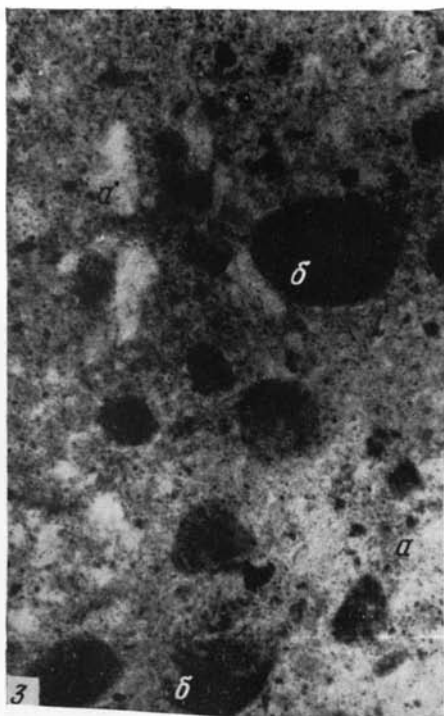
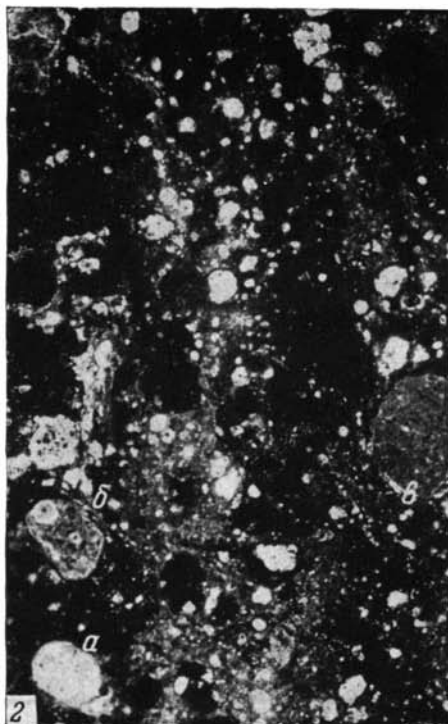
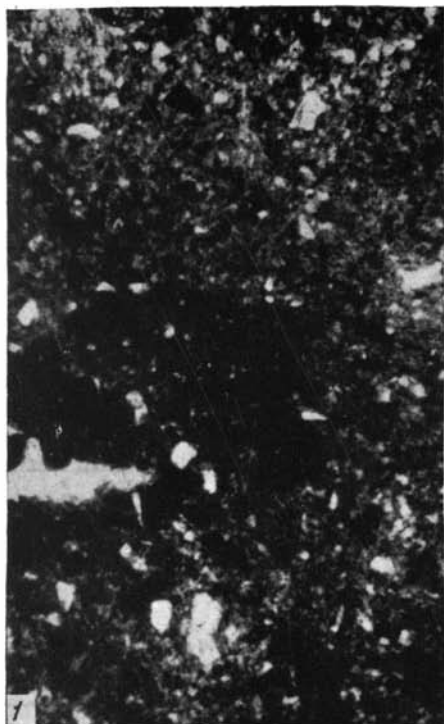


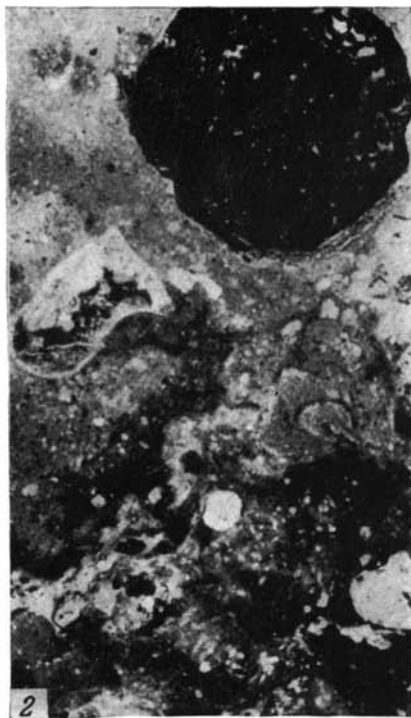
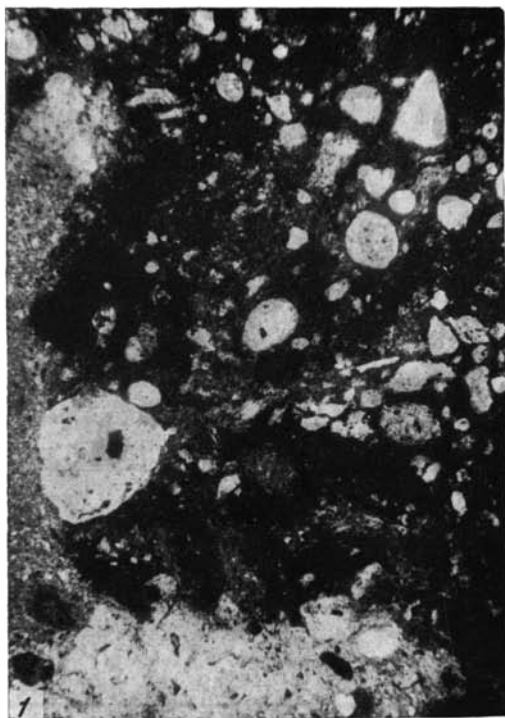


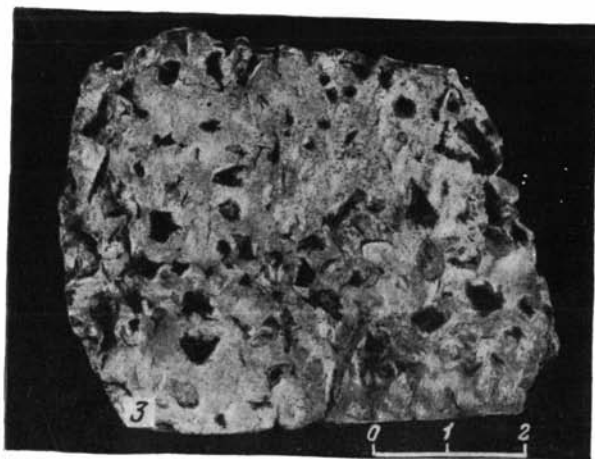


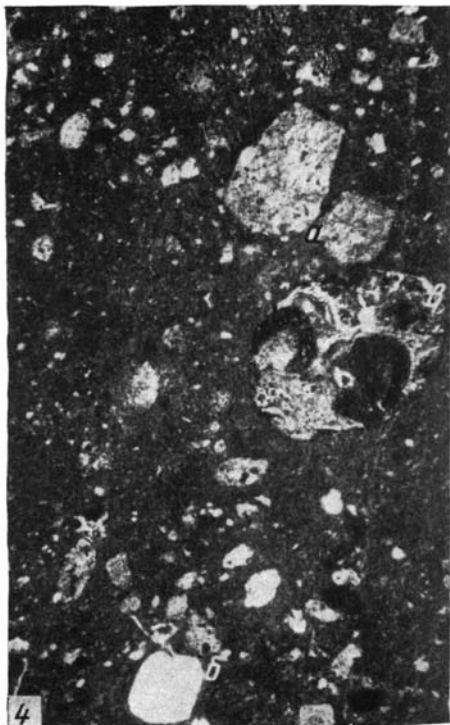
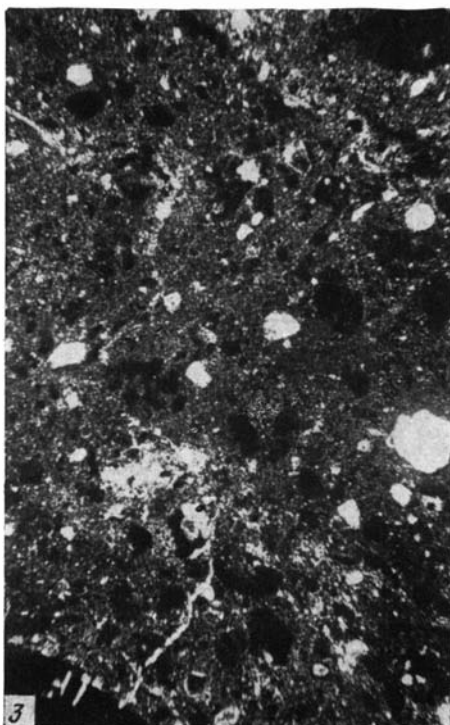
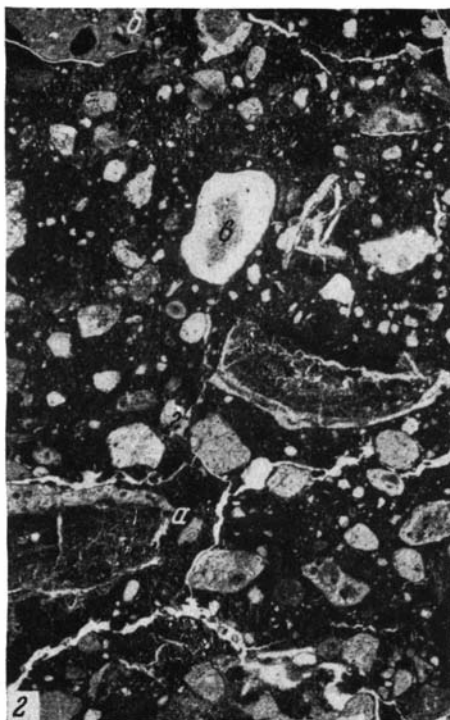
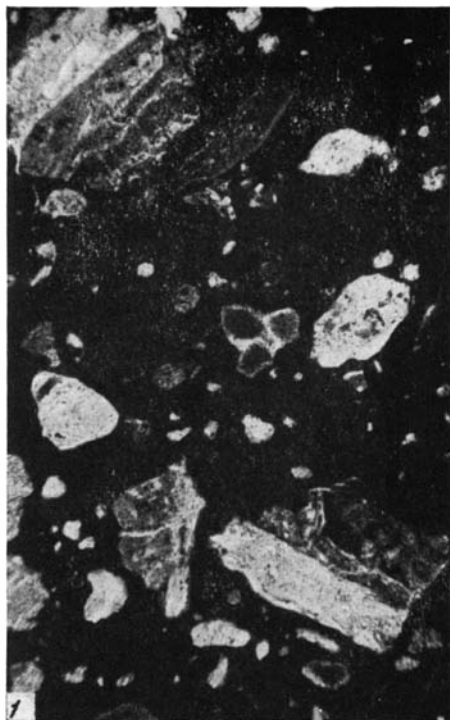


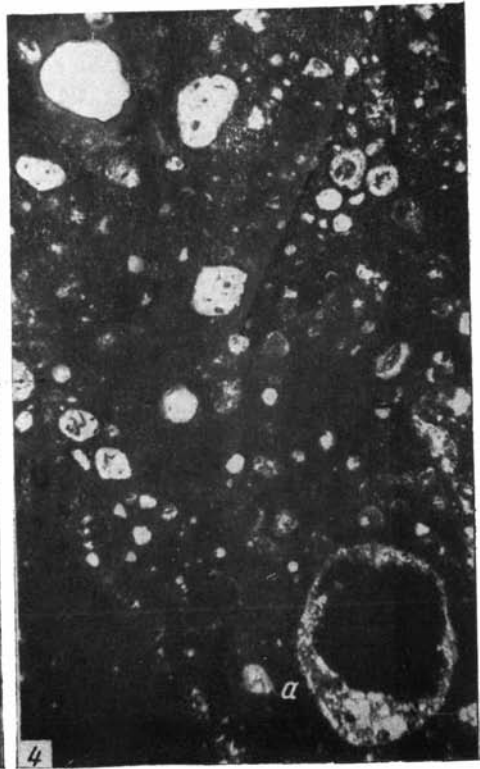
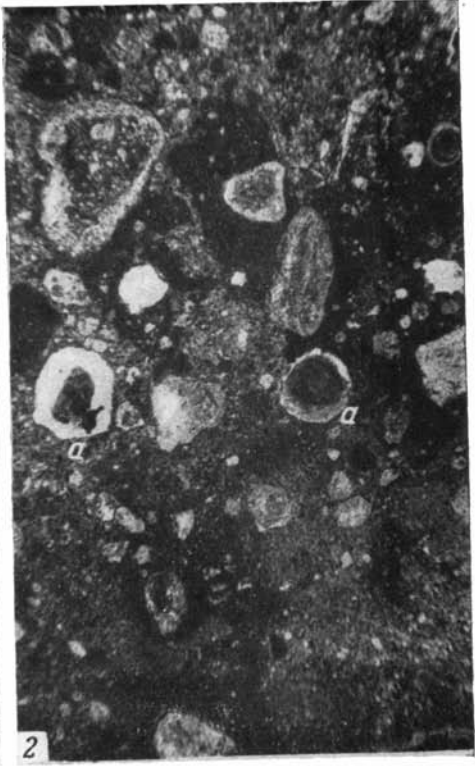


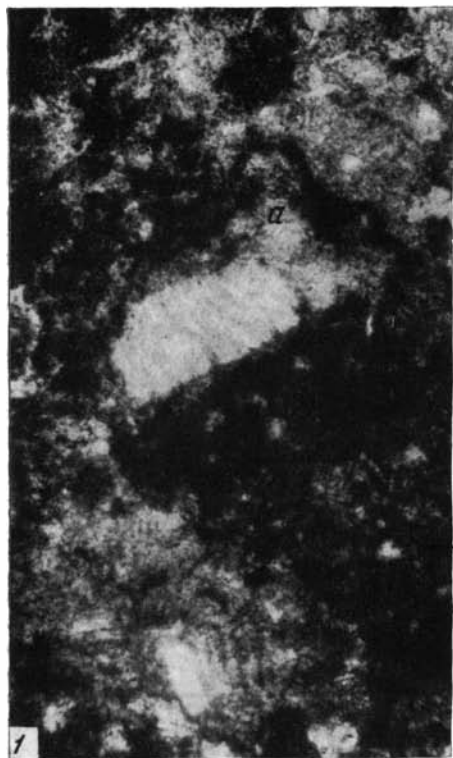


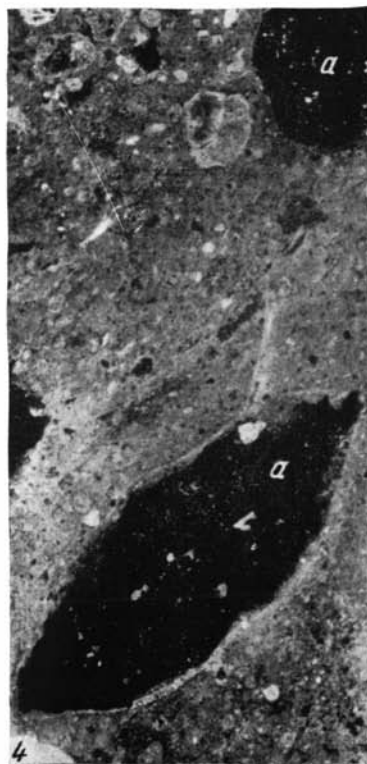
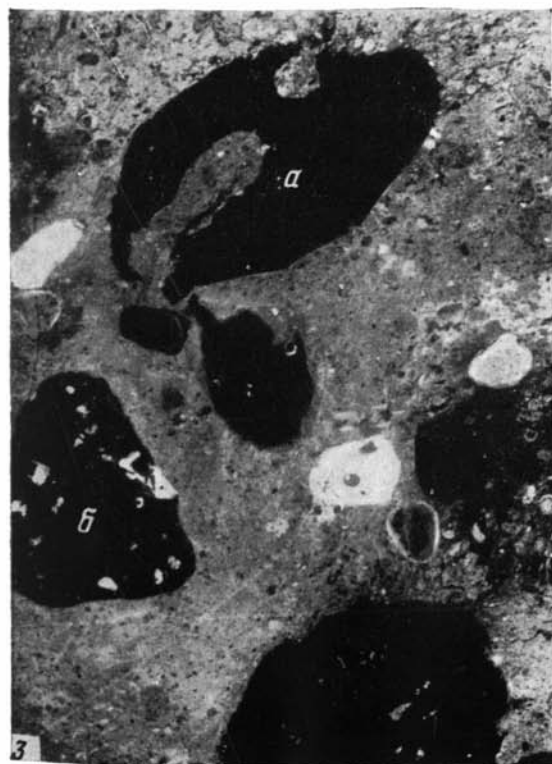
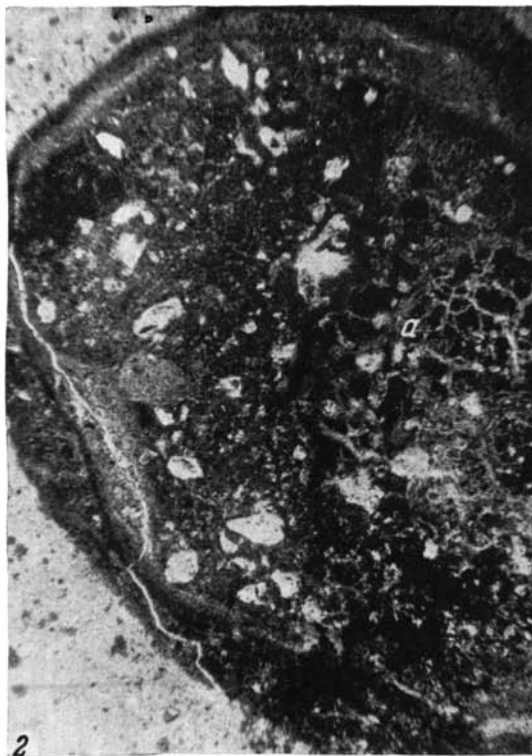
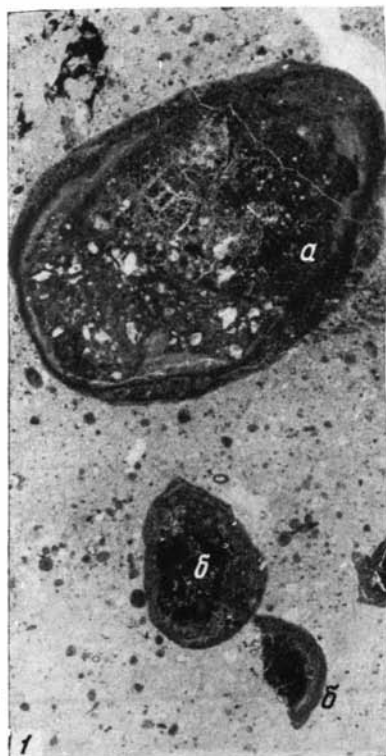


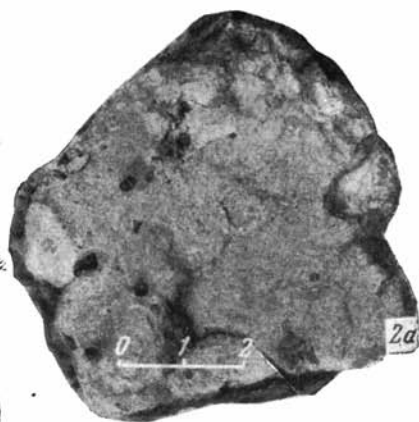


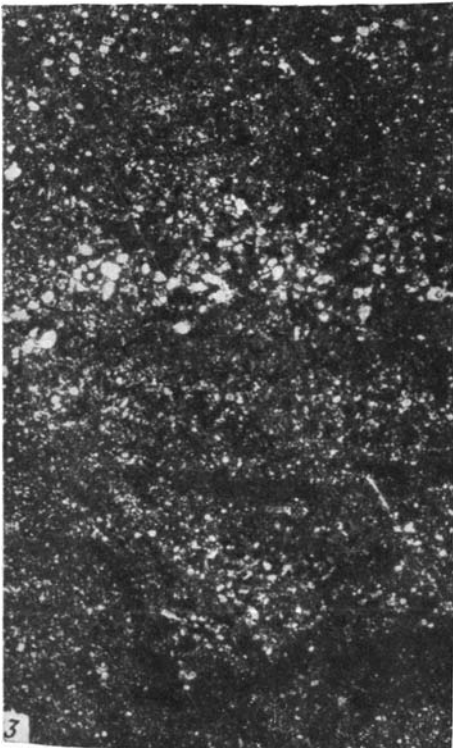
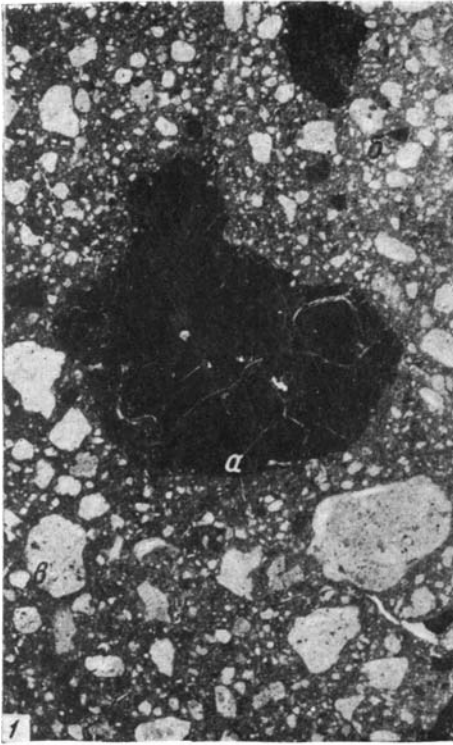


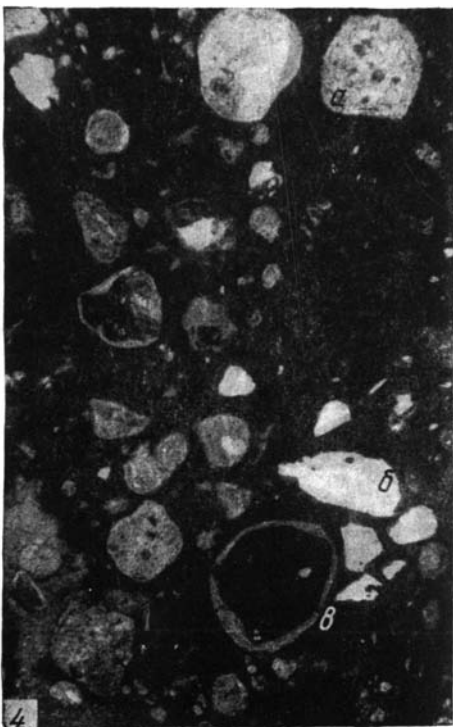
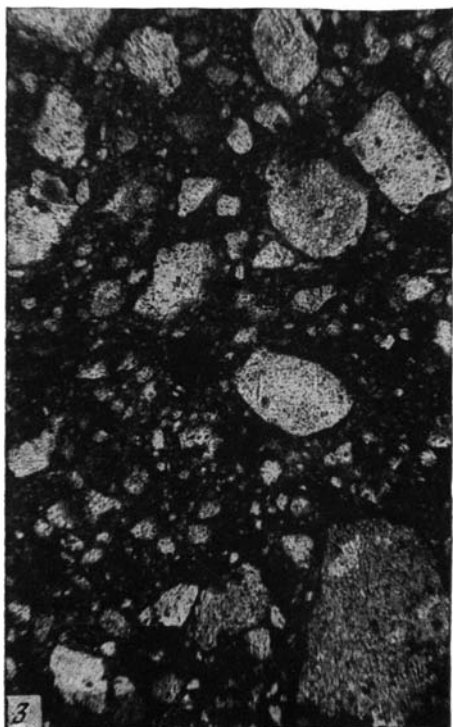
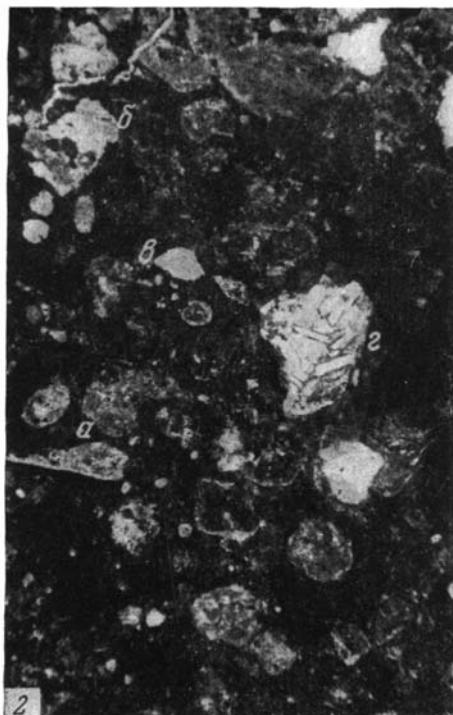
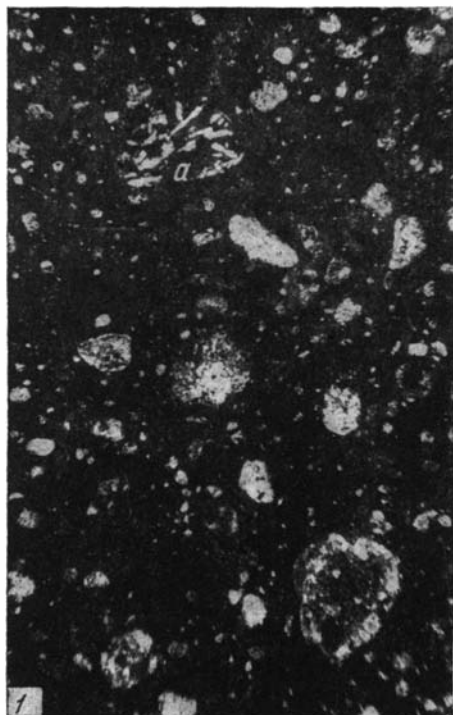


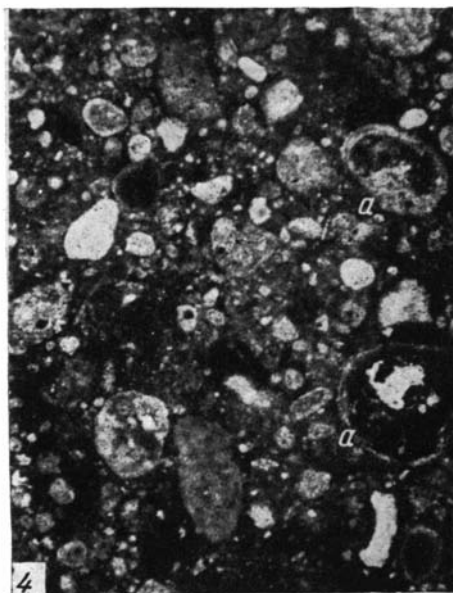
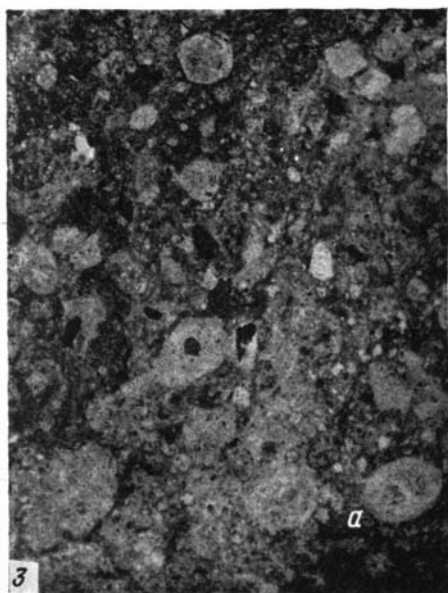
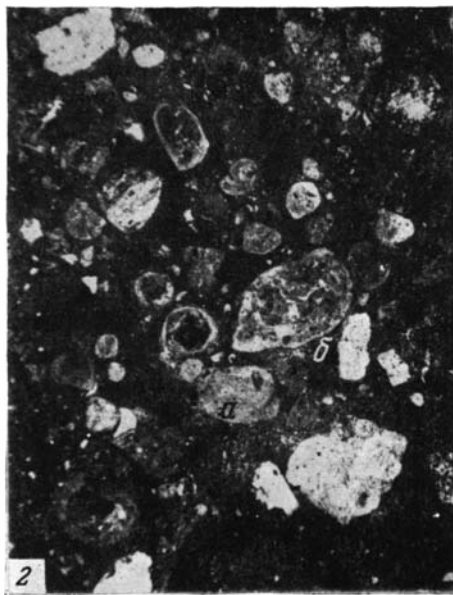
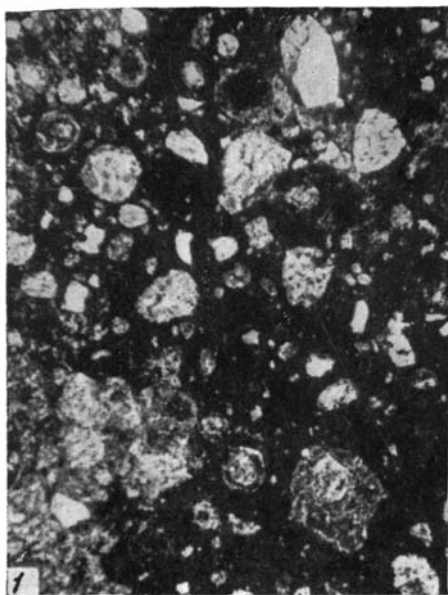


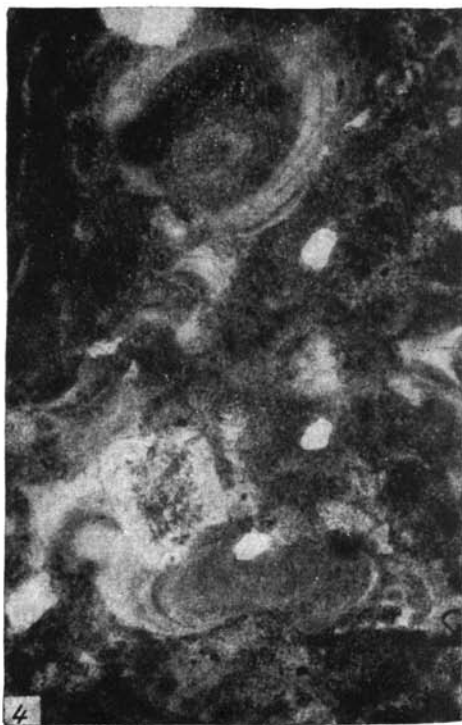
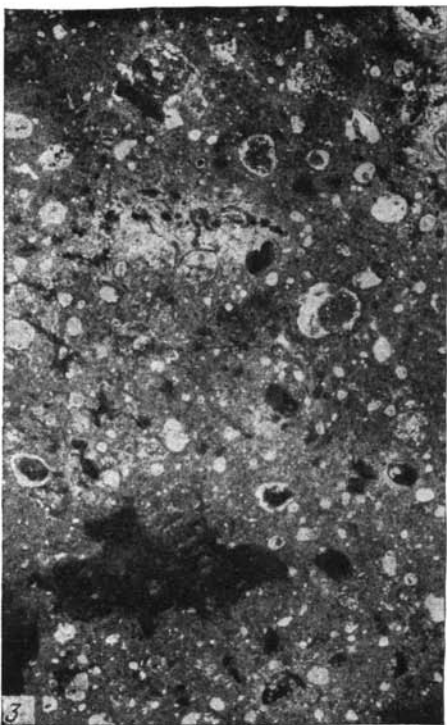
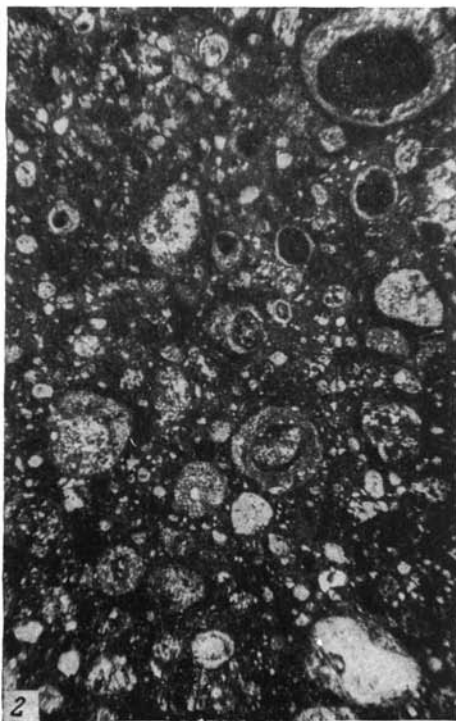
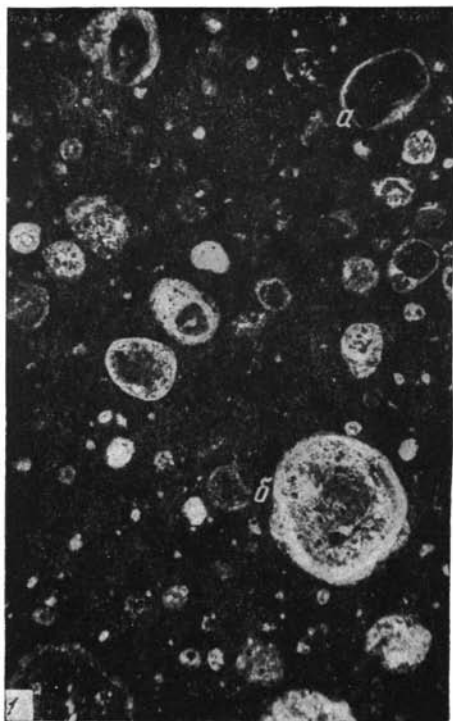


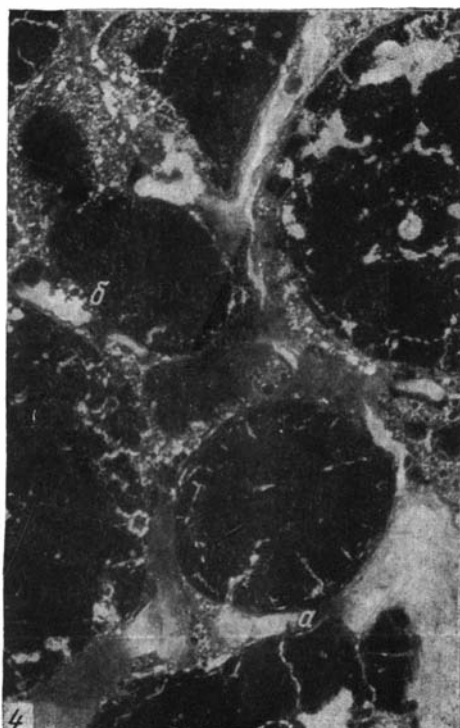
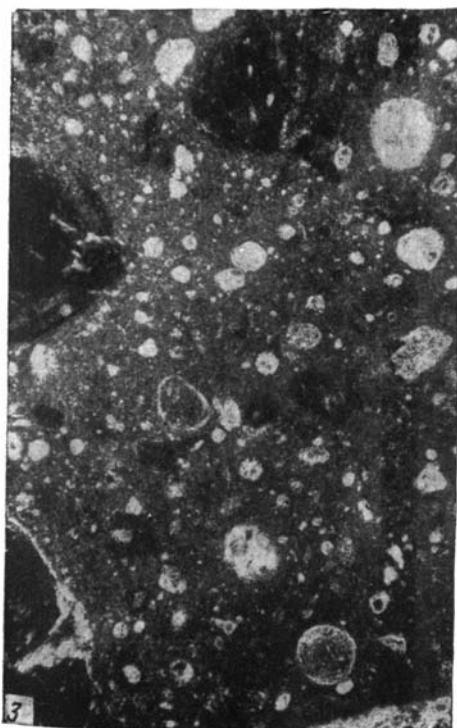
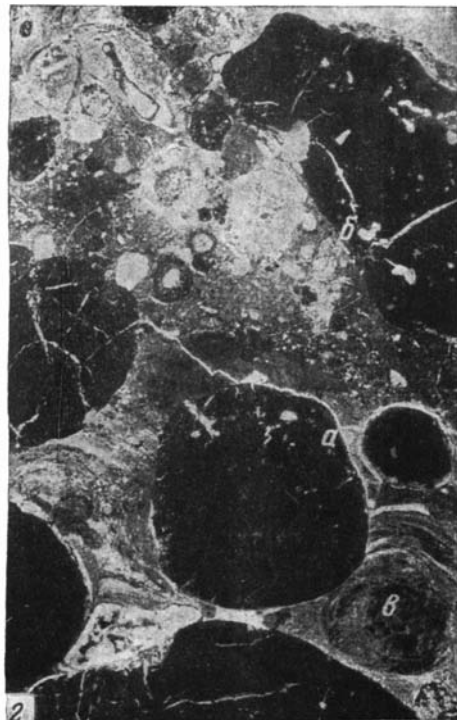
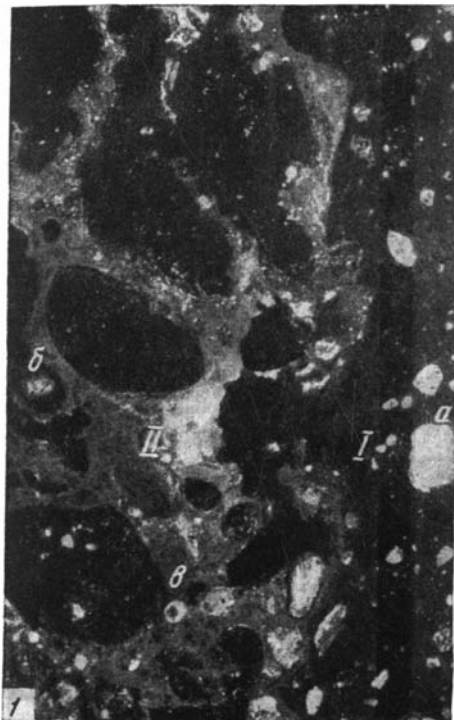


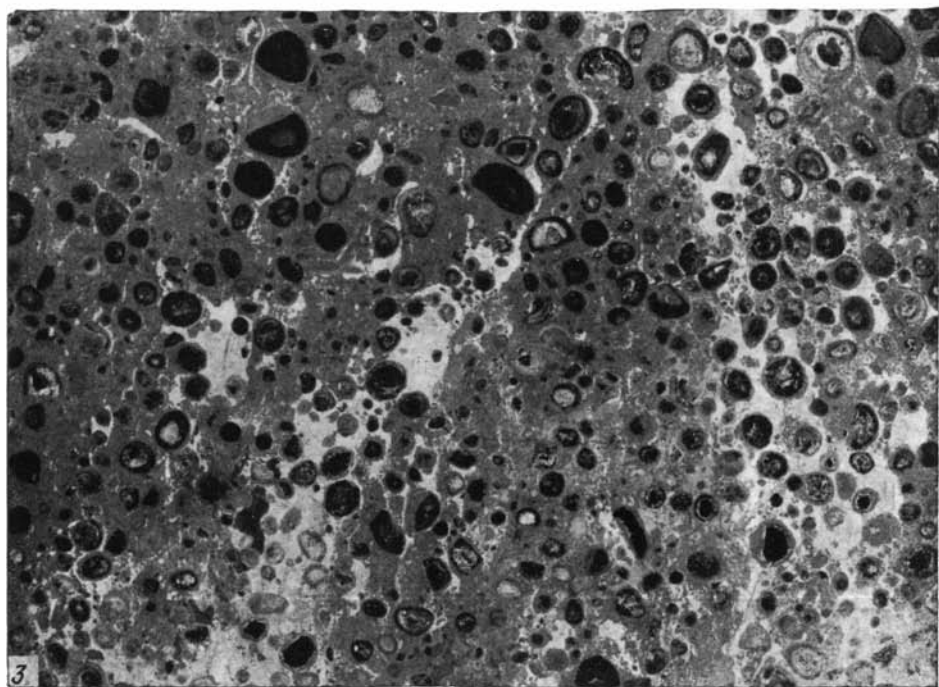
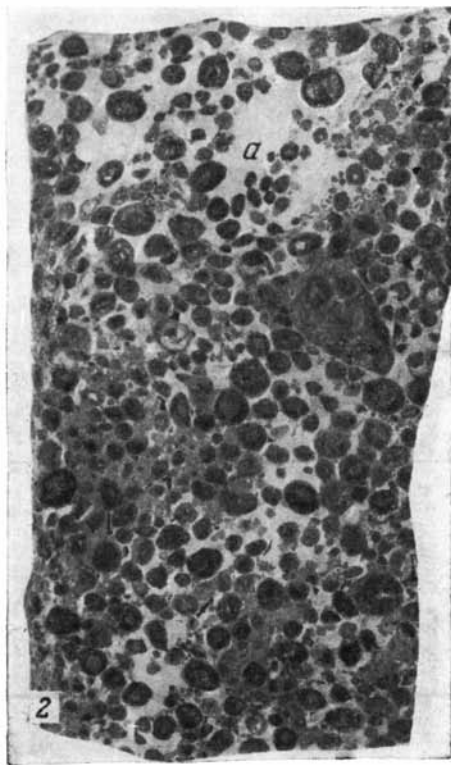
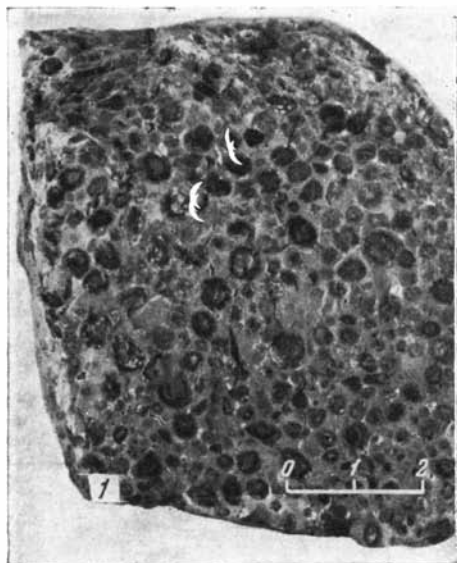




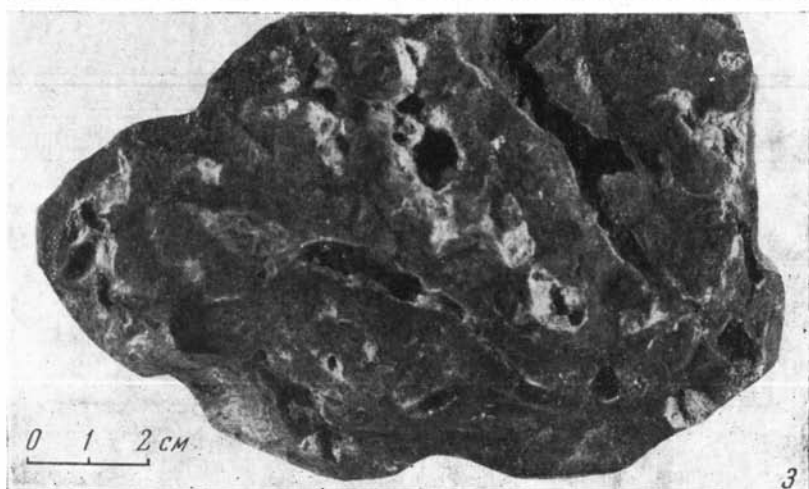
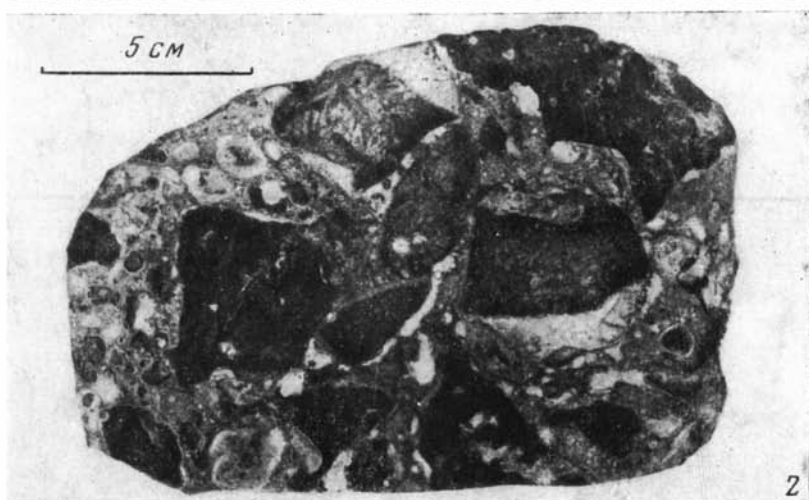
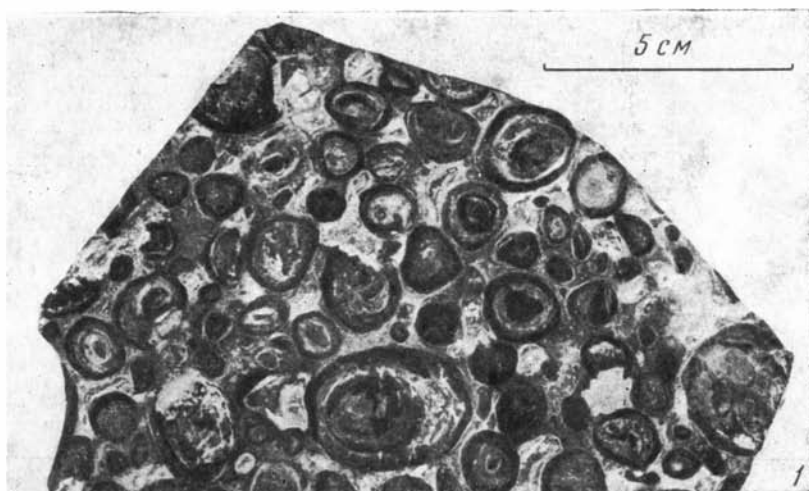


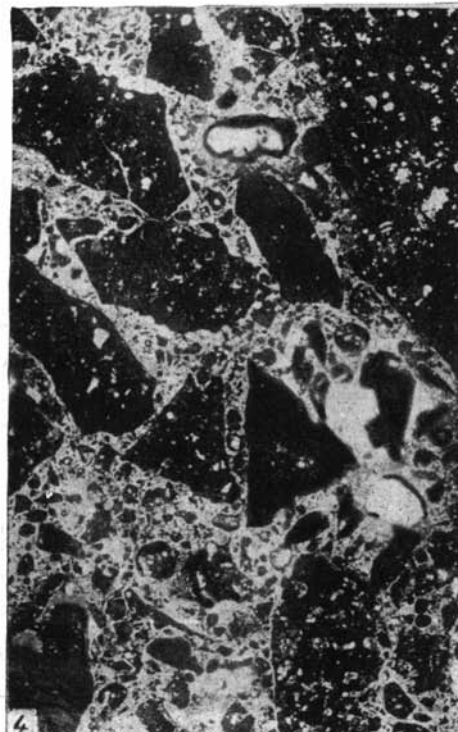
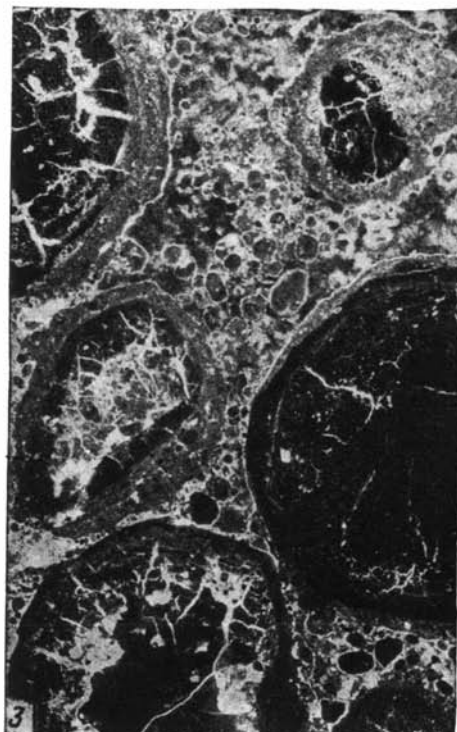
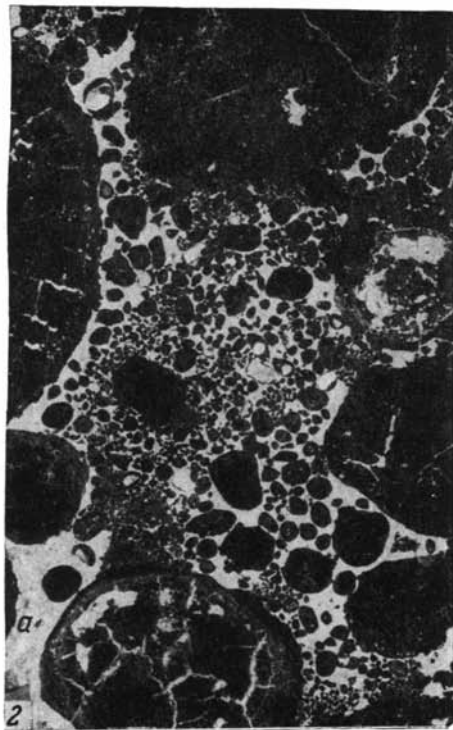
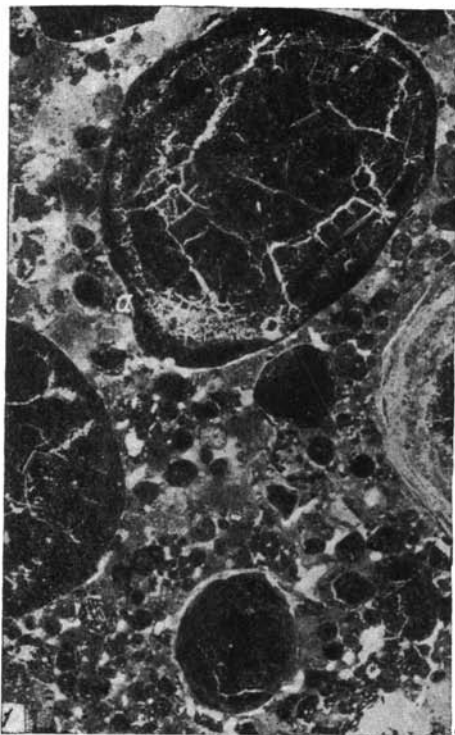


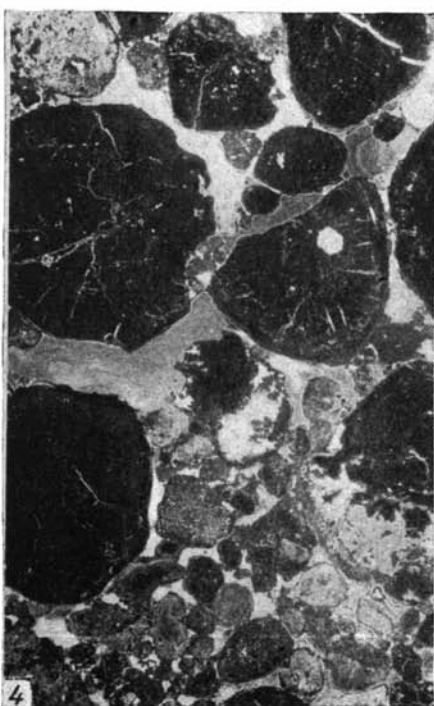
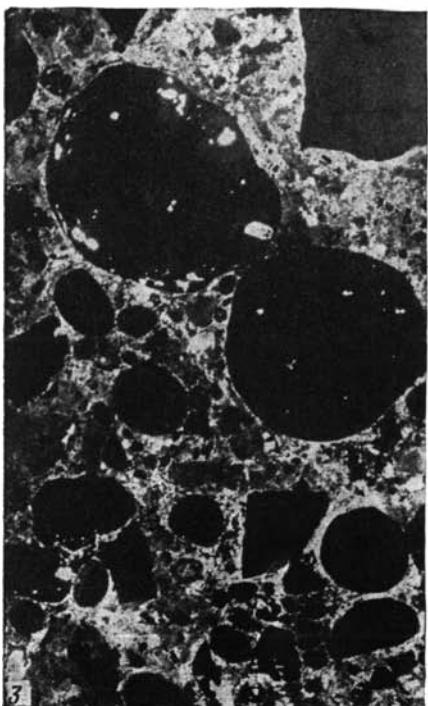
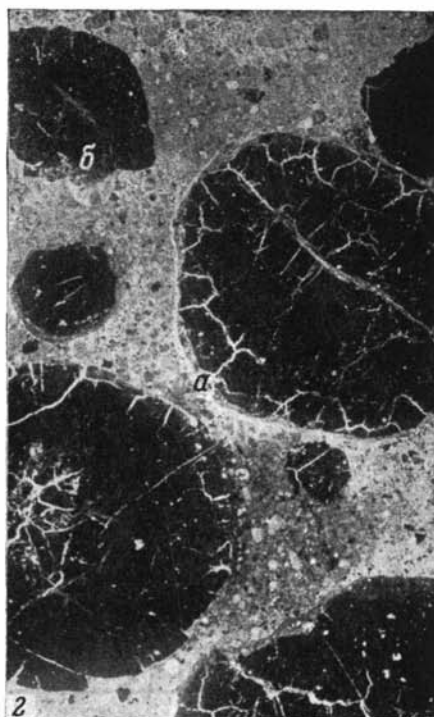
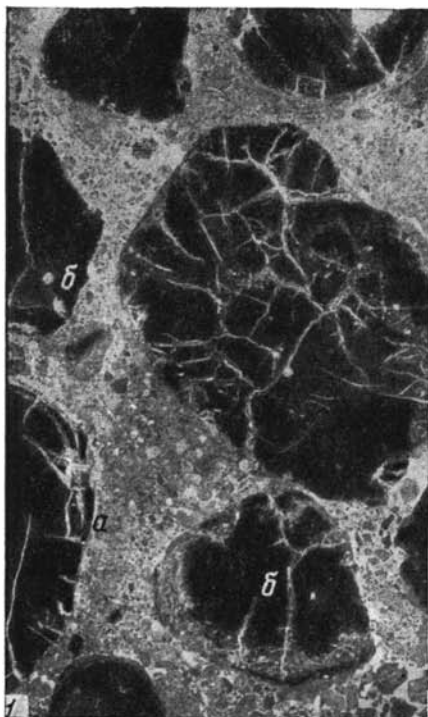


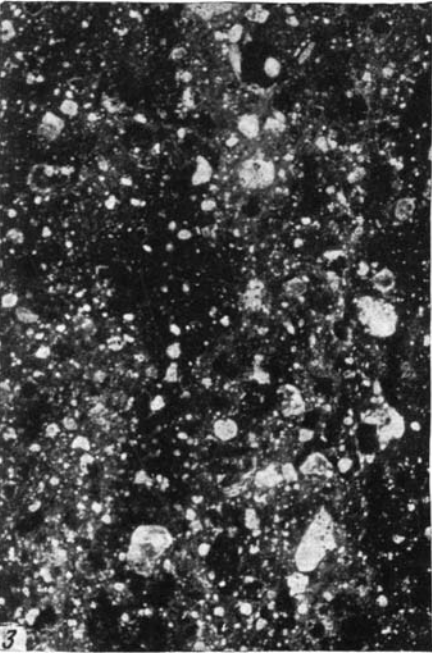
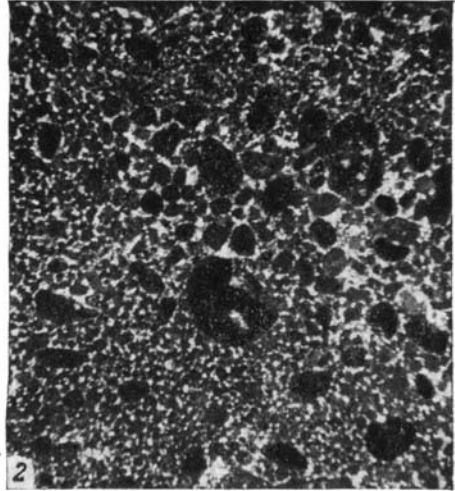
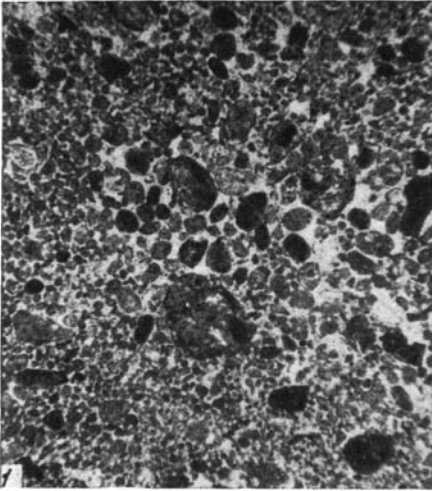


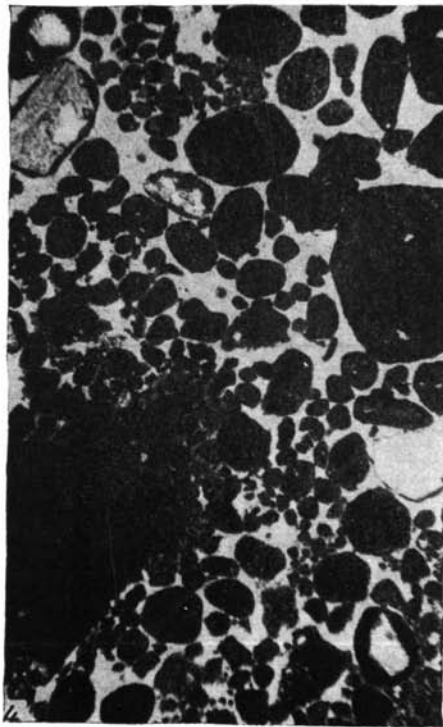
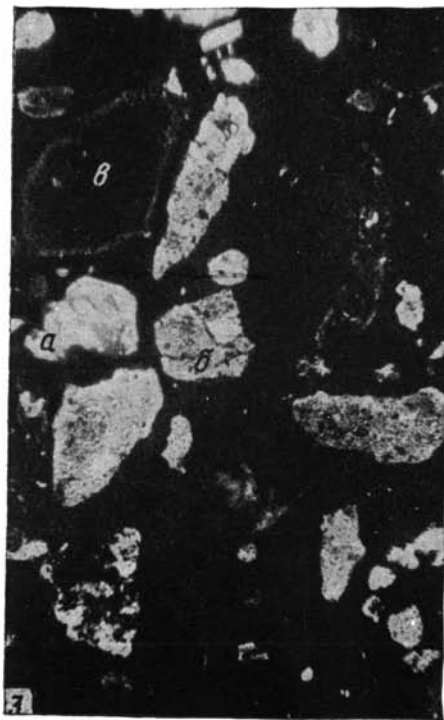
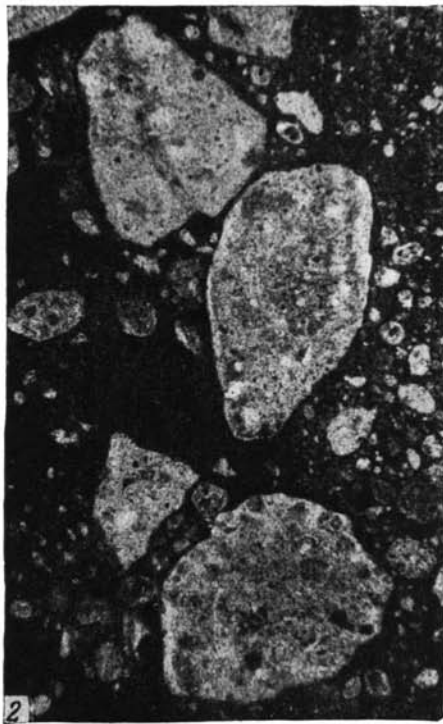
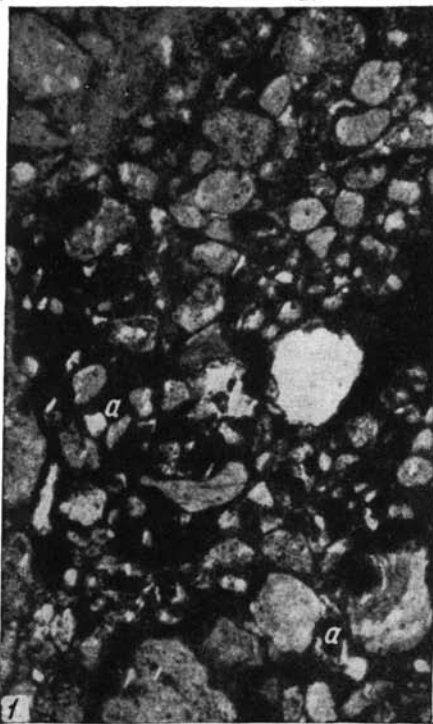


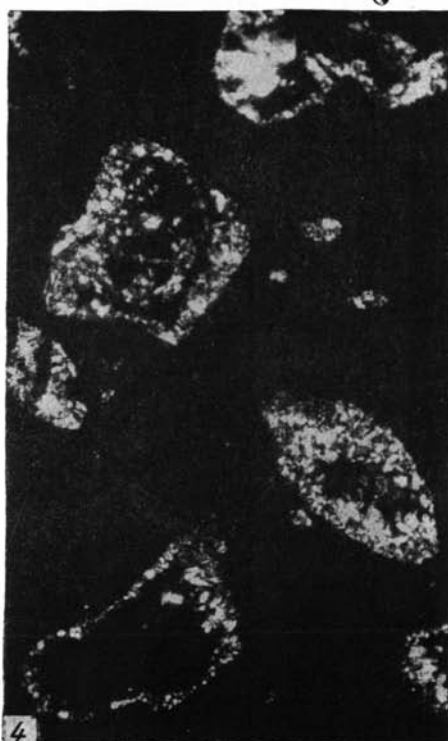
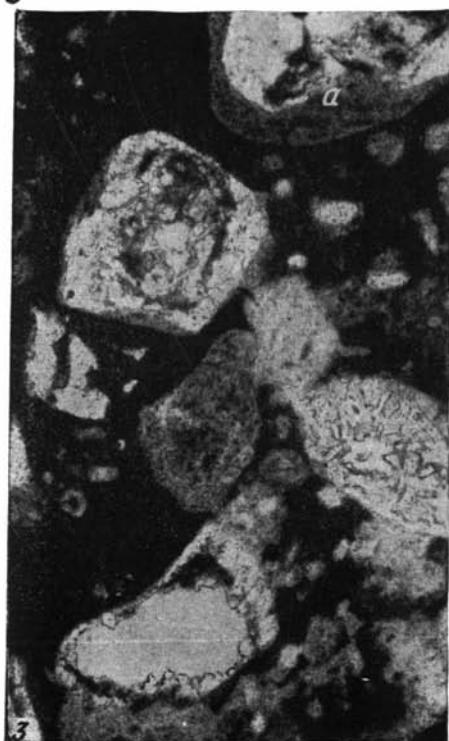
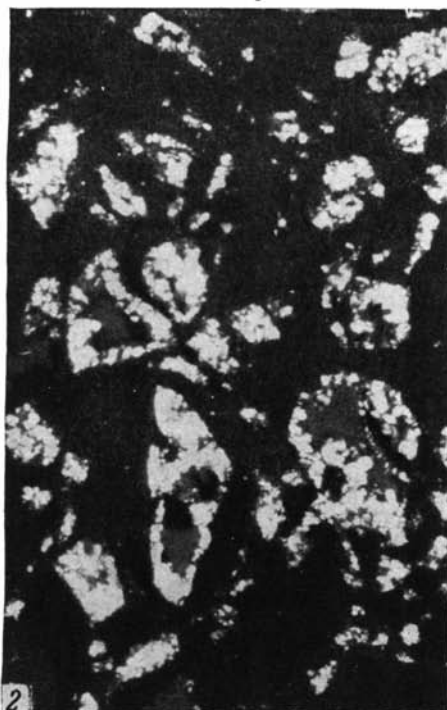


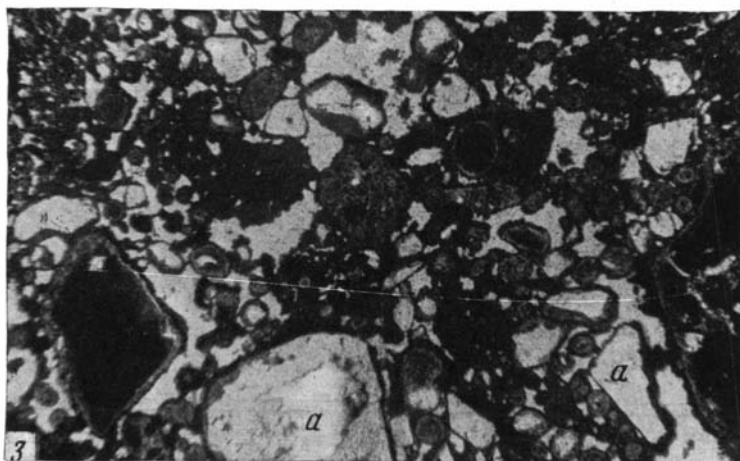
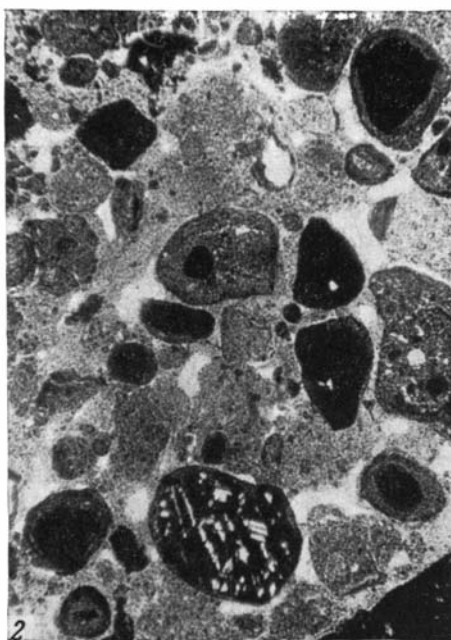
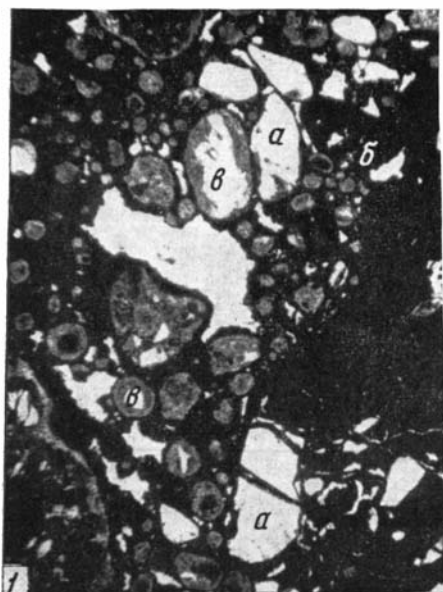


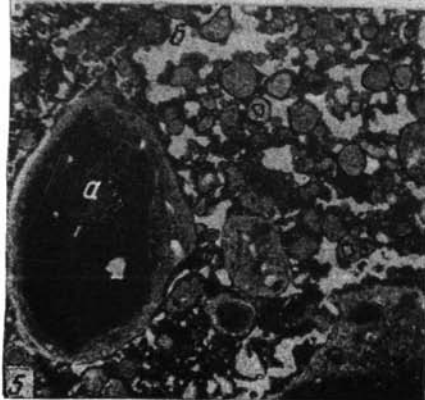
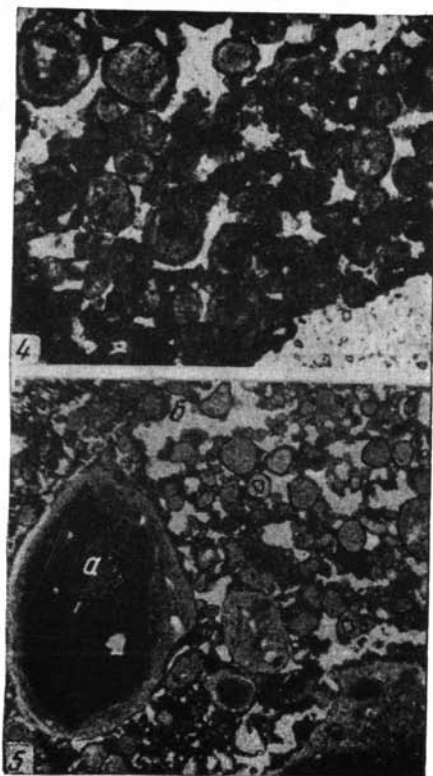
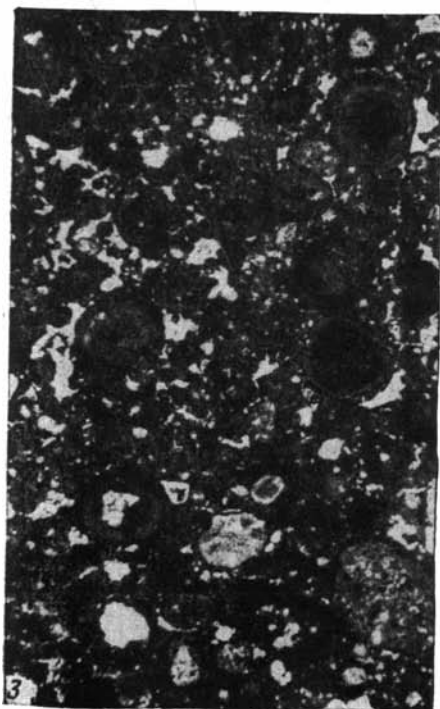
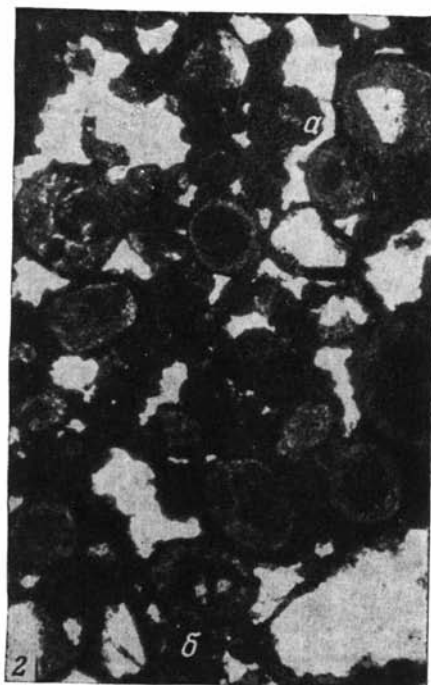


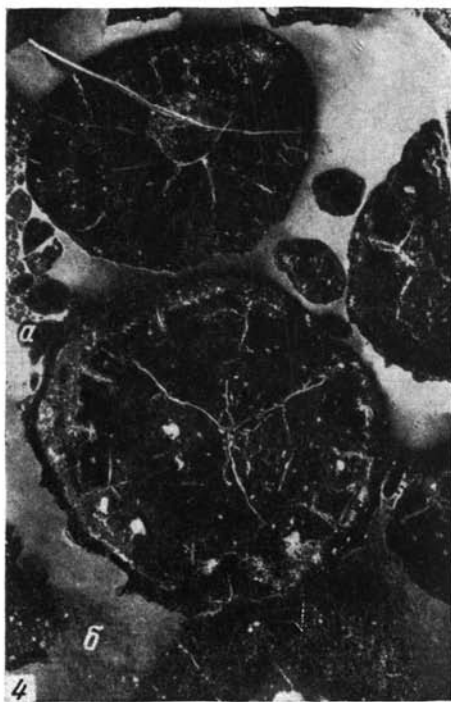
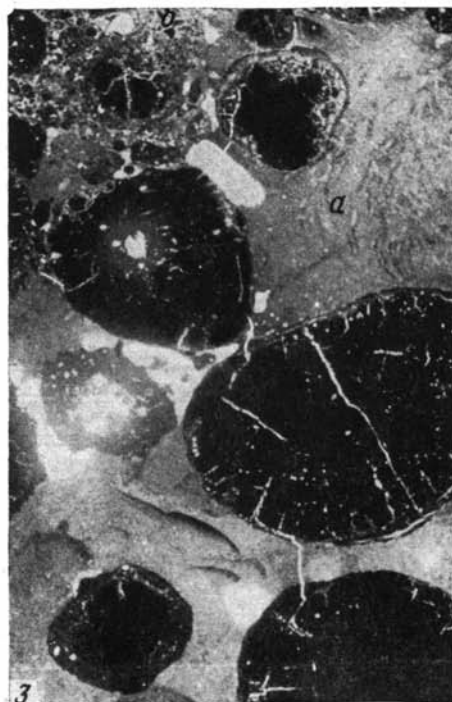


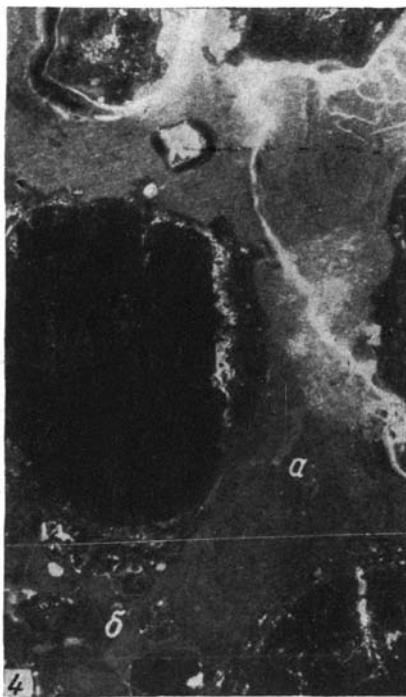
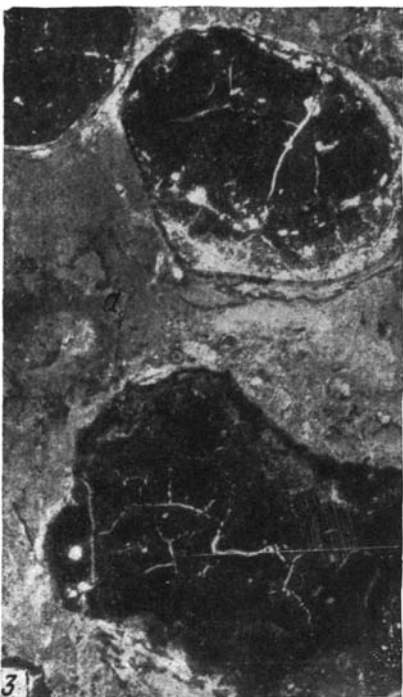
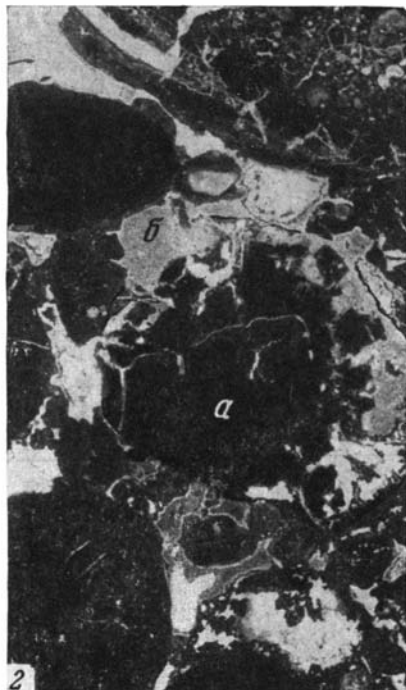
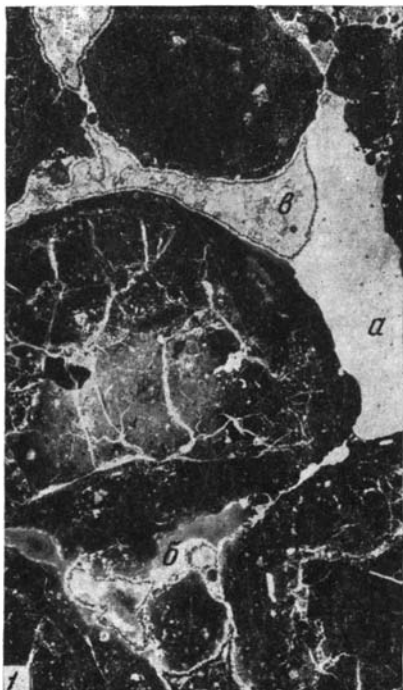


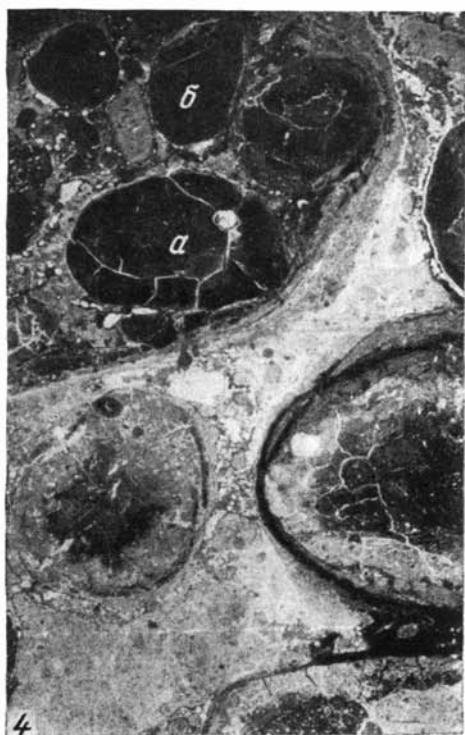
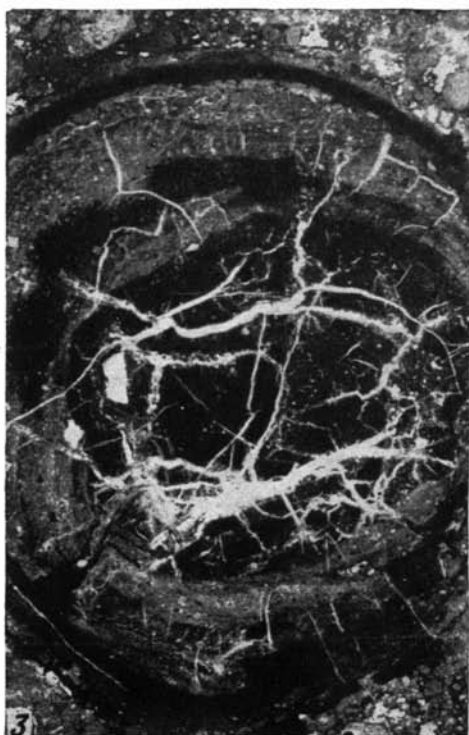
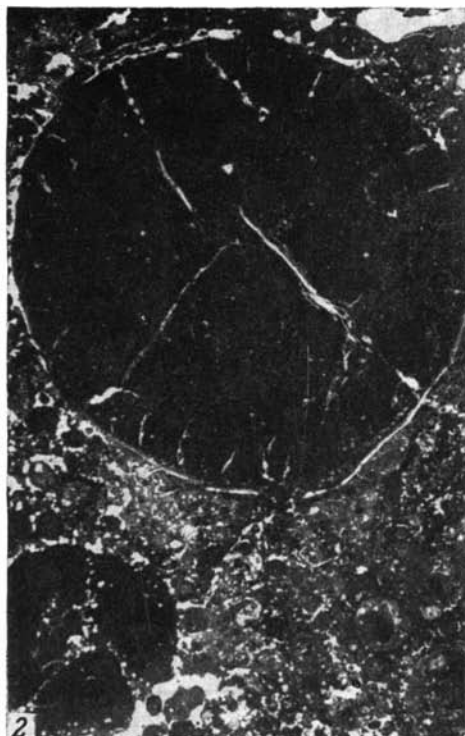
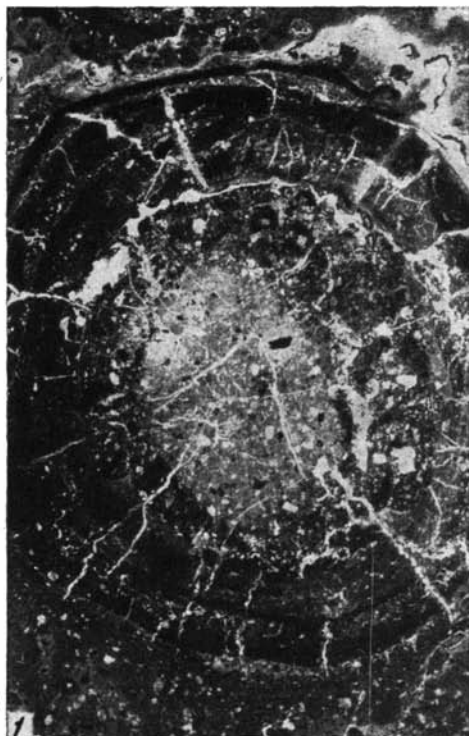


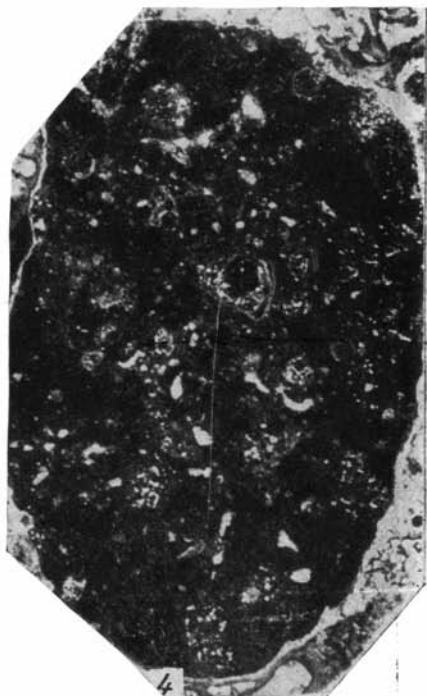
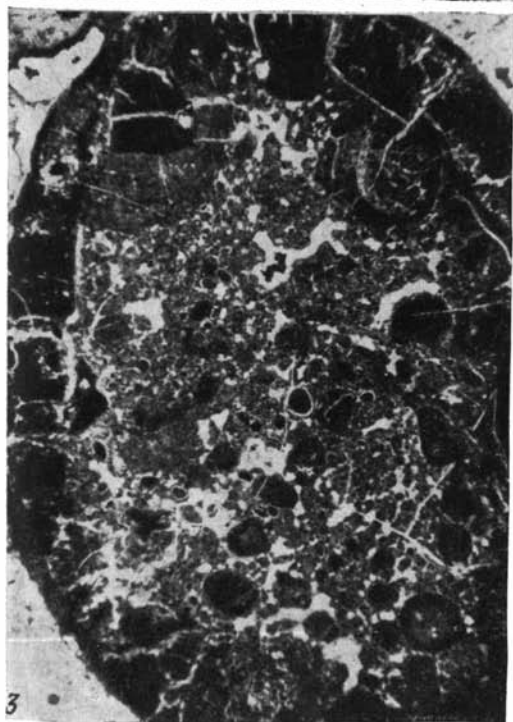
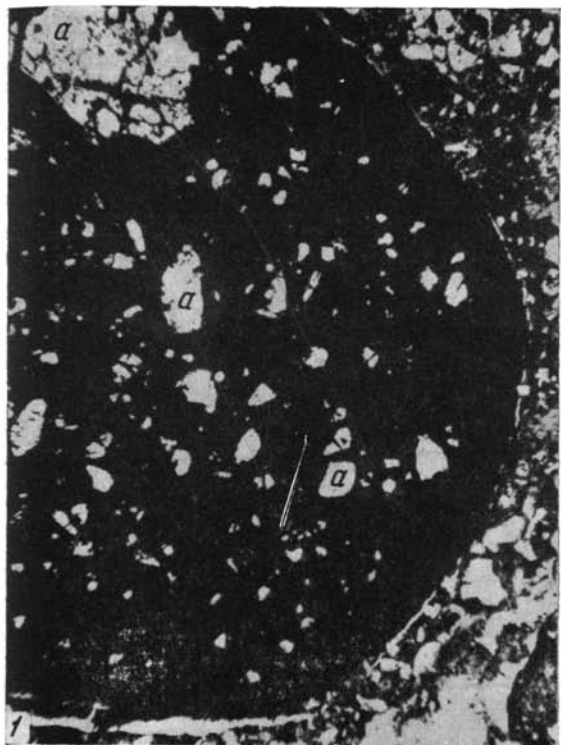


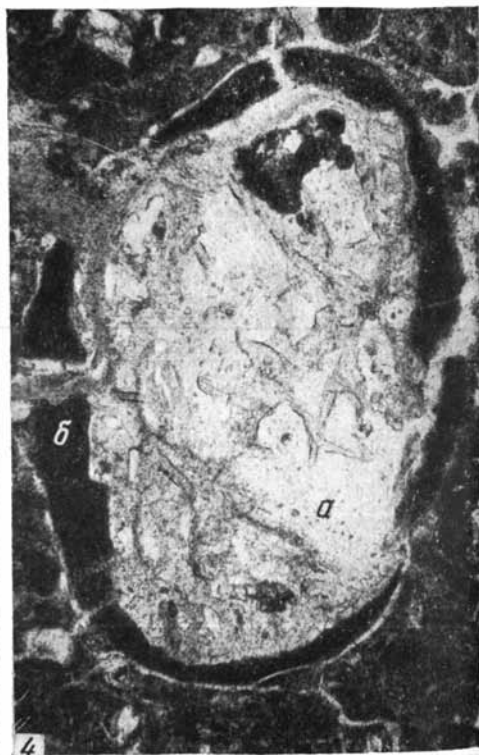
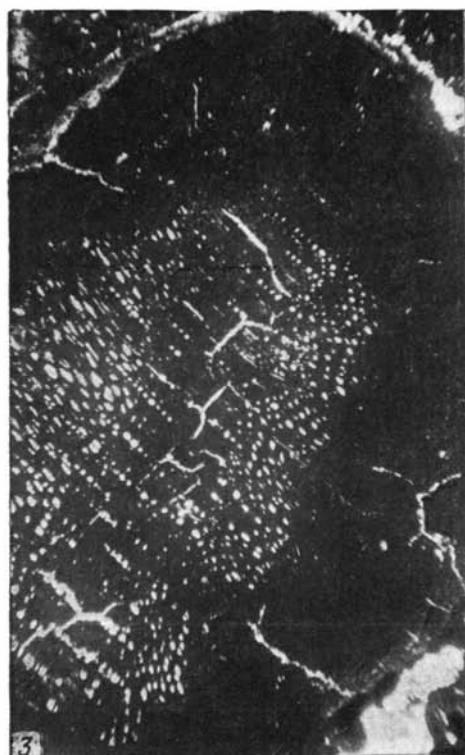
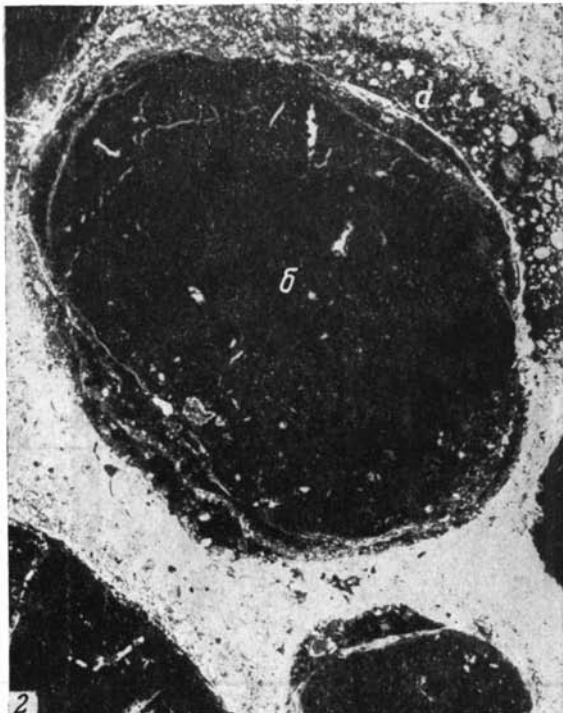


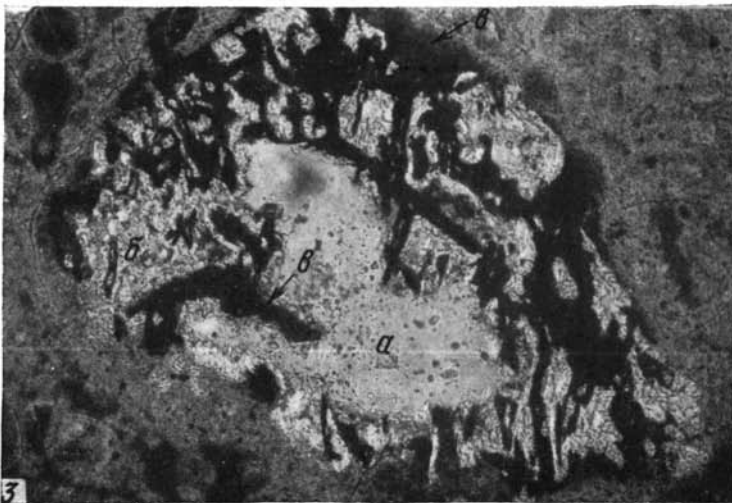
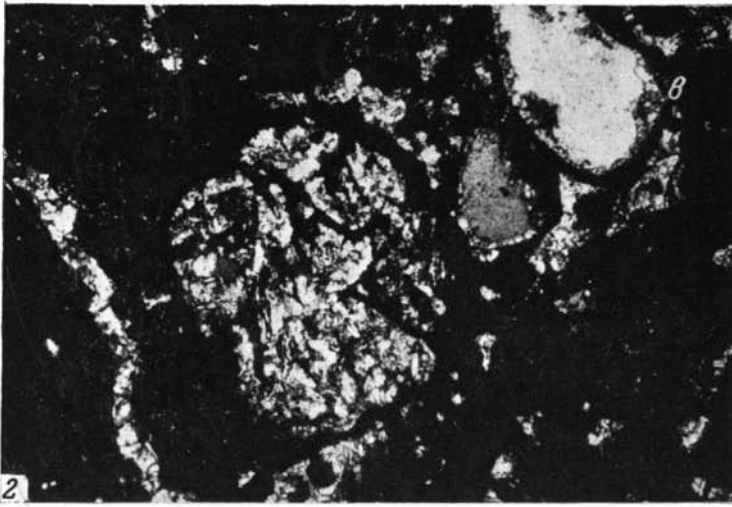
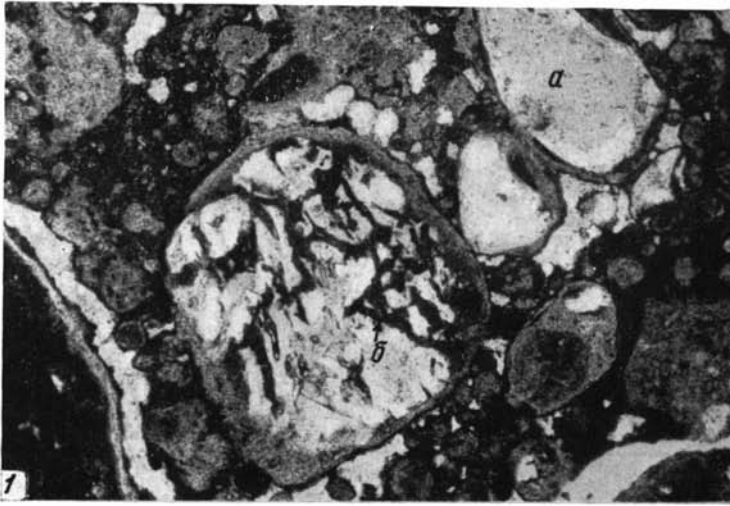


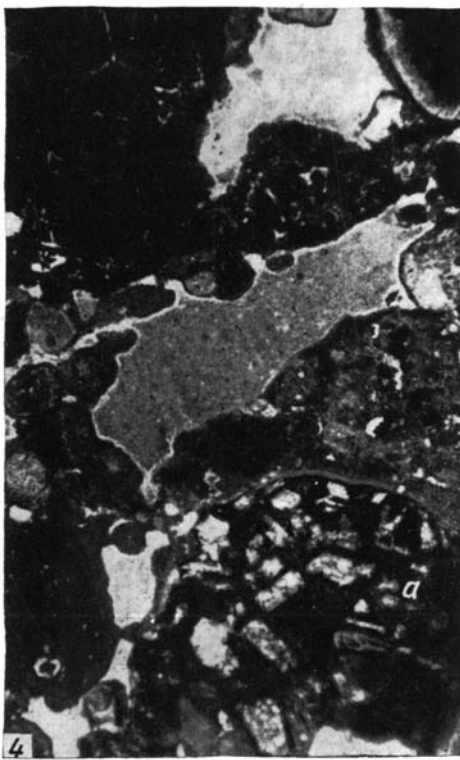
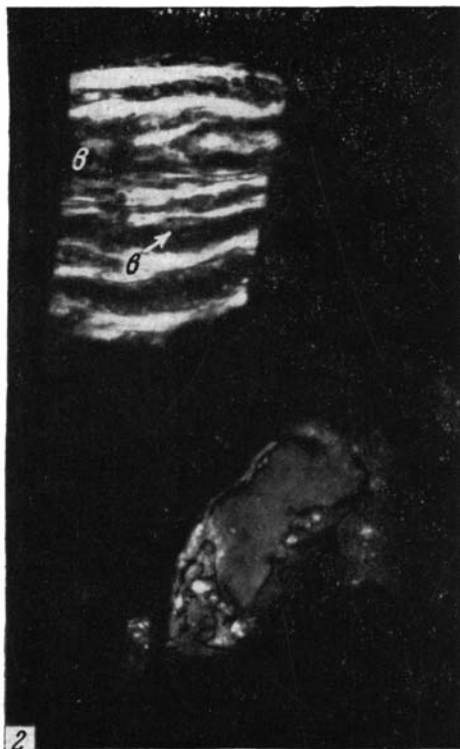
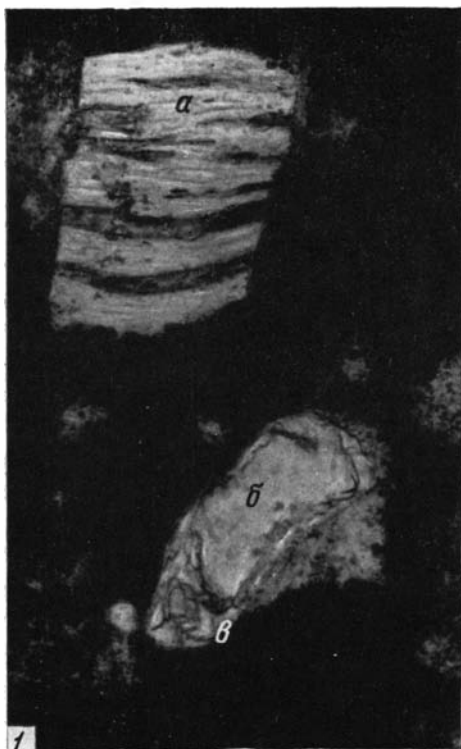


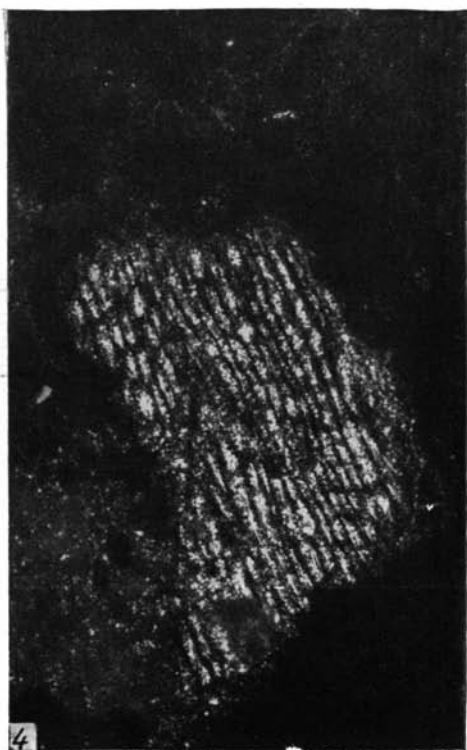
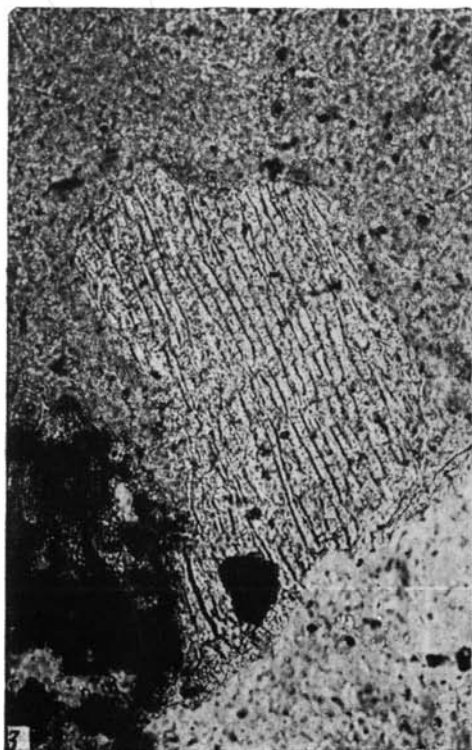
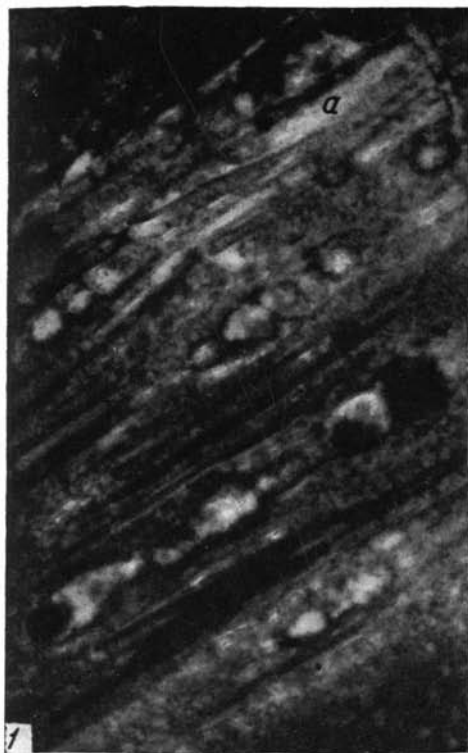


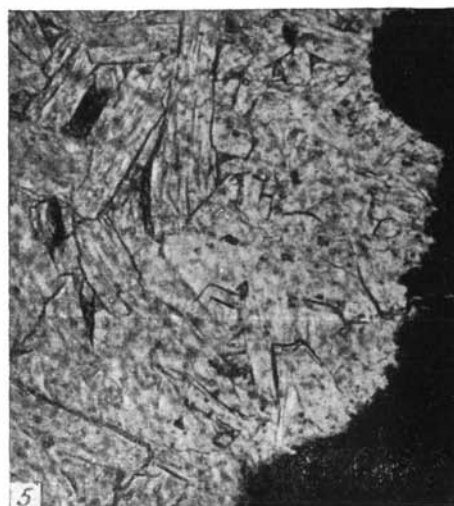
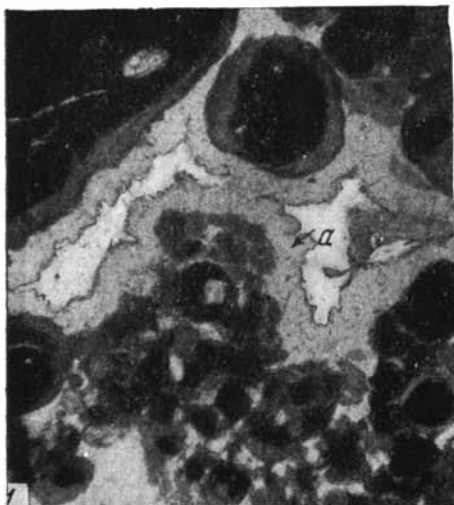


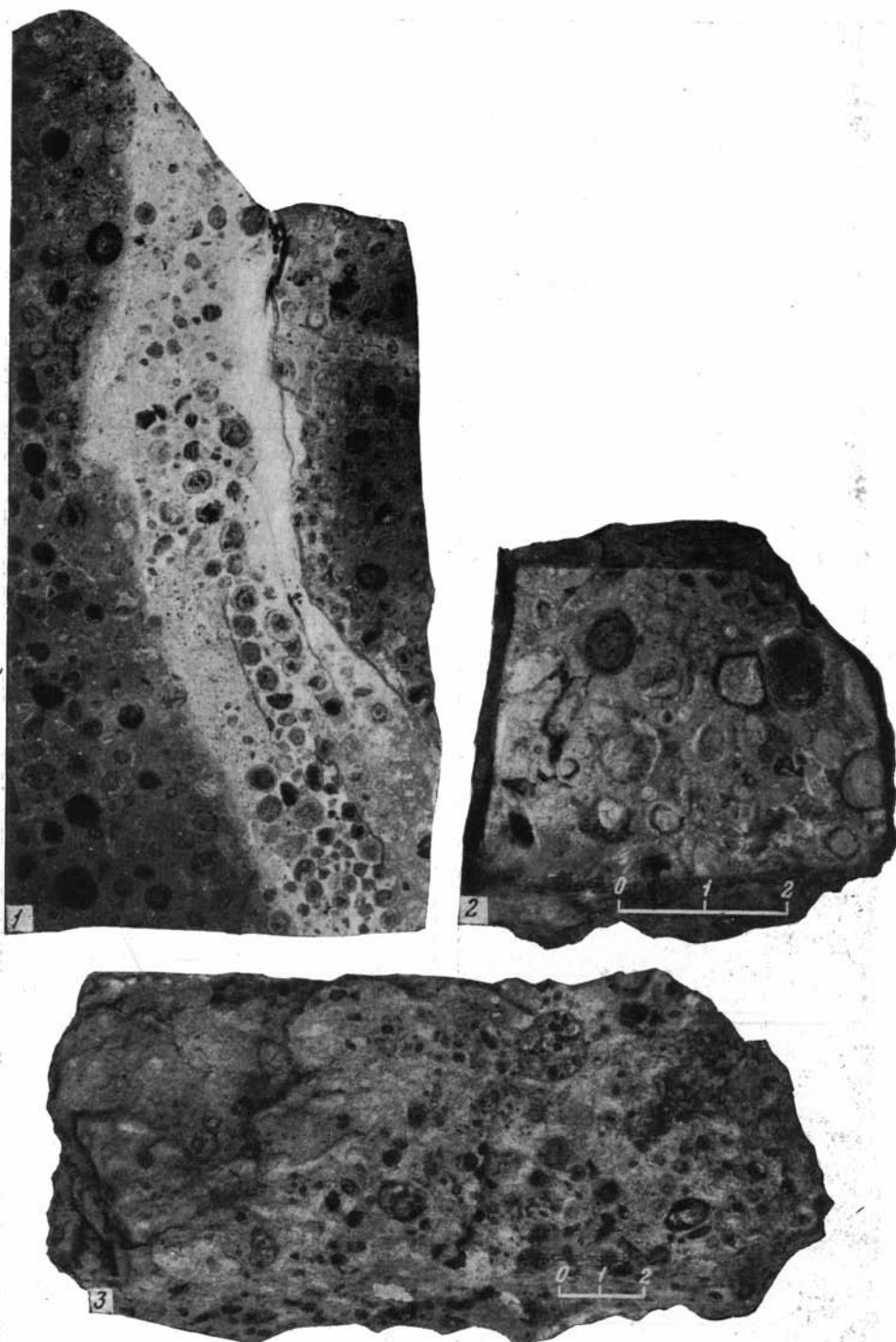


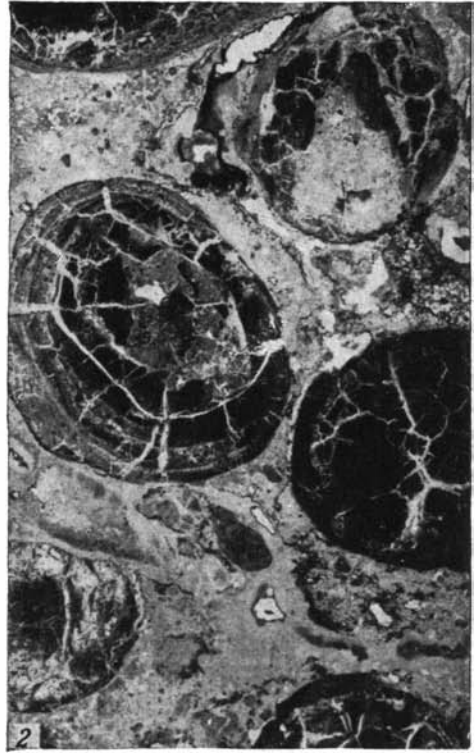


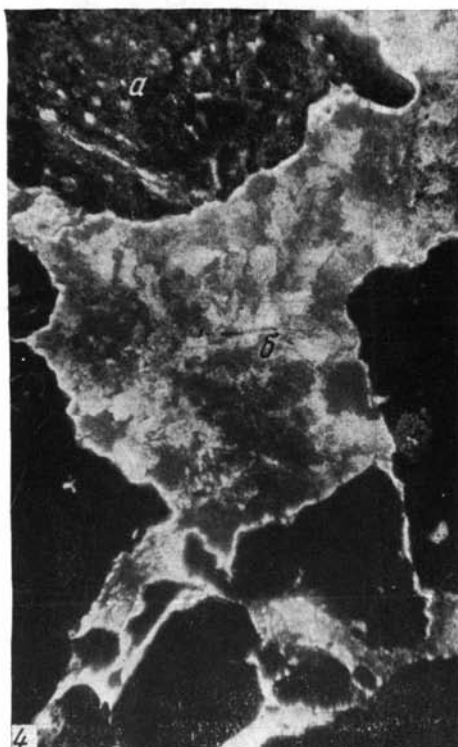
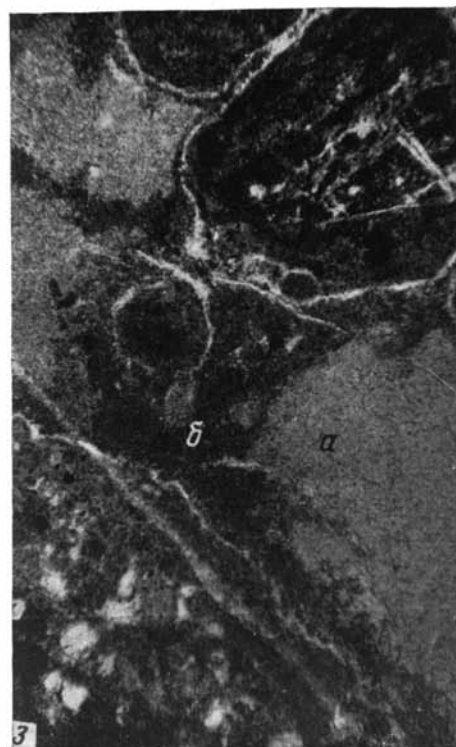
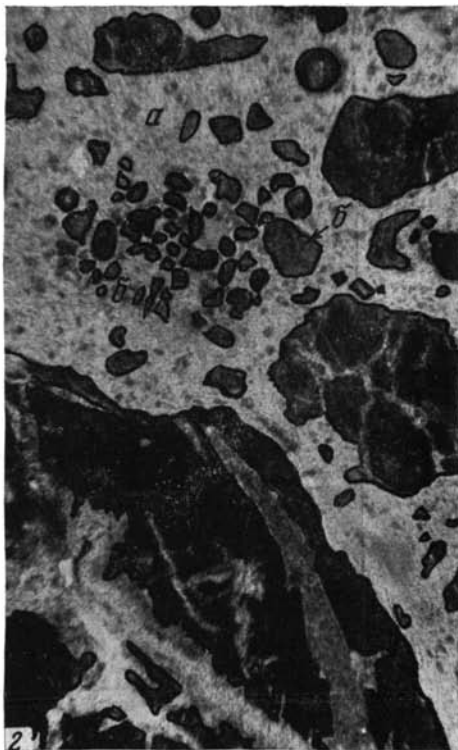
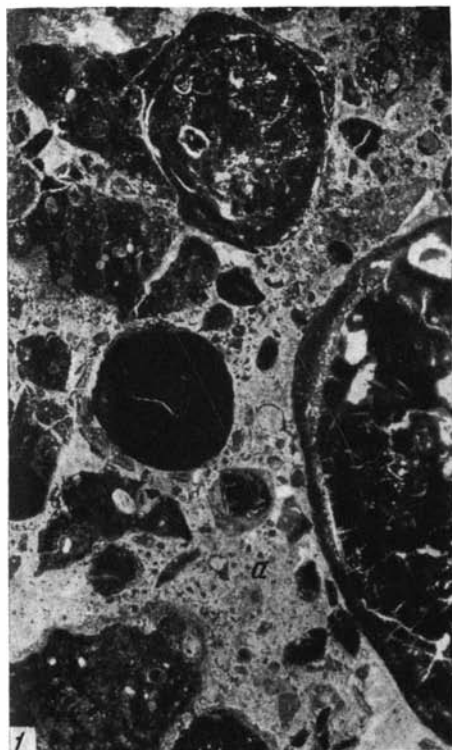


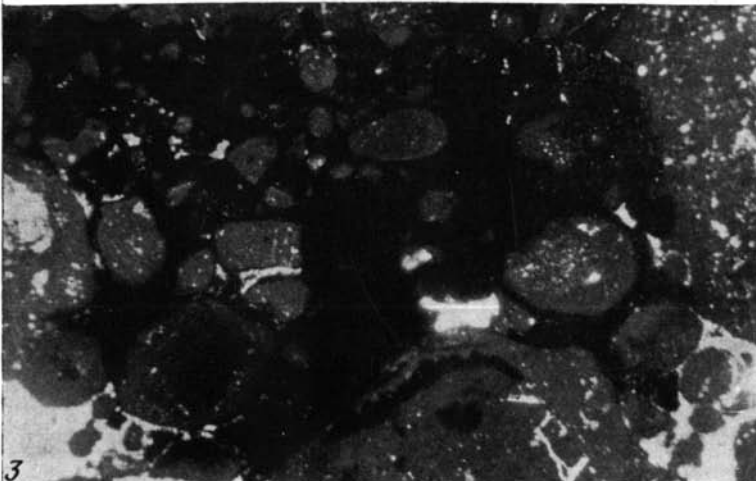
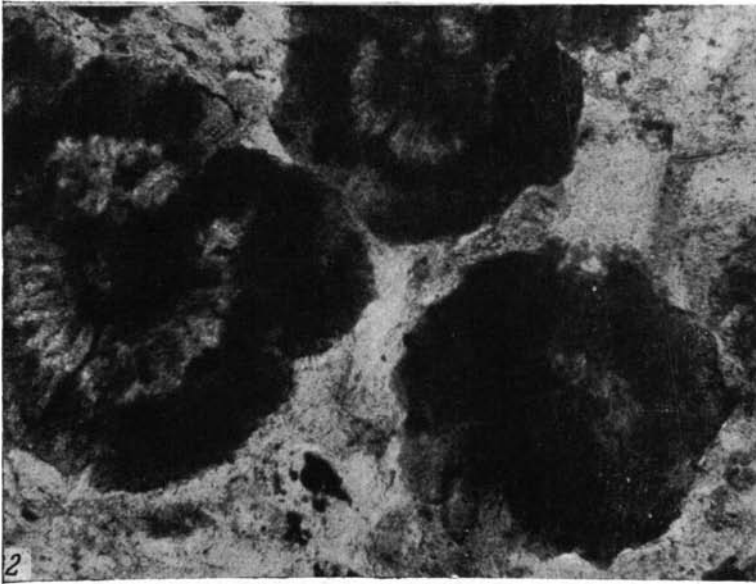
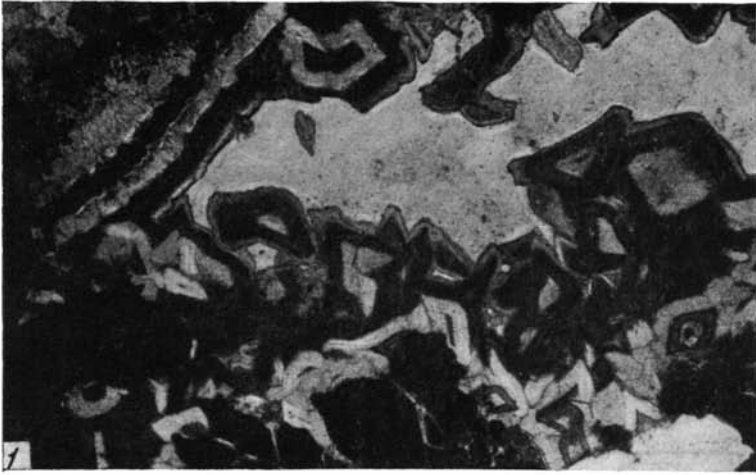












О Г Л А В Л Е Н И Е

	Стр.
Введение	5
<i>Глава I.</i> Краткая геологическая характеристика мезо-кайнозойских месторождений бокситов восточного склона Урала, Казахского нагорья и Западной Сибири	12
<i>Глава II.</i> Типовые разрезы бокситоносной толщи	12
<i>Глава III.</i> Классификация континентальных платформенных бокситов и глин бокситоносной толщи	24
<i>Глава IV.</i> Структурные типы бокситов и глин бокситоносной толщи	27
Глины смешанного состава (глинистые брекчии и песчаниковидные глины)	27
Глины каолининовые	29
Глины каолининовые и глиноземисто-каолининовые углистые или лигнитовые	30
Глины бокситовые	32
Бокситы глинистые	35
Бокситы сухаристые	37
Бокситы каменистые	39
Некоторые данные о составе и происхождении бобовин в бокситах и глинах	44
Желваки каменистого боксита в бокситовых глинах, глинистых и сухаристых бокситах	56
<i>Глава V.</i> Сравнительная характеристика и происхождение структурных типов глин и бокситов	59
<i>Глава VI.</i> Сравнительная характеристика химического и минерального состава бокситовых пород разных структурных типов	68
<i>Глава VII.</i> О влиянии вторичной минерализации на структуры и текстуры бокситоносных пород	74
<i>Глава VIII.</i> К вопросу о генезисе мезо-кайнозойских бокситов Восточного склона Урала, Казахского нагорья и Западной Сибири	79
Заключение	84
Литература	92
Объяснения к таблицам	96

CONTENTS

	Page
Introduction	5
Chapter I. Brief geological characteristics of Meso-Cenozoic bauxite deposits on the eastern slope of the Urals, in Kazakh upland and Western Siberia . . .	7
Chapter II. Type sections of the bauxite-bearing rock mass	12
Chapter III. Classification of continental platform bauxites and clays of the bauxite-bearing rock mass	21
Chapter IV. Structural types of bauxites and clays of the bauxite-bearing rock mass	27
Clays of a mixed composition (clay breccias and sand-like clays)	27
Kaolinitic clays	29
Kaolinitic and aluminiferous-kaolinitic coal and lignitiferous clays	30
Bauxite clays	32
Clay bauxites	35
«Rusk-like» bauxites	37
Stony bauxites	39
Same data on the composition and origin of beans in bauxites and clays	44
Nodules of stony bauxite in bauxite clays, clays and «rusk-like» bauxites	56
Chapter V. Comparative characteristics and origin of structural types in clays and bauxites	59
Chapter VI. Comparative characteristics of the chemical and mineralogical composition of bauxite rocks of different structural types.	68
Chapter VII. On the influence of secondary mineralization on the structures and textures of bauxite-bearing rocks	74
Chapter VIII. To the problem of the genesis of Meso-Cenozoic bauxites of the eastern slope of the Urals, the Kazakh upland and Western Siberia	79
Conclusion	84
Bibliography	92
Explanations to the tables	96

Н. А. Лисицына, М. В. Пастухова

Н. А. Лисицина, М. В. Пастухова

Структурные типы мезо-кайнозойских бокситов Казахстана и Западной Сибири

Труды Геологического института, выпуск 95

Утверждено к печати Геологическим институтом Академии наук СССР

Редактор издательства *И. М. Ерофеева* Технический редактор *О. Г. Ульянова*

Сдано в набор 6/V — 1963 г. Подписано к печати 1/X — 1963 г. Формат 70 × 108¹/₁₆.
Печ. л. 7 + 27 вкл. = 11,98 усл. печ. л. Уч.-изд. л. 13,8 (9,4 + 4,4 вкл). Тираж 1000 экз.
Т. 13022. Изд. 1649. Тип. зак. № 5691

Цена 93 коп.

Издательство Академии наук СССР, Москва, К-62, Подсосенский пер., 21
2-я типография Издательства, Москва, Г-99, Шубинский пер., 10

ИСПРАВЛЕНИЯ И ОПЕЧАТКИ

Страница	Строка	Напечатано	Должно быть
19	10 сн.	к верхней	к нижней
47	Табл. 4, графа 10, 10 сн.	1,10	1,10
48	Табл. 5, графа 8, 9 св.	4,453	4,253
48	там же, 7 св.	8,457	2,457
49	Табл. 5, графа 6, 25 сн.	1,376+	1,376
61	Табл. 9, графа 6, 7 св.	17,48	14,78
81	5 сн.	мелкие	меловые
82	8—9 св.	диагностическим	диагенетическим

