

УДК 551.435.551.4.07(571.5)

ЧЕХА В. П.

ДРЕВНИЙ КАРСТ СЕВЕРО-СИБИРСКОЙ БОКСИТОНОСНОЙ ПРОВИНЦИИ

Рассматриваются основные закономерности геоморфологического строения бокситоносного карста Северо-Сибирской бокситоносной провинции (Западное Прианабарье, бассейны рек Котуй и Маймеча). Восстанавливается палеорельеф времени бокситонакопления и его дальнейшая эволюция. Даются практические рекомендации для бокситопоисковых работ.

Геолого-геоморфологическое строение всех известных рудопоявлений новой, Северо-Сибирской, бокситоносной провинции [1, 2] неразрывно связано со строением древнего карста. Карстовые полости непосредственно определяют как форму, так и размеры рудных залежей, поэтому изучение закономерностей их строения имеет прямой практический интерес. Кроме того, древние карстовые полости и заполняющие их отложения важны для реконструкции палеорельефа и истории геоморфологического развития одного из наименее изученных районов заполярной части Среднесибирского плоскогорья.

Выявленный к настоящему времени бокситоносный карст располагается на обширной площади Западного Прианабарья в бассейнах левых притоков реки Котуй — Тукалана и Бысыттаха, левых притоков р. Маймечы — Амбардаха, Унгяна, на междуречье Котуя и Маймечи. В морфоструктурном отношении карстовые бокситоносные формы приурочены к относительно пониженному плато на карбонатных кембрийских породах между Анабарским кристаллическим массивом на востоке и вулканическим плато Путорана на западе. По данным геологов СНИИГиМСа (В. Ф. Филатов и др.), проявления бокситоносного карста имеются юго-восточнее и северо-западнее Анабарского массива.

Район исследований характеризуется широким развитием древних поверхностей выравнивания, а также пород мезозойско-кайнозойской бокситоносной формации, наличием следов бывшей речной сети, фиксируемой водораздельными галечниками на всех геоморфологических уровнях, древний, в том числе бокситоносным, карстом, являющимся предметом рассмотрения в статье.

Анализ ярусности рельефа и коррелятных ему мезозойско-кайнозойских образований позволил выделить три поверхности выравнивания: верхнетукаланскую, нижнетукаланскую, муруктинскую. Верхнетукаланская поверхность развита в основном в предгорьях плато Путорана. Она представлена плоскими мелкохолмистыми водоразделами, ступенчато воздымающимися к западу. Общее повышение отметок (от 600—650 до 780—820 м) отражает активизацию тектонических движений при приближении к плато Путорана. Нижнетукаланская поверхность повсеместно отделяется от верхнетукаланской уступами высотой 150—200 м. От предгорий Путорана и Анабарского массива происходит постепенное уменьшение абс. высот поверхности от 400—450 до 300—350 м. Площади, где ее высоты минимальны, выделены нами как зоны региональных понижений этого геоморфологического уровня. По этому признаку, а также по изменению характера мезорельефа (степень денудированности после окончания формирования поверхности), по изменению состава пород бокситоносной формации и типа рудного карста нижнетукаланская поверхность выравнивания разделяется на два уровня (верхний и нижний) с постоянными взаимопереходами между ними. Верхний уровень представлен предельно выровненными однообразными

денудационными поверхностями, а нижний более расчленен и имеет мелкохолмистый, увалистый рельеф с чередованием плоских возвышенностей, очень пологих склонов и обширных седловин. Нижележащая муруктинская поверхность формировалась путем педипленизации, расчленения более высокие уровни на массивы и отдельные останцы. Максимальному разрушению при этом подвергся нижний уровень нижнетукаланской поверхности. С приближением к плато Путорана и Анабарскому массиву муруктинская поверхность постепенно переходит в придолинную; ее абс. высоты увеличиваются от 200—250 до 300—350 м. Древние поверхности планации были тем фоном, на котором в четвертичный период шло дальнейшее усложнение рельефа. Наиболее значительными геоморфологическими элементами этого времени являются флювиальные. Речные долины характеризуются резко дифференцированными по площади глубинами врезов (от первых десятков до 70—80 м) и мощными накоплениями аллювиальных, флювиогляциальных и делювиально-солифлюкционных отложений.

Вмещающими породами для всех бокситопоявлений, расположенных в бассейнах рек Котуй и Маймеч, служат массивные доломиты кындынской толщи, объединяющей ленский ярус нижнего отдела, средний и верхний отделы кембрийской системы. В поле развития более древних и более молодых карбонатных толщ бокситопоявления не встречаются, хотя карстовые формы имеются. Породы характеризуются мелко- и среднезернистой структурой, часто пористы и кавернозны. Минимальное количество нерастворимых примесей (до 1%), близкое к горизонтальному залегание и большая мощность доломитов создавали в мезозое — кайнозое благоприятные предпосылки для широкого площадного развития карста.

По морфологическим признакам, характеру выполняющих полости отложений выделяются два типа карста: алысардахский и муустахский. Карст первого типа приурочен к плоским, слабоволнистым поверхностям останцовых элементов рельефа. Абс. высоты этих предельно выровненных денудационных поверхностей, являющихся фрагментами верхнего уровня нижнетукаланской поверхности выравнивания, изменяются от 380 до 450 м. Поверхности останцов, практически лишенные древесной растительности, перекрыты маломощным чехлом зеленовато-серых суглинков с обломками карбонатных пород и долеритов. Иногда развиты курумы доломитов.

На фоне суглинков отчетливо выделяются округлые воронки диаметром до 30—40, чаще 10—20 м (рис. 1). Они выполнены пестроцветными и охристыми глинами с обломками структурных бокситов и бурых железняков. Помимо изометричных воронок в бассейне р. Маймеч отмечаются линейные карстовые формы, приуроченные к тектоническим трещинам северо-западного и северо-восточного простирания. Глубина воронок, по данным бурения, колеблется от 14 до 34 м. Распространены карстовые формы неравномерно и группируются, как правило, в отдельные зоны, где коэффициент закарстованности достигает 7—8%. Один из фрагментов такой зоны показан на рис. 1.

Морфология карстовых полостей алысардахского типа и отсутствие в разрезах отложений, выполняющих воронки, карбонатного материала позволяет считать ведущим процессом их формирования выщелачивание. В свою очередь морфометрические показатели воронок являются, как указывал А. В. Ступишин [3], функцией времени или стадии развития поверхностных карстовых форм. По данным этого исследователя, конусовидная форма и соотношение глубины и верхнего диаметра до 1 : 5 характерно для начальной стадии развития карста. Это соотношение для преобладающей части описываемых форм равно в среднем 1 : 1. Дальнейшему развитию карста препятствовал заполняющий воронки глинистый материал.

Карст муустахского типа также развит на водораздельных поверхностях карбонатных массивов и отдельных останцов нижнего уровня нижнетукаланской поверхности с меньшими абс. высотами (300—

380 м). Рельеф водоразделов более расчленен и имеет мелкохолмисто-увалистый облик. Маломощный прерывистый покров зеленовато-серых суглинков и курумы доломитов создают на поверхности разнообразные криогенные структуры: пятна-медальоны, каменные полосы, многоугольники и др. Почти повсеместно распространены белые карбонатные пески с обломками выветрелых доломитов (продукты кор выветривания доломитов).

Мелкохолмисто-увалистые поверхности водоразделов интенсивно закарстованы. Все карстовые полости заполнены рыхлыми и глинистыми

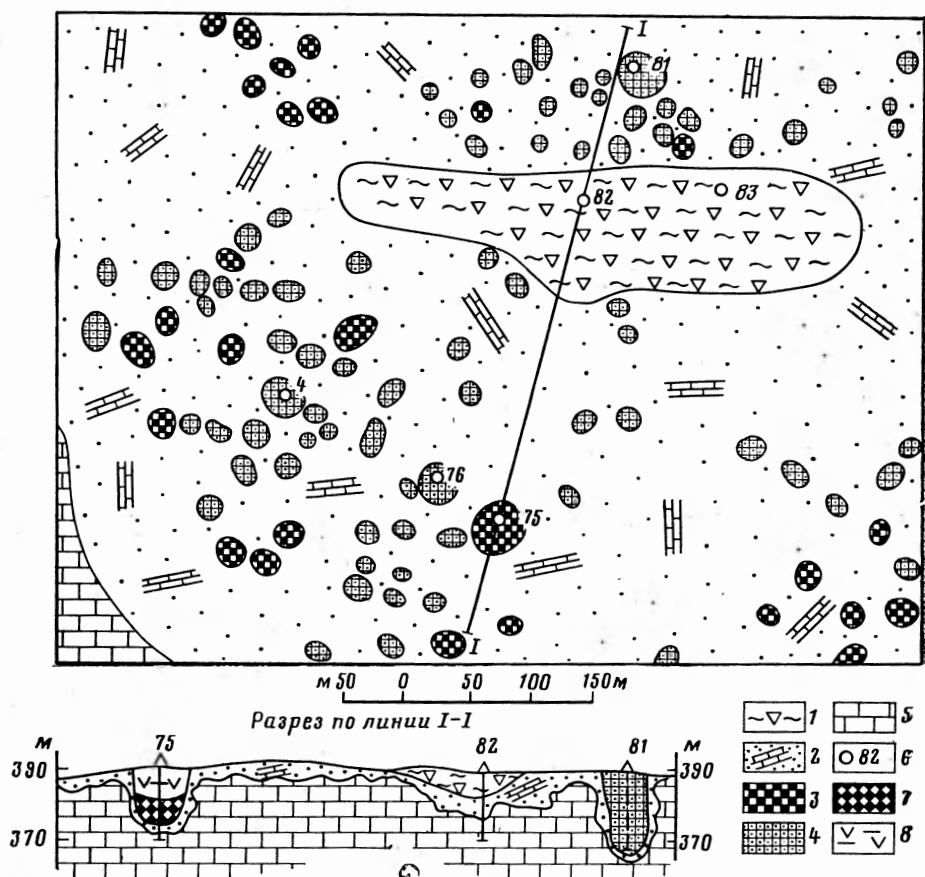


Рис. 1. Строение карста алысардахского типа

1 — четвертичные зеленовато-серые суглинки с обломками карбонатных пород и доломитов; 2 — белые карбонатные пески с обломками выветрелых доломитов (продукты коры выветривания доломитов); 3 — пестроцветные глины с обломками структурных бокситов; 4 — охристые глины с обломками бурых железняков; 5 — нижне-среднекембрийские доломиты; 6 — скважины и их номера; 7 — бокситы структурные; 8 — глины пестроцветные

бокситов. Карстовые формы, в отличие от карста алысардахского типа, более разнообразны: это либо асимметричные, эллипсовидные воронки диаметром до 40—50 м, либо линейные формы длиной до 100—150 и шириной 10—15 м (рис. 2). Линейность карста объясняется его заложением по тектоническим нарушениям. Это подтверждается замерами трещиноватости доломитов вблизи или на продолжении карстовых форм. Наиболее четко воронки выражены на участках выходов доломитов с маломощной (до 1 м) корой выветривания. Продукты выветривания окаймляют устья воронок в виде бордюра высотой до 10—50 см. Центральная часть складывается бокситами и несколько прогнута. В целом фиксируется отчетливо выраженная в рельефе блюдцеобразная форма воронок. В местах, где развита более мощная кора выветривания, конту-

ры воронок имеют нечеткие очертания. Бокситовый материал с поверхности значительно засорен четвертичными суглинками и карбонатными песками, часто слагает отдельные пятна-медальоны. Это обусловлено расположением бокситов под действием криогенных процессов. Карстовые рудоносные формы в пределах наиболее значительной Муустахской группы бокситопоявлений [2] распространены практически по всей древней поверхности, но плотность их различна. Участки, где коэффици-

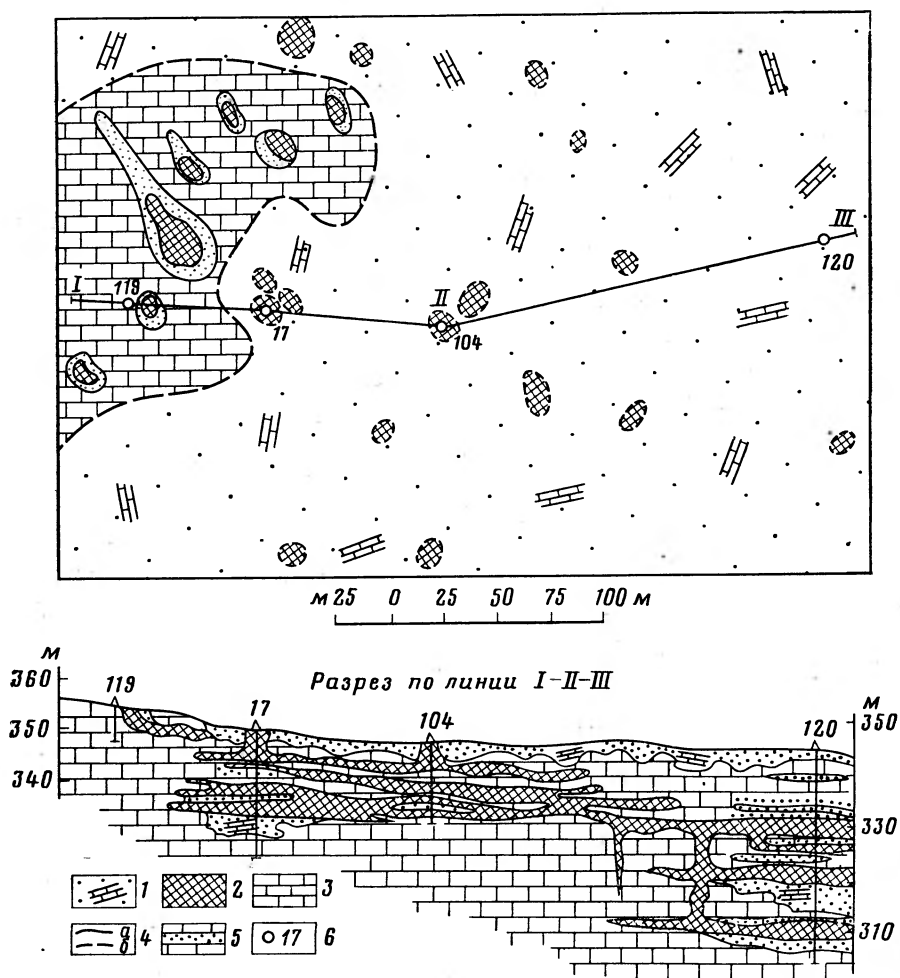


Рис. 2. Строение карста муустахского типа (Муустахская группа бокситопоявлений) 1 — белые, желтые, красные карбонатные пески с обломками выветрелых доломитов, бокситов, железняков (продукты коры выветривания доломитов в пределах карстовых рудных зон); 2 — бокситы рыхлые и глинистые; 3 — ниже-среднекембрийские доломиты; 4 — геологические границы: а — четкие, б — расплывчатые; 5 — доломиты выветрелые; 6 — скважины и их номера

ент поверхностной закарстованности достигает первых процентов, объединяются в карстовые зоны. Одна из таких зон показана на рис. 2.

Гораздо шире поверхностного развит подземный карст. Он имеет форму субгоризонтально расположенных галерей и канав, соединенных в толще доломитов вертикальными воронками и колодцами (рис. 2). Коэффициент подземной закарстованности в пределах карстовых зон (т. е. соотношение прослоев бокситовых пород и доломитов) колеблется от 4—6 до 50—60%, составляя в среднем 24,7% (данные по 26 скважинам). Формирование подземных полостей происходило в процессе растворения доломитов по тектоническим трещинам и трещинам напла-

ствования. На формы карста как существенно коррозионные указывают прослои доломитов с ненарушенным горизонтальным залеганием. Подземные рудоносные галереи вскрываются на денудационных склонах останцов и служат местами развития структурных уступов. Последние протягиваются по простиранию склонов, иногда расщепляясь или сливаясь между собой, на многие сотни метров и создают ступенчатый микрорельеф. Мощность вскрытых галерей не превышает первых метров, а в уступах обнажаются горизонтально залегающие коренные породы. Это является дополнительным признаком послынного выщелачивания как ведущего процесса формирования подземного карста.

Одной из общих закономерностей развития карста является постепенное усложнение его форм [4]. Древний карст алысардахского типа, представленный воронками поверхностного выщелачивания, является примерно одновозрастным и находится в начальной стадии развития вследствие консервации глинистыми образованиями. Поверхностные карстовые формы муустахского типа имеют на Муустахской группе бокситопоявлений абс. высоты 320—380 м, а нижний предел многоэтажного подземного карста опускается до 280—300 м, фиксируя базис его развития. Мощность закарстованной толщи доломитов достигает, таким образом, 40—80 м, увеличиваясь при возрастании высот. Это, несомненно, отражает результат более сложного развития карста муустахского типа и свидетельствует не только о продолжительном времени формирования бокситовых залежей, но и об их разновозрастности или многоактности создания. Верхние этажи карста являются при этом более древними.

Общей чертой карстовых форм обоих типов является приуроченность к водораздельным поверхностям карбонатных массивов. Карстовые формы распространены на фоне площадного развития кор выветривания доломитов. Продукты этой своеобразной коры представлены белыми карбонатными песками с обломками выветрелых коренных пород. Там, где процесс корообразования захватил закарстованные зоны с залежами бокситов, пески прокрашены в желтые, красные цвета и содержат обломки боксита и железняка. Судя по естественным обнажениям и разрезам скважин, выветривание проникало на глубину более 100 м, превращая массивы доломитов в сложное чередование трещиноватых, кавернозных пород и карбонатных песков. Процессом, определяющим формирование коры выветривания, было растворение цементирующей доломитовой массы, сопровождаемое обособлением сравнительно крупных доломитовых кристаллов [5]. Нами описаны разрезы, в которых видно, что вокруг трещин и каверн, заполненных бокситами или пестроцветными глинами, развита песчаная оторочка, переходящая постепенно в выветрелый доломит. Характерной особенностью бокситоносных воронок является окаймляющая их устья в виде бордюра и опускающаяся вдоль их стенок кора выветривания. Бокситы же в воронках, как правило, не засорены карбонатным материалом и залегают на доломитах. Для карста алысардахского типа характерно отсутствие коры выветривания в днищах воронок. Все это, по нашему мнению, свидетельствует о наложении корообразования на уже созданные и заполненные бокситоносными отложениями карстовые полости. Ход рассматриваемых процессов зависел от климатической обстановки [6].

Палеогеоморфологическая обстановка формирования карста алысардахского типа соответствует его нынешнему, водораздельному положению. Это подтверждается фаціальным обликом заполняющих его образований, которые представлены несортированными, неслоистыми пестроцветными и охристыми глинами с разновеликими обломками структурных бокситов и бурых железняков. Пестроцветные глины часто сохраняют структуру долеритов. Такие породы являются продуктами самого ближнего (десяtkи метров) переотложения латеритной коры выветривания, формировавшейся в мезозое на долеритах. Сходные размеры воронок позволяют говорить о том, что со времени заполнения форма их изменилась незначительно. В противном случае на любом уров-

не денудационного среза водоразделов мы встречали бы разнообразные по форме и размерам карстовые полости.

Карст муустахского типа пережил, как уже отмечалось, более сложное развитие. О значительном изменении первоначального облика поверхностей бокситонакопления свидетельствуют следующие факты. По наиболее представительным разрезам заполняющие карст бокситы описываются как глиноподобная масса с переменным количеством окатанного, довольно мелкого (до 2—3 см, редко больше) материала каменных бокситов [7]. В разрезах чередуются пачки рыхлых (с содержанием обломков более 50%) и глинистых бокситов. Встречаются и однородные толщи руд. Указанные фациальные признаки противоречат современной приуроченности залежей бокситов к водораздельным поверхностям останцовых элементов рельефа, иногда весьма незначительным по площади. Яркой чертой бокситоносного поверхностного карста является несогласованность его распределения с современным мелкохолмисто-увалистым рельефом останцов. Воронки располагаются как на вершинах холмов и гряд, так и на их склонах; линейный карст, имея определенное направление, сечет холмы и гряды под различными углами. Все это говорит о том, что древний рельеф в пределах останцов сильно видоизменен. Подтверждается этот вывод и одинаковым фациальным обликом бокситов в пределах всего высотного интервала развития карста, достигающего на Муустахском останце 80—100 м.

При восстановлении истории развития бокситоносного карста необходимо определить основные возрастные рубежи формирования поверхностей выравнивания и коррелятных им бокситоносных образований. Согласно палеогеографическим реконструкциям, возникновение латеритных кор выветривания в запольных широтах Сибири могло происходить в раннем мелу [8]. К этому времени, вероятно, нужно относить и начало образования основной бокситоносной — нижнетукаланской поверхности выравнивания. В меловое время она представляла денудационную возвышенную равнину, на которой формировались латеритные коры выветривания. Бокситонакопление в ее пределах происходило в незначительных размерах. Основными площадями локализации осадочных бокситов служили зоны региональных понижений нижнетукаланской поверхности, которые представляли собой низменные аккумулятивно-денудационные равнины с хорошо разработанной речной сетью. Бокситовые залежи формировались в обширных мелкозакарстованных долинообразных понижениях и представляли собой плащеобразные покровы, мощность которых возрастала к центрам эрозионно-карстовых понижений. Об этом свидетельствуют монотонный, однородный вещественный состав современных залежей и присутствие их практически на всех фрагментах нижнего уровня нижнетукаланской поверхности. Выравнивание территории и образование осадочных бокситов продолжалось, вероятно, до палеоцена включительно. Длительный этап планации завершился в эоцене накоплением толщи сероцветных песчано-глинистых осадков, которые захоронили на части территории (бассейн р. Мойеро, к юго-востоку от рассматриваемой площади) бокситоносные образования. Это создало различные условия для сохранности залежей бокситовых руд.

Усиление тектонических движений в конце палеогена привело к общему увеличению высоты территории и усилению контрастности рельефа. Вся территория Прианабарья, в том числе и низменные равнины, подверглась денудации; началось расчленение исходных геоморфологических уровней. Последовавший за поднятием этап стабилизации тектонических движений создал условия для возникновения муруктинской поверхности. На рассматриваемой площади она формировалась путем педипленизации. Бокситоносный нижнетукаланский уровень начал расчленяться на массивы и отдельные останцы. Понижение базисов эрозии привело одновременно к оживлению карстовых процессов и вымыванию бокситов в толщи карбонатных пород. Неоднократные понижения базисов развития карста приводили к формированию подземных многоэтаж-

ных карстовых полостей, которые по мере их роста заполнялись бокситами поверхностных залежей. При ухудшении климата в неогене на рудоносный карст наложилось корообразование в доломитах, продолжавшееся в четвертичное время. Таким образом, основной этап разрушения бокситов и рассеивания единых пластообразных залежей по толщам карбонатных пород был связан с формированием муруктинского педиплена. Последний получил максимальное развитие в пределах зон региональных понижений. К плато Путорана и Анабарскому массиву муруктинская поверхность переходит в придолинную, т. е. локализуется в виде узких вытянутых понижений при одновременном возрастании глубины врезов. Это обстоятельство и послужило причиной различной сохранности бокситоносной нижнетукаланской поверхности.

Четвертичная речная сеть была создана в основном в пределах развития муруктинской поверхности и поэтому существенно не повлияла на разрушение бокситовых залежей, хотя и вызывала активизацию карстовых процессов, в том числе в районах развития бокситоносного карста.

Как видно из приведенных материалов, основным фактором разнообразия бокситового материала по толщам карбонатных пород (т. е. процесса расчленения единых пластообразных залежей на мелкие карсто-воронковые и карсто-линзообразные) служило карстообразование после накопления бокситовых залежей. Консервация первичного бокситоносного карста и его лучшая сохранность возможна в случае захоронения под более молодыми отложениями. Выше отмечалось, что юго-восточнее рассматриваемой территории, в бассейне р. Мойеро, нижнетукаланская поверхность перекрыта песчано-глинистыми эоценовыми осадками. О существовании бокситовых руд на этой площади свидетельствуют обломки бокситов, которые попадали в аллювий современных рек при врезании четвертичных долин и вскрытии на отдельных участках бокситоносного карста, приуроченного к возвышенностям древнего рельефа и погребенного под рыхлыми отложениями эоцена. Таким образом, на указанной площади возможно выявление карсто-котловинных и карсто-пластообразных залежей промышленного значения. При бокситопоисковых работах необходимо также учитывать, что наиболее перспективными будут обширные и слаборасчлененные участки нижнетукаланской поверхности выравнивания, приуроченные к зонам ее региональных понижений.

ЛИТЕРАТУРА

1. Дренов Н. В., Исаева Л. Л., Митяев А. Г., Брызгалова М. М., Биджиев Р. А. Новые данные о бокситоносности Сибирской платформы.— Докл. АН СССР, 1975, т. 229, с. 1176.
2. Забиров Ю. А., Чеха В. П. Первые бокситопоявления и перспективы Северо-Сибирской бокситоносной провинции.— Литол. и полезн. ископ., 1978, № 2, с. 31.
3. Ступинин А. В. Равнинный карст и закономерности его развития на примере Среднего Поволжья. Казань: Изд-во Казанск. ун-та, 1967. 291 с.
4. Щукин И. С. Общая геоморфология. Т. 2, М.: Изд-во МГУ, 1964. 563 с.
5. Пичугин М. С. О генезисе доломитовой муки в палеозойских отложениях Русской платформы.— В кн.: Металлогения осадочных и осадочно-метаморфических толщ. М.: Наука, 1966. 145 с.
6. Черняховский А. Г., Градусов Б. П., Чижикова Н. П. Типизация, генезис и география современных кор выветривания.— Литол. и полезн. ископ., 1976, № 2, с. 47.
7. Чеха В. П., Шевцов А. П., Филатов В. Ф. К вопросу о типе бокситопоявлений в Котуй-Маймечинском районе Сибирской платформы.— В кн.: Бокситы. Сб. научн. трудов. М.: ВИМС, 1980, с. 75.
8. Малолетко А. М. Климатическая обусловленность миграции зон бокситонакопления.— В кн.: Пробл. геол. Сибири. Томск: Изд-во Томск. ун-та, 1971, с. 124.

Ангарская геологоразведочная
экспедиция Красноярского
геологуправления Мингео РСФСР

Поступила в редакцию
16.VI.1980

ANCIENT KARST OF NORTH SIBERIAN BAUXITE PROVINCE

CHEKHA V. P.

Summary

Two principal types of bauxite-bearing karst are distinguished: alysardakhian and muustakhian. In the first type cavities are filled with weathering products (lateritic crusts); their position at present corresponds to paleogeographical environment of the time of their formation. Bauxites originally were accumulated at the day surface within vast valley-like depressions. Karst cavities of the second type are filled with sedimentary bauxites and are mostly subterranean and multilayer due to more complicate history of their evolution. The conditions of ancient karst development are of importance for bauxites search.
