

*Г. А. Максимович, В. П. Костарев*

## **ПРАКТИЧЕСКОЕ ЗНАЧЕНИЕ КАРСТА СИБИРИ**

Вследствие довольно широкого развития карста в пределах Сибири [26, 29], с ним приходится встречаться при решении целого ряда практических вопросов. Кратко остановимся на тех, где роль карста особенно значительна.

Полезные ископаемые карстового типа. Карстовые формы нередко содержат разнообразные минералы и горные породы, скопления которых представляют промышленный интерес. Полезные ископаемые карстовых пустот по происхождению делятся на автохтонные и аллохтонные [21, 23]. Первые образуются за счет переотложения растворимого вещества самих карстующихся пород, вторые – осадочного генезиса (механические, химические, органогенные, смешанные и др.). Автохтонные образования пока неизвестны.

К аллохтонным образованиям в Сибири относятся механические (алмазы, золото, пески, огнеупорные глины), химические (бокситы) и органогенные (фосфориты, селитра) полезные ископаемые.

Почти повсеместно, где отмечены погребенные карстовые воронки (Енисейский кряж, Патомское нагорье, Иркутская и Черемховская области и др.), встречаются карстовые месторождения огнеупорных каолиновых глин, являющихся сырьем для производства фарфора и огнеупоров.

Последнее время широкой известностью пользуются месторождения фосфоритов карстового типа. Карстовые фосфориты по происхождению делятся [23] на первичные биогенные (залежи гуано, костяные брекчии), вторичные биогенно-метасоматические (островные, пещерные) и вторичные остаточно-метасоматические (остаточно механические, остаточно-химические и смешанные химико-ме-

ханические). Последние имеют наибольшее практическое значение. Образуются они в результате выветривания известняков и накопления фосфатов, которые были первоначально рассеяны в известняках. Это объясняется большей стойкостью фосфоритов к выветриванию, нежели известняков.

К остаточно-метасоматическому типу относятся Адиаксинское и Пызасское месторождения в Горной Шории [23]. Такие же фосфориты обнаружены в районе Восточных Саян (бассейн р. Сисим) и в Западном Прибайкалье [14, 15]. Обычно фосфатопоявления приурочены к карбонатным отложениям синия и кембрия (Горная Шория, Восточные Саяны), реже – к верхнепротерозойским известнякам (Западное Прибайкалье). Содержание фосфорного ангидрида в карстовых фосфоритах высокое – от 15 до 28 % [15]. Эти фосфориты без обогащения могут быть использованы для получения фосфоритной муки. Н. А. Красильникова и А. И. Смирнов [16] отмечают наличие карстовых фосфоритов в бассейне р. Усы (Кузнецкий Алатау), приуроченных к карбонатным отложениям усинской свиты кембрия. Фосфориты отличаются высоким качеством и содержат до 30–32 % фосфорного ангидрида. Запасы карстовых фосфоритов иногда значительны. Так, только по четырем карстовым участкам Пызасского месторождения в Горной Шории они достигают 15 млн. тонн [35].

В пещерах Сибири, особенно на Алтае и Дальнем Востоке, возможны скопления гуано, главным образом, летучих мышей. М. Ф. Розеном [33] на Алтае в пещере по правому берегу Чарыша напротив д. Усть-Чагирка обнаружены десятки тысяч этих животных и залежи гуано [25]. Множество летучих мышей и в пещерах по р. Арзамасовке, впадающей в залив Ольги [4]. Гуано может служить местным удобрением.

Некоторые исследователи [7, 8, 18, 39] в Приенисейском районе выявили карстовый тип месторождений бокситов. Отмечается пространственная связь бокситов с участками развития карстующихся карбонатных отложений верхнего силура, нижнего и среднего кембрия. Возраст карста третично-мезозойский [18]. Карстовый тип месторождений бокситов развит в северо-западной оконечности Енисейского кряжа (Татарское месторождение), в верховьях рр. Подкаменной Тунгуски, Большой Варламовки, Верхней Лебедянки, Осиновки (правые притоки Енисея), на левых притоках р. Бахты.

В Сибири отмечаются и марганцевые оруденения карстового типа. Они наблюдаются в Усинском и Мазульском месторождениях марганца в Кузнецком Алатау [12, 30, 31] и на Яшкинском месторождении известняков в Кузнецком бассейне [2].

В районе Усинского месторождения среднекембрийские

мраморы закарстованы на глубину до 300 м. Карстовые полости в этих породах, ныне заполнены пещерными карбонатными брекчиями с повышенным содержанием марганца [11, 31].

На Яшкинском месторождении закарстованы известняки пачинской свиты франского яруса. В четвертичных отложениях, выполняющих карстовые формы, встречаются более или менее значительные концентрации псилломелана в виде неправильных гнезд, жильных и корневидных включений [2].

За последние годы в Сибири, особенно в Южной Якутии, выявлена группа месторождений золота, связанная с процессами карстообразования и приуроченная к карбонатным породам, преимущественно палеозойского возраста. Такие месторождения отмечаются на Енисейском кряже [32, 38], Патомском нагорье [29], Алданском щите [5, 28], Салаирском кряже [31], в Кузнецком Алатау [11].

В россыпных месторождениях к карстовым формам могут быть приурочены повышенные концентрации алмазов. Отмечены они в бассейне р. Малая Батуобя, вблизи знаменитой кимберлитовой трубки «Мир». Алмазоносные нижнелейасовые отложения подстилаются здесь на небольшой площади (200×400 м) закарстованными карбонатными породами ордовика, что способствовало сохранению их от размыва [3, 6].

Карстующиеся породы – известняки, гипсы, ангидриты, соли – сами являются полезными ископаемыми. Сильная закарстованность снижает их качество, что необходимо учитывать при разработке месторождений. Так, при подсчете запасов Усть-Борзинского месторождения известняков в Восточном Забайкалье проводилось тщательное исследование и учет карстовых явлений [10].

Значение карста при разработке месторождений полезных ископаемых. Наличие карстовых полостей значительных размеров в карстующихся породах может быть причиной аварий и поломок бурового инструмента.

Карст, благодаря большому скоплению воды в подземных карстовых полостях, вызывает затруднения при эксплуатации месторождений полезных ископаемых, залегающих под закарстованными породами или перемежающихся с ними. Шахты и другие горные выработки, вскрывая карстовые полости, вызывают обильный приток подземных вод, что требует мощных водоотливных средств или прекращения дальнейшей проходки. Так, в феврале 1959 г. на руднике Таштагол (Горная Шория) произошел прорыв карстовых вод, затопивших весь нижний горизонт. Приток воды первоначально достигал  $2200 \text{ м}^3/\text{час}$ , превысив обычный более, чем в 10 раз [17].

Этот случай послужил толчком к более тщательному изу-

чению карста на месторождении. В результате исследований было установлено, что отдельные карстовые полости, заполненные насыщенным водой обломочным материалом, соединяются между собой. При вскрытии горными выработками они служат дренирующими каналами для значительных статических запасов подземных вод [13]. Это может привести и к аварийным прорывам вод в горные выработки.

Глубинные карстовые провалы имеют большое значение и в месторождениях каменного угля. Так, провалы, отмеченные во многих шахтах Иркутского угольного бассейна, нарушают целостность угольных пластов, разубоживают пласт или совсем уничтожают большие его площади [29].

Наличие карста не всегда является отрицательным фактором, т. к. карстовые подпластовые полости можно использовать для спуска в них шахтных вод, экономя этим электроэнергию и рабочую силу.

Значение карста при гидротехническом строительстве. Наличие карстовых полостей и трещин в породах, слагающих берега и ложе реки, осложняет сооружение плотин, гидроэлектростанций, водохранилищ, мостовых переходов. Недоучет карста при их проектировании может стать причиной утечки воды из водохранилищ, неудач при строительстве плотин и мостов. Особенно важно изучение карста в районах Сибири в связи с широким размахом строительства крупнейших гидроэлектростанций на Ангаре и Енисее.

В зарубежной и отечественной практике известны десятки случаев недоучета карста, приводивших к печальным последствиям. Но это не означает, что в районах развития карста нельзя строить плотины и гидростанции. В этих случаях следует детально исследовать карстовые явления и процесс в целом, изучить, по возможности, все существующие карстовые полости и выработать мероприятия по борьбе с ними. Такое изучение карста сопровождало проектирование каскада гидроузлов на Ангаре в районе с. Бархатово [1, 19, 20, 36].

Н. А. Флоренсов и М. Ф. Кузнецов [37], давая общую оценку геологических условий гидротехнического строительства в бассейне р. Селенги, отмечают, что в районах затопления и подтопления озерно-аллювиальных равнин в поверхностных отложениях могут встретиться участки, содержащие мирабилит. Карст мирабилита может вызвать нежелательные явления. При растворении мирабилита на глубине возникают просадки грунтов, а при растворении в речной воде может образоваться сульфатоминерал кальция – «цементная бацилла». При дальнейшем изучении следует разработать способы нейтрализации этого соединения.

Значение карста при дорожном, промышленном и гражданском строительстве. Издавна известны деформации железнодорожного полотна в районах развития карстующихся пород. Карстовые провалы под путями возникают очень быстро и нарушают нормальные условия эксплуатации железных дорог, вызывают перебои в движении поездов, а иногда обуславливают большие затраты средств и даже перенос путей. Такие примеры для Сибири не известны, но тем не менее исследования карстовых явлений на участках, где проектируются и строятся новые железные дороги, следует проводить с особой тщательностью.

При строительстве гражданских и промышленных зданий со значительными нагрузками в карстовых районах нельзя ограничиваться обычными исследованиями до глубины 5–7 метров. Наряду с четвертичными отложениями нужно изучать Карстующиеся породы, степень их закарстованности, формы проявления, глубину распространения и размеры подземного карста, скорость развития карстовых процессов, особенно в районах гипсового карста.

Карст Сибири – главным образом глубинный, часто не выраженный на поверхности водораздельных пространств. При возведении тяжелых сооружений карст может сказаться и на поверхности, вызвав деформацию построек.

При инженерно-геологических исследованиях закарстованных территорий большое практическое значение имеет определение происхождения карстовых воронок. В районах, сложенных слабо растворимыми известняками и доломитами, где зона горизонтальной циркуляции находится на значительной глубине, провальные воронки почти не образуются. Поэтому условия строительства здесь более благоприятные, нежели в районах с неглубоким залеганием зоны горизонтальной циркуляции, где развиты провальные воронки [27]. При определении инженерно-геологических условий в обжитых районах можно использовать классификацию устойчивости территорий [24].

Водоснабжение в карстовых районах. Карстовые районы характеризуются своеобразными условиями водоснабжения. Атмосферные осадки, талые снеговые воды и, частично, речные воды поглощаются трещинами, понорами, воронками и отводятся вглубь карстующихся пород. Поэтому многие карстовые районы бедны поверхностными водами. Условия движения и химический состав трещинно-карстовых вод определяются мощностью и составом карстующихся пород, их залеганием, степенью нарушенности и трещиноватости, закарстованностью и др. факторами.

Обычно карстовые воды благоприятны для водоснабжения

населенных пунктов, особенно воды карбонатных отложений, где минерализация в большинстве случаев менее 1 г/л. Так, в настоящее время трещинно-карстовые воды палеозойских известняков являются источником водоснабжения Салаирских рудников, с. Гавриловского и рабочего поселка г. Гурьевска [9], некоторых районов Кузнецкого бассейна [31] и Малого Хингана, Борзинского рудника в Забайкалье и др. [10].

Воды сульфатных отложений более минерализованы (от 0,5 до 1 и более г/л), и использование их для водоснабжения требует большей осмотрительности.

Каменная соль является наиболее растворимой породой. Воды, циркулирующие в соленосных отложениях, значительно минерализованы (до 300 и более г/л). Для водоснабжения применяться не могут. Благодаря повышенному содержанию ионов калия, брома и бора они используются в качестве промышленных растворов (район Кемпедняйских куполов, район Олекминска и др.).

С карстом тесно связана проблема технического водоснабжения. Вода, насыщенная продуктами растворения карстующихся пород, т. е. минерализованная или просто жесткая, не пригодна для использования в паровых котлах, кожевенной, дубильной, красильной и др. промышленности.

Для россыпных месторождений, имеющих значительное распространение в Сибири, при промывке породы необходимо большое количество воды. В случае расположения месторождения в районе выхода карстовых источников, процесс добычи полезного ископаемого значительно удешевляется. Сильно удорожается и осложняется разработка месторождений в районах исчезающих речек и бедных грунтовыми водами, где карст действует как иссушающий фактор. К таким месторождениям необходимо подводить воду издалека, затрачивая при этом массу средств. Иногда из-за недостатка воды разработка месторождений вообще становится нерациональной. В таких районах возможно использование подземных вод карста.

Карст имеет также большое значение для сельского хозяйства. Известковые почвы служат замечательным пастбищем. В этих районах может успешно развиваться животноводство. В районах распространения многолетнемерзлых грунтов можно найти «теплые» земли на массивах закарстованных карбонатных пород, где возможно выращивание западных сортов пшеницы, кукурузы и других культур.

Наличие карста сказывается и отрицательно. Большое количество воронок, провалов портит пахотные угодья, затрудняет применение машинной техники, создает эрозию почв.

Нет надобности подробно характеризовать значение пещер – оно общеизвестно. Пещеры изучаются гидрогеологами и геоморфологами, археологами и палеонтологами, минералогами и гляциологами, метеорологами и гидрологами, зоологами и ботаниками. Например, наблюдения в пещерах используются при геоморфологических исследованиях. Часто паузы в вертикальных движениях земной коры в карстовых районах сопровождаются образованием в речных долинах цокольных террас и горизонтальных пещер. Это позволяет синхронизировать эти эрозионные и карстовые образования. Коррелируя горизонтальные карстовые пещеры с речными террасами, можно установить возраст последних [22].

Карст в Западной Сибири нередко помогал при геологическом картировании. В ряде плохо обнаженных районов при отсутствии коренных выходов контакты задернованных карбонатных толщ прослеживались по цепочкам воронок. Карстовые формы, заметные на аэрофотоснимках, также помогали проведению геологических границ и выявлению элементов внутренней структуры карбонатных полей Западной Сибири [31].

В связи с широким размахом строительства карст в Сибири приобретает все большее и большее значение.

При этом необходимо учитывать, что сибирский карст главным образом глубинный и развит в районах широкого распространения многолетнемерзлых грунтов, что имеет существенное практическое значение. Поэтому исследование карста при строительстве, поисках и разработке месторождений полезных ископаемых должно быть особенно тщательным.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Александров И. Г. Проблема Ангары. Гос. соц. -экон. изд-во, М.–Л., 1931.
2. Александров К. И., Гольберт А. В. О происхождении марганцевого оруденения на Яшкинском месторождении известняков. Геология и геофизика, № 1, 1961.
3. Алмазы Сибири. Госгеолтехиздат, М., 1957.
4. Арсеньев В. К. В дебрях Уссурийского края. Географгиз, М., 1952.
5. Билибин Ю. А. Основы геологии россыпей. Изд. АН СССР, М., 1955.
6. Бобриевич А. П., Бондаренко М. Н., Гневушев М. А., Красов Л. М, Смирнов Г. И., Юркевич Р. К. Алмазные месторождения Якутии. Госгеолтехиздат, 1959.
7. Боголепов К. В., Пельтек Е. И. Перспективы бокситоносности северо-восточной части Западно-Сибирской низменности. Бюлл. н.-техн. информ. МГ и ОН СССР, № 7 (12), 1957.
8. Боголепов К. В., Пельтек Е. И. О некоторых ошибках в

характеристике бокситоносных отложений Приенисейской части Сибири. Геология и геофизика, № 5, 1961.

9. Большаков П. М. Карст северо-восточного Салаира. Региональное карстование. Изд. АН СССР, 1961.

10. Большаков П. М. Карст Усть-Борзинского месторождения известняков Восточного Забайкалья. Региональное карстование. Изд. АН СССР, 1961.

11. Буров В. П. Карстовые формы рельефа в юго-западной части Кузнецкого Алатау. Уч. зап. Томск. ун-та, № 36, 1960.

12. Додин А. Л. Геология и полезные ископаемые Кузнецкого Алатау. Углетехиздат, М.–Л., 1948.

13. Зейц Ф. Ю. Карст на Таштагольском железорудном месторождении и его влияние на горные работы. Горн. журн., № 4, 1962.

14. Иванов В. А. Сопоставление по вопросу развития сырьевой базы фосфоритов в районах Сибири и Д. Востока. Сов. геол., № 6, 1961.

15. Косов Б. М. Дальнейшие итоги геологоразведочных работ и перспективы их дальнейшего развития. Сов. геол., № 4, 1962.

16. Красильникова Н. А., Смирнов А. И. Вторичное обогащение фосфоритных залежей в континентальных условиях. Бюлл. науч.-техн. информ., № 5 (17), 1958.

17. Кузнецова М. А., Колесникова В. А. Проявление карстовых вод на Таштагольском железорудном месторождении в Горной Шории. Сов. геол., № 7, 1960.

18. Лаврушин Ю. А., Щукина Е. Н. Материалы по бокситоносности Приенисейского района. Сб. Бокситы, их минералогия и генезис. Изд. АН СССР, М., 1958.

19. Малышев В. М. Итоги работ и основные установки плана второй пятилетки по Ангарской проблеме. Всп. Ангаро-Енисейск. проблемы. М.–Иркутск, 1934.

20. Малышев В. М. Гипотезы решения Ангарской проблемы. ОГИЗ, М.–Иркутск, 1935.

21. Максимович Г. А. Генетические типы полезных ископаемых в карстовых пустотах. Тез. докл. на совещ. по изуч. карста, вып. 9, М., 1956.

22. Максимович Г. А. Корреляция речных террас и горизонтальных карстовых пещер. Тр. Комис. по изуч. четверт. периода. Изд. АН СССР, М., 1957.

23. Максимович Г. А. Карстовый тип месторождений фосфоритов. Уч. зап. Пермского ун-та, докл. геолог. фак-та, т. 15, вып. 1, 1960.

24. Максимович Г. А. Плотность карстовых воронок и устойчивость закарстованных территорий. Геология и разведка. Изв. высш. уч. зав., № 7, 1961.

25. Максимович Г. А. Фосфориты пещер. Пещеры, вып. 1, Пермь, 1961.

26. Максимович Г. А. Тектонические закономерности распределения карста на территории СССР. Общие вопросы карстования. Изд. АН СССР, М., 1962.

27. Максимович Г. А. и Голубева Л. В. Генетические типы карстовых воронок. Докл. АН СССР, нов. серия, т. 87, № 4, 1952.

28. Маслов Ю. С. Золотоносные карсты. Природа, № 4, 1962.

29. Пармузин Ю. П. Ландшафтообразующее значение карста Сибири. Уч. зап. МГУ, вып. 170, 1954.

30. Радугин К. В. Ивановское месторождение марганцевых руд (Зап. Сибирь). Сов. геология, № 3, 1941.

31. Радугин К. В. Современный и древний карст Западной Сибири. Региональное карстование. Изд. АН СССР, 1961.

32. Рожков И. С. О мезозойских россыпях Енисейского края. Изв. АН СССР, сер. геол., № 6, 1945.



33. Розен М. Ф. Массовые скопления летучих мышей в одной из пещер Алтая. Природа, № 9, 1953.
34. Седенко М. В. Гидрогеология некоторых угольных месторождений, М., 1951.
35. Сухарина А. Н., Сажин А. И., Спандерашвили Г. И. Горношорский фосфоритоносный район. Разведка и охрана недр, № 2, 1961.
36. Толстихин Н. И. К вопросу об инженерно-геологических условиях сооружения Ангарстроя. Разведка недр, № 3, 1933.
37. Флоренсов Н. А., Кузнецов М. Ф. Общая оценка геологических условий гидротехнического строительства в бассейне р. Селенги. Тр 2-го совещания по подземн. водам и инж. геол. Вост. Сибири, вып. 3, 1959.
38. Щукина Е. Н. К геологии южной золотоносной системы Енисейского округа. Бокситы, т. 1, ч. II, 1936.
39. Щукина Е. Н. Бокситы Енисейского кряжа. Тр. Всес. н.-исслед. ин-та мин. сырья, вып. II, 1936.

**Институт карстоведения и спелеологии**