

RECENT TECTONIC MOVEMENTS IN THE SOUTHEAST BAIKAL REGION AND IN THE FAR NORTHEAST OF MONGOLIA

N. A. MARINOV

Summary

Periodic increases of the aquatories of the lakes in the far northeast of Mongolia and in the southeast of the Baikal Region are considered to be the result of the subsidence of large areas of land, due to the activization of the most recent tectonic movements.

УДК 551.44(479.22)

З. К. ТИНТИЛОЗОВ

ФОРМИРОВАНИЕ КАРСТОВЫХ ПЕЩЕР В ЗАПАДНОЙ ГРУЗИИ

Теория пещерообразования относится к числу сравнительно мало разработанных проблем физической спелеологии.

В зависимости от того, каковы мощность карстующих пород, условия их залегания и занимаемая ими площадь, характер трещиноватости и обеспеченность региона атмосферными осадками, в длительном процессе эволюции пещер отмечается большое разнообразие. Не менее важными факторами являются условия перемещения и разгрузки вод в трещинах, характер тектонических движений, гипсометрия, глубина и густота расчленения рельефа и др.

В Грузии за последние годы накоплен обширный спелеологический материал, особенно в связи с поисково-разведочными работами на нефть и подземные воды. Он дает возможность заострить внимание на условиях пещерообразования в зоне глубинной циркуляции (фреатическая зона), чему в отечественной карстоведческой литературе до сего времени не уделялось должного внимания. При анализе этого материала обнаружилось большое разнообразие в эволюции пещер горного региона.

В горноскладчатых областях проникновение карстовых вод в глубину литосферы, происходящее на общем фоне устойчивых восходящих тектонических движений, зависит не столько от местных эрозионных врезов, сколько от раскрытости трещин и разницы относительных высот между областями питания и разгрузки подземных вод, достигающих в пределах отдельных карстовых массивов Грузии 3,5—4 тыс. м. В результате этого карстовые водотоки в одних случаях значительно опережают в развитии наземные магистральные реки, проникая под их тальвеги на сотни метров, а в других, не поспевая за врезом тех же рек, оказываются значительно выше их тальвегов, разгружаясь на склонах ущелий в виде подвешенных источников (Гегский, Тобские, Рихвские и др.)

В последнее время в Западной Грузии было произведено глубокое бурение, подтвердившее существование карстовых вод глубинной циркуляции. Так, бурением в ущелье Гагрипш в скважине № 2 (абс. выс. 65 м) удалось установить чередование трещиноватых очагов с участками, совершенно лишенными трещин; эта скважина углубилась до 1145 м в верхнеюрские известняки с прослоями мергелей.

В процессе ее промывки было замечено поглощение воды трещинами, а затем, после 18-часовой откачки, с глубины 975—980 м была получена

практически пресная (0,5—0,7 г/л) холодная (16,5°) гидрокарбонатно-натриевая вода с дебитом 0,33 м³/мин.

Более интенсивное поглощение промывочного раствора наблюдалось в Гагрской скважине № 1, в интервале 1450—1460 и особенно 1468—1474 м. В последнем из них, по данным Б. А. Варшавской, быстро ушло в пласт 120 м³ бурового раствора. В этой же скважине на глубине 2250 м в верхнеюрских карбонатных отложениях циркулирует пресная (0,4 г/л) сероводородная гидрокарбонатно-сульфатно-кальциевая вода, поступающая, по всей вероятности, из массива Арабика. Сильное поглощение промывочного раствора наблюдалось также в скважине № 3 в окрестностях с. Гантиади (Гагрский р-н). Здесь с глубины 879 и 1066 м из верхнемеловых известняков была получена пресная вода (0,5 г/л) с дебитом 0,54 л/сек при температуре на изливе 22°.

Глубокоциркулирующие пресные воды и интенсивное поглощение промывочного раствора были отмечены и в структурных скважинах других районов известняковой полосы. Так, в стволе Зугдидской скважины № 3 зафиксировано сильное поглощение бурового раствора в глубинных интервалах 828—835, 1065—1068, 1124—1136 м, а на глубине 1137 м произошел полный уход глинистого раствора в пласт. Полное поглощение бурового раствора в количестве 100 м³ было зафиксировано также в стволе Пицундской скважины на глубине 241 м.

Известняковый массив не только в целом, но даже и в отдельных его секторах отличается по интенсивности закарстования.

В этом отношении ценный материал дали исследования на территории Колхидского сельского совета (Гагрский р-н), где были заданы 11 скважин; глубина каждой из них изменялась с 49 до 172 м. В процессе бурения было установлено усиленное поглощение промывочной воды, наблюдали обрушение стенок скважин, прихваты и провал буровых снарядов во вскрытых полостях.

Размеры вскрытых карстовых полостей составляют от 0,15 до 6—7 м. В Шаорской котловине (Горная Рача) интенсивное поглощение промывочных вод наблюдалось до глубины 260 м. В стволе скважины были встречены пустоты, размеры которых варьируют от 3 до 12 м.

Наряду с пресными карстовыми водами, выявленными бурением, следует отметить также наличие самоизливающихся пресных напорных источников зоны глубинной циркуляции. В этом отношении весьма интересен известняковый массив Арабика в Абхазии. В районе Гагра-Гантиадской прибрежной полосы кроме широко известных субмаринных источников И. М. Буачидзе и А. М. Мелива (1967) выявили разгрузку карстовых вод в 24 пунктах на разных глубинах до 400 м. Свои заключения они обосновывали результатами изучения химических анализов 1200 проб морской воды¹, взятых по 44 профилям.

Пример этих и других источников (Голубое озеро, Келасури) убедительно подтверждает, что урез воды в реке или уровень моря не препятствуют проникновению карстовых вод ниже этих уровней и поэтому их нельзя считать базисами карстования.

Заслуживает внимания и другое обстоятельство. Многие минеральные источники Грузии формируются на большой глубине в меловых известняках. Среди них широко распространены и термальные воды (Цхалтубские источники с суточным дебитом 18—25 млн/л, Охуреи—12, Квалони—4,5 млн/л и др.). Кто может отрицать, что, находясь в постоянном обновлении и движении, в контакте с карбонатными породами, эти газонапорные высокодебитные источники, выходящие на поверхность бурением, не заполняют уже проработанные крупные карстовые полости — вертикальные и горизонтальные, которые в дальнейшем могут

¹ Количество хлор-иона у выходов подводных источников падает до 8 г/л, а с удалением от выходов постепенно возрастает до 12,5 г/л.

оказаться выше базисных уровней? Именно на такую возможность указывает акад. А. И. Джанелидзе в своей недавно вышедшей работе (1970), основанной и на результатах наблюдений автора в пещерах Цхалтубского р-на.

Итак, перемещающиеся на сверхбольших глубинах холодные и термальные воды, обладая постоянным напором и агрессивностью, производят на пути своего следования расширяющую работу и в закарстованных каналах с течением времени устанавливается промывной режим.

Во фреатических условиях вместе с явлениями растворения и размыва существенное значение в карстообразовании приобретают механические силы. Это может дать значительный эффект на трещиноватых участках растворимых пород. Обрушение и рост полостей в таких условиях вовсе не должны быть неожиданными.

Фреатическую эпоху, по-видимому, пережила большая часть исследованных нами пещер Грузии, однако следы воздействия напорных потоков во многих местах стерты деятельностью вадозных вод и другими процессами.

Исключительно свежие следы напорных вод сохранились в пещерах Ново-Афонской, Олорской, Цхалтубской и др. (Тинтилозов, 1968).

Следует отметить, что в настоящее время даже в предгорной известняковой полосе Грузии во многих пещерах или совершенно нет воды или же дренируют настолько малодобитные водотоки, что эрозионная и транспортирующая способность их сводится на нет. Сказанное можно проиллюстрировать на примере одной из крупных пещер Кавказа с идеально уравновешенным профилем — Абрскиловой. Выработку его вряд ли можно приписать протекающей в пещере с предельно малой скоростью речке Ачхитизго (средний расход до 40 л/сек).

Длина, ширина и высота многих других исследованных нами пещер также совершенно несообразны с протекающими в них ручейками. Бросается в глаза, го обстоятельство, что на данном этапе эволюции во многих из них наблюдается скорее обрушение и заполнение, нежели другие процессы.

Интересно отметить, что фреатическое происхождение пещер широко подтверждено исследованиями, посвященными ряду карстовых районов Европы и Америки (Bögli A., 1969; Bretz J., 1956; Davies W. E., 1959; Gobbett D. J., 1965; Halliday W. R., 1960; Moore G. W., 1960; Nunez Jimenez A., 1967).

Интенсивный размыв горного известнякового рельефа Грузии начиная с позднего сармата продолжался до понтического века включительно. Об этом свидетельствуют фаунистически охарактеризованные молассовые отложения (мэотис-понт) абхазско-мегрельских предгорий, сложенные главным образом известняковым конгломератом.

Итак, принимая за нижний возрастной предел закарстования южного известнякового склона Большого Кавказа поздний сармат — понт, мы вправе относить начало пещерообразования в этом районе к периоду не позднее среднего плиоцена.

Вслед за восходящим развитием региона заполненные водой полости постепенно освобождались от напорных потоков. Началась новая эпоха эволюции пещер, делящаяся по новейшей схеме Г. А. Максимовича (1969) на 12 стадий (трещинную, щелевую, каналовую, коридорно-включозовую, коридорно-речную, коридорно-озерную, коридорно-гrotтовую, натеchno-осыпную, коридорно-гrotтовую обвальнo-цементационную, пещерно-провальную, карстовый мост, карстовую арку и карстовую долину), а по схеме Л. И. Маруашвили (1970) — на 7 стадий (трещинную, щелевую, каналовую, включозовую, водно-галерейную, сухо-галерейную, гrotто-камерную).

Учение о стадийной эволюции пещер, созданное советскими исследователями, — значительный вклад в теорию пещерообразования.

Однако следует оговориться, что эти и аналогичные схемы не всегда носят общий характер. При разработке таких схем, на наш взгляд, необходимо делать акцент на главные эпохи пещерообразования и основные стадии их развития, охватывающие геологическое время.

Наблюдения показывают, что зачастую даже в одних и тех же пещерах одновременно выделяются совершенно различные морфогидрологические стадии. Из этого следует, что эволюция пещер в одних и тех же карстующихся породах не может протекать по единой схеме. Это особенно важно учитывать при изучении карстовых пещер Грузии, которые формировались и формируются в весьма сложных стратиграфолито-тектонических условиях.

В стадийной эволюции карстовых полостей горных стран трудно предположить строго определенную последовательность. Все зависит от условий и факторов пещерообразования. Например, от водно-галерейной стадии полость сразу же может перейти в сухую эпоху развития, как это подтверждается Цонской, Кударской (VI), Цуцхватской (V) и другими пещерами Грузии. Так же необязательно, чтобы от коридорно-воклюзовой стадии пещера неминуемо перешла в водно-галерейную и т. д.

Во многих наших пещерах озерно-речной режим выражен одновременно. Важно, что установление такого режима происходит в течение одной (водно-галерейной) стадии. Как показало изучение пещер, находящихся в этой стадии, современные геоморфологические процессы проявляются в виде фаз, находящихся в тесной зависимости от изменчивости климатических условий дневной поверхности. Так называемые коридорно-воклюзовая и водно-галерейная стадии, продолжающиеся иногда в течение сотен тысяч лет, по своей длительности не могут приравниваться к сравнительно непродолжительным фазам натекообразования, обрушения, цементации и аккумуляции; последние могут несколько раз сменять друг друга или сосуществовать *в течение одной стадии*. Не исключено также, что после выхода из коридорно-воклюзовой стадии в пещере не будет ни обрушения, ни натекообразования, ни других процессов.

Мы считаем более целесообразным выделять в эволюции горных пещер три главные эпохи — фреатическую, вадозную и сухую. Первая из них охватывает время, на протяжении которого карстовые щели, каналы и коридоры находятся под постоянным воздействием напорных вод; здесь характерно площадное обводнение. Разделение фреатической эпохи на стадии нам кажется неоправданным хотя бы потому, что они находятся в равных гидрологических и гидрогеологических условиях.

Между прочим, первые наброски деления этой эпохи встречаются еще у В. М. Дэвиса² (1930). Логическая последовательность эволюции трещин во фреатическую эпоху, которую предлагают В. М. Дэвис и вслед за ним Г. А. Максимович и Л. И. Маруашвили, — закономерное явление, но как отделить эти стадии друг от друга? Практически это невозможно. С другой стороны, нельзя отрицать, что на сверхбольших глубинах вдоль линии разломов и зон дробления, где происходит сосредоточение обильных холодных и термальных вод, проработанность трещин и, следовательно, пещерообразование, видимо, достигают более внушительных масштабов, чем это полагают.

В вадозной эпохе пещерообразования трещины и карстовые полости, освобожденные от постоянных напорных вод, становятся ареной действия свободных водотоков, формирующихся за счет инфильтрационно-инфлюационно-конденсационных осадков.

Следует подчеркнуть, что в настоящее время в вадозную эпоху вовлечена большая часть территории горных известняковых массивов

² В. М. Дэвис в развитии пещер выделяет циклы и эпохи; для одноцикловых пещер четыре, а для двухцикловых — пять эпох.

Грузии — от уровня моря до гребней хребтов. Гидрогеологически она соответствует зоне активного водообмена или аэрации.

Вадозную эпоху мы разделили, опираясь на существующие схемы (Максимович, 1969; Маруашвили, 1970), на две стадии. Первая из них, коридорно-воклюзовая, является переходной между фреатической и вадозной эпохами. В этой стадии активную роль пещерообразования признают многие исследователи. В следующей, водно-галерейной стадии, завершается окончательное формирование пещеры и начинается ее заполнение и иногда обрушение. В вадозной эпохе отдельные участки карстовых пещер характеризуются напорными водными системами и другими явлениями затрудненной разгрузки вод, особенно при выпадении обильных атмосферных осадков, когда пьезометрические уровни в карстовых полостях поднимаются на несколько десятков метров и даже выше.

Вадозную эпоху сменяет сухая, на первых этапах которой карстообразование снова проявляется довольно активно. Происходит дальнейшее заполнение пещеры главным образом обломочным материалом с потолка и стен, а также капельно-натечными образованиями. Позднее эти явления сильно ослабевают или полностью затухают.

Итак, схема эволюции пещер, которой мы отдаем предпочтение, выглядит следующим образом (см. таблицу).

Общая схема эволюции горных карстовых пещер

Эпоха	Стадия	Характеристика		Характерные процессы и явления в карстовых полостях
		гидрологическая	геоморфологическая	
Фреатическая		Исключительно напорные воды	Возникновение карстовых полостей	Гидростатическое давление, гидродинамический напор, коррозия, смешанная эрозия
	Коридорно-воклюзовая	Преимущественно напорные воды, с частым возникновением воздушных пространств в полостях	Дальнейший рост карстовых полостей	Эрозия, коррозия, обрушение
Вадозная	Водно-галерейная	Преимущественно свободные потоки с сильно колеблющимися уровнями, неравномерная обводненность полостей	Активная проработка карстовых полостей и окончательное завершение их роста в конце стадии	Активная эрозия, чередование фаз натечкообразования, обваливания, аккумуляция (речная, озерная)
Сухая		Осушение пещерных ходов	Переработка стен полостей вследствие выпадения конденсационных осадков, заполнение пещеры глыбовообвальными и другими отложениями, разрушение и уничтожение пещер	Постепенное ослабление процессов натечкообразования, интенсивное проявление осыпания и обваливания, явные следы длительной сухости

Переход от одной эпохи или стадии к другой происходит постепенно, в течение довольно длительного периода. Общий фон для такого перехода создается характером тектонических движений и другими условиями и факторами пещерообразования. Из сказанного следует, что продолжительность отдельных стадий эволюции пещер в том или ином районе различна и поэтому их геохронологическая ценность незначительна. Так, например, пещера, которая в настоящее время переживает сухую эпоху, может оказаться значительно моложе пещеры, пребываю-

щей в водно-галерейной стадии. Соответствующие многочисленные примеры можно привести из практики исследования пещер Грузии.

В сухую эпоху, если условия не изменялись, пещера постепенно вступает в фазу уничтожения, которая подразумевает образование открытых долин на месте карстовой пещеры. Это довольно продолжительный процесс, по-видимому, наиболее ярко выраженный в равнинно-платформенных регионах, особенно в условиях развития карстовых полостей вблизи поверхности. Суждение о заключительных стадиях эволюции пещер, над которыми залегают известняки, мощностью в несколько сотен метров, представляется очень сложной и даже несколько нереальной задачей. В результате изменения характера тектонических движений не исключено возвращение под базисные уровни современных горных пещер, ныне переживающих сухую эпоху развития.

ЛИТЕРАТУРА

- Буачидзе И. М., Мелива А. М. К вопросу разгрузки подземных вод в Черное море в районе Гагра.— Тр. Лабор. гидрогеол. и инженерно-геол. проблем, № 3, Тбилиси, Изд-во ГПИ, 1967.
- Гвоздецкий Н. А. Карст, изд. 2-е, М., Географгиз, 1954.
- Джanelidze A. I. Происхождение — развитие карстовых пещер.— Изв. геол. о-ва Грузии, т. VII, вып. 1, 2, 1970.
- Максимович Г. А. О стадиях развития горизонтальных карстовых пещер в карбонатных отложениях.— Пещеры, вып. 7 (8). Пермь, 1969.
- Маруашвили Л. И. Стадии малого спелеоморфогенетического цикла.— Сообщ. АН ГрузССР, т. 59, № 3, 1970.
- Тинтилов З. К. Анакопийская пропасть (Опыт комплексной спелеологической характеристики). Тбилиси, 1968.
- Bögli A. Probleme unterirdischer Verkarstung.— Stud. geogr., No. 5, 1969.
- Bretz J. H. Caves of Missouri. Rolla, Mo., Missouri Geol. Surv. and Water Res, 1956.
- Davis W. M. Origin of limestone caverns.— Bull. Geol. Soc. America, v. 41, No. 3, 1930.
- Davis W. E. Origin of caves in folded limestone.— Bull. Geol. Soc. America, No. 12, 1959.
- Gobbett D. J. The formation of Limestone caves in Malaya.— Malayan Nat. J., v. 19, No. 1, 1965.
- Halliday W. R. Changing concepts of speleogenesis.— Bull. Nat. Speleol. Soc., v. 22, No. 1, 1960.
- Moore G. W. Introduction to the origin of limestone caves.— Bull. Nat. Speleol. Soc., v. 22, No. 1, 1960.
- Nunez Jimenez A. Clasificacion cenetica de las Cuevas De Cuba. Academia de Ciencias de Cuba, Instituto de Geografia, Departamento de Espeleologia, La Habana, 1967 — Ano Del Viet-Nam Heroico.

Ин-т географии им. Вахушти
АН ГрузССР

Поступила в редакцию
24.XII.1970

THE FORMATION OF KARST CAVES IN WEST GEORGIA

Z. K. TINTILOZOV

Summary

The majority of mountain caves of the southern limestone slope of the Greater Caucasus are proved to be of phreatic origin.

The principal epochs of the development of caves have been defined as being phreatic, vadose, and dry; the main stages of cave evolution — corridor-closure and water — gallery.