

КЛАССИФИКАЦИЯ КАРСТА ПО ВНЕШНИМ ПРИЗНАКАМ

Г. А. МАКСИМОВИЧ

В карстоведении еще нет единой общепризнанной классификации карста. Выдвигаются в качестве основных различные признаки [21, 23]. Эти признаки, количество которых все увеличивается, можно разделить на несколько групп.

I. Внешние признаки. Сюда относятся: обнаженность карстующихся толщ и характер перекрывающих их пород, рельеф, условия, в которых происходит карстообразование – климат, тип корродирующих (и эродирующих) вод и их состав и другие.

II. Внутренние признаки. Они зависят от особенностей самих карстующихся пород – их литологии, химического состава, трещиноватости и пористости, а также условий залегания (геологической структуры) и мощности.

III. Время и активность карста.

IV. Морфометрия.

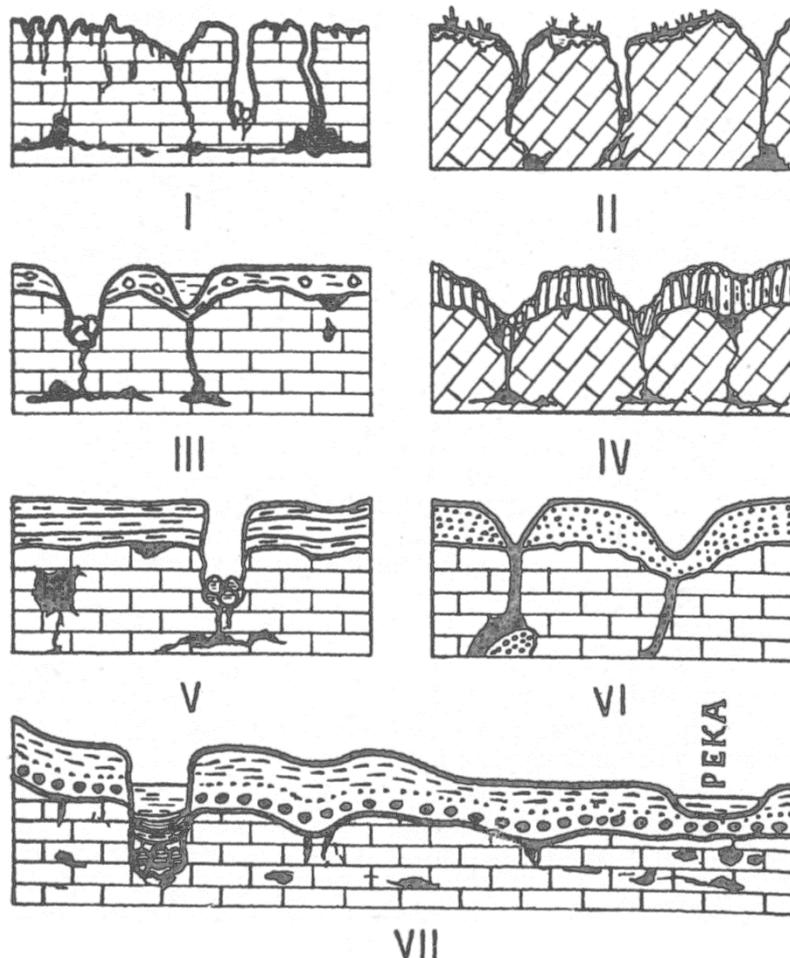
V. Комплекс признаков.

В настоящей работе рассматриваются только классификации, основанные на первой группе признаков.

Обнаженность карстующихся толщ и характер перекрывающих их пород. При изучении карстовых районов географы и некоторые другие исследователи, прежде всего, обратили внимание на степень обнаженности или скрытости карстующихся пород. Она имеет большое значение, так как определяет внешний облик и характер хозяйственного использования закарстованных территорий.

Каменные пустыни яйл Крыма, Динарского карста, некоторых участков Кавказа с их скудной растительностью могут служить только пастбищами. В тех же районах, где карстующиеся породы залегают под мощным покровом некарстующихся, растут леса, зеленеют луга и пашни. Это области, вполне пригодные для сельского хозяйства. Только карстовые воронки, редкие провалы, да большая глубина подземных вод напоминают нам, что это карстовый район. Однако относительное безводие многих равнинных территорий теперь легко ликвидируется бурением глубоких скважин для водоснабжения.

Вначале в литературе были освещены районы, где карстующиеся породы выходят прямо на дневную поверхность. Это типичный **голый, или обнаженный карст**, названный впоследствии **средиземноморским** (см. рис. I).



Типы карста по обнаженности и характеру покровных отложений I – средиземноморский, или голый; II – кавказский, или задернованный; III – среднеевропейский, или подэлювиальный; IV – среднеатласский, или подвулканический; русский, или закрытый; V – под водонепроницаемыми, VI – под водопроницаемыми породами; VII – камский или подаллювиальный.

Средиземноморский тип карста характерен для субтропических условий Средиземноморья. Обычно обнаженность карстующихся пород здесь связывают с климатическими условиями и, в частности, с ливневым характером выпадения осадков. Однако голые каменные пустыни Горного Крыма, некоторых участков Кавказа, Динарид и других горных стран Средиземноморья – это районы, где истребление леса идет уже 2–3 тысячелетия. Вместе с нерегулируемым выпасом скота оно привело к уничтожению корневых систем деревьев и трав и создало предпосылку для смывания почвенного покрова, коры выщелачивания и обнажения карстующихся пород.

Среди каменистых пустынь средиземноморского типа карста имеются и плодородные участки, приуроченные к заполненным красноземом карстовым воронкам и котловинам, а также днищам полей. Эти цветущие оазисы еще больше подчеркивают бесплодие участков голого карста.

Необходимо оговориться, что надо различать средиземноморский тип карста, развитый главным образом в условиях субтропического климата, где преобладают обнаженные карстующиеся породы, от участков голого карста, которые могут образоваться в любой климатической зоне в местах, где покровные образования уничтожены. Их можно наблюдать, например, в лесной зоне по берегам рек, в долинах оврагов и балок и т. д. Это уже участки голого карста, а не средиземноморский тип.

Случай, когда карстующиеся породы скрыты под элювием, был отнесен Л. Савицким [47] к типу **покрытого** или **среднеевропейского** карста. До тщательного изучения карста районов, где выделен этот тип, мы пока оставляем его в нашей классификации.

Н. А. Гвоздецкий [4] на основании наблюдений на Большом Кавказе выделил **задернованный карст**. Карстующиеся горные породы, чаще всего карбонатные, скрыты здесь под почвенно-дерновым или элювиально-почвенно-дерновым покровом (см. рис., II). По Н. А. Гвоздецкому, такие задернованные карстовые районы отличаются наличием воронок и других форм, возникающих путем расширения трещин, но не имеют типичных карровых полей. Автор назвал этот тип карста **кавказским** [29, 31].

Надо отметить, что в разных районах карст под дерновым покровом развивается по-разному. Кроме климатических условий, здесь играют роль толщина почвенно-дернового покрова и характер растительности. Когда этот покров тонок, то корни травянистой, кустарниковой и древесной растительности достигают карстующегося субстрата. В результате воздействия органических кислот образуется неровная, изъеденная поверхность, представляющая одну из разновидностей карр.

Вопрос этот был освещен П. Якучем [45], изучившим образование карр в районах Аггтелека, гор Бюкк, Йошкарфё (Венгрия). Но его данным корни высших растений, а также почвенные микроорганизмы являются важным фактором образования карров. Органические кислоты корродируют известняки. П. Якуч приводит фотографии карровых полей, возникших под влиянием биохимической коррозии под дерновым покровом и обнажившихся после истребления лесов (Йошкарфё). В районе Аггтелека в Северо-Венгерской карстовой области карры такого же происхождения оголены в результате выпаса скота. Особенно интересны дырчатые карры гор Бюкк. Форма и обилие карр зависят от сложности и твердости известняков.

Следовательно, в условиях задернованного карста карровые поля имеются, но развиваются скрытно, под дерном. Они обнажаются при уничтожении почвенно-дернового покрова.

Карры, которые автору удалось наблюдать в Крыму на яйлах Ай-Петри и Чатырдага, а также в Южнославянской карстовой области, в районе Силицкой ледницы, где выпас скота играл большую роль в уничтожении растительности, вероятно, также зародились за счет биохимического действия корней растительности. Ю. А. Нечаев [37] в Кунгурско-Иренском районе интенсивного карста [35] описал в гипсах и ангидридах трубки длиной до 2,5 м при диаметре от 0,05 до 0,5 м, образованные корнями деревьев.

М. А. Зубащенко [14] на основании изучения карста Русском равнине пришел к выводу о наличии здесь нового типа, названного им **закрытым** или **восточноевропейским**. В отличие от среднеевропейского типа Л. Савицкого, здесь над карстующимися породами залегают толщи слоистых некарстующихся осадочных пород. Термин «закрытый карст» вызвал возражения на Пермской карстовой конференции 1947 г. Указывалось, что различие между словами «закрытый» и «покрытый» трудно уловимо. Учитывая неопределенность термина и то, что этот тип карста выделен на Русской равнине, он был назван автором в 1948 г. **русским** [23]. И. В. Попов позднее, в 1951 г. [40] назвал его **среднерусским**. В дальнейшем мы будем придерживаться названия «русский тип карста» (см. рис., V, VI), которое уже получило распространение не только в отечественной, но и в зарубежной литературе.

Ранее мы указывали, что облик районов развития русского карста отличен от средиземноморского. Карстующиеся толщи здесь перекрыты мощным чехлом осадочных некарстующихся пород. В зависимости от проницаемости этого покрова морфология карста различна. Если развиты водопроницаемые пески и другие породы, то возникают формы поверхностного карста (см. рис., VI). При наличии водонепроницаемого покрова преобладают подземные формы, образовавшиеся за счет циркуляции карстовых вод, проникавших на участках, где покров отсутствует (см. рис., V).

В несколько иных условиях находятся речные долины карстовых районов. Глубинная и боковая эрозия вырабатывает уступы и доколи в коренных отложениях, которые затем перекрываются аллювием и другими аккумулятивными образованиями террасового комплекса [20, 22]. Карстовые формы образуются под перекрывающей толщей речных отложений. Этот карст назван был нами **перекрытым, или камским типом** [31, 33, 34]. Здесь развиваются нпрстовые воронки, озера (см. рис., VII). Часты поддолинные карстовые пустоты, обуславливающие появление этих форм на пойме [25, 26, 31].

Среднеатласский или подвулканический тип карста [29, 31] выделен автором (см. рис., IV) на основании описания этого интересного явления Х. Меншингом [36]. В Марокко, между городами Азру и Эндзиль, на площади 300 км² карстовые плато Среднего Атласа покрыты четвертичными базальтами [3]. Воды, просачивающиеся через сильно трещиноватые базальты, обуславливают развитие карстовых явлений в подстилающих известняках. Х. Меншинг наблюдал многочисленные круглые карстовые воронки, имеющие глубину от 15 до 20 м и до 100 м в поперечнике. Здесь развиты своеобразные коррозионно-провальные воронки [25, 26, 31], представляющие результат провала участков базальтового покрова в образованные выщелачиванием пустоты в подстилающем известняке. На дне воронок Х. Меншинг наблюдал обрушившиеся базальтовые колонны.

Подвулканический карст не следовало выделять, если бы он встречался только в Среднем Атласе. Однако на земном шаре случаи перекрытия карстующихся отложений изверженными породами не так уж редки.

Карстовые явления под изверженными породами имеются в Чехословакии. В Восточной Сибири, в Тунгусском бассейне, в истоках речки Санар А. Д. Кузовлев [18] описал воронку Санар. Она находится в афанитовых траппах, подстилаемых зернистыми траппами. В плане воронка имеет округлую форму с поперечником 24×23,35 м и глубиной до дна 15 м. На глубине 13–14 м поперечник ее сужается до 10–12 м. На дне имеется озерко размером 12×7 м глубиной до 2 м. Суженная часть воронки, смещенная и плане по отношению к более широкой части на северо-восток, завалена обломками траппа. Стенки широкой части воронки крутые, местами нависающие, близки к обрушению. Южная стенка в результате обрушения уже почти до половины засыпана. А. Д. Кузовлев [18] считает воронку Санар коррозионно-провальной. Провал обусловлен выщелачиванием нижележащих карбонатных отложений.

По Г. А. Кузнецову [17], происхождение воронки Санар не выяснено. Ранее ее считали даже вулканическим кратером [38]. Несомненно, новые наблюдения увеличат число районов, где развит этот своеобразный карст, не привлекавший до сих пор внимания специалистов.

Мы рассмотрели шесть основных типов карста, выделенных по обнаженности карстующихся толщ и характеру покровных образований. При значительном региональном развитии следует говорить о типе карста. Небольшие же участки надо называть соответственно голым, задернованным, подэлювиальным, закрытым, перекрытым или подаллювиальным, и подвулканическим карстом. Это показано на приводимой схеме.

Схема классификации карста по обнаженности и характеру покровных отложений (Г. А. Максимович, 1960, 1961)

Покровные отложения	Тип карста при региональном развитии	На небольших участках	Примеры данного типа карста
Отсутствуют	Средиземноморский	Голый карст	Горный Крым, Динарские горы
Незначительный почвенный покров, задернованный	Кавказский	Задернованный карст	Западный Кавказ
Элювий карстующихся пород	Среднеевропейский	Покрытый или подэлювиальный карст	Уфимское плато
Аллювий в речных долинах	Камский	Перекрытый или подаллювиальный карст	Карст долин рек в бассейне Камы
Осадочные некарстующиеся породы	Русский	Закрытый карст	Карстовые районы Русской равнины
Базальт и другие изверженные породы	Среднеатласский	Подвулканический карст	Четвертичные базальтовые породы Среднего Атласа на юрских известняках в районе г. Азру

Рельеф, как и мощность карстующихся толщ, оказывает значительное влияние на карстообразование, а следовательно, на особенности карста. Если взять для примера только две обстановки – горы и равнины, то развитие карста, его морфология и гидрогеология будут иметь некоторые отличительные особенности. В горах значительное развитие получает зона вертикальной нисходящей циркуляции. Горные районы по большей части характеризуются восходящим типом развития рельефа. Отсюда этажность горизонтальных карстовых пещер, геологически малое время задержек в поднятии. Последнее сказывается в малом объеме карстовых пустот, значительном колебании уровня карстовых вод, преобладании карстовых водотоков, отсутствии регионально развитого водоносного горизонта карствых вод и в других явлениях.

При достаточной мощности карстующихся пород зона вертикальной нисходящей циркуляции будет наибольшей в горах и наименьшей на слабо расчлененных равнинах. Это, в свою очередь, сказывается на преобладающих и характерных карстовых формах. Глубочайшие карстовые шахты преобладают в горах, а на равнинах для их развития нет условий. Иногда, правда, на равнинах встречаются древние карстовые колодцы и шахты, заполненные третичным песком и другими рыхлыми отложениями. Это было установлено в одной из областей Восточно-Уральской карстовой провинции [27]. Однако образовались они в условиях расчлененного рельефа и при последующем опускании данного района были наполнены отложениями. Погребенные под песком карстовые формы в Северной Африке описывает и О. Бернар [3].

По характеру рельефа карст можно разделить на горный, равнинный и коралловых островов. На такой классификации особенно настаивает А. В. Ступишин [41], который повторил это предложение и в докторской диссертации (1956 г.), Ж. Корбель [44], разрабатывающий в своих интересных работах вопрос о влиянии климата на особенности карстообразования, идет еще дальше и различает карст альпийский высокогорный, альпийский средних высот.

Значительное влияние на процесс карстообразования оказывает **климат**. Этот вопрос разрабатывается очень многими исследователями. Отметим только Г. Шабо [43] и Ж. Корбеля [44]. Первый предлагает делить карст на

полярный, умеренного климата, средиземноморский, пустынный, тропический, экваториальный и высокогорный. Ж. Корбель [44] разрабатывает в основном вопрос о влиянии климата и эрозии на развитие карста известняков.

Климат, вместе с рельефом, конечно, является одним из важнейших факторов, так как от количества и фазы осадков, температуры и других особенностей зависит интенсивность и даже морфология карста. Так, например, в умеренной климатической зоне преобладают отрицательные формы карста, а в тропической – положительные и т. д.

Классификация по водам, вызывающим карстовые явления

Карстующиеся породы могут выщелачиваться и разрушаться механически различными водами. На дневной поверхности их разрушают внерусловые, речные, озерные, морские, а в земной коре различные подземные – карстовые, пластовые, гидротермальные и другие воды. Карры, образованные внерусловыми поверхностными водами, принято относить к карстовым явлениям. Они, как и другие карстовые формы, наблюдаются по берегам рек, озер, морей.

Необходимо рассмотреть вопрос о соотношении карстовых, эрозионных и абразионных явлений.

На берегах рек там, где они сложены известняками, большинство исследователей отмечает карровые образования. На склонах речных долин создается два яруса генетических типов форм.

В верхнем ярусе, не заливаемом в настоящее время речной водой, где могут сохраниться и эрозионные формы, образуются карры. В нижнем ярусе, куда зачастую выходят устья пещер, вскрытых понор и где роль карстовых форм невелика, преобладают формы речного выщелачивания и эрозии.

В итоге можно говорить о карсте верхней части склонов речных долин и эрозионных и эрозионно-карстовых явлениях нижней части склонов. Иногда для сокращения употребляют неудачный термин «речной карст».

Аналогичная картина наблюдается на берегах озер и водохранилищ, где описаны карстовые и абразионные явления. Они изучены для гипсовых берегов [1, 2, 39].

На морских берегах, сложенных карстующимися породами, в зоне приобья наблюдаются формы морского выщелачивания, а в верхней части за счет атмосферных осадков, особенно при обильных дождях, образуются и карры. А. И. Дзенс-Литовский [7] для явлений выщелачивания в зоне приобья даже предложил термин «морской карст». Впоследствии он от него отказался [8] и правильно называет это явление морской абразией. А. В. Живаго [13] для известняков на побережье Западного Крыма говорит о стадиях карстового процесса под влиянием деятельности морских вод.

Не останавливаясь на подземных водах, которые образуют основные карстовые формы, упомянем о роли гидротермальных растворов. Карстующиеся породы могут выщелачиваться и за счет минерализованных и термальных вод, поступающих из глубины земной коры. В качестве примера можно привести образование пустоты, вскрытой при провале в г. Пятигорске. Находящиеся на дне провала воды и сейчас имеют связь с минеральными [35].

Бахерденская пещера в районе Копет-Дага с подземным озером Коу образована действием восходящих сернистых вод по разлому [5]. Гидротермальные растворы в зоне тектонического разлома создали пещеры в верхнесилурийских известняках в верховьях р. Магиан, левого притока Зеравшана [19].

В Чехословакии, в Границком карстовом районе, Збрашовская арагонитовая пещера на берегу р. Бечвы образована как холодными карстовыми, так и теплыми углекислыми минеральными водами. Автор знакомился с ней в 1958 г. [28, 42]. Кроме главных ходов пещеры, которые близки к горизонтальным, имеются трубообразные ходы типа слепых понор или органых труб. Внизу, достигая уровня Бечвы, идут косые мешковидные каналы. Трещины, наблюдающиеся в карстующемся массиве и уходящие далеко вглубь, местами пересекают ходы пещеры. По ним поднимаются теплые пары и углекислые минеральные воды, которые расширили эти трещины. В мешковидных ходах и глубоких кори дорах образованы восемь газированных подземных озер глубиной до 15 м. Уровень воды в озерах изменяется в зависимости от барометрического давления. Температура на дне озер достигает 20–24° при температуре воздуха 13°. Содержание CO₂ в воздухе благодаря выделению из воды увеличивается до 36 %.

В местах, где прекратилось поступление глубинных вод, наблюдаются арагонитовые сталагмитообразные «гейзеровые капельники», образовавшиеся за счет воды, поступающей снизу. Таким образом, они представляют скорее своеобразные перевернутые сталактиты. Это конусы высотой 0,1–2 м, имеющие внутри каналы и кратеры диаметром до 16 см. Иногда по их бокам развиваются меньшего размера «паразитические» конусы, которые могут быть и на дне кратерных пустот, и тогда образуется гейзеровый сталагмит новой генерации.

В одном случае, в так называемой «Пещере смерти», которая заполнена углекислым газом, на дне углекислого озера находятся гейзеровые капельники.

Изучение родниковых валов или кратеров уже прекративших существование источников показало, что из воды происходит выпадение минералов со следующей последовательностью: лимонит, вад, арагонит и силико-карбонат.

Таким образом, в зависимости от вод, обуславливающих явления в растворимых породах, можно различить:

Воды	Характер явления
Речные, а в верхней части долины внерусловые	Вверху – карстовые, внизу – эрозионные или эрозионно-карстовые
Озерные	Вверху – карстовые, внизу – абразионные или карстово-абразионные (карстово-озерные)
Морские	Вверху – карстовые, внизу – абразионные или карстово-абразионные (карстово-морские)
Поверхностные внерусловые	Поверхностные карстовые

Подземные	Подземные карстовые
Глубокие термальные и минеральные	Карст за счет гидротермальных вод – гидротермокарст.

Возможна также классификация карста **по составу вод**, обуславливающих карстообразование. Это гидрокарбонатно-кальциевые, сульфатно-кальциевые, хлоридно-натриевые и другие воды. [24]. Они по-разному будут воздействовать на карбонатные, сульфатные и соляные карстующиеся отложения.

Большое значение имеет и **характер агрессии**, которая вызывает карстообразование. До недавнего времени основное внимание уделялось карбонатной агрессии, обусловленной действием углекислоты на карбонатные породы.

Сейчас начинают обращать большое внимание на сульфатную агрессию. А. А. Крубер [16] один из первых, ссылаясь на данные Н. М. Сибирцева, говорил о роли сернистого железа в образовании CO_2 . Однако он не обратил внимания на серную кислоту, которая сама является более сильным агрессором. Особенно большую роль, агрессия играет в образовании рудного карста. А. А. Колодяжная [15] говорит об огромном значении сульфидов для процесса карстообразования. Большую, а иногда и преувеличенную роль им отводит С. А. Дуров [6, 9–12].

Общепризнанна, хотя и редко упоминается, агрессия за счет органических кислот, особенно сильнодействующих в залесенных, районах умеренной и тропической зон.

Необходимо учитывать наличие нитратной агрессии. Она указывалась еще в 1935 г. для пещер Средней Азии, где имеется селитра органического происхождения. В последнее время Ж. Корбель [44] подчеркивает ее большое значение для тропических стран.

В. Кеттнер [46] обратил внимание на пятую – фосфатную агрессию. Он обнаружил ее в пещере Домица, где сталактиты и сталагмиты, покрытые гуано летучих мышей, были сильно изъедены фосфорной кислотой. Этот вид агрессии имеет большое значение для коралловых островов с залежами гуано птиц. Коррозии подстилающих известняков здесь обусловлена не только карбонатной, но и фосфатной агрессией [30, 32].

В результате можно выделить пять типов агрессии: карбонатную, сульфатную, нитратную, фосфатную и агрессию за счет органических кислот, В зависимости от местных условий в разных районах проявляется один или несколько типов агрессий, причем роль каждого из них различна.

ЛИТЕРАТУРА

1. Архидьяконских Ю. В. Оригинальные формы выщелачивания берегов. «Природа», 1955, № 8, стр. 112.
2. Архидьяконских Ю. В. Формы выщелачивания гипсовых берегов Камского водохранилища. Уч. зап. т. 11, вып. 2, Пермь, 1957, стр. 51–53. (Пермский ун-т).
3. Бернар О. Северная и Западная Африка. М., изд. иностр. лит., 1949, стр. 154.
4. Гвоздецкий Н. А. Вопросы географического изучения карста и задачи советского географического карстоведения. «Вестник Моск. ун-та», 1948, № 2, стр. 123–134.
5. Гвоздецкий Н. А. Карст. Географгиз, М., 1954.
6. Горбунова К. А. К вопросу формирования химического состава карстовых вод. В сб.: «Химическая география», вып. 1, Пермь, 1961, стр. 59–63.
7. Дзенс-Литовский А. И. Морские каменные котлы на берегу Тарханкутского полуострова в Крыму. «Природа», 1936. № 4, стр. 57–90
8. Дзенс-Литовский А. И. Морская абразия, ее типы и формы Тр. лабор. гидрогеол. проблем АН СССР, т. 12, 1955, стр. 93–105.
9. Дуров С. А. К вопросу о происхождении солевого состава карстовых вод. Украинский хим. журнал, т. 22, вып. 1, 1956, стр. 106–111.
10. Дуров С. А. Материалы к вопросу о генезисе ионно-солевого состава карстовых вод. Тр. Новочеркасского политехи, ин-та, т. 38/52, 1959, стр. 5–20.
11. Дуров С. А. О применении «правила рычага». В кн.: «Геометрический метод в гидрохимии», Ростов, 1959, стр. 162–167.
12. Дуров С. А. Правило рычага в применении к генезису ионно-солевого состава карстовых вод. В кн.: «Синтез в гидрохимии», Ростов, 1961, стр. 111–133.
13. Живаго А. В. О формах растворения и разрушения известняков на побережье Западного Крыма. Изв. Всесоюз. геогр. об-ва, т. 82, 1950, № 6, стр. 615–618.
14. Зубашенко М. А. Закрытый или восточноевропейский тип карпа. Докл. на научной конференции Воронежского пед. ин-та, январь, геогр. факультет, Воронеж, 1947, стр. 19–23.
15. Колодяжная А. А. К вопросу о влиянии сульфидов на процессы карстообразования. Тр. лабор. гидрогеол. проблем АН СССР, т. 16, 1958, стр. 327–335.
16. Крубер А. А. Карстовая область Горного Крыма, М., 1915, стр. 137–139.
17. Кузнецов Г. А. К вопросу о происхождении «воронки» Санар. Тр. Иркутского ун-та, т. IX, вып. 1–2, серия геол., 1953, стр. 56–64.
18. Кузовлев А. Д. К вопросу о происхождении воронок Санар. Изв. АН СССР, серия геол., 1953, № 3, стр. 131–134.
19. Левен Я. А. Пещеры верховья реки Магиан. Изв. Всесоюз. геогр. об-ва, т. 72, вып. 2, 1940, стр. 268–272.
20. Максимович Г. А. Происхождение аккумулятивного комплекса речных террас. Докл. АН СССР, т. 30, 1941, № 6, стр. 515–518.
21. Максимович Г. А. Задачи карстовой конференции. Доклады Пермской карстовой конференции, Пермь, 1947, стр. 4 (Пермский ун-т).
22. Максимович Г. А. Происхождение отложений первой террасы реки Мулянки. Уч. зап., т. 4, вып. 4, Пермь, 1948, стр. 23–53 (Пермский ун-т).
23. Максимович Г. А. Задачи карстовой конференции. Карстование, вып. 1, Пермь, 1948, стр. 5–10.
24. Максимович Г. А. К характеристике гидрохимических фаций карстовых вод. В кн.: «Химическая география вод суши», Географгиз, М., 1955, стр. 199–214.
25. Максимович Г. А. Подрусловые пустоты и вопросы корреляции террас и горизонтальных карстовых пещер. Уч. зап., т. 11, вып. 2, Пермь, 1957, стр. 15–26 (Пермский ун-т).
26. Максимович Г. А. Корреляция речных террас и горизонтальных карстовых пещер. Тр. комис. по изучению четвертичного периода АН СССР, т. 13, 1957, стр. 243–252.
27. Максимович Г. А. Районирование карста Урала и Приуралья. Доклады четвертого Всеуральского совещания по физико-географическому и экономико-географическому районированию, Пермь, 1958, стр. 1–4.
28. Максимович Г. А. Опыт районирования карста Чехословакии. Уч. зап., т. 14, вып. I, Пермь, 1959, стр. 1–6. (Пермский ун-т).
29. Максимович Г. А. Карст. Изд-во «Знание», М., 1960.
30. Максимович Г. А. Карстовый тип месторождений фосфоритов. Уч. зап., т. 15, вып. 1, Пермь, 1960, стр. 3–8. (Пермский ун-т).
31. Максимович Г. А. Плотность карстовых воронок и устойчивость закарстованных территорий. «Геология и разведка», 1961, № 7, стр.

118–125.

32. Максимович Г. А. Фосфориты пещер. В сб.: «Пещеры», вып. 1, Пермь, 1961, стр. 53–62.
33. Максимович Г. А., Голубева Л. В. Генетические типы карстовых воронок. Докл. АН СССР, т. 87, 1952, № 4, стр. 653–655.
34. Максимович Г. А. и Голубева Л. В. Генетическая классификация карстовых воронок, Уч. зап., т. 9, вып. 1, Пермь, 1955, стр. 27–37. (Пермский ун-т).
35. Максимович Г. А. и Горбунова К. А. Карст Пермской области. Пермь, 1958, стр. 1–183.
36. Меншинг Х. Между Рифом и Дра. Географгиз, М., 1957, стр. 90.
37. Нечаев Ю. А. Трубчатые формы, образованные в гипсе корня ми деревьев. «Природа», 1956, № 6, стр. 120.
38. Одинцов М. М. и Труфанова А. П. Древние вулканические кратеры в Тунгусском бассейне. Материалы по геологии и полезным ископаемым Восточной Сибири, вып. 22, 1948.
39. Печеркин И. А. Карст по берегам Камского водохранилища. Изв. АН СССР, серия географ., № 3, 1961, стр. 63–68.
40. Попов И. В. Карст. Инженерная геология, Госгеолиздат, М., 1951, стр. 152.
41. С тупи шин А. В. Вопросы терминологии и классификации в карстоведении. Уч. зап., география, т. 113, кн. 2, Казань, 1953. (Казанский ун-т).
42. Хабера С. Карстовые явления в Чехословакии. Изв. Всесоюз. географ. об-ва, т. 89, вып. 4, 1957, стр. 343–351.
43. Chabot G. Récents progrès de l'étude des phénomènes karstiques. Ann. Géogr. 34, 1925, pp. 481–494.
44. Corbel J. Les karsts du Nord-Ouest de l'Europe. Lyon, 1957.
45. Jakucs P. Korrosodás és novónyzet. Föld r. közl. № 3, 1956. pp. 241–249.
46. Kellner R. O netopyrim guano a guanových koroziách v jeskyni Domici. Sb. St. geol. ust. CSR, 15, Praha, 1948, s. 41–64.
47. Sawicki L. Ein Beitrag zu ni geographischen Zyklus Im Karst. Geogi Z. 4, 1909.

КЛАССИФИКАЦИЯ КАРСТА ПО ВНЕШНИМ ПРИЗНАКАМ

Г. А. МАКСИМОВИЧ

В карстоведении еще нет единой общепризнанной классификации карста. Выдвигаются в качестве основных различные признаки [21, 23]. Эти признаки, количество которых все увеличивается, можно разделить на несколько групп.

I. Внешние признаки. Сюда относятся: обнаженность карстующихся толщ и характер перекрывающих их пород, рельеф, условия, в которых происходит карстообразование — климат, тип корродирующих (и эродирующих) вод и их состав и другие.

II. Внутренние признаки. Они зависят от особенностей самих карстующихся пород — их литологии, химического состава, трещиноватости и пористости, а также условий залегания (геологической структуры) и мощности.

III. Время и активность карста.

IV. Морфометрия.

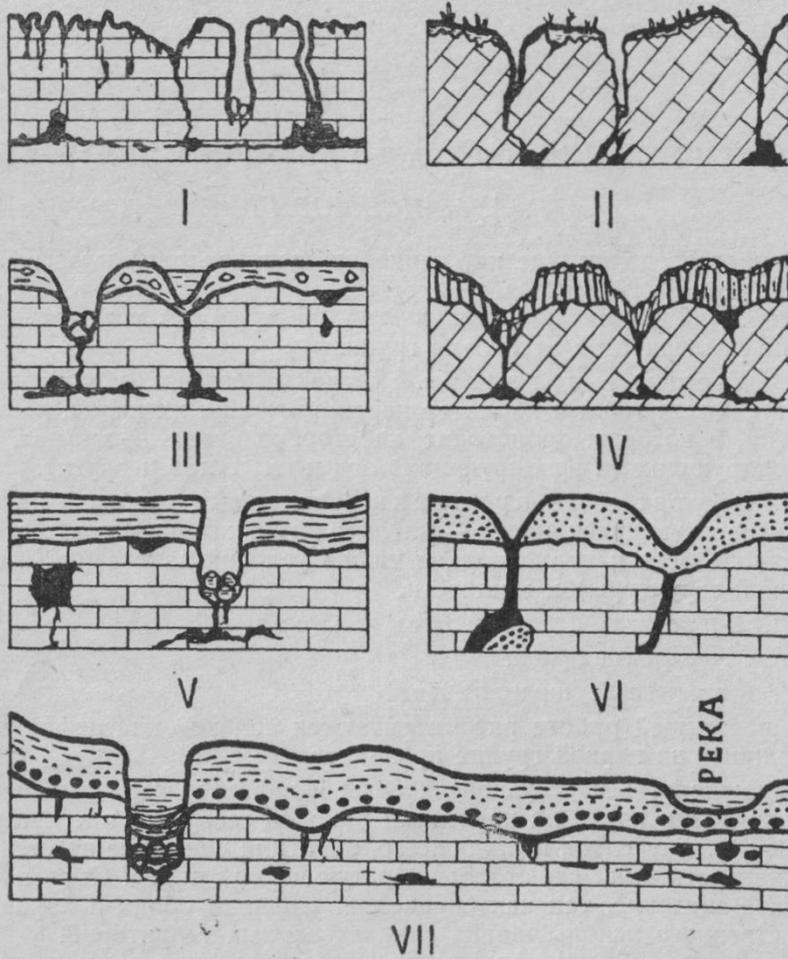
V. Комплексы признаков.

В настоящей работе рассматриваются только классификации, основанные на первой группе признаков.

Обнаженность карстующихся толщ и характер перекрывающих их пород. При изучении карстовых районов географы и некоторые другие исследователи, прежде всего, обратили внимание на степень обнаженности или скрытости карстующихся пород. Она имеет большое значение, так как определяет внешний облик и характер хозяйственного использования закарстованных территорий.

Каменные пустыни яйл Крыма, Динарского карста, некоторых участков Кавказа с их скудной растительностью могут служить только пастбищами. В тех же районах, где карстующиеся породы залегают под мощным покровом некарстующихся, растут леса, зеленеют луга и пашни. Это области, вполне пригодные для сельского хозяйства. Только карстовые воронки, редкие провалы, да большая глубина подземных вод напоминают нам, что это карстовый район. Однако относительное безводие многих равнинных территорий теперь легко ликвидируется бурением глубоких скважин для водоснабжения.

Вначале в литературе были освещены районы, где карстующиеся породы выходят прямо на дневную поверхность. Это типичный голый, или обнаженный карст, названный впоследствии средиземноморским (см. рис. 1).



Типы карста по обнаженности и характеру покровных отложений
 I — средиземноморский, или голый; II — кавказский, или задернованный; III — средневропейский, или подэлювиальный; IV — среднеатлантический, или подвулканический; русский, или закрытый; V — под водонепроницаемыми, VI — под водопроницаемыми породами; VII — камский или подэлювиальный.

Средиземноморский тип карста характерен для субтропических условий Средиземноморья. Обычно обнаженность карстующейся

щих пород здесь связывают с климатическими условиями и, в частности, с ливневым характером выпадения осадков. Однако голые каменные пустыни Горного Крыма, некоторых участков Кавказа, Динарид и других горных стран Средиземноморья — это районы, где истребление леса идет уже 2—3 тысячелетия. Вместе с нерегулируемым выпасом скота оно привело к уничтожению корневых систем деревьев и трав и создало предпосылку для смывания почвенного покрова, коры выщелачивания и обнажения карстующихся пород.

Среди каменистых пустынь средиземноморского типа карста имеются и плодородные участки, приуроченные к заполненным красноземом карстовым воронкам и котловинам, а также днищам полей. Эти цветущие оазисы еще больше подчеркивают бесплодие участков голого карста.

Необходимо оговориться, что надо различать средиземноморский тип карста, развитый главным образом в условиях субтропического климата, где преобладают обнаженные карстующиеся породы, от участков голого карста, которые могут образоваться в любой климатической зоне в местах, где покровные образования уничтожены. Их можно наблюдать, например, в лесной зоне по берегам рек, в долинах оврагов и балок и т. д. Это уже участки голого карста, а не средиземноморский тип.

Случай, когда карстующиеся породы скрыты под элювием, был отнесен Л. Савицким [47] к типу **покрытого** или **среднеевропейского** карста. До тщательного изучения карста районов, где выделен этот тип, мы пока оставляем его в нашей классификации.

Н. А. Гвоздецкий [4] на основании наблюдений на Большом Кавказе выделил **задернованный карст**. Карстующиеся горные породы, чаще всего карбонатные, скрыты здесь под почвенно-дерновым или элювиально-почвенно-дерновым покровом (см. рис., II). По Н. А. Гвоздецкому, такие задернованные карстовые районы отличаются наличием воронок и других форм, возникающих путем расширения трещин, но не имеют типичных карровых полей. Автор назвал этот тип карста **кавказским** [29, 31].

Надо отметить, что в разных районах карст под дерновым покровом развивается по-разному. Кроме климатических условий, здесь играют роль толщина почвенно-дернового покрова и характер растительности. Когда этот покров тонок, то корни травянистой, кустарниковой и древесной растительности достигают карстующегося субстрата. В результате воздействия органических кислот образуется неровная, изъеденная поверхность, представляющая одну из разновидностей карр.

Вопрос этот был освещен П. Якучем [45], изучившим образование карр в районах Аггтелека, гор Бюкк, Йошкафё (Венгрия). По его данным корни высших растений, а также почвенные микроорганизмы являются важным фактором образования карров. Органические кислоты корродируют известняки. П. Якуч приво-

дит фотографии карровых полей, возникших под влиянием биохимической коррозии под дерновым покровом и обнажившихся после истребления лесов (Йошкафё). В районе Аггтелека в Северо-Венгерской карстовой области карры такого же происхождения оголены в результате выпаса скота. Особенно интересны дырчатые карры гор Бюкк. Форма и обилие карр зависят от сложения и твердости известняков.

Следовательно, в условиях задернованного карста карровые поля имеются, но развиваются скрытно, под дерном. Они обнажаются при уничтожении почвенно-дернового покрова.

Карры, которые автору удалось наблюдать в Крыму на яйлах Ай-Петри и Чатырдага, а также в Южнословацкой карстовой области, в районе Силицкой ледницы, где выпас скота играл большую роль в уничтожении растительности, вероятно, также зародились за счет биохимического действия корней растительности. Ю. А. Нечаев [37] в Кунгурско-Иренском районе интенсивного карста [35] описал в гипсах и ангидритах трубки длиной до 2,5 м при диаметре от 0,05 до 0,5 м, образованные корнями деревьев.

М. А. Зубашенко [14] на основании изучения карста Русской равнины пришел к выводу о наличии здесь нового типа, названного им **закрытым** или **восточноевропейским**. В отличие от средневропейского типа Л. Савицкого, здесь над карстующимися породами залегают толщи слоистых некарстующихся осадочных пород. Термин «закрытый карст» вызвал возражения на Пермской карстовой конференции 1947 г. Указывалось, что различие между словами «закрытый» и «покрытый» трудно уловимо. Учитывая неопределенность термина и то, что этот тип карста выделен на Русской равнине, он был назван автором в 1948 г. **русским** [23]. И. В. Попов позднее, в 1951 г. [40] назвал его **среднерусским**. В дальнейшем мы будем придерживаться названия «русский тип карста» (см. рис., V, VI), которое уже получило распространение не только в отечественной, но и в зарубежной литературе.

Ранее мы указывали, что облик районов развития русского карста отличен от средиземноморского. Карстующиеся толщи здесь перекрыты мощным чехлом осадочных некарстующихся пород. В зависимости от проницаемости этого покрова морфология карста различна. Если развиты водопроницаемые пески и другие породы, то возникают формы поверхностного карста (см. рис., VI). При наличии водонепроницаемого покрова преобладают подземные формы, образовавшиеся за счет циркуляции карстовых вод, проникавших на участках, где покров отсутствует (см. рис., V).

В нескольких иных условиях находятся речные долины карстовых районов. Глубинная и боковая эрозия вырабатывает уступы и цоколи в коренных отложениях, которые затем перекрываются аллювием и другими аккумулятивными образованиями террасового комплекса [20, 22]. Карстовые формы образуются под перекрывающей толщей речных отложений. Этот карст назван был нами

перекрытым, или камским типом [31, 33, 34]. Здесь развиваются карстовые воронки, озера (см. рис., VII). Часты поддолинные карстовые пустоты, обуславливающие появление этих форм на пойме [25, 26, 31].

Среднеатласский или подвулканический тип карста [29, 31] выделен автором (см. рис., IV) на основании описания этого интересного явления Х. Меншингом [36]. В Марокко, между городами Азру и Эндзиль, на площади 300 км² карстовые плато Среднего Атласа покрыты четвертичными базальтами [3]. Воды, просачивающиеся через сильно трещиноватые базальты, обуславливают развитие карстовых явлений в подстилающих известняках. Х. Меншинг наблюдал многочисленные круглые карстовые воронки, имеющие глубину от 15 до 20 м и до 100 м в поперечнике. Здесь развиты своеобразные коррозионно-провальные воронки [25, 26, 31], представляющие результат провала участков базальтового покрова в образованные выщелачиванием пустоты в подстилающем известняке. На дне воронок Х. Меншинг наблюдал обрушившиеся базальтовые колонны.

Подвулканический карст не следовало выделять, если бы он встречался только в Среднем Атласе. Однако на земном шаре случаи перекрытия карстующихся отложений изверженными породами не так уж редки.

Карстовые явления под изверженными породами имеются в Чехословакии. В Восточной Сибири, в Тунгусском бассейне, в истоках речки Санар А. Д. Кузовлев [18] описал воронку Санар. Она находится в афанитовых траппах, подстилаемых зернистыми траппами. В плане воронка имеет округлую форму с поперечником 24×23,35 м и глубиной до дна 15 м. На глубине 13—14 м поперечник ее сужается до 10—12 м. На дне имеется озерко размером 12×7 м глубиной до 2 м. Суженная часть воронки, смещенная в плане по отношению к более широкой части на северо-восток, завалена обломками траппа. Стенки широкой части воронки крутые, местами нависающие, близки к обрушению. Южная стенка в результате обрушения уже почти до половины засыпана. А. Д. Кузовлев [18] считает воронку Санар коррозионно-провальной. Провал обусловлен выщелачиванием нижележащих карбонатных отложений.

По Г. А. Кузнецову [17], происхождение воронки Санар не выяснено. Ранее ее считали даже вулканическим кратером [38]. Несомненно, новые наблюдения увеличат число районов, где развит этот своеобразный карст, не привлекавший до сих пор внимания специалистов.

Мы рассмотрели шесть основных типов карста, выделенных по обнаженности карстующихся толщ и характеру покровных образований. При значительном региональном развитии следует говорить о типе карста. Небольшие же участки надо называть соответ-

ственно голым, задернованным, подэлювиальным, закрытым, перекрытым или подэлювиальным, и подвулканическим карстом. Это показано на приводимой схеме.

Схема классификации карста по обнаженности и характеру покровных отложений (Г. А. Максимович, 1960, 1961)

Покровные отложения	Тип карста при региональном развитии	На небольших участках	Примеры данного типа карста
Отсутствуют	Средиземноморский	Голый карст	Горный Крым, Динарские горы
Незначительный почвенный покров, задернованный	Кавказский	Задернованный карст	Западный Кавказ
Элювий карстующихся пород	Среднеевропейский	Покрытый или подэлювиальный карст	Уфимское плато
Аллювий в речных долинах	Камский	Перекрытый или подэлювиальный карст	Карст долин рек в бассейне Камы
Осадочные некарстующиеся породы	Русский	Закрытый карст	Карстовые районы Русской равнины
Базальт и другие изверженные породы	Среднеатласский	Подвулканический карст	Четвертичные базальтовые породы Среднего Атласа на юрских известняках в районе г. Азру

Рельеф, как и мощность карстующихся толщ, оказывает значительное влияние на карстообразование, а следовательно, на особенности карста. Если взять для примера только две обстановки — горы и равнины, то развитие карста, его морфология и гидрогеология будут иметь некоторые отличительные особенности. В горах значительное развитие получает зона вертикальной нисходящей циркуляции. Горные районы по большей части характеризуются восходящим типом развития рельефа. Отсюда этажность горизонтальных карстовых пещер, геологически малое время задержек в поднятии. Последнее сказывается в малом объеме карстовых пустот, значительном колебании уровня карстовых вод, преобладании карстовых водотоков, отсутствии регионально развитого водоносного горизонта карстовых вод и в других явлениях.

При достаточной мощности карстующихся пород зона вертикальной нисходящей циркуляции будет наибольшей в горах и наименьшей на слабо расчлененных равнинах. Это, в свою очередь,

сказывается на преобладающих и характерных карстовых формах. Глубочайшие карстовые шахты преобладают в горах, а на равнинах для их развития нет условий. Иногда, правда, на равнинах встречаются древние карстовые колодцы и шахты, заполненные третичным песком и другими рыхлыми отложениями. Это было установлено в одной из областей Восточно-Уральской карстовой провинции [27]. Однако образовались они в условиях расчлененного рельефа и при последующем опускании данного района были заполнены отложениями. Погребенные под песком карстовые формы в Северной Африке описывает и О. Бернар [3].

По характеру рельефа карст можно разделить на горный, равнинный и коралловых островов. На такой классификации особенно настаивает А. В. Ступишин [41], который повторил это предложение и в докторской диссертации (1956 г.). Ж. Корбель [44], разрабатывающий в своих интересных работах вопрос о влиянии климата на особенности карстообразования, идет еще дальше и различает карст альпийский высокогорный, альпийский средних высот.

Значительное влияние на процесс карстообразования оказывает климат. Этот вопрос разрабатывается очень многими исследователями. Отметим только Г. Шабо [43] и Ж. Корбеля [44]. Первый предлагает делить карст на полярный, умеренного климата, средиземноморский, пустынный, тропический, экваториальный и высокогорный. Ж. Корбель [44] разрабатывает в основном вопрос о влиянии климата и эрозии на развитие карста известняков.

Климат, вместе с рельефом, конечно, является одним из важнейших факторов, так как от количества и фазы осадков, температуры и других особенностей зависит интенсивность и даже морфология карста. Так, например, в умеренной климатической зоне преобладают отрицательные формы карста, а в тропической — положительные и т. д.

Классификация по водам, вызывающим карстовые явления

Карстующиеся породы могут выщелачиваться и разрушаться механически различными водами. На дневной поверхности их разрушают внеусловые, речные, озерные, морские, а в земной коре различные подземные — карстовые, пластовые, гидротермальные и другие воды. Карры, образованные внеусловыми поверхностными водами, принято относить к карстовым явлениям. Они, как и другие карстовые формы, наблюдаются по берегам рек, озер, морей.

Необходимо рассмотреть вопрос о соотношении карстовых, эрозионных и абразионных явлений.

На берегах рек там, где они сложены известняками, большинство исследователей отмечает карровые образования. На склонах речных долин создается два яруса генетических типов форм.

В верхнем ярусе, не заливаемом в настоящее время речной водой, где могут сохраниться и эрозионные формы, образуются карры. В нижнем ярусе, куда зачастую выходят устья пещер, вскрытых понор и где роль карстовых форм невелика, преобладают формы речного выщелачивания и эрозии.

В итоге можно говорить о карсте верхней части склонов речных долин и эрозионных и эрозионно-карстовых явлениях нижней части склонов. Иногда для сокращения употребляют неудачный термин «речной карст».

Аналогичная картина наблюдается на берегах озер и водохранилищ, где описаны карстовые и абразионные явления. Они изучены для гипсовых берегов [1, 2, 39].

На морских берегах, сложенных карстующимися породами, в зоне прибоя наблюдаются формы морского выщелачивания, а в верхней части за счет атмосферных осадков, особенно при обильных дождях, образуются и карры. А. И. Дзенс-Литовский [7] для явлений выщелачивания в зоне прибоя даже предложил термин «морской карст». Впоследствии он от него отказался [8] и правильно называет это явление морской абразией. А. В. Живаго [13] для известняков на побережье Западного Крыма говорит о **стадиях карстового процесса** под влиянием деятельности морских вод.

Не останавливаясь на подземных водах, которые образуют основные карстовые формы, упомянем о роли гидротермальных растворов. Карстующиеся породы могут выщелачиваться и за счет минерализованных и термальных вод, поступающих из глубины земной коры. В качестве примера можно привести образование пустоты, вскрытой при провале в г. Пятигорске. Находящиеся на дне провала воды и сейчас имеют связь с минеральными [35].

Бахерденская пещера в районе Копет-Дага с подземным озером Коу образована действием восходящих сернистых вод по разлому [5]. Гидротермальные растворы в зоне тектонического разлома создали пещеры в верхнесилурийских известняках в верховьях р. Магиан, левого притока Зеравшана [19].

В Чехословакии, в Границком карстовом районе, Збрашовская арагонитовая пещера на берегу р. Бечвы образована как холодными карстовыми, так и теплыми углекислыми минеральными водами. Автор знакомился с ней в 1958 г. [28, 42]. Кроме главных ходов пещеры, которые близки к горизонтальным, имеются трубообразные ходы типа слепых понор или органных труб. Внизу, достигая уровня Бечвы, идут косые мешковидные каналы. Трещины, наблюдающиеся в карстующемся массиве и уходящие далеко вглубь, местами пересекают ходы пещеры. По ним поднимаются теплые пары и углекислые минеральные воды, которые расширили эти трещины. В мешковидных ходах и глубоких коридорах образованы восемь газированных подземных озер глубиной до 15 м. Уровень воды в озерах изменяется в зависимости от барометрического давления. Температура на дне озер достигает

20—24° при температуре воздуха 13°. Содержание CO₂ в воздухе благодаря выделению из воды увеличивается до 36%.

В местах, где прекратилось поступление глубинных вод, наблюдаются арагонитовые сталагмитообразные «гейзеровые капельники», образовавшиеся за счет воды, поступающей снизу. Таким образом, они представляют скорее своеобразные перевернутые сталактиты. Это конусы высотой 0,1—2 м, имеющие внутри каналы и кратеры диаметром до 16 см. Иногда по их бокам развиваются меньшего размера «паразитические» конусы, которые могут быть и на дне кратерных пустот, и тогда образуется гейзеровый сталагмит новой генерации.

В одном случае, в так называемой «Пещере смерти», которая заполнена углекислым газом, на дне углекислого озера находятся гейзеровые капельники.

Изучение родниковых валов или кратеров уже прекративших существование источников показало, что из воды происходит выпадение минералов со следующей последовательностью: лимонит, вад, арагонит и силико-карбонат.

Таким образом, в зависимости от вод, обуславливающих явления в растворимых породах, можно различить:

Воды	Характер явлений
Речные, а в верхней части долины внерусловые	Вверху — карстовые, внизу — эрозионные или эрозионно-карстовые
Озерные	Вверху — карстовые, внизу — абразионные или карстово-абразионные (карстово-озерные)
Морские	Вверху — карстовые, внизу — абразионные или карстово-абразионные (карстово-морские)
Поверхностные внерусловые	Поверхностные карстовые
Подземные	Подземные карстовые
Глубокие термальные и минеральные	Карст за счет гидротермальных вод — гидротермокарст.

Возможна также классификация карста по составу вод, обуславливающих карстообразование. Это гидрокарбонатно-кальциевые, сульфатно-кальциевые, хлоридно-натриевые и другие воды [24]. Они по-разному будут воздействовать на карбонатные, сульфатные и соляные карстующиеся отложения.

Большое значение имеет и характер агрессии, которая вызывает карстообразование. До недавнего времени основное внимание уделялось карбонатной агрессии, обусловленной действием углекислоты на карбонатные породы.

Сейчас начинают обращать большое внимание на сульфатную агрессию. А. А. Крубер [16] один из первых, ссылаясь на данные

Н. М. Сибирцева, говорил о роли сернистого железа в образовании CO_2 . Однако он не обратил внимания на серную кислоту, которая сама является более сильным агрессором. Особенно большую роль агрессия играет в образовании рудного карста. А. А. Колодяжная [15] говорит об огромном значении сульфидов для процесса карстообразования. Большую, а иногда и преувеличенную роль им отводит С. А. Дуров [6, 9—12].

Общепризнанна, хотя и редко упоминается, агрессия за счет органических кислот, особенно сильно действующих в залесенных районах умеренной и тропической зон.

Необходимо учитывать наличие нитратной агрессии. Она указывалась еще в 1935 г. для пещер Средней Азии, где имеется селитра органического происхождения. В последнее время Ж. Корбель [44] подчеркивает ее большое значение для тропических стран.

Р. Кеттнер [46] обратил внимание на пятую — фосфатную агрессию. Он обнаружил ее в пещере Домица, где сталактиты и сталагмиты, покрытые гуано летучих мышей, были сильно изъедены фосфорной кислотой. Этот вид агрессии имеет большое значение для коралловых островов с залежами гуано птиц. Коррозия подстилающих известняков здесь обусловлена не только карбонатной, но и фосфатной агрессией [30, 32].

В результате можно выделить пять типов агрессии: карбонатную, сульфатную, нитратную, фосфатную и агрессию за счет органических кислот. В зависимости от местных условий в разных районах проявляется один или несколько типов агрессий, причем роль каждого из них различна.

ЛИТЕРАТУРА

1. Архидьяконских Ю. В. Оригинальные формы выщелачивания берегов. «Природа», 1955, № 8, стр. 112.
2. Архидьяконских Ю. В. Формы выщелачивания гипсовых берегов Камского водохранилища. Уч. зап. т. 11, вып. 2, Пермь, 1957, стр. 51—53. (Пермский ун-т).
3. Бернар О. Северная и Западная Африка. М., изд. иностр. лит., 1949, стр. 154.
4. Гвоздецкий Н. А. Вопросы географического изучения карста и задачи советского географического карстоведения. «Вестник Моск. ун-та», 1948, № 2, стр. 123—134.
5. Гвоздецкий Н. А. Карст. Географгиз, М., 1954.
6. Горбунова К. А. К вопросу формирования химического состава карстовых вод. В сб.: «Химическая география», вып. 1, Пермь, 1961, стр. 59—63.
7. Дзенс-Литовский А. И. Морские каменные котлы на берегу Тарханкутского полуострова в Крыму. «Природа», 1936, № 4, стр. 57—90.
8. Дзенс-Литовский А. И. Морская абразия, ее типы и формы. Тр. лабор. гидрогеол. проблем АН СССР, т. 12, 1955, стр. 93—105.
9. Дуров С. А. К вопросу о происхождении солевого состава карстовых вод. Украинский хим. журнал, т. 22, вып. 1, 1956, стр. 106—111.
10. Дуров С. А. Материалы к вопросу о генезисе ионно-солевого состава карстовых вод. Тр. Новочеркасского политехн. ин-та, т. 38/52, 1959, стр. 5—20.

11. Дуров С. А. О применении «правила рычага». В кн.: «Геометрический метод в гидрохимии», Ростов, 1959, стр. 162—167.
12. Дуров С. А. Правило рычага в применении к генезису ионно-солевого состава карстовых вод. В кн.: «Синтез в гидрохимии», Ростов, 1961, стр. 111—133.
13. Живаго А. В. О формах растворения и разрушения известняков на побережье Западного Крыма. Изв. Всесоюз. геогр. об-ва, т. 82, 1950, № 6, стр. 615—618.
14. Зубашенко М. А. Закрытый или восточноевропейский тип карста. Докл. на научной конференции Воронежского пед. ин-та, январь, геогр. факультет, Воронеж, 1947, стр. 19—23.
15. Колодяжная А. А. К вопросу о влиянии сульфидов на процессы карстообразования. Тр. лабор. гидрогеол. проблем АН СССР, т. 16, 1958, стр. 327—335.
16. Крубер А. А. Карстовая область Горного Крыма, М., 1915, стр. 137—139.
17. Кузнецов Г. А. К вопросу о происхождении «воронки» Санар. Тр. Иркутского ун-та, т. IX, вып. 1—2, серия геол., 1953, стр. 56—64.
18. Кузовлев А. Д. К вопросу о происхождении воронки Санар. Изв. АН СССР, серия геол., 1953, № 3, стр. 131—134.
19. Левен Я. А. Пещеры верховья реки Магиан. Изв. Всесоюз. геогр. об-ва, т. 72, вып. 2, 1940, стр. 268—272.
20. Максимович Г. А. Происхождение аккумулятивного комплекса речных террас. Докл. АН СССР, т. 30, 1941, № 6, стр. 515—518.
21. Максимович Г. А. Задачи карстовой конференции. Доклады Пермской карстовой конференции, Пермь, 1947, стр. 4 (Пермский ун-т).
22. Максимович Г. А. Происхождение отложений первой террасы реки Мулянки. Уч. зап., т. 4, вып. 4, Пермь, 1948, стр. 23—53 (Пермский ун-т).
23. Максимович Г. А. Задачи карстовой конференции. Карстование, вып. 1, Пермь, 1948, стр. 5—10.
24. Максимович Г. А. К характеристике гидрохимических фаций карстовых вод. В кн.: «Химическая география вод суши», Географгиз, М., 1955, стр. 199—214.
25. Максимович Г. А. Подрусловые пустоты и вопросы корреляции террас и горизонтальных карстовых пещер. Уч. зап., т. 11, вып. 2, Пермь, 1957, стр. 15—26 (Пермский ун-т).
26. Максимович Г. А. Корреляция речных террас и горизонтальных карстовых пещер. Тр. комис. по изучению четвертичного периода АН СССР, т. 13, 1957, стр. 243—252.
27. Максимович Г. А. Районирование карста Урала и Приуралья. Доклады четвертого Всеуральского совещания по физико-географическому и экономико-географическому районированию, Пермь, 1958, стр. 1—4.
28. Максимович Г. А. Опыт районирования карста Чехословакии. Уч. зап., т. 14, вып. 1, Пермь, 1959, стр. 1—6. (Пермский ун-т).
29. Максимович Г. А. Карст. Изд-во «Знание», М., 1960.
30. Максимович Г. А. Карстовый тип месторождений фосфоритов. Уч. зап., т. 15, вып. 1, Пермь, 1960, стр. 3—8. (Пермский ун-т).
31. Максимович Г. А. Плотность карстовых воронок и устойчивость закарстованных территорий. «Геология и разведка», 1961, № 7, стр. 118—125.
32. Максимович Г. А. Фосфориты пещер. В сб.: «Пещеры», вып. 1, Пермь, 1961, стр. 53—62.
33. Максимович Г. А., Голубева Л. В. Генетические типы карстовых воронок. Докл. АН СССР, т. 87, 1952, № 4, стр. 653—655.
34. Максимович Г. А. и Голубева Л. В. Генетическая классификация карстовых воронок, Уч. зап., т. 9, вып. 1, Пермь, 1955, стр. 27—37. (Пермский ун-т).

35. Максимович Г. А. и Горбунова К. А. Карст Пермской области. Пермь, 1958, стр. 1—183.
 36. Меншинг Х. Между Рифом и Дра. Географгиз, М., 1957, стр. 90.
 37. Нечаев Ю. А. Трубочатые формы, образованные в гипсе корнями деревьев. «Природа», 1956, № 6, стр. 120.
 38. Одинцов М. М. и Труфанова А. П. Древние вулканические кратеры в Тунгусском бассейне. Материалы по геологии и полезным ископаемым Восточной Сибири, вып. 22, 1948.
 39. Печеркин И. А. Карст по берегам Камского водохранилища. Изв. АН СССР, серия географ., № 3, 1961, стр. 63—68.
 40. Попов И. В. Карст. Инженерная геология, Госгеолыздат, М., 1951, стр. 152.
 41. Ступишин А. В. Вопросы терминологии и классификации в карстоведении. Уч. зап., география, т. 113, кн. 2, Казань, 1953. (Казанский ун-т).
 42. Хабера С. Карстовые явления в Чехословакии. Изв. Всесоюз. географ. об-ва, т. 89, вып. 4, 1957, стр. 343—351.
 43. Chabot G. Récents progres de l'étude des phénomènes karstiques. Ann. Géogr. 34, 1925, pp. 481—494.
 44. Corbel J. Les karsts du Nord-Ouest de l'Europe. Lyon, 1957.
 45. Jakucs P. Korrosodás és növényzet. Földr. közl. № 3, 1956. pp. 241—249.
 46. Kettner R. O netopyrim guano a guanových korozich v jeskyni Domici. Sb. St. geol. ust. CSR, 15, Praha, 1948, s. 41—64.
 47. Sawicki L. Ein Beitrag zum geographischen Zyklus im Karst. Geogr. Z. 4, 1909.
-