

26.89(2)

М-17

Г. А. МАКСИМОВИЧ
и К. А. ГОРБУНОВА



КАРСТ ПЕРМСКОЙ ОБЛАСТИ



19/11/2023
3/11/57

551.42
72-14

Г. А. МАКСИМОВИЧ и К. А. ГОРБУНОВА

КАРСТ ПЕРМСКОЙ ОБЛАСТИ

23.20189 ч/з

ПЕРМСКОЕ КНИЖНОЕ ИЗДАТЕЛЬСТВО
г. ПЕРМЬ — 1958 г.

W

ЗАМЕЧЕННЫЕ ОПЕЧАТКИ

Стр.	Строка	Напечатано	Следует читать	Примечание
13	15 сверху	(рис. 6 А, В)	(рис. 6, 1, А, В)	
15	3, 4 снизу	Страна, райо или про	Страна, район или провинция	В части тиража
"	" "	Достигнутая	Достигнутая глу- бина в м	"
41	15 снизу	искринки	икринки	
44	рис. 15		Рисунок пере- вернут	
97	11 сверху	подразделении	распространении	
114	8 сверху	(рис. 31)	(рис. 30)	
120	11 сверху	(рис. 31)	(рис. 30)	
141	12 снизу	карбона	девона	
152	15 сверху	И. С. Георги	И. Г. Георги	
156	8 снизу	в 1958 году	в 1953 году	
183	14 сверху	Вишерский	Вишеркский	

Г. А. Максимович и К. А. Горбунова „Карст Пермской области“.



ПРЕДИСЛОВИЕ

В ряде районов Пермской области обнажаются или залегают вблизи земной поверхности сравнительно легко растворимые в воде горные породы: известняки и доломиты, гипсы и ангидриты, каменная и калийная соли. Просачивающиеся вглубь по трещинам дождевые и талые снеговые воды, а также движущиеся на глубине подземные воды, растворяют эти горные породы. В результате под землей образуются пещеры и другие пустоты, а на поверхности — воронки, круглые озера и другие явления, которые называются карстовыми.

Карст — слово южнославянское, происходит от названия нагорья Карст на Балканском полуострове. Нагорье сложено известняками. Оно безводно, так как выпадающие осадки стекают в трещины, воронки, естественные колодцы и шахты. Эта каменная пустыня и была названа югославами карст, или точнее крас, что означает камень. Теперь славянское слово карст применяется для обозначения явлений, наблюдающихся в растворимых в воде горных породах.

На земном шаре, по подсчетам автора, площадь, занятая обнаженными и погребенными известняками и доломитами, или карбонатными породами, составляет до 40 миллионов квадратных километров. На гипсы и ангидриты, или сульфатные породы, обнаженные и погребенные, приходится около 7, а на соли — до 4 миллионов квадратных километров. Это обуславливает боль-

шое развитие карстовых явлений на Земле. В СССР они также широко распространены. Только на Урале, в пределах геологической карты, растворимые в воде, или карстующиеся породы, занимают около 45 процентов территории.

Предлагаемая вниманию читателя книга посвящена карсту на территории Пермской области. Книга состоит из семи глав. В первых трех главах рассматриваются рельеф, поверхностные и подземные воды карстовых областей, при этом сообщаются данные не только по Пермской области, но и по другим карстовым районам, где эти явления наиболее ярко выражены. Такое сопоставление поможет лучше понять значение карстовых форм нашей области. В четвертой главе приводятся краткие данные о распространении карстовых явлений в СССР. Пятая глава посвящена истории изучения карста Пермской области. Характеристика карстовых районов области дана в шестой главе. В заключительной, седьмой главе указывается практическое значение карстовых явлений.

Предисловие и первые четыре главы написаны профессором Г. А. Максимовичем, а остальные — кандидатом геолого-минералогических наук К. А. Горбуновой. Иллюстрации, авторство которых в подписи не оговорено, принадлежат авторам.

В конце работы приведен список литературы по карсту Пермской области, который позволит учащимся, учителям географии и практическим работникам более глубоко ознакомиться с интересующими их вопросами.

Авторы просят читателей — жителей Пермской области — сообщать свои наблюдения над карстовыми пещерами, провалами и другими явлениями в Пермский университет, на кафедру динамической геологии и гидрогеологии. Это поможет еще лучше познать карст нашей области.

Глава первая

КАК ОБРАЗУЮТСЯ КАРСТОВЫЕ ФОРМЫ

Для развития карстовых форм необходимы три основные условия: наличие растворимых в воде горных пород, наличие путей в виде трещин и других пустот, по которым вода могла бы двигаться в этих породах, и наличие движущейся воды, способной растворять породы.

На развитие карстового процесса оказывают влияние ряд факторов, такие, как химический состав растворяемых водой горных пород, степень их трещиноватости, условия их залегания, то есть лежат ли слои горизонтально или с большим наклоном и собраны в складки или разорваны многочисленными разломами. Большую роль играют и движения земной коры в виде медленных поднятий и опусканий отдельных участков суши. Сказывается и климат района, особенно количество атмосферных осадков и распределение их по временам года. Следовательно, карст развивается при сложном взаимодействии многих факторов, сочетание которых и определяет тип карста.

Различают четыре основных типа карста: голый или средиземноморский, покрытый или среднеевропейский, закрытый или русский, перекрытый или камский.

Голый карст отличается тем, что карстующиеся породы выходят непосредственно на земную поверхность. Этот тип свойствен южным районам, где осадки выпадают преимущественно в виде ливней. Нерастворимые части известняков в виде глинистых и более крупных

частиц быстро смываются атмосферными осадками в трещины и другие понижения. Поверхность карстующейся толщи остается открытой. К этому типу относятся карст Горного Крыма, некоторых районов Кавказа и Средней Азии.

Покрытый карст характеризуется тем, что карстующиеся горные породы перекрыты скоплением нерастворенного остатка и более крупными обломками этих же пород, оставшимися на месте или немного перемещенными. Этот тип карста развит в областях с умеренно влажным климатом и равномерным распределением осадков. На поверхности карстующихся пород сравнительно быстро накапливается толща покровных образований. Покрытый карст встречается на Урале и в некоторых районах Европейской части СССР и Сибири.

Закрытый или русский тип карста отличается тем, что карстующиеся горные породы перекрыты песчаниками, глинами и другими некарстующимися породами. Карстовый процесс первоначально развивается скрыто, на глубине, под толщей некарстующихся пород. Карстующаяся толща выходит на поверхность в местах, где вышележащие отложения смыты, или вскрывается при провалах. Закрытый тип карста характерен для Советской России и потому часто называется русским. Он широко развит в Европейской части СССР, в некоторых районах Урала и Сибири.

Перекрытый или камский тип карста выделен автором. Он характерен для бассейна реки Камы. Карстующиеся породы в долинах рек перекрыты речными отложениями, под покровом которых и развивается карст. Он широко развит в долинах рек Чусовой, Сылвы, Ирени, а также за пределами Пермской области.

Всем известна судьба дождевых и талых снеговых вод. Часть их стекает по поверхности и, собираясь в ручьи, попадает в реки, образуя поверхностный сток. Другая часть под влиянием солнечных лучей испаряется и вновь возвращается в атмосферу. Наконец, третья часть просачивается вглубь и стекает уже подземно — это подземный сток.

Обычно просочившаяся вода на глубине 7—20 метров от земной поверхности задерживается на водонепроницаемых горных породах. Так обстоит дело в районах, где под почвенным слоем залегают песок, глина и неко-

торые другие горные породы. Несколько иная картина наблюдается там, где залегают известняки, доломиты, мраморы, песчаный мел, гипсы и ангидриты, а также каменная, калийная и другие соли. Просочившаяся через почву вода попадает в имеющиеся в этих горных породах трещины и, растворяя, расширяет их. Вода уходит на довольно большие глубины. Чем больше высота водораздельного пространства над уровнем воды в реках, тем глубже находится вода в трещинах и в образующихся от их расширения пустотах. Эти пустоты и находящиеся в них воды называются карстовыми.

ЗОНЫ КАРСТОВЫХ ВОД

Посмотрим как же движутся карстовые воды. Возьмем наиболее общий случай, когда карстующийся массив пересекает крупная река. Он показан на рисунке 1.

Вода, стекающая по поверхности растворимых в воде горных пород, которые в дальнейшем будем называть карстующимися, образует зону поверхностного движе-

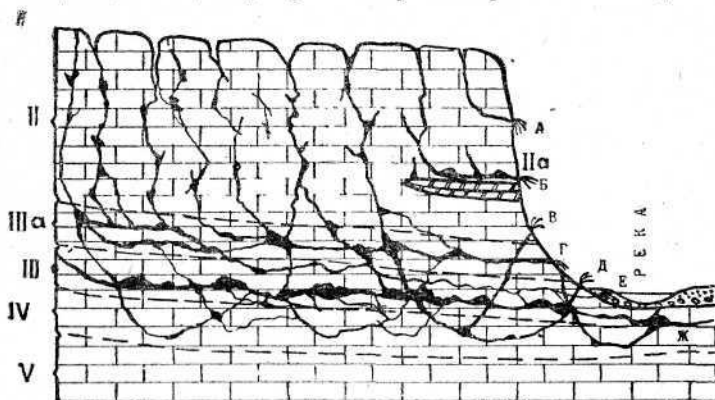


Рис. 1. Схема зон движения карстовых вод в массиве, прорезанном рекой.

I — Зона поверхностного движения. II — Зона вертикального нисходящего движения. IIa — Подзона подвешенных вод на участке развития водоупорных или менее карстующихся пород. III — Зона горизонтального движения. IIIa — Переходная зона. При высоком стоянии карстовых вод — горизонтальное движение; при низком стоянии — вертикальные нисходящие потоки. IV — Зона сифонного движения. V — Зона глубинного движения. Карстовые источники: А — зоны вертикального нисходящего движения; Б — подвешенных вод; В, Д — зоны сифонного движения; Г — переходной зоны; Е — поглощение вод; Ж — зона подруслового (поддолинного) движения, питающаяся водами зон горизонтального и сифонного движения.

ния (1). Многочисленные трещины отводят поверхностные воды в глубь карстующегося массива. Здесь вода перемещается по трещинам и карстовым полостям довольно сложными путями, образуя несколько зон карстовых вод.

Вначале вода движется вниз примерно по вертикали. Это зона вертикального нисходящего движения карстовых вод (II). В ней вода по трещинам стекает в периоды выпадения осадков и таяния снега. Мощность этой зоны различна и составляет в Пермской области до 100 и более метров.

Ниже, над менее трещиноватыми породами, примерно на уровне днищ речных долин, вертикальное нисходящее движение сменяется почти горизонтальным. Это зона горизонтального движения карстовых вод (III), которые существуют постоянно и перемещаются к долинам крупных рек. Поверхность их имеет слабый наклон к реке.

Уровень карстовых вод в зоне горизонтального движения непостоянен. Весной в результате таяния снега огромные массы воды устремляются через зону вертикального нисходящего движения — и уровень карстовых вод поднимается. Подобное явление наблюдается также летом и осенью после дождей. Над зоной горизонтального движения образуется так называемая переходная зона (IIIa). Когда уровень карстовых вод повышается, она заполняется водой, стекающей также в горизонтальном направлении. Зимой и в летне-осенний период между дождями, когда наблюдается наиболее низкий уровень карстовых вод, переходная зона не насыщена водой. При выпадении осадков вода перемещается здесь вначале вертикально. Таким образом переходная зона только периодически насыщена водой.

В ряде карстовых районов, кроме этих зон, имеются и некоторые другие. Иногда на отдельных участках в зоне вертикального движения карстовых вод, благодаря развитию трудно растворимых пород, образуются подвешенные воды (IIa). В других случаях ниже зоны горизонтального движения, где воды стекают свободно (или вместо нее), наблюдается перемещение карстовых вод по изолированным каналам. Воды здесь движутся под давлением. Эта зона, напоминающая трубку перевернутого сифона, получила название зоны сифонного

движения (IV). Ниже происходит очень медленное движение глубинных вод (V).

Выход карстовых вод на поверхность называется источником или родником. Во многих карстовых районах Пермской области карстовые воды стекают от водоразделов к речным долинам, но не выходят на поверхность. Часто жители таких районов рассказывают, что лед на реке местами не образуется, во льду наблюдаются круглые полыньи. Чем же это обусловлено?

При бурении скважин под руслами некоторых рек на глубине 5—20—50 метров были обнаружены пустоты, достигающие 8 метров в поперечнике. По ним двигалась вода (рис. 1, ж). Это зона подруслового движения. Воды, стекающие из карстового массива к реке, текут под рекой по трещинам и пустотам в карстующихся породах. Это явление установлено как в известняках, мраморах и доломитах, так и в гипсах и ангидритах.

Таким образом, в карстовых районах реки часто имеют три этажа стока: поверхностный, который все знают, сток в песке и галечнике, находящемся на дне реки, и подрусловый в карстующихся породах на глубине от 5 до 50 метров. Так как река меняет свое местоположение в горизонтальном направлении, а подрусловый поток перемещается медленнее, то он может быть в долине реки не обязательно под руслом. Поэтому его иногда называют поддолинным потоком. В нижнем этаже, в подрусловом или поддолинном потоке, как и в самой реке, сток происходит от более высоких точек к более низким, то есть от верховья реки к ее устью. В тех местах, где воды подруслового потока выходят в русло реки, летом наблюдается водоворот, вспучивание поверхности реки, или выход более холодной воды, а зимой полынья во льду. Температура карстовых вод 4—6°, поэтому река в месте их выхода не замерзает.

Питается подрусловый поток карстовыми водами зоны сифонного движения, а иногда и зоны горизонтального движения. С водораздельных пространств в подрусловые пустоты поступают песок и галька. Постепенно одни карстовые пустоты заполняются, а за счет расширения трещин образуются другие. Подрусловые пустоты с движущейся карстовой водой, а также заполненные песком, глиной и галькой, были обнаружены бурением на реках Чусовой и Сылве.

Наличие подрусловых пустот заставляет с большой осторожностью проектировать железнодорожные и другие мосты и плотины в карстовых районах. Естественно, что нельзя без принятия особых мер строить мост, под опорой которого находятся пустоты с водой, имеющие поперечник 5—8 метров. При сооружении плотин вода может уйти под плотину через подрусловые пустоты. Более подробно об этом будет сказано в седьмой главе.

КАРСТОВЫЕ ФОРМЫ, ОБРАЗУЮЩИЕСЯ В РАЗЛИЧНЫХ ЗОНАХ

Рассмотрев общую схему движения вод в карстовых районах, познакомимся с образующимися в различных зонах формами карста. В зоне поверхностного движения образуются карры, карстовые овраги и некоторые карстовые воронки. К зоне вертикального нисходящего движения приурочены поноры, карстовые воронки, карстовые колодцы, шахты, вертикальные пещеры. В зоне горизонтального движения карстовых вод формируются разнообразные горизонтальные пещеры и другие пустоты. Если эта зона находится неглубоко, то образуются провальные воронки, вскрываются пещеры, а уцелевшие участки сводов пещер сохраняются на некоторое время в виде естественных мостов. В зоне сифонного движения наблюдаются различные каналы. Зона глубинного движения характеризуется небольшими карстовыми порами, кавернами и другими пустотами.

Кроме сравнительно простых карстовых форм, слияние карстовых воронок может дать карстовые овраги и крупные котловины. Наиболее грандиозные карстовые формы — поля — в Пермской области не встречены.

Остановимся вкратце на характеристике перечисленных карстовых форм.

Карры

Если трещиноватые карстующиеся породы выходят прямо на поверхность земли, то стекающие по ним дождевые и талые снеговые воды образуют разнообразные углубления в виде небольших лунок, бороздок, разделенных гребнями и другими выступами. Углубления внизу переходят в трещины. Эти формы принято называть кар-

рами. Наиболее ярко карры проявляются в странах, где выпадает много осадков, а почвенный покров с известняков и гипсов совсем удален. Подобная обстановка имеет место в тропиках. Здесь известняковые поверхности изъедены лабиринтом борозд, между которыми возвышаются гребни высотой до 0,5 метра и более. Иногда гребни расчленены поперечными углублениями на острые зубья, торчащие наподобие штыков, делающих такие участки совершенно непроходимыми. Подобные карры имеются на севере Австралии, в Индонезии.

Типичные карровые поверхности представляют собою безжизненные каменистые пустыни без признаков воды. Выпадающие осадки быстро поглощаются многочисленными отверстиями.

Если осадков мало, но они имеют ливневый характер, то образуются карры значительно меньших размеров. Углубления на поверхности известняков и в особенности гребни измеряются по большей части сантиметрами. Такие карры отмечены в Горном Крыму на Яйлах, на Кавказе в районе Гагр и в других карстовых областях.

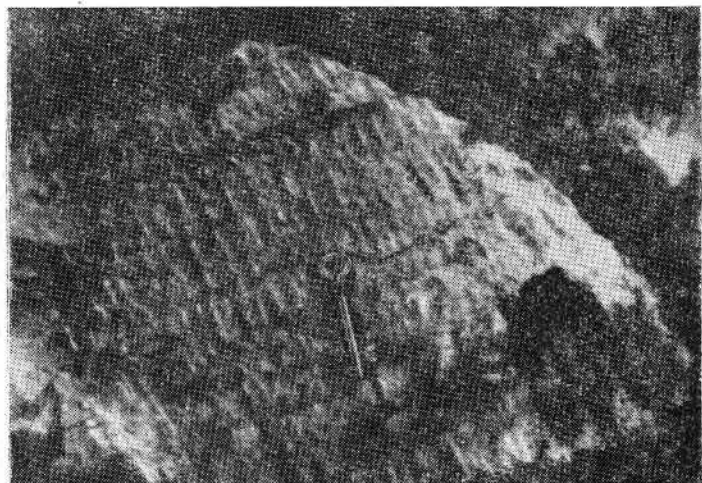


Рис. 2. Зачаточные карры в гипсе на правом берегу реки Ирены.

В более холодных странах снег, выпавший зимой, долго сохраняется в карровых углублениях. Талая снеговая вода способствует разъеданию карр.

В Пермской области обнаженные гипсы и известняки наблюдаются только небольшими участками, в основном по берегам рек и оврагов, на склонах карстовых воронок. Карры здесь весьма небольших размеров. Высота гребешков составляет обычно несколько миллиметров и редко превышает один сантиметр. Они встречаются в гипсах по берегам реки Ирени и в других местах (рис. 2). Эти небольшие образования — только слабое отражение тех явлений, которые так широко развиты в иных климатических условиях. Климатические и геологические условия Пермской области не благоприятны для образования карр.

Поноры

Это — зияющие отверстия на поверхности карстующихся пород, поглощающие воду. Они образуются из трещин или карровых углублений, причем вода не только растворяет, но и механически разрушает породу.

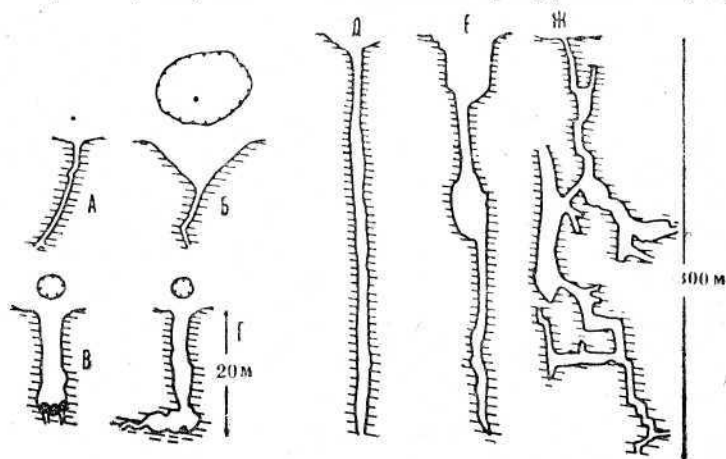


Рис. 3. Карстовые формы зоны вертикального движения вод.

А — понор цилиндрической формы; Б — воронкообразный понор; В — карстовый колодец; Г — карстовый колодец, переходящий в пещеру; Д — карстовая шахта; Е — проваль; Ж — вертикальная пещера.

Постепенно трещины расширяются в щели, а некоторые, благодаря вихревому движению воды, приобретают округлые очертания. Вода стекает в них значительными количествами в виде нисходящего потока. В зависимости

от формы различают поноры-щели — округлые и воронкообразные. Воронкообразные поноры образуются за счет расширения растворением и размывом верхней части вертикального канала понора с округлым поперечным сечением (рис. 3, А, Б). Принесенные водой камни, галька, песок и глина могут заполнить устье понора. Тогда вместо зияющего открытого понора образуется закрытый, у которого отверстие скрыто наносами. Вода в него уже не стекает потоком, а только просачивается через наносы. Если устье понора заполнится глиной, которая не пропускает воды, то это будет заиленный, прекративший поглощение понор.

Воронкообразный понор за счет роста растворением и размыванием постепенно может превратиться в карстовую воронку выщелачивания (рис. 6, А, В).

В Пермской области поноры бывают обычно не глубже 2—3 метров при поперечнике 10—15—20 и более сантиметров. Такие поноры встречаются в известняках и гипсах в Кунгурском районе. В Кордонском карстовом районе (Кишертский административный район) они обнаруживаются в песчаниках, покрывающих гипсы.

Поноры типичны для зоны вертикальной циркуляции карстовых вод. В результате расширения и углубления путем растворения и разрушения понор образуются более крупные формы: карстовые колодцы и шахты, пропасти и вертикальные пещеры.

Карстовые колодцы

Если вертикальный канал имеет поперечник более одного метра и глубину более 10 метров, его называют естественным или карстовым колодцем. Такой колодец образуется путем расширения каналов цилиндрических понор за счет выщелачивания известняков и гипсов, их размывания и частично обрушения подмытых выступов на стенках. Колодец может кончаться несколькими трещинами. В некоторых случаях он переходит в расширение — подземный грот (рис. 3, Г). Карстовых колодцев много в гипсах в Пермско-Сергинском районе.

Типичные колодцы выщелачивания сравнительно редки в Пермской области. Это объясняется значительной древностью карста. Многие колодцы, особенно в легко растворяющихся гипсах, превратились в воронки.

Естественные шахты и пропасти

Наиболее значительной формой зоны вертикального движения карстовых вод являются естественные шахты с глубиной во много раз превышающей поперечник (рис. 3, Д). Границей между карстовыми колодцами и шахтами условно принимается глубина в 20—30 метров. Шахты образуются обычно путем дальнейшего углубления и расширения карстовых колодцев выщелачиванием и механическим воздействием воды. Это происходит, когда закарстованный массив поднимается. Чем сильнее расчленен рельеф и больше мощность карстующихся толщ, тем глубже могут быть карстовые шахты.

В СССР естественные шахты плохо изучены. Они известны в Горном Крыму на Яйлах и на Кавказе.

На Караби-Яйле есть несколько естественных шахт. Две из них, Орта-Кош и Фасса, являются совершенно вертикальными углублениями, на дне которых почти круглый год сохраняется снег. Имеющаяся там же шахта Монастырь-Чокрак на поверхности представляет воронку с поперечником в 75—100 метров с довольно крутыми стенками, которые переходят в две вертикальных ямы глубиной в 92 метра, разделенные каменной перемычкой. Глубина шахты (вместе с воронкой) — до 118 метров.

На Кавказе очень своеобразной естественной шахтой является Провал на горе Машук в районе города Пятигорска, описанный в повести М. Ю. Лермонтова «Княжна Мери». Сейчас тысячи трудящихся, лечащихся на Кавказских Минеральных Водах, и туристов ежегодно посещают его. Это удобно сделать, так как горизонтальный тоннель длиной 43,8 метра, пробитый еще в 1858 году, ведет в глубь горы, к шахте.

Провал представляет карстовую шахту глубиной 41 метр. Он заканчивается гротом, имеющим в поперечнике до 15 метров. В юго-западной части грота находится небольшое озеро с сине-зеленой водой, глубиной до 10 метров.

Провал был известен давно. У местных народов он пользовался дурной славой. Одни думали, что в нем живет крылатый огнедышащий змей, вылетающий по ночам и пожирающий людей. Другим он казался жерлом потухшего вулкана.

Первым попытался исследовать Провал русский академик П. С. Паллас. Он в 1793 году ползком приблизился к краю и описал его вид. В то время на дне было видно два озера — большое и малое, которые соединялись узким проливом. В 1857 году Провал уже был изучен специальным отрядом, в который входили ученые, офицеры топографы и землемеры. Они определили размеры и происхождение шахты, температуру, состав воды и глубину озера.

Пятигорский Провал образовался следующим образом. По трещинам в известняках на южном склоне горы Машук циркулировала вода, имевшая температуру 26—42°. Она была насыщена сероводородом и углекислотой. От растворения пород образовалась подземная полость. Затем, когда свод этой пустоты стал тонким, он обвалился. Возник провал с озером на дне, который и видели П. С. Паллас, М. Ю. Лермонтов и другие. Только после проведения тоннеля он стал доступен для посещения и приобрел современный вид.

За рубежом в горных странах известны глубокие естественные шахты. Некоторые из них представляют собой сложные подземные системы из нескольких вертикальных каналов, которые сообщаются с горизонтальными полостями, а иногда переходят в многоэтажные разветвленные пещеры (рис. 3, Ж).

В настоящее время известно более трех тысяч естественных шахт в карстовых районах. Большинство из них находится в горных районах, прилегающих к Средиземному, Адриатическому и Черному морям. Преобладают шахты, образующиеся в результате расширения вертикальных трещин выщелачиванием, и только незначительная часть образовалась путем провала сводов подземных пустот зоны горизонтального движения. Карстовые шахты с расширенным устьем, имеющим в поперечнике десятки метров, часто называют пропастями (рис. 3, Е).

Назовем естественные шахты и карстовые полости, имеющие глубину 500 и более метров.

Название шахты или карстовой полости	Страна, райо или про	Достигнутая
Берже	Франция, Изер	1000
Дан де Кроль	« «	658

Сплюга делла Прета

	Италия, Верона	637
Антро ди Корчия	« Тоскана	559
Тонион шахт	Австрия, Штирия	557
Каладер	Франция, Альпы	556
Ану Буссуй	Алжир, Джурджура	589
Абиссо ди Верко	Истрия	518
Гельдлох	Австрия	514
Лепино	Франция, лес Арлас	505
Сима дель Агуо	Испания	более 500
Кастере (Цигалиер)	Франция, Аржеж	500

В Пермской области нет очень глубоких карстовых шахт и вот почему. Рельеф у нас значительно менее расчленен. Расстояние от водоразделов до уровня воды в реках редко превышает 100 метров. Большее расчленение наблюдается только в Уральской горной части.

Хотя имеющиеся в нашем крае естественные шахты и не относятся к категории очень глубоких, однако они представляют значительный интерес. Многие из них, особенно в гипсах, принадлежат к довольно редким образованиям — к провальным шахтам.

Провальные шахты часто возникают в Кишертском и Суксунском районах. Приведем описание одной из них.

Недалеко от курорта «Ключи», южнее деревни Брехово, вблизи Сибирского тракта, по направлению к небольшому сосновому лесу тянется почти по прямой линии цепь карстовых воронок, часть из которых заполнена водой и представляет озера. 15 июля 1953 года на дне чашеобразной овальной воронки, с поперечником 23 метра, произошел провал. Нам удалось посетить его в августе того же года. Это была карстовая шахта глубиною 45 метров, с южной, почти отвесной стенкой и северной более пологой. Диаметр шахты в верхней части был 10 метров. По звуку всплеска воды, который слышался при сбрасывании камней, можно было догадаться, что на дне шахты находится подземное озеро. Увидеть его пришлось только через год. 28 июля 1954 года группа участников экспедиции Пермского университета на веревках спустилась на дно шахты. Южная более крутая стена на глубине 28 метров обрывалась и переходила в нишу, на дне которой находилось два небольших озера (рис. 4). Их разделяла осыпь из

глыб известняка, обвалившихся со свода. В 1953 году, когда этой осыпи не было, здесь находилось, по-видимому, одно озеро. Третий раз авторам удалось посетить этот район в августе 1956 года. Дождевые и талые снеговые воды снесли в шахту материал со стенок, вследствие чего глубина ее стала меньше, а поперечник увеличился. Ниша с двумя озерками исчезла. Шахта превратилась в карстовую воронку.

Карстовые воронки

Одной из самых распространенных форм в карстовых районах являются воронки. Форма их различна. Чаще всего в плане они имеют вид правильного круга. Однако бывают воронки овальной и неправильной формы. Слияние двух воронок дает в плане восьмерку, а нескольких — сложную лопастную форму (рис. 5).

Вертикальный разрез карстовой воронки имеет разный вид: блюдцеобразный, конусообразный, чашеобразный и колодцеобразный (рис. 5). Иногда в большой воронке развиваются малые.

Размеры воронок также весьма различны. Бывают небольшие воронки, с поперечником в 1—5 метров. Обычны воронки в 5—25 метров. Реже встречаются большие карстовые воронки с поперечником 25—100 и огромные — 100—200 и более метров. Обычно карстовые воронки имеют глубину 5—10 метров. Бывают и мелкие блюдца с глубиной 0,5—1 метр и глубокие конусообразные воронки, глубина которых 25 метров и более.

Карстовые воронки встречаются в самых разнообразных условиях. Если карстующиеся породы перекрыты

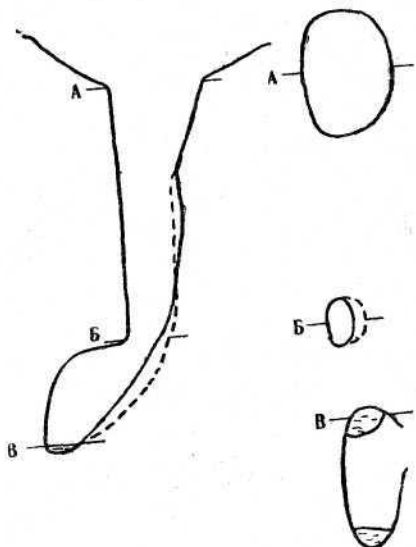


Рис. 4. Бреховский провал 1953 года. Вертикальный разрез; А, Б, В — горизонтальные разрезы. Сплошная линия — состояние в июле 1954 года; прерывистая — в августе 1953 года.

некарстующимися, то наиболее благоприятные условия для образования карстовых воронок создаются там, где покров уничтожен или мощность его уменьшена, а карстующиеся породы наиболее трещиноваты. Такая обстановка имеет место в оврагах и логах, а также в речных долинах и вблизи их. В Пермской области встречается большое число карстовых воронок.

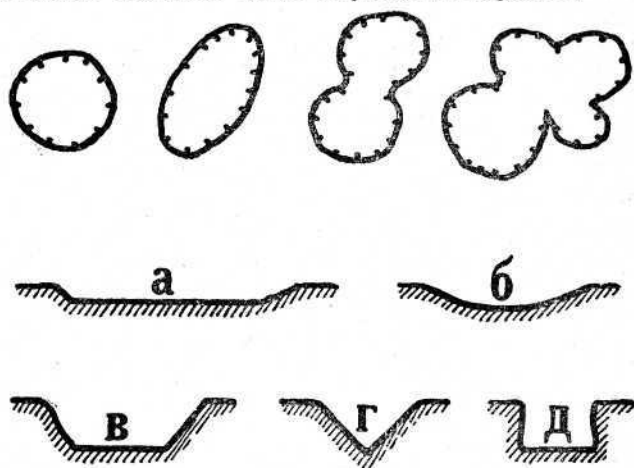


Рис. 5. Вид карстовых воронок в плане и профиле. Окружная, овальная, сдвоенная и сложная воронки.

а — блюдце; б — блюдцеобразная; в — чашеобразная; г — конусообразная; д — колодезобразная карстовая воронка.

Принято подсчитывать количество карстовых воронок, приходящееся на квадратный километр территории, определять так называемую плотность карстовых воронок. На территории учебно-опытного лесного хозяйства Пермского университета «Предуралье» (Кишертский район), по данным Л. В. Голубевой на квадратный километр приходится 11 воронок. В Кизеловском районе на наиболее закарстованных участках плотность доходит до 75 воронок и даже более. Изучение плотности карстовых воронок (количества их на квадратный километр) для районов гипсового карста было произведено в бассейнах Ирени и Чусовой. В нижнем течении Ирени она составляет в среднем 18 воронок, причем наибольшая плотность — 65 воронок на квадратный километр — была на склоне речной долины, а

наименьшая — 8—9 воронок — на водоразделе и речных террасах. Еще большая плотность установлена в среднем течении Ирени (Ординский район). Здесь, на площади 30 квадратных километров, зарегистрировано 7459 карстовых воронок, или 248 воронок на квадратный километр. В оврагах плотность достигала 320 воронок на квадратный километр. В Пермской области закарстовано около 30 тысяч квадратных километров территории. Если принять среднюю плотность 7 воронок, то на всей закарстованной территории должно быть развито около 200 тысяч воронок. Научными работниками Пермского университета детально изучены карстовые явления на площади более 1000 квадратных километров, где зарегистрировано около 15 тысяч карстовых воронок.

Размеры карстовых воронок различны, поэтому плотность дает только относительное представление о том, какая же часть общей площади поражена карстом. Л. В. Голубевой введено понятие о коэффициенте закарстованности, который представляет отношение площади, занятой карстовыми воронками, к общей площади развития карстующихся пород. Он составляет для учебно-опытного хозяйства «Предуралье» 0,07 процента, для нижнего течения реки Ирени — 0,8 процента и для среднего течения Ирени, где было зарегистрировано 248 карстовых воронок на квадратный километр, — 4,4 процента. Если принять для всей области коэффициент закарстованности 0,1 процента, то площадь, занятая карстовыми формами, составит всего 30 квадратных километров. Между тем, когда говорят о 200 тысячах карстовых воронок, то кажется, что они должны иметь большую площадь.

На участках, где карстующиеся породы выходят прямо на поверхность, различают три основных типа воронок.

Воронки выщелачивания, или коррозионные, образуются в местах, где породы сильно трещиноваты. Атмосферные осадки и талые снеговые воды поглощаются трещинами, разъедая поверхность карстующейся породы. Крупные трещины могут превратиться в поноры (рис. 6, I, А). Выщелачивание и механическое разрушение пород водой, стекающей в трещины и поноры, приводит к появлению вначале блюдцеобразного пониже-

ния (рис. 6, I, Б), а затем — конусообразной воронки (рис. 6, I, В).

Если в воронку впадает временный поток, ручей или речка, размеры ее быстро увеличиваются не только за

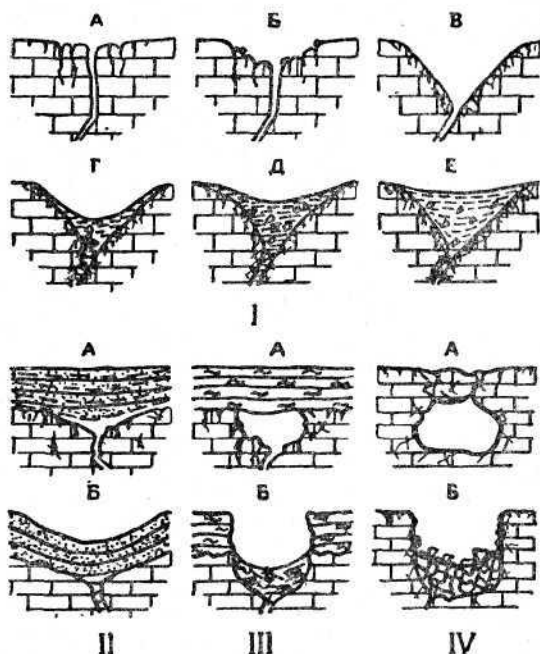


Рис. 6. Типы карстовых воронок и их развитие.

I. Голый карст. А — понор; Б — блюдцеобразное понижение и понор; В — конусообразная воронка выщелачивания; Г, Д, Е — стадии ее заполнения. IVA — подземная полость; Б — провальная воронка. II, III — закрытый карст; А — Б — образование коррозионно-провальной воронки.

счет выщелачивания, но и за счет размывания водой (эрозии). Это — коррозионно-эрозионные воронки, наблюдающиеся обычно в долинах, логах и на склонах. Одна из стенок, находящаяся со стороны, откуда поступает вода, размывается и становится положе. Под оврагами и логами, в зоне горизонтального движения воды, формируется сложная система подземных полостей.

Иное происхождение имеют провальные воронки. Рост пустоты в зоне горизонтального движения карсто-

вых вод приводит к тому, что породы, находящиеся в ее своде, рассекаются трещинами (рис. 6, IV, А), по которым затем происходит обрушение (рис. 6, IV, Б).

Форма этих трех основных типов карстовых воронок со временем меняется. Воронки выщелачивания, если они образовались на обнаженных карстующихся породах, вначале имеют вид конуса. Если же трещина на дне, которая поглощала воду, заиливается, то рост воронки вглубь прекращается. Она начинает больше расти в ширину. Дно ее постепенно заполняется песком и глиной и из конусообразной она превращается в блюдцеобразную. Если заполнение воронки будет продолжаться, то появится едва заметное углубление (рис. 6, I, Г—Е).

В Пермской области известняки и гипсы во многих местах перекрыты некарстующимися породами. Если покровные отложения пропускают воду, то возможны два случая развития воронок. Иногда покровные образования плавно проседают по мере выщелачивания карстующихся пород. Такие воронки называют коррозионно-просадочными (рис. 6 II, А—Б). Они имеются в ряде районов Пермской области. Их строение особенно хорошо видно, если они вскрыты железнодорожной выемкой, карьером или рекой. Автор наблюдал их в окрестностях города Кунгура, селения Кыласово пригородной зоны Кунгура и на реке Чусовой (рис. 7).

В других случаях под некарстующимися породами растет пустота. Покровные отложения обрушаются в нее и появляется коррозионно-провальная воронка (рис. 6, III, А—Б). Эти воронки широко развиты в учебно-опытном хозяйстве «Предуралье». Обычно они небольших размеров и не представляют такой опасности для зданий, как провальные. Если провал свежий, то по хаосу обломков пород можно судить, что это коррозионно-провальная воронка. Пройдет некоторое время, дожди снесут в воронку глинистые и песчаные частицы с окружающих участков. Воронка зарастет травой, и только буровые скважины смогут нам рассказать по обломкам, обнаруженным на некоторой глубине, что это древняя коррозионно-провальная воронка.

Остановимся несколько подробнее на образовании провальных воронок.

Провалы образуются в тех случаях, когда свод подземной пустоты в карстующихся породах, образовавшейся в зоне горизонтального движения вод, не в силах выдержать вес лежащих выше масс и обрушивается

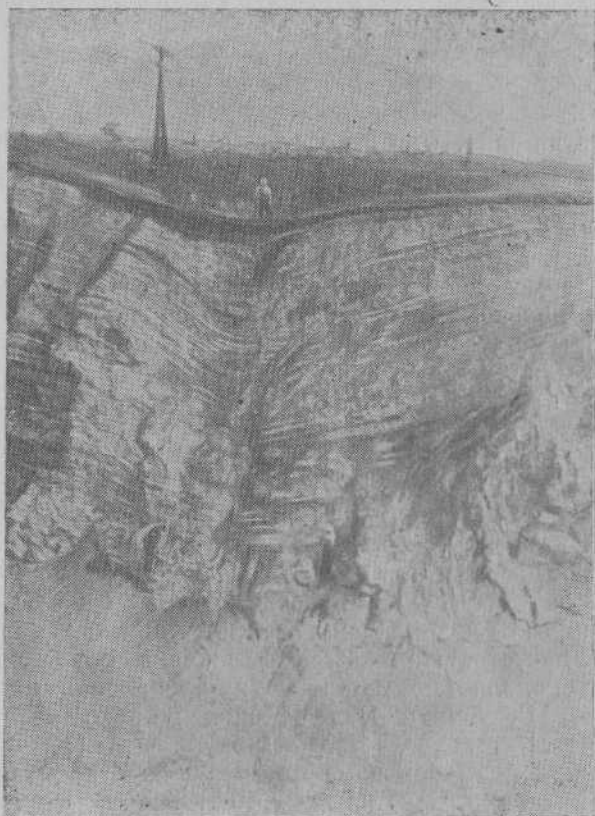


Рис. 7. Коррозионно-просадочная воронка в гипсах по правому склону долины реки Чусовой.

вниз (рис. 6, IV, А—Б). На рисунке 6, IV изображен простой случай, когда карстующиеся породы выходят прямо на земную поверхность. Там, где они перекрыты некарстующимися отложениями, развитие провалов идет разными путями. При глубоком залегании полости может возникнуть провал с поперечником меньше глу-

бины, а при неглубоком — образуется воронка, глубина которой меньше диаметра. Первый случай на примере Бреховского провала был рассмотрен в разделе «Естественные шахты» (рис. 4). В результате расширения и уменьшения глубины эта небольшая шахта превратилась в воронку.

Примером провальных воронок, у которых поперечник больше глубины, могут служить провалы в селе Усть-Кишерть. 28—29 августа 1949 года здесь почти одновременно образовалось три провала. Развитие двух из них приведено на рис. 8, который составлен по данным буровых скважин и наблюдений с 1949 по 1956 год. До провала в гипсах под песчано-глинистыми отложениями было две пустоты, по которым текла вода. Над пустотами была система трещин (рис. 8, I). После дождей, длившихся несколько дней, увеличился вес намокших песчано-глинистых отложений и начались подземные обвалы. Было слышно, как на глубине что-то рушилось.

28 августа 1949 года в 7 часов вечера на поверхности появилась трещина и образовалась ямка (рис. 8, II), обрушение продолжалось, и в 9 часов вечера жители увидели большой провал (рис. 8, III). Обрушение возобновилось в 2 часа ночи и к утру 29 августа рядом с первым образовался второй провал, а размеры первого увеличились (рис. 8, IV). Подземная вода быстро заполнила впадины. Перемычка между ними была прорвана 30 августа 1949 года. Современное состояние провала показано на рис. 24, IV. Сейчас озеро в виде восьмерки находится там, где в 1949 году на ровном месте рос картофель.

Бреховский и Кишертские провалы, в которых над карстующимися породами залегают рыхлые песчано-глинистые отложения, изменяются довольно быстро. Обрушение и размыв стенок приводят к тому, что глубина провалов уменьшается, ширина и длина увеличиваются, а отвесные стенки становятся пологими. Если уровень подземных вод находится близко от поверхности, то провальная воронка превращается в озеро (Кишертские провалы). При глубоком залегании вод она сухая (Бреховский провал в 1956 году).

В некоторых районах над карстующимися гипсами или известняками залегают более прочные породы.

Тогда стенки провала долго остаются почти вертикальными, а разрушение их приводит только к уменьшению глубины.

Мы рассмотрели некоторые основные типы карстовых воронок. В природе имеются и другие разности. Например, развитие некоторых воронок выщелачивания сопровождается оползанием стенок. Это будут воронки коррозионно-оползневые. Нам удалось наблюдать их на склонах долины реки Чусовой и в Кизеловском районе. В Полазнинско-Шалашинском карстовом районе встречаются «хвостатые» карстовые воронки. В них впадает от одного до четырех оврагов. После дождей по оврагам текут ручейки, которые теряются в поноре на дне воронки. Подмыв ручейком стенок карстовой воронки способствует появлению оползней. В Кизеловском районе довелось наблюдать, как небольшое дерево, росшее на оползающей стенке воронки, двигалось вместе с оползнем.

Есть еще одна категория карстовых воронок. Они образуются в месте выхода на поверхность карстовых вод зон горизонтального и особенно сифонного движения. Эти воронкообразные расширения бывают различных размеров. Только в Кизеловско-Яйвинском карстовом районе их не менее трех десятков. Воронки восходящих карстовых источников имеются и в Кишертско-Суксунском карстовом районе. Одну из них автор описал на дне озера Кислое в селении Усть-Кишерт.

Как видно из сказанного, воронки довольно разнообразны не только по внешнему виду, но и по происхождению. Большинство их — воронки выщелачивания (коррозионные), коррозионно-эрозийные, коррозионно-провальные, коррозионно-просадочные, коррозионно-оползневые и некоторые другие — формируются в верхней части зоны вертикального нисходящего движения карстовых вод. Значительно реже, за счет обрушения кровли полостей зоны горизонтального движения вод, формируются провальные воронки. Наиболее редкими являются воронки в устьях восходящих источников, питающихся водами зоны сифонного, подруслового (реже горизонтального) движения карстовых вод.

Приведенные данные показывают, что далеко не все карстовые воронки можно называть провалами. Большая часть воронок относится к воронкам выщелачива-

ния, которые менее опасны для зданий и инженерных сооружений, чем провальные.

При появлении провалов, как это имело место в селении Усть-Кишерть в 1949 году, среди населения возникают слухи о том, что все селение может провалиться. Действительность показывает, что карстовые провалы в начальной стадии обычно имеют поперечник не более 20—30 метров. Это связано с размерами тех подземных карстовых пустот, своды которых обрушаются. Следовательно, если в селении даже и возник один карстовый провал, то вовсе не значит, что все селение провалится. В настоящее время наука располагает точными методами для определения — нет ли еще в селении участков, которым угрожает провал. Достигается это так называемыми геофизическими методами — путем пропуска через породы электрического тока.

Рассмотрение развития различных типов карстовых воронок позволяет сделать и другой важный вывод. Исходя из предположения, что все карстовые воронки образуются путем провалов, обычно считают конусообразные воронки более молодыми, а блюдцеобразные — наиболее древними. Это, в общем, верно для провалных воронок. Однако для некоторых воронок выщелачивания, в частности коррозионно-просадочных, блюдцеобразная форма может быть в начальной стадии. Следовательно, по внешнему виду нельзя судить о возрасте карстовых воронок. Для того чтобы узнать истинную форму, происхождение и возраст карстовых воронок, необходимо пробурить скважины.

Карстовые котловины

Замкнутые карстовые понижения, часто сложной формы, называют карстовыми котловинами. Поперечник их более 100—200 метров. Образуются они за счет роста отдельных карстовых воронок и чаще путем слияния нескольких.

У нас в южной части Кизеловско-Яйвинского карстового района такие котловины имеются в долинах Свиного Лога, Сухого Лога, Ладейного Лога и Нырка. Они овальной или неправильной формы, причем длина их достигает 270 метров при ширине 70 и глубине 30 мет-

ров. Склоны котловин крутые, нередко обрывистые, прорезанные ложбинами, на дне которых наблюдаются русла временных или постоянных потоков. Некоторые котловины открыты в сторону верховьев реки, теряющейся в ней. Часто в котловинах наблюдается несколько действующих понор. Небольшие, сложные котловины можно встретить в Полазнинско-Шалашнинском карстовом районе. Здесь описаны и более крупные карстовые понижения. Так, у поселка Мутная долина реки Мутной расширяется до одного километра. Это, по мнению А. В. Вшивкова, карстовая котловина чашеобразной формы с крутыми склонами, высотой до 100 метров, которая сейчас прорезана речной долиной.

В Ксенофонтовско-Ныробском карстовом районе известны котловины овальной, реже неправильной формы, поперечник которых достигает одного километра. В Кишертско-Суксунском карстовом районе имеется вскрытая и включенная в настоящее время в долину реки Сылвы карстовая котловина у деревни Низкое, на дне которой есть несколько восходящих карстовых источников, дающих начало реке Кишертке. Живописная котловина с поперечником до 0,5 километра и глубиной до 100 метров расположена в районе деревни Мазуевки.

В среднем течении реки Ирени, в районе села Павлово, в гипсах котловина длиной около 200 метров образовалась от слияния более десятка карстовых воронок глубиной 10—15 метров. Перемычки между воронками едва заметны. Другая более крупная котловина находится в нижнем течении Ирени. Она овальной формы, длиной 350 и шириной 200 метров при глубине до 20 метров. В южной части котловины имеется чашеобразная заболоченная воронка диаметром до 70 метров и поперечником водной поверхности до 20 метров. Для Тулумбасовско-Тисовского карстового района М. В. Круглов указывает Плотниковско-Сосновскую и Осинцевскую заболоченные котловины, поперечник которых достигает 5—7 километров.

Мы указали только некоторые из карстовых котловин, имеющих в Пермской области. Большинство из них, за исключением Кизеловского района, находится в районах карста гипсов и ангидритов. Часть из них, особенно в Тулумбасовско-Тисовском районе, по своим

размерам приближается к наиболее крупным карстовым формам — полям.

Вне Пермской области карстовые котловины имеются в Крымских горах и на Кавказе.

Поля

Поля — это обширные продолговатые замкнутые впадины карстовых областей, обладающие ровным дном и крутыми, иногда совершенно отвесными стенками. Встречаются они главным образом в горных областях, где пласты известняков залегают со значительными углами наклона. По форме поля бывают округлые, овальные, сильно вытянутые в длину, неправильно лопастные. Последние произошли от слияния нескольких меньших полей. Длина полей не менее чем в 2—3 раза больше ширины. Размеры полей самые разные — от 2—3 до 400 квадратных километров.

Отличительной особенностью полей является то, что они орошаются карстовыми источниками, которые, пройдя некоторое расстояние по дну, обычно исчезают в понорах. Ровное дно полей покрыто отложениями, принесенными реками и ручьями, а также красноземом, который остался как нерастворимый в воде остаток после выщелачивания известняков. Над ровным дном полей возвышаются холмы из известняков или карстовые останцы (рис. 9).



Рис. 9. Карстовое поле Лика в Югославии. Видны хумы — карстовые останцы. На заднем плане стенки поля (по И. Цвийчу).

Образуются поля различными путями. Одни представляют собой результат провала свода туннелей подземных карстовых рек, другие возникли путем слияния соседних карстовых котловин и воронок. Многие боль-

шие поля есть следствие опускания участков земной коры по разломам и последующего выщелачивания. Наконец, имеются и такие, которые образовались в результате выноса в поноры некарстующихся пород, залегающих среди карстующихся.

В СССР небольшие поля имеются в Крыму — Байдарская долина и Бештекие. Некоторые относят к ним и Шоарскую котловину в Закавказье. За рубежом поля известны в Югославии, на островах Адриатического и Ионийского морей, на Апеннинском полуострове и в ряде других районов.

Карстовые останцы

В карстовых областях наряду с углублениями различных размеров от понор и воронок до котловин и полей имеются и выпуклые образования. Это не только карстовые гребешки и другие формы между карровыми углублениями, но и различные выступы, холмы. Здесь рассмотрим только выпуклые формы, которые образуют своеобразный рельеф на некоторых участках карстовых областей. Большей частью такие останцы образуются в областях с теплым влажным климатом.

Их можно встретить и в тех районах, где в настоящее время уже не выпадает большое количество осадков. В таких случаях они сохранились от более влажного третичного времени.

Карстовые останцы имеются в полях и котловинах, например, в Крыму в Байдарской долине, в Бештекие, на Кавказе в районе озера Эрцо и в Лечхуме, на правобережье реки Риона.

В некоторых районах карстовые останцы составляют основную особенность рельефа.

Особенно широко развит рельеф карстовых холмов в Китае (рис. 10). В Восточной Юньнани это так назы-



Рис. 10. Карстовые останцы в южной части провинции Гуанси, в Китае. (по Г. Виссману).

ваемые каменные леса, в верхнем течении реки Хуншуйхэ — цилиндрические каменные башни, на границе с Вьетнамом — башнеобразные горы высотой 200—300 метров, восточнее Яошаня, в бассейне рек Гуйцзян и Хэцзян, — башнеобразные холмы со срезанными вершинами общей высотой 60—150 метров и т. д.

Холмы в виде сахарных голов издавна изображались в китайской классической живописи.

Глава вторая

ПЕЩЕРЫ И ПРИРОДНЫЕ МОСТЫ

В карстовых областях, кроме поверхностных форм, имеются пещеры, каверны и другие многочисленные подземные полости. Наиболее распространены и изучены из них пещеры.

ПЕЩЕРЫ

Пещеры бывают самого различного происхождения. Они могут быть выдуты ветром в скале, образоваться в результате деятельности озерной, морской или речной воды, быть вырыты животными. Подземные горные выработки, особенно заброшенные, являются искусственными пещерами. Пещеры имеются и в лавах, где это — полости больших пузырей или вытекших по трещинам лавовых потоков. Потоки воды под гренландскими, антарктическими, горными ледниками также создают пещеры во льду. Все эти и другие пещеры изучает наука — спелеология, или пещероведение.

В этой главе рассмотрим карстовые пещеры, образованные деятельностью подземных вод в известняках, доломитах, мраморах и других карбонатных породах, в гипсах и ангидритах и различных солях.

Пещеры формируются в зонах вертикального нисходящего, горизонтального и сифонного движения карстовых вод. В зоне вертикального нисходящего движения карстовые колодцы или шахты с расширениями в виде гротов называют вертикальными пещерами. Они мало чем отличаются от рассмотренных уже карстовых колодцев и шахт и поэтому на них не будем останавливаться. Рассмотрим пещеры зоны горизонтального дви-

жения карстовых вод и переходной зоны. Образуются они в результате растворяющей, размывающей и выносящей деятельности карстовых вод, при значительной роли подземных обвалов.

Вода, находящаяся в зоне горизонтального движения, перемещаясь по трещинам в карстующихся породах, расширяет их растворением и размыванием. Постепенно вместо трещин образуются щели различной ширины. По мере увеличения ширины трещин, все большее и большее количество карстовых вод устремляется в них. Так как карстующиеся горные породы неоднородны, то на разных участках щели растут с неодинаковой быстротой. Наибольший рост наблюдается там, где имеются самые чистые разности известняков, гипсов и других карстующихся пород. Наличие нерастворимого остатка в виде частиц глины и песчинок замедляет карстование.

В более широких щелях вода встречает наименьшее сопротивление в виде трения о стенки. Движение здесь происходит быстрее, и все большие массы воды устремляются в них из трещин меньших размеров. Так постепенно некоторые системы сообщающихся трещин, направление которых совпадает с направлением подземного стока карстовых вод, развиваются быстрее и стягивают все большее количество воды. Возникает вихревое движение карстовых вод, и трещины путем расширения превращаются в каналы различного поперечного сечения.

Вначале поток карстовых вод занимает все поперечное сечение каналов. Постепенно, по мере их роста, на отдельных участках, а затем и на большей части протяжения, карстовых вод уже недостаточно, чтобы занять все поперечное сечение. В верхней части остается пространство, незаполненное водой. Здесь находится воздух. Это наблюдается в зимнее время и летом, когда карстовых вод мало. В весеннее время, летом и осенью во время дождей канал вновь полностью заполняется водой.

Стекающая по каналу вода попадает либо в подруловые (поддолинные) пустоты, либо в отложения в русле реки. Когда район, где находятся такие подземные карстовые каналы, за счет движения земной коры начнет подниматься, река будет все глубже врезаться в свое дно и вскрыет карстовый канал. Текущие по нему воды получают выход на дне реки или по ее берегу.

Появится карстовый источник. Подземная река, которая течет по каналу, приносит большие массы воды. Их куда больше, чем в роднике, вытекающем из песков или песчаников. Такие карстовые источники, дающие воды в одну секунду не литры, а кубические метры, называются исполиновыми.

Подземный канал не все время занят исполиновым источником. Если поднятие карстового района продолжается, то выход его становится все выше над уровнем воды в реке, в долине которой он вытекает. Поток карстовых вод размывает дно подземного канала. Кроме того, все большее и большее количество воды начинает уходить по трещинам вглубь, где постепенно на более низком уровне трещины превращаются в щели, а затем и в канал. Образуется вначале пещера с рекой, затем пещера с озерами, и, наконец, сухая пещера, где только после дождей в некоторых местах со сводов капает вода.

Канал, по которому двигался подземный поток, на разных участках имеет различную ширину и высоту. В местах пересечения его вертикальными трещинами или каналами он шире и выше. Рост канала происходит не только за счет выщелачивания и размывания стенок, потолка и пола канала, но и путем обвалов сводов. Канал примерно однообразного поперечного сечения превращается в чередование участков узких или проходов и широких или гrotов.

Гроты иногда называются залами. Размеры проходов и гrotов самые различные. В одни проходы человеку нельзя пробраться, в другие проникают ползком, в третьих уже можно пройти согнувшись. Есть проходы, где можно ходить свободно, не наклоняя головы. Бывают небольшие гроты размером два на три и более метров. В Кунгурской ледяной пещере гrot «Смелых» имеет длину 60 и ширину 17—23 метра при площади около тысячи квадратных метров. В Заозерной части этой пещеры гrot «Географов» общей длиной 155 и шириной от 13 до 32 метров имеет площадь более трех тысяч квадратных метров. Один из наиболее крупных гrotов находится в Карлсбадской пещере в США. Длина его 1220, максимальная ширина 190 метров, а наиболее высокая точка потолка выше пола на 91 метр.

Пещеры весьма разнообразны. По берегам рек и в стенках оврагов встречаются небольшие углубления

в два-три метра, которые называют нишами. Бывают пещеры, состоящие всего из одного грота. Обычно они имеют широко открытый вход и через несколько метров заканчиваются недоступной щелью или несколькими трещинами. Есть пещеры с двумя входами, часто находящимися на двух противоположных концах. Их обычно называют проходными. Небольшие, слепо оканчивающиеся пещеры, состоящие из одного или небольшого числа гротов, именуют мешкообразными. Пещеры,

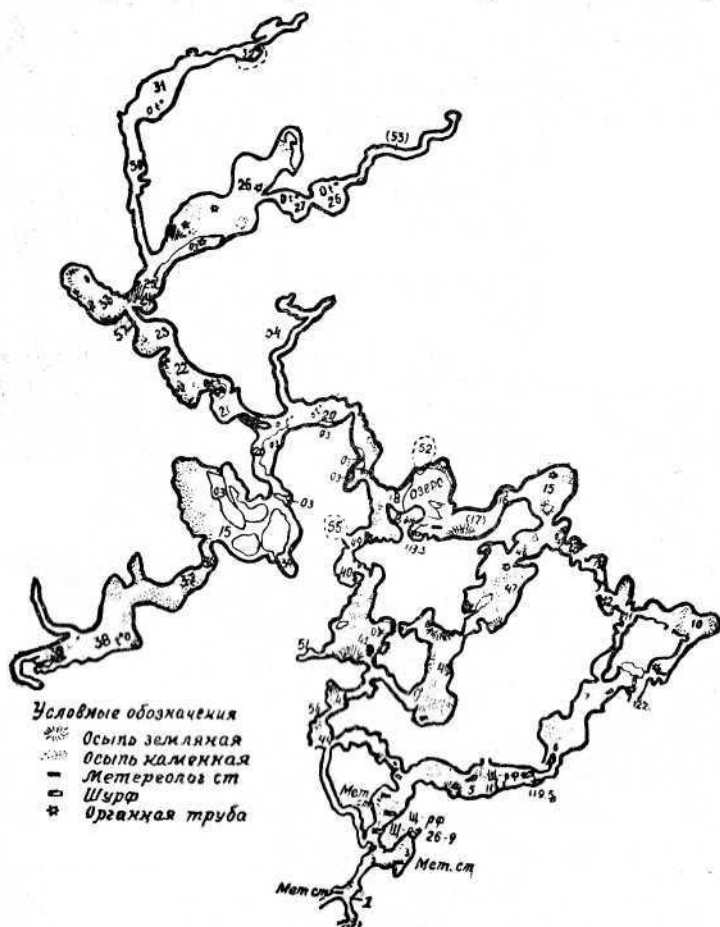


Рис. 11. План Кунгурской ледяной пещеры.

состоящие из коридора с несколькими небольшими расширениями в виде гротов, называют коридорами. Бывают пещеры, план которых имеет сложный вид. Примером может служить Кунгурская ледяная пещера, гроты и проходы которой вытянуты в двух основных направлениях (рис. 11). Большая часть их перпендикулярна берегу реки Сылвы. По трещинам этого направления карстовые воды стекали от водораздельного пространства к реке и разрабатывали подземные пустоты. Второе направление, по которому развивалась пещера, связано с трещинами примерно параллельными реке. Наиболее распространены одноэтажные пещеры, возникшие из пустот одной зоны горизонтального движения карстовых вод. Наряду с ними есть пещеры двух-трех- и многоэтажные.

Помимо проходов и гротов, развитых в зоне горизонтального движения, в пещерах имеются и формы, образовавшиеся в зоне вертикального движения карстовых вод. В Кунгурской ледяной и многих других пещерах Пермской области можно наблюдать в потолке гротов и проходов вертикальные трубы с поперечником от 0,4 до 6 метров. В Кунгурской ледяной пещере их 31. Имеются они в Пиликинской, Кладбищенской, Уинской ледяной, Заиренской, Подкаменной, Тураевской пещерах. Известны они в Сюкеевской пещере в Татарии, Малой Кизичинской на Северном Кавказе и других. Это слепые колодцы или, как их чаще называют, органнне трубы. Они либо переходят в поноры на дне карстовых воронок, либо соединяют этажи пещер. Академик И. И. Лепехин еще в 1770 году в Башкирии, в одной из Курманаевских пещер на берегу реки Аурагазы наблюдал две органнне трубы, через которые был виден дневной свет. Эти трубы являлись цилиндрическими понорами, заканчивающимися в пещере.

Наблюдениями в Пермской области установлено, что над большинством горизонтальных пещер имеются поля карстовых воронок. Чем больше пещера, тем больше воронок над ней. Следовательно, путешествуя по пещере, мы видим область бывшего перехода зоны вертикального движения карстовых вод в зону горизонтального движения. Если попали в пещеру, которая суха, значит зона горизонтального движения карстовых вод находится уже глубже.

Подземные реки

Иногда удается проникнуть в пещеру, из которой вытекает поток. По подземной реке приходится идти в брод или плыть на резиновых надувных лодках. Подземные реки, а чаще небольшие ручьи имеются в Пермской области в пещерах Пашийской, Мечкинской, Пономаревской, Ключиковской и других. В Пашийской пещере ручеек с песком и галькой в русле в самом широком месте достигает 30 сантиметров, при глубине в 1—2 сантиметра. Он образует довольно эффектный водопад с высотой падения 12 метров. В Мечкинской пещере, состоящей из восьми гротов, имеется ручеек, вода в котором течет со скоростью 0,3 метра в минуту. В Пономаревской пещере имеется речка глубиной до двух метров, температура воды которой $+4,8^{\circ}\text{C}$. В Ключиковской пещере ручей глубиной всего 0,2 метра течет со скоростью 9 метров в секунду, причем температура воды его $+5,5^{\circ}\text{C}$.

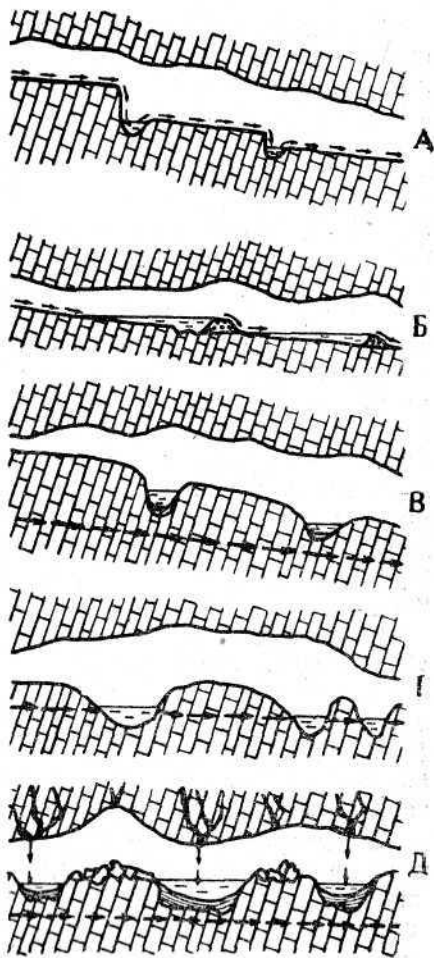


Рис. 12. Схема развития подземных рек и озер.

А — пещерная река с водопадом и озерами в месте падения воды; Б — пещерная река с запрудами и плотинными озерами; В — пещерные озера в углублениях, образованных исчезнувшей пещерой; Г — пещерные озера, которые проточны за счет подземных вод; Д — пещерные озера в углублениях с глиной на дне.

Пещерные озера

В углублениях дна горизонтальных и наклонных пещер иногда наблюдаются скопления воды, которые обычно называют озерами. Они встречаются и при наличии пещерной реки и в тех случаях, когда потока уже нет. Подземный поток в наклонных пещерах, обычно в районах с расчлененным рельефом, часто испытывающих поднятие, на пути от наивысшей точки к более низким может образовать несколько водопадов. В местах падения воды, у подошвы уступа, образуются котловины небольших проточных озер (рис. 12, А). Примером может служить река Комбет во Франции, где при наличии десяти водопадов имеется только два озера.

В пещерах с более пологим дном проточные озера могут образоваться и другим путем. Обвалы известняков кровли, пещерная глина, а иногда песок и галька создают запруды на пути подземной реки. Образуются плотинные озера, число которых может достигать двенадцати и более (рис. 12, Б). В Болгарии известна Деветашская пещера с 12 плотинными озерами. Во Франции на подземной реке Падирак имеется более 36 плотин.

После того как подземный поток покинет пещеру, уйдя вглубь, в нижележащие пустоты, вода, задерживающаяся в оставленных рекой заглиненных углублениях, может образовать несколько небольших озер (рис. 12, В). Подобное явление наблюдается в пещере Подпеч в Югославии, где на наклонном участке имеется 9 озер различной формы.

В пещерах с более или менее горизонтальным дном неглубоко залегающие карстовые воды заполняют пониженные участки пола, создавая озера, имеющие подземное сообщение. Они являются как бы окнами в потоке карстовых вод (рис. 12, Г). В этой стадии находится Кунгурская ледяная пещера, где известно 36 озер.

При глубоком положении основного потока карстовых вод под полом пещеры только в небольших углублениях, дно которых сделалось водонепроницаемым из-за скопившейся пещерной глины, сохраняется часть воды, поступившей сверху. Озера (рис. 12, Д), образовавшиеся подобным образом, характерны для Кизеловской пе-

щеры. Если вода не задерживается в пещере, то озер не будет.

Рассмотрев развитие пещерных озер, кратко охарактеризуем некоторые из них.

Кунгурская ледяная пещера известна своими 36-котловинными проточными и непроточными озерами. Наибольшее из них в гроте «Дружба народов» имеет площадь около 700 квадратных метров при средней глубине 4 метра, максимальной 5,6—6 метров. Другие из более значительных озер, в так называемой заозерной части, имеют площади в 400 и 220 квадратных метров, а наиболее длинное (60 метров) — 350 квадратных метров. Остальные озера отличаются меньшей площадью, у наименьших она 15—20 квадратных метров при глубине около 0,5 метра.

Уровень воды в озерах примерно на 0,1—0,15 метра выше уровня воды в реке Сылве, на берегу которой находится пещера. Когда вода в Сылве убывает, уровень подземных озер понижается и наоборот. Так как рельеф дна гротов неровен, а озера неглубоки, то при колебаниях уровня не только площадь, но и число их изменяется. Так, в гроте «Дружба народов» при низком стоянии воды наблюдается три озера, которые при высоком уровне сливаются в одно. В «Озерном» гроте периодически наблюдается то 12, то одно озеро. Таким образом большая часть озер Кунгурской ледяной пещеры проточна и через систему трещин сообщается с рекой Сылвой.

Озера, приуроченные к углублениям, выполненным пещерной глиной, непроточны. Поступающая с поверхности по трещинам и органам трубам вода скопляется в этих понижениях и образует озера, уровень которых не связан с рекой Сылвой. В Кунгурской пещере, по данным исследований 1934—1935 годов, уровень воды в непроточных озерах был на 4 метра выше, чем в проточных.

Температура воды в озерах весь год постоянна и колеблется в пределах десятых долей градуса. Она составляет 4—4,5, редко достигая 4,8 градуса. Воды озер, приуроченных к гипсам и ангидритам, сульфатно-кальциевые, причем минерализация их достигает 2,17 грамма на литр.

Весьма типично проточное озеро Пашийской пещеры, находящейся в верхнедевонских известняках ле-

вого берега реки Вижай. В озеро, длина и ширина которого 8 и 5,5 метра, а глубина около 2 метров, впадает два ручья. Уровень воды в нем такой же, как и в реке Вижай. Вода из озера подземным путем уходит в подрусловой поток этой реки.

Подземные озера известны и в других пещерах Пермской области: Дивьей, Велсинской, Родничной, Большой Всеволодовской, Кизеловской (глубиной 2,5—3 метра), Куликовской ледяной, Андроновской ледяной (площадью 18 квадратных метров и глубиной до 1,5 метра), Кладбищенской, Мечкинской (площадью 4 квадратных метра, глубиной 0,5 метра и площадью 8—10 квадратных метров, глубиной до 1,5 метра), Тураевской, Бурцевской и Степановской.

Котловинными озерами характеризуется Девичья пещера из группы Сюкеевских пещер в Татарии. Наибольшее из них имеет площадь около 1000 квадратных метров. Длина водоема достигает 90 метров, а средняя ширина — 10—12 метров, при средней глубине 1—2 метра. В карстовых воронках глубина озера доходит до трех метров. Температура воды в озере весь год 6,8 градуса. Второе озеро длиной 25 и шириной 6—8 метров. Как и первое, оно приурочено к гипсовой пачке в верхней части казанского яруса пермской системы.

Котловинное озеро с поперечником 2,5 метра в известняках известно в пещере по реке Чарышу на Алтае. В Уссурийском крае, в пещере Арсеньева, протяжение которой около 500 метров, в одном из ходов нижнего этажа обнаружено неглубокое озеро. Озера характерны и для пещер Абхазии.

Из зарубежных остановимся на плотинных озерах Деветашской пещеры в Болгарии. За первым озером выше водопада высотой 4 метра и шириной 10 метров, обусловленного запрудой, находится второе озеро, длиной в 130 метров и шириной до 8 метров. Оно примыкает ко второй запруде, за которой идет третье озеро. За маленькой запрудой лежит четвертое озеро, оканчивающееся у порога (запруды) Леговия. Всего в пещере 11 озер различной величины и шесть значительных порогов. Глубина озер от 4 до 9 метров, а высота порогов над поверхностью воды в нижележащем озере от 0,6 до 7 метров. Пороги состоят из обломков, принесенных водой, и водонепроницаемого песчано-глинистого материала.

ла. Благодаря этому вода из озер вытекает путем переливания через край. Временами под напором воды плотины разрушаются, а затем вновь возникают. Порог Леговия состоит целиком из известняка.

Подземные озера карстовых шахт

Озера можно встретить не только в горизонтальных и наклонных пещерах, но и в вертикальных пещерах, колодцах и шахтах. Они бывают двух типов. Одни озера приурочены к заглиненным углублениям на дне вертикальных карстовых пустот. Вода поступает в них сверху. В других случаях это выход подземных карстовых вод, вскрытый вертикальными пустотами. Через колодцы и шахты происходит питание карстовых вод. Данных об этих озерах мало и, по-видимому, они встречаются значительно реже.

В Пермской области на дне Бреховского провала в Суксунском районе на глубине 45 метров в 1954 году было два небольших озерка, размерами $3 \times 1,5$ метра с глубиной 1,8 метра и 2×2 метра при глубине 1,2 метра (рис. 4).

Особую группу представляют подземные озера, питающиеся теплыми или углекислыми подземными водами. Примером является озеро с минеральной водой в Пятигорском провале. Находящееся на дне провала озерко с сине-зеленой водой, глубиною до 10 метров, характеризуется наличием связи с Пятигорскими минеральными источниками. Отмечено, что подъем уровня в озерке совпадает с временем увеличения притока минеральных источников.

Обрамление и пленки подземных озер

В карстовых пещерах в известняках и даже в гипсе иногда наблюдаются очень своеобразные явления. В одной из пещер Германии в Южном Гарце, приуроченной к гипсу, в небольших озерках был обнаружен налет кристалликов кальцита, которые плавали на поверхности воды. Кристаллы начинают появляться, когда вода вследствие испарения становится насыщенной карбонатом кальция, а плавают они благодаря поверхностному натяжению воды.

Если испарение продолжается, то получается известковая пленка, которая чаще всего дает кальцитовое обрамление озерных ванночек. В СССР она установлена в Гумской пещере и пещере Абласкира. В Словакии весьма разнообразное обрамление пещерных водоемов и выступов на дне наблюдается в Деменовских пещерах в Низких Татрах. Кальцитовое обрамление известно и в пещерах Северной Америки.

Иногда кальцитовая пленка затягивает все озеро. Такое весьма редкое явление было обнаружено 4 июля 1948 года Ю. К. Митюниным и В. М. Армишевым в Кизеловской пещере в небольшом озерке, размером 5 на 2,5 метра и глубиной от 15 сантиметров до полуметра. Озерко, подобно льду на луже при заморозках, было покрыто желтоватой пленкой, под которой оказалась пустота, а еще ниже — вода. Химический анализ показал, что в воде очень много извести, а пленка представляет почти химически чистый кальцит. Под микроскопом удалось установить, что пленка образовалась в два приема. Вначале на воде плавали одиночные кристаллы кальцита. При дальнейшем испарении воды выпали новые кристаллы, которые сцементировали первичные в сплошную пленку. Кальцитовая пленка просуществовала недолго. Пошли дожди, и вода сверху по трещинам просочилась в озерко и растворила пленку. Через 27 дней пленки уже не было.

В других пещерах такие пленки не обнаружены. Возможно, это объясняется отсутствием наблюдений и кратковременностью существования пленок.

Пещерный жемчуг

Одним из довольно редких образований карстовых пещер является пещерный жемчуг. Он был обнаружен 18 августа 1948 года Ю. К. Митюниным и В. М. Армишевым на полу Кизеловской пещеры в семнадцатиметровом проходе в пещерной глине. Это белые или желтоватые горошины с поперечником от 5 до 8 миллиметров (рис. 13). Большая часть их имела приплюснутую яйцевидную, реже шаровидную форму. Местами пещерный жемчуг был сцементирован, образуя «жемчужный камень». Когда одну жемчужину разрезали, то оказалось, что она состоит из полутора-двух десятков малю-

сеньких шариков, вложенных один в другой. Разрез ее напоминал срез дерева с его годовыми слоями. В центре находилась песчинка, а в некоторых — кристалл кальцита. Срез показал, что жемчужина образовалась не сразу, а подобно дереву с его годовыми слоями, в несколько приемов.

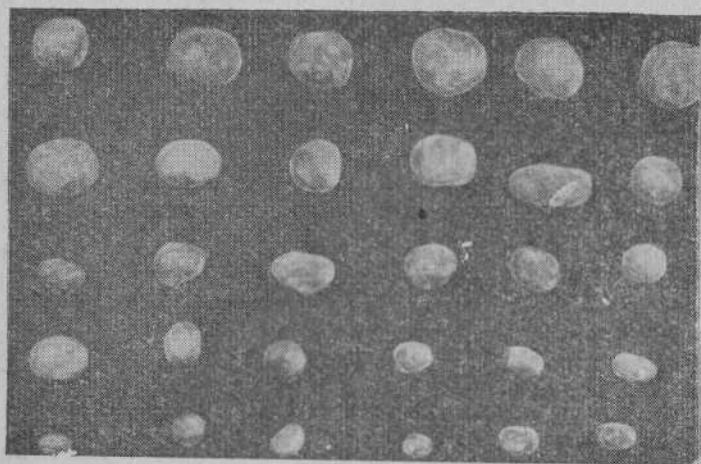


Рис. 13. Пещерный жемчуг из Кизеловской пещеры.

Изучение пещерного жемчуга или кальцитовых пизолитов и оолитов позволило узнать, как они возникают. Оолиты — это известковые «искринки» до двух миллиметров в поперечнике. Название их происходит от греческих корней: оон — яйцо и литос — камень. Оолиты с поперечником более двух миллиметров называют пизолитами, от латинского слова пизум — горох.

Как же образуются эти кальцитовые оолиты и пизолиты? Дождевая и талая снеговая воды, просачиваясь вглубь по трещинам через известняки, насыщаются известью. Падая на глинистый пол пещеры, они образуют маленькое, неглубокое озеро. За счет испарения вода насыщается карбонатом кальция. Создается обстановка, при которой начинается образование кристаллов кальцита. В более глубоком озере образовалось бы кальцитовое обрамление. В неглубоких озерах небольшие кристаллики кальцита, выпавшие из пересыщен-

ного раствора, начинают вращаться под влиянием новых капель воды со свода, приводящих в движение воду. Известь теперь выпадает из раствора не у берегов, а вокруг кристаллов кальцита или песчинок со дна, приведенных в движение капающей водой. Образуется первый слой оолитов. При новом пересыщении раствора получается второй слой и т. д. В разрезе некоторых пещерных жемчужин наблюдается чередование белых или желтоватых и более темных колец. Темная окраска обусловлена органическими веществами, а также железом. Ее связывают с весенне-летним периодом, когда органическое вещество поступает с водой с поверхности. Химический анализ пизолитов из Кизеловской пещеры показал, что они состоят в основном из карбоната кальция. Кроме извести, имеются в небольших количествах железо, вода, органические и некоторые другие вещества.

Пизолиты и оолиты пещер имеют такой же химический состав, как и жемчуг из раковин. Однако они не так красивы. Настоящий жемчуг состоит из минерала арагонита, обладающего блеском.

В СССР кальцитовые пизолиты найдены пока только в Кизеловской пещере в Пермской области. Несомненно, они есть и в других пещерах, в частности в основании сталагмитов, но пока данных об этом нет. За рубежом пещерный жемчуг также встречается довольно редко.

На земном шаре пещерный жемчуг известен пока в 23—30 точках. Если учесть, что число пещер превышает 30 тысяч, то ясно, что он представляет довольно редкое образование.

Пещерные капельники и другие натечные формы

Значительно чаще, чем пизолиты и оолиты, в пещерах образуются капельники и другие формы. Вода, просачивающаяся в пещеру через трещину в своде, насыщена известью. Постепенно из просачивающейся воды образуется капля; кроме того, из воды выделяется углекислый газ. В результате, прежде чем капля упадет на пол, на своде пещеры осаждается небольшое количество извести.

Капля за каплей просачиваются из трещин и падают

вниз или стекают по потолку и стенам. От каждой такой капли на потолке и стенах пещеры остается ничтожная частица извести. Сметанообразная вначале, она превращается в творожистую массу, а затем начинается кристаллизация — образуется минерал кальцит. Это та же известь, но только в кристаллической форме.

Постепенно на потолке пещеры образуется бугорок, он растет и со временем превращается в маленькую трубочку — сталактит. Из трубочки образуется сосулька, которая становится все длиннее и длиннее (рис. 14).

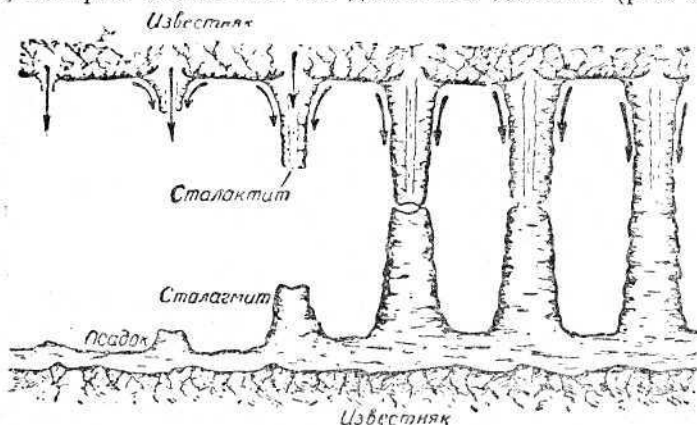


Рис. 14. Возникновение в пещерах колонн путем срастания спускающихся сверху сталактитов и нарастающих снизу сталагмитов (по А. Ферсману).

Часто длина таких трубок, напоминающих стебли, достигает нескольких метров.

Иногда канал трубки закупоривается выделившейся из воды известью. Тогда вода начинает капать из той же трещины, но уже вблизи первого сталактита. Так постепенно вдоль трещины образуется целый ряд сталактитов. В некоторых пещерах наблюдается целый лес таких вертикальных нитей-стеблей.

Известь выделяется и из капли, упавшей на пол пещеры. Здесь навстречу сталактитам растут вверх известковые конусы с приплюснутой вершинкой, или сталагмиты (рис. 15).

Образование сталагмитов часто начинается с того, что падающая со сталактита капля выдалбливает в известковом полу пещеры небольшую ямку. В этой ямке

известь, выделяющаяся из капающей воды, может образовать пещерный жемчуг.

Ямка с пещерным жемчугом (или без него) постепенно заполняется известью из падающих со сталактита капель. Затем начинается рост сталагмита вверх.

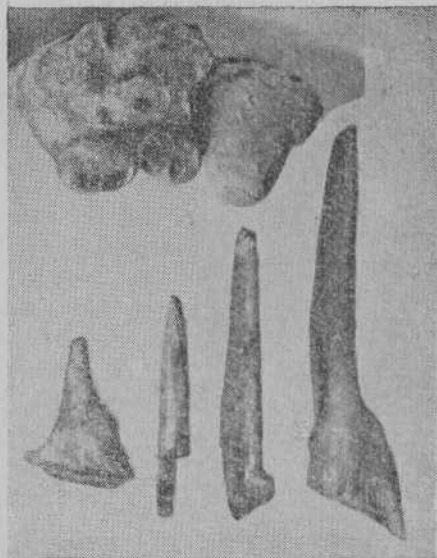


Рис. 15. Сталактиты и сталагмиты из Кизеловской пещеры.

Рисунг перевернут.

Постепенно нарастая вверх и в бока, сталагмит состоит как бы из нескольких колпачков, насаженных один на другой. Если его разрезать, то в поперечном сечении мы увидим кольца, напоминающие годовичные кольца стволов деревьев.

Изучение сталагмитов из пещер Словакии показало, что они состоят из чередующихся белых и коричневых слоев. Весной, летом и осенью воды содержат в себе соединения железа и марганца, а также различные органические вещества, которые придают извести коричневатую и даже коричневую окраску.

Зимой этих веществ почти нет, и образуется белый слой. Таким образом за год на сталагмите нарастает два слоя: темный и белый. Подсчитав в срезе число парных слоев, нетрудно определить его возраст. Такие подсчеты дали для сталагмита из Кизеловской пещеры, имеющего 68 сантиметров в поперечнике, возраст 2500 лет. Есть сталагмиты, возраст которых, определенный по полугодовым кольцам, достигает 600 000 лет. Возраст громадного сталагмита в Карлсбадской пещере в Северной Америке, имеющего высоту 18,9 метра и поперечник 4,9 метра, определяется в 60 миллионов лет!

Высота сталагмитов изменяется в широких преде-

лах — от едва заметных бугорков и конусов высотой в несколько сантиметров до 30 метров.

Весьма разнообразна и форма сталагмитов. Капая с большой высоты, часть воды разбрызгивается, а из извести оставшейся воды возникают тарельчатые, расширенные сталагмиты. Если в пещере сталагмит затоплен водой, то вокруг него тоже нарастает известковая кора. При колебании уровня воды тарельчатые наросты на сталагмите образуются на различной высоте.

Иногда сталагмиты сохраняют для нас данные о далеком прошлом пещер. В Средней Азии, в 43 километрах от Самарканда, в горах Кырк-Тау в пещере Аман-Кутан под разбитым сталагмитом нашли скелет человека, жившего более 300 тысяч лет назад. Здесь же были найдены грубые каменные орудия и кости разнообразных животных, служивших пищей древним людям. Труп человека был, по видимому, чуть-чуть зарыт в землю и заброшен камнями. Вода, капающая сверху над местом погребения, приносила известь. Кости покрылись известью, а затем окаменели.

Если сталагмиты, которые растут вверх, и сталактиты (рис. 16), опускающиеся книзу, сольются, то образуются колонны (рис. 14).



Рис. 16. Сталактиты и сталагмиты одной из пещер Чехословакии.

Сталактиты обычны для пещер в известняках. В пещерах среди гипсов их почти нет, а небольшие сталактиты в 1—2 сантиметра в гипсовых пещерах оказались также состоящими из извести. Отсутствие сталактитов и сталагмитов из гипса связано, по-видимому, с тем, что он легко растворяется. В пещерах, где с потолка поступает сравнительно большое количество воды, капельники из гипса не образуются, так как раствор не насыщен. Если бы раствор был насыщен и натеки образовались, то поступление новых количеств воды все равно привело бы к растворению их.

Только в жарком пустынном климате имеются условия для появления гипсовых капельников.

Чаще же в гипсовых пещерах возникают не натечные образования, а кристаллы размером от 2—3 сантиметров до 3—4 метров.

Одни из самых маленьких кристаллов были обнаружены археологом И. С. Поляковым в 1879 году летом на поверхности льда на полу Кунгурской пещеры. Академик Е. С. Федоров в 1883 году объяснил их происхождение. Лед этой пещеры, находящийся в гипсах, минерализован. Анализ показал, что один литр воды, полученный от таяния льда, содержит более одного грамма сульфата кальция. Летом под влиянием потока теплого воздуха лед испаряется, а сульфат кальция концентрируется на поверхности в виде кристаллов гипса.

Кристаллы гипса описаны и в пещерах Западной Подолии на Украине. Самые большие кристаллы, до 3—4 метров длиной, были обнаружены в Мексике, в пещере Наика.

Сталактиты и сталагмиты образуются и в соляных пещерах. В Средней Азии в Тигровой или Барсовой сталактитовой пещере эти трубчатые натеки даже издают звуки.

А. И. Дзенс-Литовский в 1934 году слышал весьма сильное звучание Тигровой пещеры и объяснил его. При небольшом северо-восточном ветре даже на значительном расстоянии от пещеры из нее доносились весьма музыкальные звуки. Когда ветер усиливался, усиливались тона этой своеобразной пещерной музыки. Оказалось, что звуки исходили от длинных сталактитовых трубок из каменной соли. Во время порывов ветра зву-

ки менялись, особенно когда песчинки ударялись о трубки сталактитов. Геологи попробовали ударять по этим соляным трубкам молотком. В зависимости от диаметра и длины сталактитов звуки менялись. При желании можно было бы подобрать даже гамму. При обычных условиях музыка появлялась при достаточной скорости воздуха. За счет небольших вихрей вокруг сталактитов эти соляные трубки колебались и были причиной звуков.

В пещерах встречаются разнообразные капельники. Иногда это целый лес сталактитов. В других местах по трещине образуется целый ряд сталактитов, напоминая фантастический занавес подземного театра. Обычно экскурсанты дают самые различные названия пещерным капельникам: Голова дракона, Минарет, Китайская пагода и тому подобные. Капельники эти бывают и ледяные. О них мы расскажем в разделе «Ледяные пещеры».

Натечные формы могут наблюдаться на стенках и на полу пещер.

Заполнение пещер

В развитии карстовых пещер часто различают два основных этапа. К первому относят формирование подземных пустот. Во втором этапе происходит заполнение их. Однако было бы неправильно думать, что второй этап начинается после того, как закончился первый. Заполнение пещеры происходит еще тогда, когда рост ее продолжается. В больших пещерах на одних участках идет увеличение размера пустот, а на других — заполнение.

Пещеры заполняются материалом самого различного происхождения. Кроме известковых пещерных капельников, оолитов, пизолитов и отложений озер, в пещерах скопляются глина, обломки со сводов, отложения, принесенные пещерными реками и с поверхности, растительные и животные остатки, материалы, принесенные человеком, пещерный снег, лед и т. п.

В некоторых пещерах из воды подземных потоков выпадает известь, которая образует туф, иногда закупоривающий даже вход. За счет выпадения из растворов образуются кристаллы гипса в гипсовых пещерах и

кристаллы кальцита в известняковых пещерах. Иногда такой кальцит совершенно прозрачен и тогда используется в оптической промышленности.

Особую разность представляет пещерная глина. Обычно она очень тонка и образует липкую грязь, которая особенно характерна для Центрального грота Кунгурской ледяной пещеры. В 1935 году в малопосещаемом тогда гроте «Смелых» с пола была взята глина. Разделение составляющих частиц по величине дало следующие результаты:

Размеры частиц	менее			
в миллиметрах	0,25—0,05	0,05—0,01	0,01—0,001	0,001
Процентное содержание	12,0	49,7	21,8	16,5

Этот анализ показал, что пещерная глина состоит из очень тонких частиц, большинство которых имеет поперечник менее пяти сотых миллиметра.

Иногда пещерную глину называют также остаточной. Откуда такое название? Известняки и доломиты, гипсы и ангидриты образовались в морях. При их отложении на дне моря с прилегающей суши водой и ветром приносились мельчайшие частицы глин, а иногда и песчинки. Они вошли в состав этих пород и при химическом анализе определяются как нерастворимый осадок. В пещере вода растворила карбонатные и сульфатные отложения и унесла их. Часть нерастворимого остатка также была унесена водой, а другая часть образовала остаточную или пещерную глину. В Кунгурской пещере эта глина не отличается яркой окраской. В тропических странах она красноватая.

Остаточная глина встречается и на полу и на стенках гротов.

В Кунгурской ледяной пещере были взяты пробы глины со стен грота «Смелых» и на берегу озера в гроте «Дружба народов». Состав этих глин оказался следующим (в процентах).

Размер частиц в миллиметрах

Больше	0,25—	0,05—	0,01—	0,005	Меньше
0,25	0,5	0,01	0,005	0,001	0,001

Образцы

Глина со стен	0,4	8,9	28,3	56,9	0,3	0,6
Глина с берега озера	0,6	12,7	22,2	46,5	11,1	6,9

Таким образом в озерной глине тонких частиц больше.

Значительную роль в заполнении пещер играют продукты обрушения потолков сводов. Существует много типов потолков. В Кунгурской ледяной пещере в передних гротах потолки плоские, а в дальних, особенно больших гротах, полукруглые. От плоских потолков по трещинам отделяются глыбы и падают на пол. Их можно видеть в гротах «Крестовом», «Руины», «Колизей», «Смелых» и других. Нависающие глыбы, которые грозят упасть, обрушаются искусственно или подпираются.

Обрушение плоских потолков приводит к тому, что они приобретают полукруглое очертание. Такие своды более устойчивы по отношению к горному давлению и обвалы их происходят сравнительно редко.

Каменные осыпи имеются в ряде гротов Кунгурской пещеры, причем местами они образуют нагромождение в несколько метров высотой, а размер глыб достигает полуметра и более. Обрушения в пещерах, если они значительны, могут быть причиной местных землетрясений.

При неглубоком расположении пещер обрушение может достичь поверхности, и тогда на некоторых участках пещера вскроется. Участки, где своды пещер сохранились, будут представлять естественные мосты, о которых расскажем в одном из следующих разделов. В конце концов пещера исчезнет.

Среди материалов, заполняющих пещеры, имеются и принесенные извне. Песок, глина, галька и даже пни деревьев попадают с поверхности земли через карстовые воронки, поноры, органичные трубы, трещины и другие пустоты. В Кунгурской ледяной пещере много таких «земляных конусов» под органичными трубами.

Пещеры являются местом обитания летучих мышей, сов и ряда других животных. Еще в недавнее геологическое время пещеры заселял пещерный медведь.

В каменный век и более позднее время пещеры были местом обитания человека, а некоторые использовались как капища идолопоклонников. Обитатели пещер прошлого готовили здесь пищу на кострах, изготавливали орудия. В Пермской области археологические находки были сделаны в Яйвинских пещерах. Некоторые пещеры использовались как место погребения.

В ряде пещер Пермской области накапливается снег и лед, который сохраняется даже летом. Однако, прежде чем рассказать об этом, надо ознакомиться с температурой, влажностью и движением воздуха в пещерах и карстовых массивах.

Температура воздуха в пещерах

В результате многочисленных исследований в нашей стране и за рубежом температура воздуха и вод пещер довольно хорошо изучена. Приведем некоторые данные.

В Пашийской пещере, по данным С. П. Ермакова, 25 января 1941 года в гротах вблизи входа температура была минус 5—15 градусов, а в дальних гротах от 0 до плюс 5 градусов.

Много замеров было сделано в июле — сентябре 1935 года в пещерах Сылвинско-Сергинского и Кунгурско-Иренского карстовых районов. Температура воздуха оказалась в Дырихинской пещере у входа 1,4 градуса тепла, а далее 0,6 градуса тепла; в Челпановской пещере — 16; в Андроновской — 1,2, 0,3 и 0,6; в Кладбищенской — 2,6; в Мечкинской — 1,2—3,7; в Иренской ледяной — 1,9—3,7; в Пиликинской — 1,4—2,1; в Пономаревской — 3,8—4; в Ключиковской — 4,7; в Бурцевской — 1,6 градуса тепла.

Наиболее обстоятельно изучены температуры в Кунгурской ледяной пещере. Многолетние исследования показали, что по температурному режиму пещера состоит из трех частей: передней холодной, переходной и дальней теплой. В передней холодной части, где весь год сохраняется лед, зимой преобладают отрицательные температуры (холодный наружный воздух движется в пещеру). Весной, летом и осенью — низкие положительные температуры (воздух движется из пещеры). Здесь установлены следующие колебания температуры

по гротам: «Бриллиантовый» — от $-6,5$ до $+1$; «Полярный» — от -1 до $+1$; «Данте» — от $-2,5$ до $+1$. В глубине пещеры весь год наблюдаются мало изменяющиеся положительные температуры; по гротам они следующие: «Скульптурный» — от $2,5$ до $4,5$; «Смелых» — от $2,8$ до $3,1$; «Дружба народов» — от $4,8$ до $5,2$ градуса. В переходной части пещеры в зимнее время при отрицательных температурах образуется лед. В теплое время года он тает.

Приведем данные о температурах в некоторых других пещерах. В Борнуковской пещере на р. Пьяне (Горьковская область) 27 августа 1768 года академик П. С. Паллас определил температуру $6-7$ градусов; в это время температура воздуха была до $25,3$ градуса тепла. В Сюкеевской пещере в Татарии А. В. Ступишин определил температуру 7 градусов, при средней годовой температуре -4 градуса. В Деменовской пещере в Словакии в течение десяти месяцев температура была 7 градусов.

Влажность воздуха в пещерах

В пещерах наблюдается различная влажность воздуха. В сухих пещерах она меньше. В пещерах, куда просачивается вода, относительная влажность значительна и достигает даже 100 процентов. В Кунгурской ледяной пещере, по данным наблюдений с 8 сентября 1934 года по 30 января 1935 года, колебания относительной влажности по гротам составляли: «Бриллиантовый» — $67-95$, «Полярный» — $85-100$, «Данте» — $88-100$, «Скульптурный» — 100 , «Дружба народов» — $95-100$, «Смелых» — $98-100$ процентов.

Скорость движения воздуха в пещерах

Скорость движения воздуха в пещерах бывает различной. В Пашийской пещере 26 марта 1941 года была определена скорость $0,3$ метра в секунду. В Болгарии в Деветашской пещере она составляет $1,2-1,8$ метра в секунду. В Кунгурской ледяной пещере летом 1928 года были произведены наблюдения над скоростью движения воздуха во входе. Она изменялась следующим образом:

Даты	24 июля			25 июля		
Часы	11 ч. вечера	1 ч. ночи	2 ч. 30 мин. ночи	4 ч. 30 мин. утра	8 ч. утра	
Скорость движения воздуха в метрах в секунду	2,6—3	2,2—2,6	2,8	3,3	3,8	

В 12 часов дня скорость движения воздуха была уже 4,8, а в два часа дня — 5,1 метра в секунду. Холодный воздух пещеры, имеющий температуру около 5 градусов тепла, перемещался наружу, где была более высокая температура. Чем больше оказывалась разность температур пещерного и наружного воздуха, тем быстрее двигался воздух из пещеры. Наибольшая скорость — 5,1 метра в секунду — имела место в два часа дня, когда снаружи была самая высокая температура. Ночью же, когда температура воздуха возле пещеры уменьшалась, скорость движения падала и составляла в 1 час ночи 2,2—2,6 метра в секунду.

Движение воздуха в подземных карстовых пустотах

В начале первой главы мы рассмотрели схему движения вод в карстующихся массивах. В этих же массивах движется и воздух. Медленное движение воздуха в карстовых пустотах мало заметно. При быстром движении и зимой, когда, выходя наружу, пары теплого (относительно) подземного воздуха конденсируются и превращаются в туман, на это явление обращают внимание.

Рассмотрим наблюдения над движением воздуха в карстовых районах и сопутствующими ему явлениями. Г. Мауер указывает, что в 13 километрах от города Кунгура, около Березовского тракта, владелец усадьбы бурил на воду. На глубине 30 метров была встречена карстовая полость, из которой «со страшной силой вырывалась струя холодного воздуха». В этом же районе, ссылаясь на сообщение Д. Г. Шутемова, он указал, что в трех километрах от деревни Шерстобиты, Шляпниковского сельсовета, в урочище «Поле-Гарь», в одном из

крутых и глинистых склонов карстовой воронки была трещина. Из нее доносились звуки, подобные шуму водопада. В тихую погоду шум можно услышать, даже не спускаясь в воронку. При попытке раскопать трещину — из нее с силой выбрасывало куски земли. Население называет это место «шумихой».

Звуковые явления, обычно в узких трещинах, вызванные подземным воздухом и напоминающие шум движущейся воды, описаны во многих карстовых районах. О них сообщали нам из Кизеловского района. В одном из проходов Уинской пещеры их слышал в 1954 году Л. А. Шимановский. Когда он поднес к трещине свечу, то ее задуло потоком воздуха.



Рис. 17. Дующие трещины на берегу реки Сылвы.

В июне 1956 года в известняках левого берега реки Сылвы между Чикалями и селом Усть-Кишерть появились зияющие трещины, которые удалось прошупать до глубины шести метров. Ширина их достигала одного метра, а протяжение — до 16 метров (рис. 17). Из трещины дул холодный воздух. Бумажки, брошенные нами в узкие трещины, выносило током воздуха наверх.

Движение воздуха отмечено и в южной части Кизеловского района в известняках. При бурении скважина вскрыла пустоты размером «от горошины до кулака», а две-три — до двух метров. На глубине 39 метров был отмечен такой сильный ток воздуха из скважины, что воздушная струя увлекала вверх на высоту пять-шесть метров подносимые к направляющей трубе легкие предметы. Была замечена подземная связь между скважиной и шурфом (разведочный колодец), отстоящим от нее на 800 метров. В те дни, когда была тяга воздуха внутрь шурфа, из скважины выходила струя и наоборот.

Интересные наблюдения зимой 1770 года сделал академик И. И. Лепехин при посещении Курманаевской пещеры. Пещера эта находится у реки Аурагазы. Здесь Лепехин увидел явление, похожее на дым. Местные жители сообщали ему, что этот пар или дым происходит «от отдушин, выходящих из пещеры». На месте, которое «дымилось», были обнаружены четыре трубы. Их не удалось рассмотреть из-за снега, нанесенного бурями. Пытаясь подойти к трубам снизу, Лепехин нашел в обрыве реки три отверстия, ведущие в пещеру. Почти на конце пещеры он увидел две трубы, выходящие на земную поверхность и не засыпанные снегом. В этом участке пещеры было светло и можно было ходить без свеч. Другие два отверстия Лепехин не нашел и вынужден был прекратить дальнейшие исследования.

М. М. Толстихина указывает, что в центральной части Уфимского плато, по данным местных жителей, на вершине грядок или отдельных бугров зимой местами нет снега. Он протаивает до почвы. Образуются своеобразные снеговые воронки глубиной до одного и даже полутора метров и диаметром в несколько метров. Воронки в снегу обычно располагаются группами и над ними «поднимается пар». Осмотр в конце августа 1929 года одной из таких площадок на склоне горы около деревни Бурунгут, близ устья реки Юрезани, привел к открытию струи холодного воздуха, которая выходила из осыпи известняков, покрывавшей склон.

И. А. Печеркину удалось наблюдать подобное явление в феврале 1954 года в городе Чусовом, Пермской области. Поездка его была вызвана заявлением местных жителей о наличии «вулканических явлений» в виде пара. Поводом для этого послужило интенсивное

выделение облаков тумана из бровки крутого берега, возвышающегося над городом на 70 метров. Облака эти, хорошо видимые на фоне неба, особенно сильны были, когда мороз доходил до 30 градусов. Обследованием установлено, что «пар» выделялся из зияющих трещин в верхнекаменноугольных известняках. Трещины шириной до 15 сантиметров и общей длиной до километра протягивались параллельно долине реки Чусовой. В трещинах, частично заполненных различным материалом, на глубине 6 метров термометр показал $+5,5$ градуса. По сведениям местных жителей, интенсивный туман наблюдался и в холодную зиму 1939/40 года.

Выход теплого воздуха с образованием тумана отмечают в зимнее время в карстовых воронках над Кунгурской ледяной пещерой и в других районах.

Дующие колодцы и скважины известны и в других карстовых областях. На Украине в селениях Веселом, Демяновке и Базилевке при бурении в известняках были обнаружены пустоты, из которых выходила настолько сильная струя воздуха, что поднимала вверх фуражку, поднесенную к скважине. Наблюдалась и обратные случаи, когда скважина засасывала воздух.

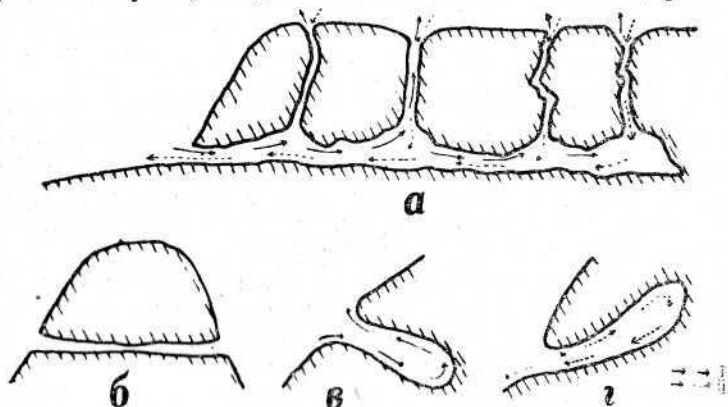


Рис. 18. Схемы движения воздуха в карстовых пещерах:

а — ветровая пещера; б — проходная пещера; в — мешкообразная холодная; г — мешкообразная теплая. Направление движения воздуха: I — зимой; II — в теплое время года.

Во Франции описаны дующие колодцы в карстовых областях Каррансона и Алье. Имеются они и в Швей-

царии, в Австралии. В северной Австралии при вскрытии карстовых пустот так сильно дул воздух, что отбрасывал в сторону шляпу, которую держали над устьем.

Причин движения воздуха в подземных карстовых пустотах несколько. Наиболее просто обстоит дело в проходной горизонтальной теплой пещере, два устья которой выходят по разные стороны горного хребта (рис. 18, б). Основную роль играют ветры в районе устьев пещеры. В зависимости от их направления воздух движется то в одном, то в другом направлении. Некоторую роль играет и воздух, поступающий из других участков карстующегося массива вместе с водой, а также засасываемый из трещин при движении воздуха через пещеру.

Гораздо сложнее обстоит дело в карстовом массиве, где имеется система сообщающихся пустот и трещин, приуроченных к зонам вертикального и горизонтального движения карстовых вод.

Рассмотрим случай, который имеет место в Кунгурской ледяной пещере, когда гроты и проходы расположены примерно горизонтально. Они сообщаются с карстовыми воронками над пещерой через органические трубы. В других районах это могут быть карстовые шахты, переходящие в горизонтальную пещеру. Схематически такая система подземных пустот показана на рисунке 18, а.

В таком закарстованном массиве движение подземного воздуха определяется рядом моментов. Прежде всего вода, перемещающаяся вниз по пустотам зоны вертикального движения, увлекает с собою и воздух. Некоторую роль может играть и движение наружного воздуха, который, двигаясь над карстовыми пустотами, увлекает за собой подземный воздух и ускоряет его движение. При значительной разности высот входа в пещеру и устья воронок в надпещерном пространстве известную роль может играть и разность атмосферных давлений. Однако все эти причины лишь замедляют или ускоряют движение воздуха в карстовом массиве, обусловленное разностью плотностей двух столбов воздуха — наружного и внутреннего.

Зимой температура наружного воздуха значительно ниже температуры подземного воздуха. Более плотный холодный воздух входит в пещеру и вытесняет более

легкий теплый, который по органным трубам, трещинам и другим пустотам выходит над пещерой (рис. 18, а). Чем больше разность температур наружного и пещерного воздуха, тем быстрее это движение. Так как в течение суток наружная температура меняется, то и скорость движения воздуха в пещере тоже имеет разную величину. Большую роль играет и высота зоны вертикального движения. Чем она больше, тем значительнее разность весов тяжелого холодного и более легкого теплого воздуха и тем быстрее движение. Зимой нисходящее вертикальное движение карстовых вод незначительно, так как только небольшая часть воды от оттаявшего в воронках снега стекает вниз в пещеру. Следовательно, вода почти не препятствует движению воздуха. Сильные наружные ветры и разность атмосферного давления у входа в пещеру и в устье воронок над пещерой будут, наоборот, ускорять движение воздуха вверх по карстовым пустотам.

В теплое время года положение иное. Движение воздуха в карстовом массиве происходит в обратном направлении. Более холодный пещерный воздух движется из пещеры к выходу, а его место занимает поступающий по вертикальным пустотам наружный, более теплый. Как мы уже указывали, в это время скорость движения воздуха у входа в Кунгурскую пещеру, изменяясь в течение суток, достигает 5,1 метра в секунду.

Переход от движения холодного воздуха в пещеру на движение его из пещеры происходит не сразу. В начале весны, когда температуры равны, нет движения воздуха ни в пещеру, ни из пещеры. В Кунгурской пещере это происходит обычно между 3 и 17 апреля. Осенью в той же пещере, между 23 сентября и 10 октября, наблюдается второй период отсутствия движения воздуха. В Кунгурской ледяной пещере в среднем 185—188 дней в году воздух движется в пещеру и 170—172 дня — из пещеры. Пещеры с таким движением подземного воздуха называются ветровыми.

Остановимся на движении воздуха в мешкообразных пещерах (рис. 18, в) и карстовых колодцах — снежниках. Зимой, когда температура воздуха в пещере выше, более плотный холодный воздух входит в пещеру и вытесняет более легкий, теплый, температура в пещере

понижается, и горные породы стенок переохлаждаются. В теплый период движение воздуха прекращается, так как более легкий, теплый воздух не может попасть в пещеру. Только токи внутреннего тепла земли да талые воды с поверхности несколько нагревают пещеру. Если запас холода, накопленного стенками пещеры и в попавшем туда зимой снеге больше количества поступившего тепла, то в пещере из талых вод и снега образуется лед. Мешкообразные пещеры имеются как в Пермской области, так и в Крыму.

Наконец, имеются мешкообразные пещеры, у которых замкнутый конец выше устья (рис. 18, г). Зимой в них движение воздуха отсутствует, так как тяжелый холодный воздух не может подняться кверху и вытеснить теплый пещерный. В теплое время года легкий, более теплый наружный воздух устремляется в пещеру и нагревает как воздух, так и породы, в которых она находится. Поэтому такие пещеры обычно называют теплыми.

Движение воздуха, как мы уже это показали, происходит во всех массивах карбонатных, сульфатных и других карстующихся пород, где имеются полости, сообщающиеся трещины и другие пустоты. Наиболее общая схема показана на примере ветровых пещер (рис. 18, а). Движение это обуславливает появление дующих пещер, колодцев и трещин, звуков, напоминающих шум падающей воды, протаивание зимой снега над трещинами, понорами и воронками, а также образование тумана.

Пещерные льды

В ряде пещер наблюдается лед, который сохраняется весь год. Их называют ледяными или пещерами-ледниками. В Пермской области имеется более десятка ледяных пещер.

Пещерный лед представляет значительный интерес. Под землей, на сравнительно небольшом участке, имеем лед самого различного происхождения. Здесь встречаются и очень крупные кристаллы льда — одни из самых больших на земном шаре, — и ледяные сталактиты и сталагмиты, и колонны, достигающие нескольких метров в высоту. В отличие от периодически появляющихся

ледяных сосулек на земной поверхности, некоторые сталактиты и сталагмиты пещер существуют до 100 и более лет.

Ледяные кристаллы. Своеобразной формой пещерного льда являются кристаллы льда (рис. 19). Одиночные кристаллы достигают 1—2 сантиметров и более, а сложные, сросшиеся — до 30 сантиметров в поперечнике.

Вне зоны вечной мерзлоты ледяные кристаллы в пещерах появляются периодически главным образом весной. Летом они обычно падают на пол и тают или превращаются в покровный лед. В зоне вечной мерзлоты имеются и многолетние кристаллы. Кристаллы обычно прозрачны. При срастании становятся молочными, полупрозрачными.

Химический состав кристаллов зависит главным образом от состава пород, к которым они прикреплены.

В Кунгурской ледяной пещере лед кристаллов гидрокарбонатно-сульфатно-кальциевый. Один литр воды, полученный от его таяния, содержит 44 миллиграмма солей. В Сухой пещере, из группы Сюкеевских в Татарии, лед сульфатно-кальциевый.

Ледяные кристаллы весьма разнообразны, имеют грибовидную прямоугольно-пластинчатую, треугольно-призматическую, шестиугольно-пластинчатую, шестиугольно-спирально-коническую и многие другие формы. Сцепляясь, кристаллы образуют люстры, чаши цветов, цепи и т. п. Наибольших размеров достигают воронко-

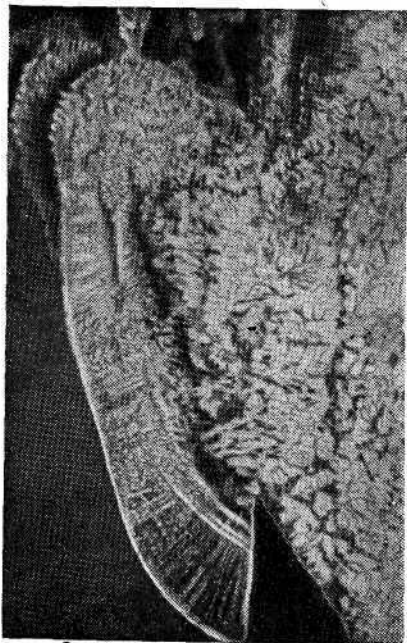


Рис. 19. Ледяные кристаллы в Кунгурской пещере.

образные шестигранные пирамиды. Они прикреплены вершинами, пусты в середине и, имея открытое основание, напоминают чаши цветов с шестью сросшимися лепестками. Такие «цветы» достигают в поперечнике 30 сантиметров. Длина свисающих со свода пещер цепей достигает полуметра.

Образуются ледяные кристаллы путем сублимации или перехода паров воды непосредственно в лед. Сублимация наиболее интенсивно происходит при температуре близкой к 0° и отсутствии или незначительном движении воздуха, насыщенного парами. Ледяные кристаллы чаще всего растут в расщелинах в боковых, пло-

хо вентилируемых ходах в периоды весеннего равновесия, когда ток холодного воздуха в пещеру почти прекращается.

Ледяные кристаллы имеются в пещерах: Кунгурской и Каменской в Пермской области, Илецких — в городе Илецке, Добшинской — в Чехословакии и многих других.

Ледяные сталактиты. Вода, проникающая по трещинам и пустотам в ту часть пещеры, где температура 0° , превращается в лед. Замерзая, она образует ледяные сталактиты сосулевидной формы (рис. 20).

Длина этих сталакти-



Рис. 20. Ледяные сталагмиты, сталактиты, колонны и покровный лед в Кунгурской пещере.

тов зависит от расстояния между потолком и полом пещеры. Где расстояние значительно, сталактиты достигают двух-трех, редко более шести метров. Наибольший диаметр сталактитов обычно в месте их прикрепления, а конец—острый. Поперечное сечение округлое, овальное, эллиптическое, или более сложное и из-

меняется по длине. Диаметр ледяных сталактитов от 1—2 до 5—7 и даже до 20—30 и более сантиметров.

Сталактиты могут быть однолетними и многолетними. Каждый однолетний сталактит представляет, по М. П. Головкову, один кристалл. Сезонные сталактиты образуются в тех частях пещер, где зимою господствует отрицательная температура, а в теплое время года — положительная. В холодной части пещеры и, особенно, в пещерах зоны вечной мерзлоты образуются многолетние сталактиты, диаметр поперечного сечения которых достигает 30 и даже более сантиметров. Многолетние сталактиты состоят из послойно-расположенных удлиненных кристаллов.

Однолетние сталактиты тверды. Наружный слой многолетних сталактитов в пещерах с переменным движением воздуха часто пористый и полурыхлый, особенно в летнее время. Это объясняется влиянием тока теплого воздуха.

Цвет сталактитов различен. Имеются совершенно прозрачные разности, матовобелые, молочнобелые, с различными оттенками голубоватого и зеленоватого цветов. Однолетние, особенно тонкие сталактиты — прозрачны; многолетние — матовые, молочнобелые.

Химический состав сталактитов различен. Вода их содержит от 0,04 до 2,1 грамма растворимых веществ на литр. В пещерах, приуроченных к известнякам и доломитам, среди растворенных веществ преобладают карбонаты кальция и магния, в гипсовых пещерах — сульфат кальция. По химическому составу лед сталактитов делится на пресный и соленый. Соленый, или минерализованный лед содержит в литре более одного грамма растворенных веществ. Пресные льды встречаются в пещерах в известняках, а соленые установлены нами в Кунгурской пещере и, по-видимому, характерны для гипсов.

Из пещер Пермской области имеют ледяные сталактиты: Кунгурская, Каменская и Глухая.

Ледяные сталагмиты образуются в холодной части пещеры, как под сталактитами, так и без них, на полу гротов и проходов. Длина их 0,3—1,0 и до 6 метров. Профиль поперечного сечения, как и у сталактитов, бывает округлым, эллиптическим или более сложным. Диаметр 0,1—0,5 и до 1,5 метра, изменяющийся по верти-

кали. В некоторых пещерах, например в Кунгурской ледяной, сталагмиты развиты больше, чем сталактиты (рис. 20).

Как и сталактиты, сталагмиты бывают однолетние и многолетние. Однолетние свойственны переходной зоне. Некоторые сталагмиты, как в «Полярном» гроте Кунгурской пещеры, имеют возраст более сотни лет.

Разновидности сталагмитов весьма многочисленны и различаются по форме. Лед образует сахарные головы, грибы, барабанные палочки, чаши, вазы. Наиболее значительный из известных в СССР сталагмитов диаметром около 1,5 метра, представляющий результат слияния ряда отдельных сталагмитов, был до 1938 года в «Полярном» гроте Кунгурской пещеры. Позже он слился с находившимися над ним сталактитами и превратился в ледяную колонну.

Ледяные сталагмиты встречаются в тех же пещерах, что и сталактиты.

К о л о н н ы. Ледяные колонны или столбы представляют результат слияния сталактитов и сталагмитов. Образуются они большей частью в тех частях пещер, где расстояние между сводом и полом мало (рис. 20). Имеются и значительные ледяные столбы (Добшинская пещера в Чехословакии). Длина их различна — от 2 до 8—10, редко более, метров. Профиль поперечного сечения овальный, округлый, чаще сложный. Диаметр изменяется по высоте. Имеются столбы с поперечником 0,2—0,3—1,5 и до 4—6 метров.

К о р а о б л е д е н е н и я. В холодной части пещер лед иногда покрывает тонкой корой своды и стены. Толщина ее колеблется от одного миллиметра и даже менее до 10—15, редко больше, сантиметров и изменяется по высоте. На одних участках кора многолетняя, а на других появляется только в холодное время года.

Химический состав зависит от происхождения льда и состава пород, на которых кора обледенения образуется. Известна кора с пресным и соленым льдом. В одном гроте Кунгурской пещеры вверху автором был установлен сульфатно-кальциево-гидрокарбонатный соленый лед, а внизу — пресный.

Кора обледенения образуется за счет перехода паров воды в лед, или замерзания воды, и описана в немногих пещерах.

Покровный лед. Пол гротов и проходов бывает покрыт льдом. Покровный лед составляет основную массу льда в пещерах-ледниках. Количество его различно и зависит в основном от размера пещер и их климатических условий. Так, в пяти илецких пещерах общая масса льда составляла в 1880—1881 годах всего около пяти кубометров, а в Добшинской пещере в Чехословакии объем ледяной массы определен в 120 тысяч кубических метров. Толщина ледяного покрова самая разнообразная: в пещерах пригородной зоны Кунгура — в Мечкинской — 20, Кладбищенской — 40, Андроновской — 50 сантиметров, а в Кунгурской до 2—3 метров. В Добшинской пещере покровный лед имеет толщину в 20 метров, так что в нем можно вырубить туннели.

Площадь, занятая покровным льдом, также разнообразна — в Илецких пещерах она составляет около двух, а в Добшинской пещере — 7000 квадратных метров. В пещере Айсризенвельт в Австрии пол покрыт льдом на протяжении двух километров.

Преобладает многолетний лед.

Твердость отдельных частей покровного льда различна. При мощном покрове на поверхности в летнее время лед более рыхлый, а на глубине — плотный. Он бывает прозрачным или молочнобелым с различными оттенками.

Химический состав зависит от происхождения и пород, в которых находится пещера. Бывает пресный и соленый лед. В некоторых пещерах, где покровный лед минерализован, при его летней убыли на поверхности образуются гипсовая мука и отдельные кристаллы гипса, которые были установлены еще в прошлом столетии И. С. Поляковым и Е. С. Федоровым в Кунгурской пещере.

Покровный лед характеризуется призматическим строением, чем отличается от фирнового и озерного. Имеются и слоистые разности. На наклонных и ступенчатых участках выделяются «глетчеры» и «ледопады».

В зависимости от происхождения различают несколько разновидностей покровного льда. Лед, образующийся в результате накопления снега в пещере, носит фирновый характер. В иных случаях покровный лед смешанного происхождения, представляет результат накопления снега и замерзания проникающей с поверхности

воды. Порой часть льда образуется из опавших на дно грота кристалликов льда. Иногда покровный лед возникает из воды, просочившейся по трещинам и пустотам в пещеру. Наконец, в некоторых участках пещер возможно наличие льда, образовавшегося из опавших кристаллов и замерзшей воды.

Покровный лед известен в пещерах: Кунгурской, Иренской, Мечкинской, Кладбищенской, Андроновской в Пермской области, в Илецких, в Крымских и ряде других.

Озерный лед. Наименее изученной разновидностью пещерных льдов является озерный лед. В холодных частях пещер поверхность озер покрывается слоем льда.

Данные об этом льде весьма немногочисленны. Площадь, покрытая льдом, зависит от размеров озера. В пещере Абогыдже на озере Географического общества было покрыто льдом около 500 квадратных метров. В сентябре 1937 года на нем плавали льдины размером в 3—4 метра. Часть их была надвинута друг на друга. Толщина озерного льда, вероятно, колеблется в широких пределах. В пещере Абогыдже она 5—15 сантиметров. Озерный лед имеется в Тураевской пещере Пермской области.

Как образуется пещерный лед. Мы познакомились с формами пещерного льда, с движением подземного воздуха, его влажностью и температурой.

В ветровых пещерах, расположенных в районах, где среднегодовая температура ниже нуля или близка к нему, зимой в пещеру поступает очень много холода. В холодной части пещеры из водяных паров воздуха образуются ледяные кристаллы, а из воды, поступающей сверху, — ледяные сталактиты, сталагмиты, колонны. Вода на поверхности подземных озер может замерзнуть. Кора обледенения стен и потолка пещер и покровный лед на полу пещер образуется как из воды, так и из паров воздуха. В теплое время года, когда воздух с положительной температурой движется из пещер, лед у входа тает, а в пещерах с сезонным оледенением он тает весь. В ледяных пещерах часть его тает, а остальной лед сохраняется до следующей зимы. Зависит это от соотношения между холодом, приносившимся в пещеру в зимнее время, и теплом — в теплое. Если холода приносится боль-

ше, чем тепла, то с каждым годом будет оставаться все большее количество льда, и оледенение будет расти. В Чехословакии одну из пещер искусственно сделали ледяной. Если не препятствовать потоку зимнего холодного воздуха в пещеру и преградить выход воздуха из пещеры в теплое время, то можно добиться оледенения.

Так как для образования ледяных пещер необходима низкая среднегодовая температура, то встречаются они только в горных районах и высоких северных широтах. В южном полушарии они пока неизвестны.

Наиболее крупные карстовые пещеры

В Пермской области часто приходится слышать, что Кунгурская ледяная пещера является второй или третьей по величине в мире. Так ли это?

По протяженности карстовые пещеры нами делятся на громадные — длиною более 100 километров, очень большие — 100—25 километров, большие — 25—1 километр, значительные — 1000—250 метров, небольшие — 250—10 метров и малые — менее 10 метров.

Рассмотрим наиболее крупные карстовые пещеры земного шара.

В Соединенных Штатах Америки, в штате Кентукки находится самая большая из известных пещер — Мамонтова. Она открыта в 1797 году и имеет общее протяжение проходов, ходов, слепых шахт и подземных рек 160 километров, при этом размеры ее увеличены путем присоединения искусственными подземными выработками других небольших пещер района.

В Мамонтовой пещере 225 проходов, 77 больших проходов, три реки с восемью водопадами, три озера. Посетителям обычно показывают пещеру на протяжении 4,8 километра. Самый большой зал «Храм» имеет длину 163 метра, ширину — 87 и высоту — 38 метров.

Вторая по величине пещера Вайндотт в штате Индиана в начале прошлого столетия называлась селитренной, так как в ней добывалась селитра для изготовления пороха. К концу прошлого столетия она была изучена на протяжении 85 километров. Самый большой грот длиной 107 метров и высотой 75 метров. Один из сталагмитов, высотой 13,7 метра, имеет 21,6 метра в окружности.

Третьей в мире по длине стала недавно швейцарская пещера Хельлох (дословно «пещерная дыра»). Она в 1875—1904 годах была изучена на протяжении 9 километров. Начиная с 1948 года, изучалась швейцарским альпийским клубом и к началу 1956 года уже закартирована на протяжении 61 километра.

В 1955 году в штате Кентукки, в 160 километрах южнее Луисвилла, открыта новая огромная пещерная система, изученная уже на протяжении 52 километров.

Пятое место по длине занимает тоже североамериканская Карлсбадская пещера, открытая в 1901 году в штате Нью-Мексико. Общая длина всех ее гротов и проходов до 50 километров, нижний уровень находится на глубине 403 метра от поверхности. Наибольший зал Карлсбадской пещеры имеет длину около 1220 метров при максимальной ширине 190 и превышением наиболее высокой точки потолка над полом на 91 метр. Возраст громадного сталагмита этой пещеры высотой 18,8 метра и в поперечнике 4,9 метра определяется в 60 миллионов лет.

Шестая по величине пещера Айсризенвельт, что в переводе означает «Гигантский ледяной мир», находится в Австрии в Известняковых Альпах, южнее Зальцбурга. Она открыта в 1878—1879 годах. В настоящее время изучена на протяжении 40 километров.

Протяжением от 25 до 10 километров пять пещер: Постойна в Югославии, Аггетелек-Домица на границе Венгрии и Чехословакии, Мамонтова в Австрии, Дан де-Кроль во Франции, Танталова в Австрии.

Семь пещер имеют длину от 10 до 5 километров. Это — пещера Мира в Венгрии, Брамабье во Франции, Поллнаголлум в Ирландии, Падирак во Франции, Лапа де-Брежо в Бразилии, Виммельбергская в Германии, Какауамилпа в Мексике.

Еще более многочисленны пещеры с общей длиной гротов и проходов от 5 до 3 километров, их 15, в том числе Кунгурская ледяная пещера протяжением 4,6 километра. Последняя является двадцатой в мире по длине и второй после Виммельбергской среди гипсовых пещер.

В Пермской области, по подсчетам автора, имеется более ста карстовых пещер, или в среднем одна пеще-

ра на 300 квадратных километров закарстованной площади. Распределены они неравномерно.

На восточной окраине Русской платформы наибольшее число пещер описано в Сылвинско-Сергинском и Кунгурско-Иренском карстовых районах в гипсах кунгурского яруса. Много пещер и в известняках внешней складчатой зоны Урала. Очень мало пещер в области Предуральяского прогиба. Почти нет их и в Вишерско-Чусовском краевом поднятии.

Кунгурская ледяная пещера — крупнейшая в СССР. Данные о ней встречаются в русской и иностранной литературе, начиная с 1703 года. Пещера находится вблизи Кунгура на правом берегу Сылвы, в отложениях иренской свиты кунгурского яруса пермской системы. Отложения представлены мощными пачками гипса и ангидрита, разделенными известняками и доломитами.

В изученной части пещера состоит из 58 гротов с более узкими проходами между ними. Общая протяженность пещеры 4,6 километра. В пещере 36 озер. Площадь самого большого из них около 700 квадратных метров, глубина в среднем — 4, а наибольшая — 6 метров. Уровень воды в озерах колеблется в зависимости от уровня реки Сылвы. Максимальная высота его и площадь озер наблюдается весной. Вода озер минерализована.

В пещере можно наблюдать разнообразные формы льда: кристаллы, сталагмиты, сталактиты, колонны, кору обледенения стен и потолка, покровный лед на полу. Состоит она из двух основных частей: передней — холодной, где лед сохраняется весь год, и дальней — теплой с постоянной температурой около 5 градусов. Между ними расположена переходная зона, где зимой появляются ледяные сталактиты и сталагмиты, которые в теплое время тают.

В пещере, как уже отмечали, наблюдаются два направления движения воздуха: зимнее, продолжительностью до 188 дней, снаружи в пещеру и летнее до 172 дней, в обратном направлении. Они разделены весенним и осенним периодами отсутствия движения. Скорость движения воздуха достигает 5 метров в секунду. Образовавшийся зимой лед не успевает полностью растаять летом — и объем его увеличивается. Поверхность

тающего покровного льда летом покрывается порошком кристаллического гипса.

Кунгурская пещера считалась одноэтажной. Данные бурения и исследования автора позволили установить наличие в пещере четырех этажей. Первый этаж в настоящее время формируется. Поток карстовых вод, сообщающихся с озерами, выносит растворенные вещества. Этаж находится ниже посещаемой части пещеры. Второй этаж характеризуется плоскими сводами потолков. Это, главным образом, гроты вблизи входа в пещеру. Третий этаж был вскрыт буровой скважиной, виден в гроте «Дружба народов» через огромную органную трубу (прот «Часовня»), с осыпей в некоторых гротах. Своды гротов этого этажа арочные, полукруглые. Дальние высокие гроты представляют соединение второго и третьего этажей. Цементированная каменная осыпь третьего этажа видна в потолке и стенах грота «Морское дно». Четвертый этаж, по данным буровой скважины, находится в стадии дряхлости. Он заполнен принесенным с поверхности материалом, продуктами обрушения сводов, которые цементированы гипсом.

Этажи пещеры представляют стадии углубления карстовых вод и соответствуют ступеням углубления реки Сылвы.

Своеобразен животный мир пещеры. В озере грота «Дружба народов» обитает слепой рачок Крантоникс Хлебникова, открытый П. Н. Каптеревым в 1912 году.

В 1947 году А. П. Володин и В. А. Пшеничнов изучали бактериальную флору пещеры зимой и весной. Содержание микробов в воздухе оказалось следующим:

Грот	Содержание микробов в одном кубическом метре воздуха	
	зимой	весной
«Полярный»	135	5677
«Метеорный»	405	1485
«Дружба народов»	6020	4459
Заозерная часть	140	1621

В воздухе пещеры, особенно зимой, микробов очень мало.

В воде озер и в воде, полученной от растаявшего льда, также мало бактерий.

В глине на полу гротов содержание микробов следующее:

Гроты	Содержание микробов в одном грамме почвы пола	
	зимой	весной
«Дружба народов»	500000	440000
«Полярный»	9000	12000
«Руины»	46000	—
«Метеорный»	117000	—
Заозерная часть	10000	12000

На открытом воздухе, вне пещеры, в одном грамме почвы содержатся десятки миллионов и даже миллиарды микробов. Следовательно, в глинах пещеры содержание их ничтожно.

Все эти данные показывают, что Кунгурская ледяная пещера бедна микрофлорой, а воздух ее некоторых гротов, особенно зимой, по количеству бактерий приближается к чистому воздуху лесов и верхних слоев атмосферы.

Чистота воздуха и другие особенности климата пещер навели врачей на мысль об использовании их для лечебных целей. В Германии установлено значение пещеры Клутерт для лечения бронхиальной астмы. Поднят вопрос о лечебном использовании пещер Венгрии. Медикам Пермской области, где имеется много пещер, следовало бы заинтересоваться этим вопросом.

Остальные изученные пещеры Пермской области по протяжению менее двух километров. Из них значительными являются девять, общей длиной более ста метров каждая: Кизеловская, Пашийская, Девья, Глухая, Мечкинская, Мариинская, Кизеловская Медвежья, Уинская и пещера Тихого камня. Из них только Мечкинская и Уинская пещеры, как и Кунгурская ледяная, находятся в гипсах, остальные семь приурочены к известнякам.

Кизеловская или Виашерская пещера находится севернее города Кизела в каменноугольных известняках, в долине Виашера, в основании десятиметрового

уступа. Открыта она в пятидесятых годах прошлого столетия. Пещера начинается большим нишеобразным углублением, переходящим в сравнительно узкий вход. По плану, составленному М. С. Гуревичем, пещера может быть разделена на юго-западную, так называемую «Старую пещеру» и северо-восточную — «Новую пещеру», открытую позднее. Они соединены между собой проходом шириной 1—1,5 метра и высотой в среднем 0,40, возрастающей по краям до 2 метров. Дно прохода покрыто жирной и плотной темно-коричневой глиной.

В Кизеловской пещере отмечается ярусное расположение протов и ходов. Основным является средний горизонтальный ярус. От него вверх отходят вертикальные или круто наклоненные каналы, имеющие выход на поверхность земли. Полости, расположенные ниже основного яруса, составляют первый ярус. Они распространены лишь на отдельных участках. Так как средний ярус, развитый в горизонтальном направлении, является преобладающим, то Кизеловская пещера относится к типу сухих горизонтальных пещер. Однако, наряду с горизонтальными, имеются отдельные участки с крутизной до 60 градусов с воронками на дне, образовавшимися в результате последующего размыва известняков, после образования самой пещеры.

Процесс размыва продолжается и в настоящее время. Об этом свидетельствует дальнейшее расширение полостей за счет размывающего и выщелачивающего действия временных потоков, а также обрушения сводов.

«Старая пещера» состоит из двух ходов — западного и восточного, соединенных коротким проходом, находящимся недалеко от входа в пещеру.

Западный ход имеет направление с юго-востока на северо-запад. Общая длина его 80 метров, а средняя ширина — 4 метра. Этот ход ведет в грот, ориентированный в меридиональном направлении, длиной 16 и высотой до 14 метров. Стены грота покрыты натечными образованиями. Дно имеет воронку глубиной 3 метра, в которую стекают временные потоки. Из грота на северо-запад отходит узкий, быстро выклинивающийся ход с крутизной дна от 0 до 7, возрастающей на отдельных участках до 30—35 градусов.

Восточный ход длиной 75—80 и шириной от 1 до 3,5 метра ориентирован, в основном, в меридиональном

направлении. Расширяясь, он образует несколько гротов, шириной до 9 метров в основании. Некоторые гроты имеют на дне воронки глубиной 4—4,5 метра. Второй ряд гротов, общей длиной 150 метров, ориентирован в направлении с юго-востока на северо-запад. Крайний грот, шириной около 9 метров, имеет на дне воронку глубиной 8 метров. Наиболее интересен грот «Зал путейцев», дно которого на 30 метров ниже поверхности земли у входа в пещеру. Форма его круглая, диаметр 17, высота 15 метров. Проход из «Зала путейцев» ведет в нижний ярус полостей, длиной 24 метра, имеющих также направление с юго-востока на северо-запад. Из соседнего грота отходит полость, сужающаяся через 10—15 метров до 1—0,7 метра и являющаяся, очевидно, продолжением полостей первого яруса, ориентированных на северо-запад.

Следующие четыре грота явственно переходят друг в друга. Из них на восток и северо-восток ответвляются два узких прохода, из которых южный, соединяющий «Старую» и «Новую» пещеры, был описан раньше. Северный проход сходен с южным. В 7—10 метрах от главного хода «Новой пещеры» он суживается до 0,75 метра. Из грота идет ход, очевидно, слепо заканчивающийся, с воронкою глубиной пять метров.

«Новая пещера» длиной 120 метров, имеет меридиональное направление. Большая ее часть является горизонтальной или характеризуется незначительным наклоном пола. Лишь на отдельных участках крутизна дна достигает 57 градусов.

Самый большой грот расположен в северной части пещеры. Проход в него щелевидный, высотой 7 метров. В меридиональном направлении грот длиной 17 метров. На дне его находится воронка, заполненная в нижней части обвалившимися глыбами известняка. Свод грота нависает в виде уступов известняка. Высота его, благодаря наличию воронки, достигает 20 метров. В основании этого же грота имеется отверстие длиной 7 метров, ведущее в полость, ориентированную в широком направлении. В северной стенке грота на высоте трех метров над полом есть частично заполненный глиной проход.

В одном из гротов, в северной части «Новой пещеры», находится небольшое озеро, глубиной 2,5—3 метра.

Заканчивается «Новая пещера» двумя узкими каналами, отходящими на северо-запад и северо-восток.

В некоторых участках Кизеловской пещеры наблюдаются разжиженные известняковые массы, так называемое «известковое тесто». На стенках гротов имеются натечные образования, но наиболее хорошие образцы сталагмитов и сталактитов сохранились лишь в трудно доступных участках. Высота пещеры не превышает 40 метров, общее протяжение около 800 метров, а объем 150 тысяч кубических метров.

Паши́йская пеще́ра или «Большие воронки» находится в трех километрах от Пашии, на левом берегу реки Вижай, в скалах «Большие воронки», от которых происходит ее второе название. Пещера описана Н. Н. Новокрещенных в 1891 году, В. Смирновым в 1930 году, С. П. Ермаковым в 1944 году и В. Ф. Богословским в 1954 году. Наиболее подробное описание с планом принадлежит С. П. Ермакову, краткие данные из которого мы приводим.

Вход в пещеру расположен на высоте 32 метров над рекой в верхнедевонских известняках. Пещера состоит из 15 гротов, ориентированных в двух основных направлениях. Меридионально вытянуты гроты — «Снежный», «Нижний», «Глыбовый» и Заозерная группа. Широкое направление имеют гроты: «Летучих мышей», «Озерный», «Большой», «Сталактитовый». Общее протяжение всех изученных гротов и проходов 377 метров. Различают три основных части пещеры. Основной извилистый ход от входа в пещеру идет через гроты «Снежный», «Нижний», «Большой», «Чудес» и «Сталактитовый» вначале примерно с севера на юг, а далее с запада на восток. Высота его от 3—4 до 23 метров или в среднем 10—12 метров. В первом, «Снежном» гроте имеется лед в виде кристаллов и ледяных сталагмитов, диаметром 20—30 сантиметров. Вторая, предозерная часть, состоит из двух гротов — «Летучих мышей» и «Озерного», вытянутых с запада на восток. В первом из них обычно зимуют сотни летучих мышей, повисших на стенах вниз головой. Имеются они и в «Большом» гроте. Третья, Заозерная часть, состоит из нескольких извилистых гротов.

Из «Сталактитового» грота, то появляясь, то теряясь, ручей течет в грот «Озерный». Здесь он низвергается в пучину, образуя водопад высотой 12 метров, который

дает начало озеру с холодной водой (температура 4 градуса). Уровень воды в озере такой же, как и в реке Вижай.

В пещере много натечных образований, которые поражают своей формой и красотой. Известковые сталактиты и сталагмиты имеются в гротах: «Ущелье звуков», «Нижний», «Слепой», «Чудес», а сталактиты в гротах: «Большой», «Сталактитовый», «Летучих мышей», «Любительский». Наибольшая длина сталактитов — 1,5 метра.

Потолки гротов куполообразные, а в «Озерном» с органными трубами.

Пашийская пещера ветровая. Зимой воздух устремляется в пещеру, где температура выше нуля, а летом из нее движется холодный воздух. Животный мир пещеры представлен, кроме летучих мышей, слепыми насекомыми, похожими на комаров.

Девья или Дивья пещера на правом берегу реки Колвы находится в пермских известняках, образующих отвесную скалу. Пещера известна давно. Ее упоминал уже Н. П. Рычков в 1770 году. Несмотря на то, что пещера известна в литературе около двух веков, еще нет ее обстоятельного описания. Известно только, что она имеет протяжение 1,3 километра и состоит из разнообразных гротов, стены и своды которых покрыты многочисленными сталактитами и другими натечками.

Мечкинская пещера в Сылвинско-Сергинском карстовом районе в гипсах кунгурского яруса находится на левом берегу реки Мечки, притока Сылвы, в трех-четырех километрах от ее устья. Она описана в 1935 году И. М. Переслегиным. Вход представляет низкую и узкую щель. Состоит пещера из 8 гротов с арочными потолками, а местами форма их переходная между плоской и полукруглой. Пол покрыт вязкой глиной, которой особенно много в гроте «Ручей». В гроте «Ключи» лед покрывает пол слоем до 20 сантиметров.

По пещере течет ручей со скоростью 0,3 метра в минуту, исчезающий в трещине. В нем был пойман слепой рачок Крангоникс Хлебникова, такой же, как и в Кунгурской ледяной пещере. Имеется два небольших подземных озера площадью в 4 и 18 квадратных метров и глубиной 0,5—1,2 метра. Температура воды в ручейке и озерах — 4,4 градуса. Передняя часть пещеры холодная, а в глубине температура воздуха — 1,2—3,7

градуса. Наибольший грот — «Большой», имеет длину 100 и ширину 80 метров. Общее протяжение пещеры 270 метров.

Мариинская пещера в Кизеловско-Яйвинском карстовом районе, описанная М. С. Гуревичем в 1932 году, находится в каменноугольных известняках в Мариинском логе недалеко от впадения его в реку Губашку.

Пещера состоит из пяти гротов и более узких проходов общей длиной 200 метров. От входного отверстия идет спуск в первый грот, который на шесть метров ниже входа. Размеры его — 6 на 8 метров при высоте 10 метров. В юго-восточной части грота на высоте трех метров над полом находится канал, ведущий в колодец глубиной 12,5 метра. Колодцеобразные вертикальные слепые колодцы и органые трубы — отличительная особенность пещеры. Характерен также значительный наклон дна ее ходов. От северо-восточной части первого грота отходит коленчатый ход длиной 8 метров, который приводит во второй грот, размером 20 на 7 метров и высотой 16 метров. Из второго грота имеется ход в третий грот, а из третьего — в четвертый. Четвертый грот на 2,5 метра выше третьего и замыкается конусом из щебня и обломков известняка, высотой до 20 метров. Из второго грота можно попасть в пятый размером 12 на 7 и высотой 20 метров. Пол его на 10 метров ниже пола второго грота. Стены украшены известковыми натечными образованиями, а у входа высится осыпь из глыб известняка размером до 3 метров. Из пятого грота идет наклонный ход шириною до трех метров, пол которого покрыт глыбами и щебнем известняка, а стенки — влажными белыми известковыми образованиями. Имеются сталагмиты до 0,6 метра высотой и 0,3 метра в поперечнике.

Кизеловская Медвежья пещера. В 1954 году на окраине Кизела рабочие шахты имени В. И. Ленина при разработке известняка обнаружили карстовую пещеру. Археолог О. Н. Бадер нашел в ней много костей животных, а Л. С. Кузнецова составила план пещеры.

В пещере общим протяжением до 200 метров собрано профессором Н. К. Верещагиным 5000 костей, принадлежавших 18 видам 307 животных. Наиболее интересна находка 1200 костей 20 карликовых уральских пещерных медведей, питавшихся растениями. Они обитали более 15 тысячелетий назад. Здесь же впервые в мире найдено

шесть черепов и несколько скелетов соболей. Найдены также скелеты летучих мышей, кротов, землероек, зайцев, водяных крыс, красных и красно-серых полевок, ласок, горностаев, выдр, росомах и волков.

Пещера Глухая находится в известняках правого берега реки Чусовой, несколько ниже устья р. Глухой. Описана она И. М. Переслегиным в 1935 году. Пещера представляет туннель шириной 2—5 и общей длиной 150 метров. Вход в нее виден в стенке лога. Пол загроможден глыбами известняка, упавшими с потолка, а впадины заполнены льдом толщиной от 1 до 25 сантиметров. Потолок большей частью арочный, полукруглый, но местами плоский, наклонный. Нависающие глыбы образуют карнизы. Глыбы на полу покрыты толстым слоем снежно-белого или желтоватого натечного кальцита с поверхности красно-коричневого цвета. В западной части пещеры обнаружены кальцитовые сталактиты. Температура воздуха 10 августа 1935 года была 3,4 градуса.

Уинская ледяная пещера расположена в пяти километрах от села Уинское, на правом берегу р. Аспы в кунгурских гипсах. Пещера ветровая, в передней части ледяная, состоит из восьми гротов и имеет общее протяжение около 150 метров. Имеются органнне трубы. Движение воздуха в пещере сопровождается звуковыми явлениями, напоминающими шум воды.

Пещера Тихого камня находится на правом берегу реки Яйвы, вблизи села Яйвинского, в Тихом камне. Она описана П. И. Кротовым в 1888 году и С. И. Сергеевым в 1895 году. На довольно крутом берегу, на высоте 100—110 метров над рекою, пещера начинается аркой неправильной формы, высотой 4 и шириной 6,3 метра. Она ведет в коридор общей длиной 116 метров. Пещера сырая, так как по трещинам и каналам в своде капает вода. Пол ее завален глыбами известняка.

Мы кратко охарактеризовали десять наиболее крупных пещер Пермской области. Интересующиеся остальными пещерами могут найти сведения о них в работе Г. А. Максимовича «Спелеографический очерк Молотовской области». Они изучены еще недостаточно. Не для всех имеются планы с поперечными разрезами в наиболее характерных местах. Даже в Кунгурской ледяной пещере до сих пор пользуются планом, составленным в

1935 году, где нет таких разрезов. Подземное царство Пермской области ждет туристов и научных работников, которые откроют новые и более детально изучат уже известные пещеры.

Природные мосты

Мы уже указывали, что пещеры заполняются обломками и глыбами, обрушающимися со свода. Если горизонтальные ходы и гроты находятся не очень глубоко от земной поверхности, то потолок может обрушиться, и на каком-то участке пещера будет вскрыта, в ней возникает окно. Дальнейшее обрушение приводит к появлению новых окон. Свод пещеры постепенно уничтожается, а уцелевшие участки остаются в виде мостов. Наконец, рушатся последние мосты, и на месте некогда бывшей пещеры видим долину в известняках.

Карстовые мосты обычно наблюдаются в предгорьях, где свод пещер имеет меньшую толщину. В высоких горах, где над пещерами залегает несколько сот метров карстующихся пород, для образования их нет условий.

В Пермской области карстовые мосты известны по реке Чусовой, в частности в камне Плакун. П. А. Софроничский наблюдал их и в Кизеловском районе, около Губахи. Южнее, в Башкирии, в бассейне реки Нугуш, правого притока Белой, есть ряд природных мостов. Один из них высотой около 10 метров в 1946 году открыл В. П. Зенкович, а другой в 1949 году на реке Копперля — И. А. Печеркин. На карстовый мост в Средней Азии указывает А. С. Кесь.

Много мостов в карбонатных породах на Балканском полуострове. В районе плато Карст, на реке Риеке известны два таких моста. Большой из них имеет протяжение над потоком 46 метров, а выше по течению находится второй, малый мост. Естественные мосты имеются и на реке Пивка (Пойк).

В Болгарии большой известностью пользуются чудесные мосты Экрюприя к югу от Пловдива. Первый мост находится в живописном ущелье, глубиной до пятидесяти метров. Мраморовидные известняки образуют здесь на высоте тридцать-тридцать пять метров две арки, имеющие толщину свода до 10 метров.

Ряд естественных мостов имеется во Франции в Се-

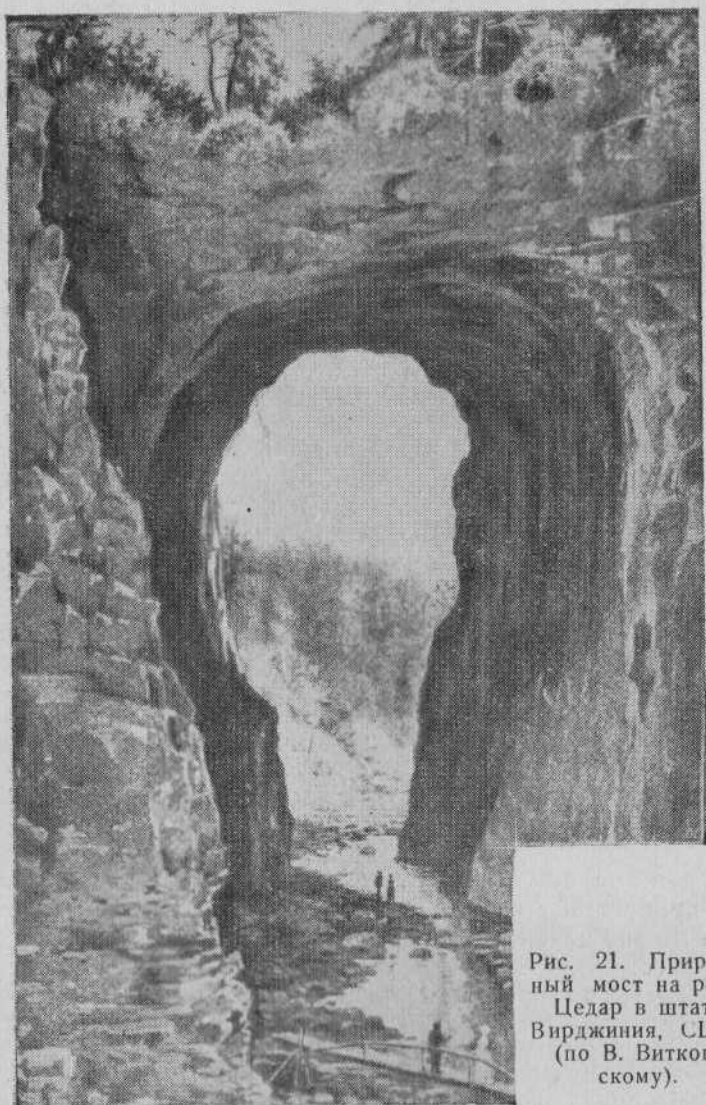


Рис. 21. Природ-
ный мост на реке
Цедар в штате
Вирджиния, США
(по В. Витков-
скому).

верной Африке, в Азии, особенно в Китае. Довольно много карстовых мостов в Северной Америке. Большой известностью из них пользуется естественный мост в Вирджинии на реке Цедар, длина его по потоку — 27 метров, толщина — 13 метров, а общая высота моста над рекой — 75 метров, что равно зданию в двадцать этажей (рис. 21).

В гипсе, как более легко растворимом в воде, мосты менее долговечны и потому более редки. В Пермской области П. А. Софроницкий наблюдал такой мост в 1936 году на берегу Чусовой около Куликовской пещеры. М. А. Зубашенко описал несколько таких мостов в 1939 году на Северном Кавказе, в бассейне Большой Лабы. В Северной Америке два гипсовых моста имеются в штате Канзас.

Самыми недолговечными являются естественные мосты из соли. А. И. Дзенс-Литовский указывает, что в Кулябском районе Таджикистана, в Барсовой или Звучащей пещере, над прозрачными соляными ручьями местами нависают арки соляных мостов.

Глава третья

ПОДЗЕМНЫЕ И ПОВЕРХНОСТНЫЕ ВОДЫ КАРСТОВЫХ ОБЛАСТЕЙ

Большой интерес представляют воды карстовых областей. Здесь, кроме обычных постоянных озер, встречаются периодически исчезающие. Имеются и реки, которые на некоторых участках уходят в землю.

Родники карстовых областей тоже своеобразны. Часть из них действует только периодически. Другие временами резко меняют количество вытекающей воды. В прибрежных частях морей среди соленой воды местами можно найти источник пресной воды и даже напиться из него.

Третья глава посвящена этим явлениям.

НАЗЕМНЫЕ КАРСТОВЫЕ ИСТОЧНИКИ

На окраине карстующегося массива или в прорезающих его долинах могут выходить разнообразные карстовые родники или источники.

Зона нисходящего вертикального движения карстовых вод дает источники в том случае, если карстовые полости этой зоны — трещины и колодцы — расположены несколько наклонно. При этих условиях поглощенные ими воды могут дать источники на окраине карстующегося массива. Источники будут действовать только во время выпадения дождя (рис. 1, А). Поступление воды обычно невелико.

В пределах зоны вертикального движения в местах развития некарстующихся или менее карстующихся пород задерживаются подвешенные карстовые воды (рис. 1, II а). В областях, где развиты пласты гипса и ангидрита с прослоями менее растворимых известняков и доломитов, могут образоваться подвешенные источники. В Пермской области подобное явление наблюдается в среднем течении Ирени. На правом берегу ее имеется ряд источников, стекающих по известнякам. Если эти известняки закарстованы, карстовые воды, пройдя через них, попадают в гипсы и ангидриты подстилающей пачки и стекают либо в русло Ирени, либо чаще в подрусловые пустоты.

Более живописны источники подвешенных вод в горных районах. В толщах известняков над менее карстующимися или некарстующимися породами из горизонтальных каналов вытекают источники (рис. 1, Б). Иногда они водопадом низвергаются в долину. Так в долине Чусовой есть карстовый источник, вытекающий на высоте более 10 метров над рекой. Есть подобные карстовые источники в долине реки Вижай, в бассейне реки Большой Инзер на Южном Урале и в других местах.

На Кавказе автор наблюдал такой источник в районе озера Рица, на реке Бзыпи, ниспадающий из пещеры с высоты 60—80 метров над рекой. У селения Андреевского в районе Сухуми источник падает с высоты не менее 100 метров.

Источники подзоны подвешенных вод бывают как постоянные, так и периодические. Последние действуют обычно после дождей или во время таяния снега. В ряде районов, где родники вытекают на склонах гор, они являются единственным источником водоснабжения.

Источники переходной зоны (рис. 1, III а) действуют только при высоком стоянии уровня карстовых вод. Они имеются в ряде районов Пермской области.

В качестве примера назовем источник у уреза воды реки Сылвы, в районе так называемой Лопаты, около села Усть-Кишерть. Летом эти источники исчезают.

Наиболее многочисленны источники зоны горизонтального движения вод. Иногда карстовые воды этой зоны вытекают в речные отложения (рис. 1. Е) или в подрусловые пустоты (рис. 1, Ж). Если количество карстовых вод, поступающих в речные отложения, значительно, то они могут дать и источники. Так в районе Уфимского плато, в Инзерском районе Башкирии, имеется большое количество источников, приуроченных к поймам рек. Дебит их достигает 10 кубических метров в секунду.

В ряде районов Пермской области, там, где развиты гипсы иренской свиты кунгурского яруса, обогащенные сульфатом кальция, карстовые воды ухудшают качество грунтовых вод. Это наблюдается в Сылвинско-Сергинском, Кунгурско-Иренском и других карстовых районах.

В Полазнинско-Шалашнинском карстовом районе на реках Чусовой и Сылве воды зоны горизонтального движения поступают в подрусловые пустоты, не давая источников на поверхности.

Наиболее своеобразны источники зоны сифонного движения карстовых вод. Обычно эта зона дает напорные восходящие источники (рис. 1, В и Д), которые иногда вытекают даже выше переходной зоны III а. Воды этой зоны могут поступать и в подрусловые пустоты (ж). Места выхода источников часто представляют глубокие воронкообразные бассейны с прозрачной голубовато-зеленой водой, обладающей низкой постоянной температурой и дебитом.

Замечательным примером источника этой зоны у нас в стране является Голубое озеро на Северном Кавказе, в районе Нальчика. Озеро имеет глубину 258 метров. В него не впадает никаких рек, но вытекает ручей с расходом воды около кубометра в секунду, питающийся карстовыми водами. Ежедневно он выносит в растворенном виде 35—50 кубических метров породы. Другой всесоюзно-известный источник находится также на Кавказе. Это Голубое озеро в Абхазии по дороге на озеро Рица. Озеро приурочено к карстовой воронке и имеет поперечник 20—25 и глубину 40—70 метров. На дне ее находится несколько меньших воронок, из которых поступает вода

и, переполнив воронку, стекает в виде речки в расположенную вблизи реку Бзипи. Вода в озере холодна и даже в июле вблизи поверхности температура ее не превышает 12 градусов.

Источников, питаемых водами зоны сифонного движения, много и в Пермской области. Наиболее характерны они для Кишертско-Суксунского карстового района, где между Усть-Кишертью и Суксуном, на западной окраине Предуральской депрессии, разгружаются карстовые воды, поглощенные на находящемся западнее Уфимском плато. Это — восходящие источники в селе Усть-Кишерт (в озере Кислое), в деревне Низкое и ряд других, находящихся южнее (рис. 35). Минеральные источники курорта «Ключи» у подножья Городищенской горы, по-видимому, образовались в результате восходящего потока карстовых вод, который увлек за собой сероводородные воды из Предуральской депрессии. Много источников, питающихся водами этой зоны, в Кизеловско-Яйвинском и других карстовых районах Пермской области.

Источники зоны подруслового стока магистральных и других рек. Воды подрусловых и поддолинных потоков перемещаются до тех пор, пока не встретят некарстующиеся или слабо закарстованные породы. На таких участках подрусловой поток выходит на поверхность в виде источника. Примером, по-видимому, может служить Девиный Ветлан на реке Колве с расходом 2,2 кубометра в секунду.

Лучше всего выход подрусловых вод можно наблюдать зимой, когда над источником в русле реки лед не замерзает. Такие явления можно наблюдать на многих реках Пермской области — Ирени, Сылве, Колве и других.

ПОДВОДНЫЕ КАРСТОВЫЕ ИСТОЧНИКИ

Карстовые источники выходят не только на дне рек, но обнаружены и на дне морей.

Известно, что моря обладают соленой водой, непригодной для питья. Однако в прибрежной зоне некоторых морей иногда обнаруживаются «острова» пресной воды, которую нередко используют для местного водоснабжения. Здесь со дна бьют пресные подводные источники. Они имеются в карстовых районах там, где берега и

прилегающие участки дна сложены известняками. Проявляются подводные источники различно. При большом напоре и значительном количестве воды они вызывают волнение морской поверхности, а при меньшем напоре и дебите их можно установить лишь по местному уменьшению солености морской воды. Количество карстовых вод, поступающих в море из подводных источников, весьма значительно.

В СССР подводные источники известны на Черном море. Автор наблюдал их в 1948 и 1950 годах в районе Гагр. Здесь в тихую погоду на спокойной поверхности моря можно видеть движение воды, как бы разливающейся над выходом мощного карстового источника. Гагринский карстовый район сложен мощными толщами меловых и верхнеюрских известняков. Атмосферные осадки, поглощенные карстовыми воронками, колодцами и трещинами, разгружаются в виде ряда карстовых источников по берегам и на дне морей. И. К. Зайцев указывает на наличие подводных источников вблизи южного берега Крыма западнее Байдарских ворот.

Ряд подводных карстовых источников имеется на побережье Средиземного моря. В. А. Обручев указывал, что из некоторых этих источников, выходящих здесь на глубине 15 метров и поднимающихся до поверхности моря, рыбаки набирают воду в бочонки. Особенно многочисленны подводные карстовые источники пресной воды на побережье Адриатического моря. В Далмации известен источник пресной воды, выходящий на глубине 700 метров ниже уровня моря. В Азии наибольшей известностью пользуются подводные источники Персидского залива. Водоснабжение острова Мухаррак (из группы Бахрейнских островов) лет тридцать назад базировалось на подводных источниках: водолазы ныряли на дно с мешками из овечьих шкур, наполняли их пресной водой и, всплыв, выливали воду в бочки.

Можно было бы указать на подводные источники пресных вод в морях для многих других карстовых районов мира.

Восходящие источники пресных карстовых вод на дне морей в основном связаны с зонами горизонтального и особенно сифонного движения. Обычно они выходят на глубине 5—15 и до 50 метров. И. К. Зайцев связывает их появление с опусканием закарстованных побережий.

Наибольшая глубина такого источника в Далмации (700 метров), несомненно, обусловлена значительным погружением подводных каналов, бывших ранее на обычной, малой глубине.

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ КАРСТОВЫХ ИСТОЧНИКОВ

Карстовые источники имеют немаловажное хозяйственное значение. Источники с большим дебитом в ряде районов служат основным ресурсом водоснабжения. В Кизеловском районе в долине реки Кизела была группа таких источников, суммарный дебит которых составлял 80—100 литров в секунду. Вода их использовалась для водоснабжения города и поселков шахт. В связи с откачкой из шахт уровень карстовых вод понизился и многие источники перестали действовать. Пришлось добывать питьевую воду из буровых скважин.

Воды карстовых источников, особенно в засушливых районах, используются и для орошения. В Средней Азии, в хребте Кара-Тау вода Боялдырского источника заключена в цементированный канал длиной около 30 километров и служит для орошения полей нескольких колхозов. На юге Франции водой известного источника Воклюз орошается около двух тысяч гектаров земли. Особенно же широко вода карстовых источников используется для этих целей в северной Африке — в Алжире и Киренаике.

Карстовыми являются многие минеральные источники. Мы уже говорили об источниках курорта «Ключи» в Суксунском районе. Карстовыми, по А. М. Овчинникову, являются Сергиевские минеральные воды в Куйбышевской области, Мацестинские сероводородные воды около Сочи, Кисловодский Нарзан и многие другие.

Воды карстовых источников используются и для энергетических целей. Дебит некоторых источников так значителен, что воды приводят в движение колеса водяных мельниц, сукновальных фабрик, турбины гидростанций. На юге Франции воды источника Воклюз приводят в движение машины двухсот заводов. В горных районах электроэнергию можно получить и без устройства плотин. В массиве известняков, там, где они не закарстованы, пробивают туннель и устраивают камеру с электростанцией. Вода карстового источника отводится по туннелю к лопастям гидротурбин. Старый же канал, по-

которому ранее выходил источник, в месте отвода воды в туннель бетонируется. Эти электростанции значительно экономичнее, так как не требуют сооружения плотин. Здание электростанции не строится на поверхности, а высекается в скале.

В молодых карстовых областях, где пустоты зон горизонтального и сифонного движения карстовых вод сравнительно слабо разработаны, преобладают разобщенные полости и нет еще единого водоносного горизонта. Карстовые воды местами концентрируются в больших каналах, давая исполиновые источники. В древних карстовых областях подземные пустоты хорошо разработаны и преобладают сообщающиеся полости и трещины, часто образующие единый водоносный горизонт.

В Пермской области в известняках, где карст достаточно древний, чаще встречаются карстовые воды в виде единого водоносного горизонта зоны горизонтального движения. Это очень важно, так как можно бурить скважину в любой точке и на известной глубине в зоне горизонтального движения почти наверняка получить воду.

КАРСТОВЫЕ ОЗЕРА И БОЛОТА

В карстовых областях, расположенных в зоне избыточного увлажнения, можно часто видеть красивые, округ-

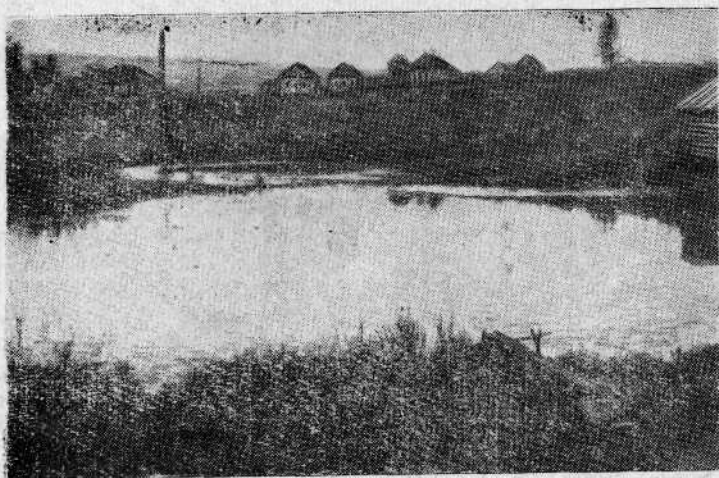


Рис. 22. Сдвоенное озеро в селе Усть-Кишерть Пермской области.

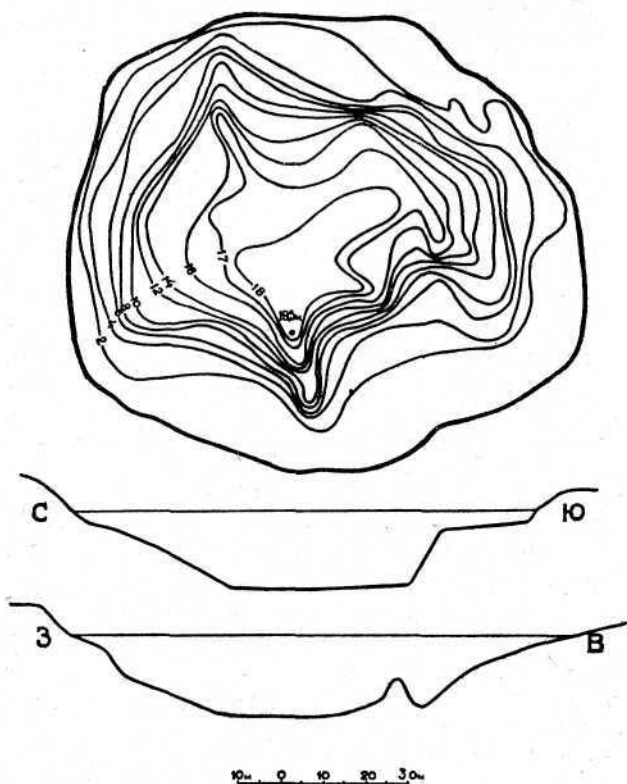


Рис. 23. План провального озера Молебное в селе Усть-Кишерть с линиями одинаковых глубин в метрах и двумя профилями котловины (составил Л. И. Дубровин).

лые в плане, озера (рис. 42). Это наиболее обычная форма карстовых озер. Как и у воронок и котловин, от заполнения которых водой они образовались, форма озер бывает также овальная, сдвоенная, лопастная и сложная (рис. 22).

Карстовые озера питаются водами различных зон. В поверхностной зоне, чаще в воронках выщелачивания, образуются многочисленные сравнительно неглубокие и весьма недолговечные карстовые озера. В зоне горизонтального движения карстовых вод имеется две группы озер: пещерные, которые мы уже рассмотрели во второй главе, и провальные (рис. 23).

Своеобразны постоянные и периодически исчезающие озера польев. Первые из них находятся, по-видимому, в зоне горизонтального движения карстовых вод, а вторые — несколько выше.

Сейчас рассмотрим озера в коррозионных и провальных карстовых воронках.

Озера карстовых воронок выщелачивания. Если у воронки выщелачивания (рис. 6, 1, Г) понор закупорен глиной или другими водонепроницаемыми отложениями, то талые снеговые и дождевые воды будут задерживаться — образуется временное или постоянное озеро. Стекающие в это карстовое озеро воды размывают его берега, смывают с вышерасположенных участков глинистые и песчаные частицы. Площадь озера увеличивается, а глубина уменьшается. В нем поселяются водные растения и происходит постепенное превращение его в болото.

Озера провальных карстовых воронок. Котловина их образовалась путем провала (рис. 4 и 6, III-IV, А, Б). Вначале стенки воронки отвесны, а дно усеяно грудой обломков кровли свода. Озеро питается карстовыми водами и частично атмосферными осадками. В районах гипсового карста воды жесткие, сульфатно-кальциевые, непригодные для питья. В известняках они обычно менее жесткие и годны для питьевого водоснабжения.

В дальнейшем во время дождей и таяния снега в озеро сносится песчано-глинистый материал со стенок и с поверхности окружающего пространства. Стенки его выполаживаются, а глубина уменьшается (рис. 24). Заполнение котловины осадками уменьшает доступ карстовых вод со дна в озеро. Все большую роль начинают играть дождевые и талые снеговые воды. Если озеро находится на низкой речной террасе, то в питании его могут участвовать и грунтовые воды. О питании провальных карстовых озер можно судить по химическому составу озерных вод и температуре придонных слоев. Карстовые воды более минерализованы, чем дождевые и талые, и более холодны. Постепенно в озере поселяется водная растительность, и оно превращается в болото.

Заболачивание карстовых озер протекает по-разному. У одних озер заполнение котловины отложениями сопровождается зарастанием его болотной растительностью от

берегов к середине. Водная поверхность постепенно все более сокращается и, наконец, совсем исчезает. На Чусовском мысе Камского водохранилища можно наблюдать все стадии такого зарастания. Многие карстовые

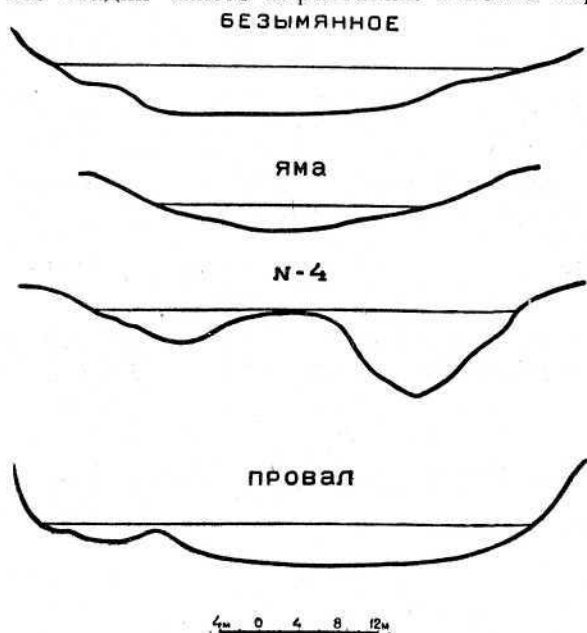


Рис. 24. Профили котловин карстовых озер в селе Усть-Кишерть.

озера, обычно более глубокие, превращаются в болота путем образования сплавины на поверхности озера (рис. 33). Постепенно разрастаясь, сплавина затягивает все озеро. На рисунке 25 показаны планы четырех озер Полазнинско-Шалашнинского карстового района, которые находятся на разных стадиях зарастания сплavinой. В вертикальном разрезе они показаны на рисунке 26. На нижнем рисунке показано исчезнувшее болото. На месте его образовалось карстовое блюдце с идеально ровной поверхностью. Когда идешь по ней, то чувствуешь твердую почву под ногами. Хождение по сплавине дает другое ощущение — нога погружается в мягкий ковер, который колыхается.

Население Полазнинско-Шалашнинского карстового района, где карстовые воды в гипсах непригодны для

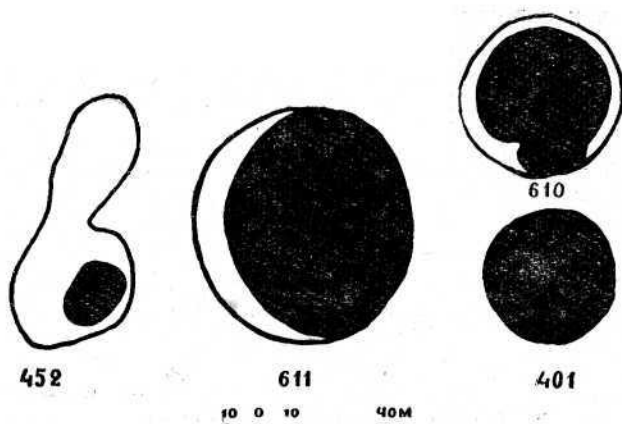


Рис. 25. Стадии зарастания карстовых озер слявиной на примере озер в районе Чусовского мыса Камского водохранилища.

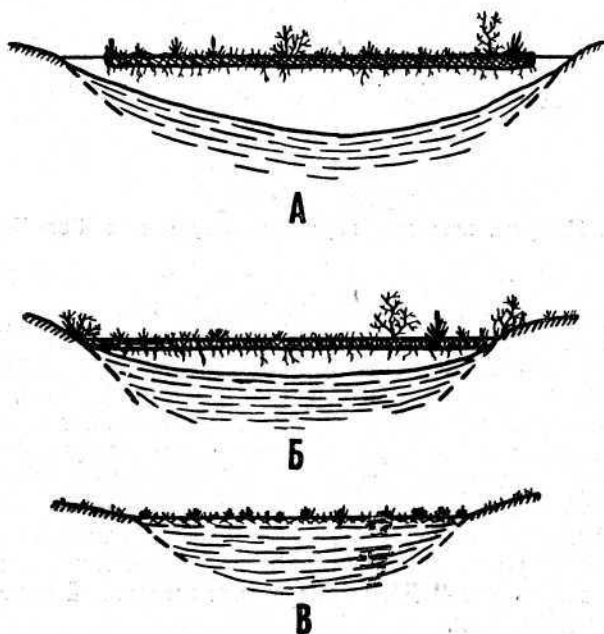


Рис. 26. Превращение карстового озера в блюдце (в том же районе, что и на рис. 25).

питья, делает окна в сплавине и берет воду из этого своеобразного колодца.

Исчезающие озера. Среди озер, приуроченных к карстовым воронкам выщелачивания, встречаются и исчезающие. Вода в воронке сохраняется до тех пор, пока понор на дне закупорен пробкой из водонепроницаемых пород. Если пробка разрушена, вода из озера уходит.

В Пермской области имеется несколько таких исчезающих озер. Наиболее известно Поваренное озеро, находящееся за Кунгуром, недалеко от Сибирского тракта. Оно существовало с 1915 до 1925 года, а в июне 1925 года вода в нем исчезла. Вода промыла глину, которая закупоривала понор на дне озера, и хлынула в него. На дне большой сухой карстовой воронки зияло двухметровое отверстие, которое можно было наблюдать до весны 1928 года. Весной 1928 года внешние воды принесли в карстовую воронку много глины и образовалось озеро, которое существовало до октября, когда вода вновь ушла из него в понор. Другое исчезающее озеро — Кружковское — находится около станции Кунгур.

В карстовых районах Пермской области на водораздельных пространствах, где нет ни рек, ни колодцев, скот весьма плохо обеспечен водой. Приходится либо гонять его к реке, либо к карстовым озерам, часто находящимся в нескольких десятках километров. Местное население нашло выход в виде создания искусственных карстовых озер. В карстовых воронках, имеющих в изобилии, на дне делается водонепроницаемый пластырь из глины и рогожи. Весной и после дождей воронка заполняется водой, и образуется озеро.

В Динарской карстовой области, в Югославии, где голые каменистые горы также безводны, озера создают путем цементирования скалистого дна карстовых воронок.

Исчезающие карстовые озера имеются не только в Пермской области. В СССР наибольшую известность получила область периодически исчезающих озер в районе Онежского и Белого озер.

РЕКИ КАРСТОВЫХ ОБЛАСТЕЙ

Карстовые воронки с понорами на дне, колодцы, шахты и трещины поглощают дождевые и талые снеговые воды и превращают их в подземные карстовые.

Поэтому карстовые районы бедны поверхностными водами, а подземные воды часто находятся на большой глубине. Для получения воды приходится проходить глубокие колодцы или бурить скважины.

Севернее Кунгурской ледяной пещеры мы видели два колодца, пройденные в известняках, доломитах и ангидритах. Один из них был пройден до Октябрьской революции и имел глубину более 40 метров. Кулак, который его соорудил, заставлял всех своих должников выламывать камни киркой, ломом, клином и кувалдой. Несколько лет они трудились в поте лица. Наконец, отвалили последний камень — и из трещины в стенке колодца хлынула вода. Работавший внизу должник едва успел дать сигнал, чтобы его подняли наверх.

Теперь государство помогает колхозам бурить скважины на воду.

Карстовые массивы не бесконечны. Известняки и доломиты, гипсы и ангидриты в Пермской области вытянуты примерно с севера на юг параллельно Уралу. Поэтому реки, стекающие с Урала, пересекают эти полосы и участки закарстованных пород, или текут по их простирацию. В пределах карстовых массивов обычно нет больших постоянных рек, но они пересекаются многоводными транзитными реками, несущими воду из незакарстованных районов. Есть реки, которые текут примерно по границе карстующихся и некарстующихся пород. Имеются и реки, начинающиеся исполиновым источником на окраине карстующегося массива. Наконец, часть небольших рек, дойдя до района развития карстующихся пород, исчезает в карстовых воронках, понорах и трещинах.

Примеры больших магистральных рек, начинающихся в районах, где нет легкорастворимых в воде пород, и пересекающих закарстованные зоны, весьма многочисленны. В Кизеловско-Яйвинском карстовом районе это реки Косьва и Усьва. В Пашийско-Чусовском карстовом районе это река Чусовая и некоторые ее притоки. Река Сылва начинается в Предуральском прогибе, где карст соли и гипса сравнительно слабо развит и преобладают песчано-глинистые отложения. Она пересекает карстовый район Уфимского зала, а далее до самого устья течет в пределах Кунгурско-Иренского и Сылвинско-Сергинского карстовых районов.

Если под рекой в карстующихся породах есть подрусовые пустоты, часть воды уходит в них. Реки с малым количеством воды совсем могут уйти в эти пустоты. В Кизеловско-Яйвинском карстовом районе река Губашка 16 километров из 30 течет под землей.

Много исчезающих рек в Пашийско-Чусовском карстовом районе. Наибольшую известность получило исчезновение реки Вижай (рис. 27). Она только весной, когда воды много, течет по всей излучине, а в остальное время течет подземно через шейку излучины.

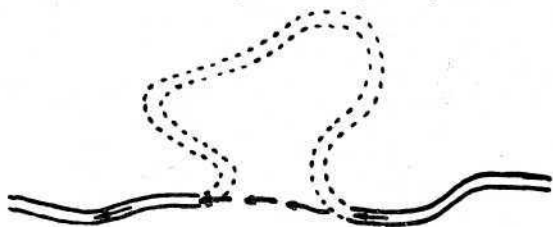


Рис. 27. Исчезновение реки Вижай в шейке излучины. Пашийско-Чусовской карстовый район.

На реке Сылве, около деревни Пеньки, в 1956 году нам удалось косвенным путем установить подобное явление. В шейке излучины были еще в 1947 году нанесены на план карстовые воронки, вытянутые по одной линии. Ранней весной 1956 года почти на продолжении этой линии образовалось четыре новых воронки, часть из которых провального типа. По шейке излучины, где под речными отложениями находятся гипсы, карстовые воды образовали подземный поток, такой же, как и на реке Вижай. Он поглощает не все речные воды, а только часть их.

Примером реки, текущей почти по границе карстующихся и некарстующихся пород, является Ирень, левый приток Сылвы. Левые притоки, питающиеся источниками из песчано-глинистых отложений, более многочисленны. Правые притоки питаются карстовыми источниками. Некоторые из них, например река Тураевка, несколько раз уходят в карстовые воронки и потом вновь появляются. Полному исчезновению Тураевки препятствует наличие под гипсами известняков и доломитов, которые не закарстованы на всю мощность и представляют водоупор.

Последнюю категорию составляют реки, которые исчезают, когда вступают в область развития карстующихся пород. Примером могут служить четыре речки Самовольные в Александровской лесной даче, в Кизеловско-Яйвинском карстовом районе. Стекая с западного склона Белого Споя, они исчезают в карстовых воронках и текут под землей семь километров, выходя на поверхность в устье реки Коспаша.

Реки карстовых районов могут служить источником питьевого водоснабжения. Исключение составляют реки районов карста гипсов и ангидритов, которые вследствие большого содержания сульфатов кальция для питья непригодны.

Наличие подрусловых и поддолинных пустот необходимо учитывать при строительстве железнодорожных мостов и сооружении плотин на реках карстовых районов.

УДИВИТЕЛЬНЫЕ ДОЛИНЫ

Долины рек карстовых районов очень своеобразны. У транзитных рек, пересекающих территории, сложенные известняками, они напоминают каньоны. Русло реки ограничено крутыми, высокими склонами, в которых выходят известняки в виде утесов, башен, зубцов. Такова долина реки Сылвы между Кунгуром и Усть-Кишертью. Если речка исчезает в русловых понорах, покрытых галькой, ниже места исчезновения тянется долина с сухим руслом, сток по которому происходит только весной или во время больших ливней.

Наряду с такими долинами карстовые области изобилуют карстовыми оврагами, слепыми, полуслепыми и мешкообразными долинами.

Дно обычного эрозионного оврага, выработанного в некарстующихся породах, плавно понижается к устью (рис. 28, А). В карстовых районах за счет возникновения понор и воронок на дне долин внешние и дождевые воды отводятся в глубину. Поверхностный сток заменяется подземным (рис. 28, Б).

В слепых долинах, двигаясь от верховьев к устью, подходим к высокой стене, в основании которой в понорах теряется водоток (рис. 28, В).

Иногда бывают полуслепые долины, у которых уступ

значительно ниже, чем у слепых (рис. 28, Д). Вода во время дождей доходит до уступа и исчезает здесь, в горизонтальной пещере. Весной, во время таяния снега, когда водный поток значительно больше, пещера не успевает поглощать всю воду, и она переливается через уступ. Такой карстовый овраг, длиною 1700 метров, имеется около Кунгура, вблизи Заиренской пещеры.

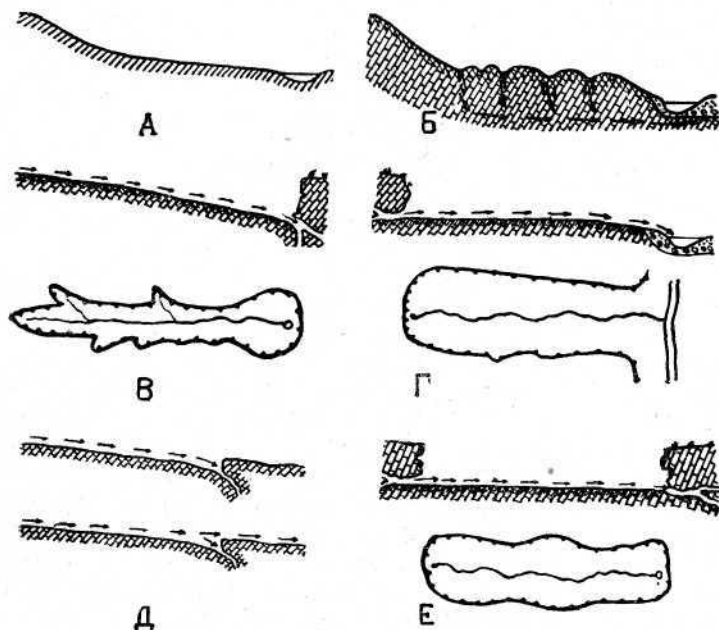


Рис. 28. Карстовые долины.

А — профиль эрозионного оврага; Б — профиль карстового оврага; В — профиль и план слепой долины; Г — профиль и план мешкообразной долины; Д — профиль полуслепой долины. Вверху сток при малом количестве воды, внизу — при большом; Е — профиль и план мешкообразной долины со слепым устьем.

Не менее удивительны мешкообразные долины. У них замкнуто не устье, а верховье (рис. 28, Г). В обычных долинах верховье заканчивается полого, и они постепенно переходят в водораздельное пространство. В мешкообразных долинах идешь вверх по дну постоянно или периодически текущего ручья и вдруг подходишь к отвесной стене, высотой в несколько десятков метров, у подножья которой имеется отверстие.

Есть еще и карстовые долины, у которых верховье мешкообразно, а устье заканчивается слепо (рис. 28, Е). Образуются такие долины различными путями. Иногда это результат слияния нескольких линейно расположенных карстовых воронок. В других случаях, при неглубоком расположении пустот зоны горизонтального движения карстовых вод, такая долина может образоваться в результате обрушения свода пещеры. Они известны в Кунгурском и Кишертском районах, в области развития известняков и гипсов.

Глава четвертая

РАСПРОСТРАНЕНИЕ КАРСТА В СССР

О ДРЕВНЕМ КАРСТЕ

До сих пор шла речь о карстовых явлениях недавнего прошлого и современных. Между тем за длительную геологическую историю территории нашей Родины карстообразование происходило неоднократно.

В морях откладывались известняки и доломиты, мел, гипсы и ангидриты, разнообразные соли. За счет движений земной коры дно морей поднималось и становилось сушей. Растворимые в воде породы оказывались под воздействием атмосферных осадков и закарстовывались. Одни участки длительное время оставались в надводных условиях, и карст поражал и разрушал толщи огромной мощности. Другие участки за счет движения земной коры вновь оказывались ниже уровня моря. Над неровной закарстованной поверхностью здесь откладывались новые толщи осадков. Затем при новом поднятии начиналось новое карстообразование, но уже в более высоко расположенных толщах. В результате неоднократных движений земной коры в виде поднятий и опусканий на участках, где имеются карстующиеся горные породы, образовалось несколько ярусов погребенного карста.

По подсчетам автора, площадь, занятая обнаженными и погребенными карбонатными породами — известняками, доломитами, мраморами и мелом, — составляет до 40% территории СССР. Это указывает на возможность широкого развития обнаженного и погребенного карста.

Если же учесть и суммарную поверхность возможного карстования всех ярусов погребенного карста, то она составит не менее 18 миллионов квадратных километров.

На тех участках, которые длительное время находились в континентальных условиях, наблюдается карстовая брекчия. Например, в восточной части Кунгурско-Иренского карстового района и в западной части карстового района Уфимского вала встречается так называемая ольховская брекчия. Иренская свита кунгурских отложений, состоящая из чередования четырех пачек известняков и доломитов с гипсами и ангидритами, сильно разрушена карстом. Нижние две пачки гипсов и ангидритов почти полностью выщелочены и на подстилающих филипповских доломитах лежит карстовая брекчия. Образовалась она за счет обрушения пачек известняков и доломитов, находившихся ранее между выщелоченными пачками гипсов и ангидритов. Брекчия состоит из обломков различных пород, величиною от одного сантиметра до полуметра и более. Эти обломки сцементированы известью. В брекчии преобладают более стойкие доломиты, но часто встречаются и обломки ангидритов. Ширина полосы ольховской брекчии местами достигает восьми-десяти километров.

Потребовалось очень длительное время для того, чтобы после сноса мощных вышележащих отложений от толщи известняков, доломитов, гипсов и ангидритов остались только эти сцементированные обломки или брекчия. На образование ольховской брекчии ушло 130—140 миллионов лет.

На Сылвенском кряже и в Предуральской депрессии имеются древние карстовые воронки с разрабатываемыми в настоящее время огнеупорными глинами. Установлено, что глины эти мезозойские и третичные. Возраст их — 30—40 миллионов лет. Когда они откладывались, то карстовые воронки уже были. Как и карстовая брекчия, мезозойские и третичные глины — свидетели весьма древнего карста.

РАСПРОСТРАНЕНИЕ КАРСТА В СССР

Карстовые явления развиты во многих областях Советского Союза.

Ознакомимся в самых общих чертах с распространением карста в СССР.

В СССР карстующиеся известняки, доломиты, мраморы и переходные разности развиты в отложениях различного возраста — от древнейших докембрийских до самых молодых четвертичных, а гипс, ангидрит и каменная соль, начиная с кембрийских. Как же проявляется карст в различных структурных областях нашей страны?

Одними из древнейших структурных элементов страны являются докембрийские складчатые сооружения, образующие жесткие щиты — Балтийский, Украинский, Алданский, Анабарский. Сложены они в основном некарстующимися кристаллическими изверженными и метаморфическими породами. На поверхности многих мраморизованных известняков и доломитов в результате выщелачивания образовались углубления различного размера и формы. На Балтийском щите, и в частности на Кольском полуострове, они выполнены четвертичными отложениями или заняты озерами и болотами. На Украинском щите эти понижения в долине Днепра и в северной части Криворожья выполнены рыхлыми образованиями.

В Енисейском кряже в карстовых воронках и котловинах обнаружены мезозойские отложения. В области древней Байкальской складчатости, в районе Байкала и Забайкалья, известен современный и древний карст докембрийских карбонатных отложений.

В горных районах древнепалеозойской складчатости современный и древний карст докембрийских и кембрийских карбонатных отложений характерен для Кузнецкого Ала-Тау, Западных и Восточных Саян, Сангилена и Минусинской впадины. На Салаире и в Кузнецком прогибе этот карст развит не только в кембрийских, но и в силурийских, девонских и каменноугольных отложениях. Карст карбонатных отложений в областях развития палеозойской складчатости известен для Урала, Донбасса и горных сооружений Сибири.

Уральская складчатая страна характеризуется как современным, так и древним карстом. Восточнее Предуральского краевого прогиба во внешней складчатой зоне, тянущейся с севера на юг, в известняках наблюдается сравнительно интенсивно развитый карст в виде воронок, довольно больших пещер, иногда карстовых мостов. Характерны исчезающие реки и суходолы. Имеется и древний карст. Значительно слабее карст про-

является восточнее, в зоне краевых поднятий, где преобладают немногочисленные карстовые воронки, иногда слепые долины с исчезающими ручьями и пещеры.

В Магнитогорском и Тагильском синклинориях¹ карст слабо развит, причем более значительную роль играет, в виде карстовых воронок, древний карст.

В наиболее восточных Урало-Тобольском антиклинории² и Аятском синклинории карст также слабо развит. Выражен он главным образом карстовыми воронками, часто выполненными третичными и мезозойскими отложениями. О подразделении карста в пределах Пермской области см. в главе шестой.

В Донецком бассейне карст карбонатных отложений в виде воронок, котловин и небольших пещер известен в Еленовских карьерах и прилегающих районах. Кроме современного карста, имеется и древний, причем карстовые понижения выполнены третичными отложениями.

В Средней Азии карст довольно развит на хребте Кара-Тау, где также, кроме современного карста, большую роль играет древний дотретичный. Сравнительно слабо развит карст палеозойских структур Казахской складчатой страны, Зеравшанского хребта, Тянь-Шаня, Алтая, особенно Таймырской складчатой зоны.

На Дальнем Востоке в Приамурье и Приморье карст слабо проявляется. В этой области мезозойской складчатости он приурочен к докембрийским доломитам и главным образом к палеозойским известнякам Хинганско-Буреинского и Сихотэ-Алиньского хребтов, Средне-Амурской и Ханкайской впадин. В третичных известняках известна только пещера по реке Суйфун.

На юго-западе и юге СССР находятся горы альпийской складчатой зоны: Карпаты, Кавказ, Копет-Даг и Памир. Мезозойские и третичные отложения их закарстованы в различной степени. Наиболее закарстован Большой Кавказ, где Н. А. Гвоздецким выделяется ряд карстовых областей и районов, а также Крымские горы. Здесь на обнаженных известняках наблюдаются карры, коррозионные карстовые воронки, колодцы и шахты, пещеры и мощные источники.

¹ Синклинорий — крупная синклиналь горных складчатых районов, осложненная рядом более мелких складок.

² Антиклинорий — крупная сложная антиклиналь горных складчатых районов.

На Северном Кавказе закарстованы и гипсы. Слабо развит карст в Закавказье и в горах Копет-Дага, где наибольшей известностью пользуется Бахарденская пещера.

На участках, переходных от платформ к горным складчатым сооружениям, наблюдается карст гипса, соли и в меньшей степени известняков и доломитов. Он имеется в Ангара-Ленском краевом прогибе древнейшей байкальской складчатой зоны, в Предуральском краевом прогибе и Предтаймырском прогибе палеозойской складчатости, Хатангском краевом прогибе мезозойской складчатости, Предкарпатском и Предпамирском краевых прогибах альпийской складчатости.

В осадочном чехле платформ карст карбонатных отложений довольно широко развит в силурийских отложениях на юге Балтийского щита — по южному берегу Финского залива и далее на запад на островах.

Современный и древний карст палеозойских (девон-пермь) отложений на Русской платформе находится по северо-западному, западному и юго-западному крыльям Московской синеклизы*, на Жигулевском и Уфимском валах и других положительных структурах разных порядков.

Карст кембрийских карбонатных отложений местами развит на Хатанго-Рыбинском поднятии, на севере и юге Сибирской платформы и на Алданском щите.

Очень слабо выражен современный и древний карст в почти горизонтально залегающих третичных известняках на север от Черного моря в Причерноморской впадине, на Тарханкутском полуострове в Крыму и в западной части Ставропольской возвышенности. Здесь наблюдаются поноры, небольшие карстовые воронки и реже малые пещеры. На глубине закарстованность выражена кавернами и небольшими полостями, которые обнаруживаются при бурении по провалу инструмента.

В Средней Азии для южного Мангышлака поноры и небольшие карстовые воронки отмечены в третичных известняках.

В осадочном чехле платформ карст гипса развит по окраинам и на поднятиях Московской, Балтийской, Глазовской, Чуйской синеклиз. Имеется он и в Средней

* Синеклиза — очень большой пологий прогиб отложений земной коры.

Азии, во впадинах Карын-Ярык, Саракамышской и Ассакаудан.

Современный и древний карст гипса и соли характерен для Украинской, Прикаспийской, Тунгусской и Вилуйской синеклиз, Тувинского синклинория, Припятского прогиба, прогиба Большого Донбасса, Ферганской впадины, причем часто он приурочен к соляным структурам.

Карст имеется и в белом писчем мелу. Развивается он лишь при наличии трещин, по которым происходит не только растворение, но и размывание мела. Здесь образуются карстовые воронки, реже колодцы и пещеры, наблюдаются также карстовые озера, источники и исчезающие реки. Карст мела обнаружен в районе Среднерусской возвышенности на Воронежской антеклизе * и на Волыно-Подольском поднятии в северной части Украинского щита и на запад от него.

Приведенные краткие данные о распространении карста в СССР показывают, что современный и древний карст имеется в ряде районов Советского Союза. Широкое распространение карста и его большое значение для практической деятельности сделало необходимым изучение этих своеобразных явлений. Появилась специальная наука — карстоведение. Зародилась она в городе Перми в 1947 году. Об этом читатель узнает из пятой главы.

Глава пятая

ИСТОРИЯ ИЗУЧЕНИЯ КАРСТА ПЕРМСКОЙ ОБЛАСТИ

Провалы, пещеры, исчезающие речки издавна привлекали внимание человека. Во многих ящерах Урала сохранились следы пребывания первобытных людей.

В давние времена, когда человек не умел правильно объяснять явления природы, внезапные провалы поверхности казались ему проявлением какой-то сверхъестественной силы. Впоследствии религия использовала это в своих интересах. Озера, возникавшие на месте провалов, в некоторых селениях в религиозные праздники были

* Антеклиза — очень пологое поднятие отложений земной коры.

местом поклонения. Воду этих озер считали святой, а сами озера называли Молебными.

О некоторых пещерах население сложило легенды. Известковые сталактиты из пещер использовались как лечебное средство. Археолог В. Берх в 1821 году писал, что в Дивью пещеру на реке Колве за сталактитами приходили крестьяне из Вологодской и Вятской губерний.

Наука геология, изучающая строение и развитие недр земли, разоблачила все эти религиозные вымыслы. Постепенно человек научился правильно объяснять природные явления и использовать их в своих интересах. От простого созерцания к правильному объяснению, а затем к активному воздействию на карстовые явления — таков путь исследования карста.

История изучения карста Пермской области со времени появления сведений о карсте в литературе подразделяется на два этапа, рубежом между которыми является Великая Октябрьская социалистическая революция. В дореволюционном этапе намечается три периода.

В первый период, длившийся от начала 18 века до середины 19 века, в литературе появляются описания пещер и провалов. Первыми исследователями карста следует считать Семена и Леонтия Ремезовых, которым приписывают составление чертежа «Кунгурских пещер» в 1703 году. В 20—40-е годы 18 столетия провалы, пещеры, исчезающие речки отмечают В. Н. Татищев и В. И. Геннин, руководители горного дела на Урале. В 1730 году Страленберг, пленный шведский офицер, возвратившись на родину, опубликовал описание северной и восточной частей Европы и Азии. В книге имеются план и описание Кунгурской пещеры, сделанные, вероятно, с чужих слов и во многом не отвечающие действительности.

Рост территории России, развитие промышленности и торговли делали необходимым изучение природных богатств страны. С этой целью Академия наук, созданная в 1725 году Петром I, организовала несколько научных экспедиций. В 1733 году участники Великой Северной экспедиции И. Г. Гмелин, Г. Ф. Миллер и другие обследовали Кунгурскую пещеру. В архивах Г. Ф. Миллера сохранилось рукописное описание пещеры, сделанное, вероятно, И. Гмелиным. К описанию приложены на-

рисованные художником Люцениусом виды пещеры и Ледяной горы.

Во второй половине 18 века были организованы академические экспедиции для познания территории России, которые собрали огромный материал. Участники экспедиций среди разнообразных явлений природы отмечали пещеры, провалы, исчезающие речки.

Н. П. Рычков в 1769—1770 годах совершил несколько самостоятельных маршрутов по Заволжью и Приуралью. Он описал ряд карстовых пещер и объяснил их происхождение. В 1770 году он посетил Дивью пещеру на реке Колве, в которой заинтересовался сталактитами и сталагмитами.

И. И. Лепехин в августе 1770 года обследовал Кунгурскую пещеру и надпещерное поле воронок. Во второй части «Дневных записок путешествия», опубликованной в 1772 году, на девяти страницах описаны гроты и проходы известной тогда части пещеры, причем указаны их размеры в шагах и саженьях. Интересно описание участка пещеры, расположенного между гротами «Крестовый» и «Коралловый риф». Здесь существовал обширный грот, длиною до 160 и с поперечником до 30 шагов, заполненный льдом. В июне 1771 года Лепехин посетил ряд пещер в бассейне реки Яйвы. Образование провалов и пещер он рассматривал как результат совокупного воздействия поверхностных и подземных вод на легко растворимые в воде горные породы.

В Кунгурской пещере побывал в 1772 году И. П. Фальк. Провалы по берегам рек Сылвы, Ирени, Иргины и Чусовой отметили И. Г. Георги в 1773 году и Б. Герман в 1792 году.

После академических экспедиций о карстовых явлениях упоминается почти во всех крупных географических работах. «В историко-географическом описании Пермской губернии», опубликованном в 1801 году, описаны исчезающая речка Вижай, Кунгурская пещера, пещера на реке Яйве и Дивья пещера на реке Колве. В 1802—1803 годах Н. С. Попов составил замечательную работу «Хозяйственное описание Пермской губернии». Особые разделы в ней были посвящены пещерам и провалам, исчезающим речкам и любопытным ключам.

Академик В. М. Севергин в сочинении «Опыт минералогического землеописания Российского государства»,

опубликованном в 1809 году, описывает Кунгурскую пещеру, пещеры на реках Колве, Яйве, Чусовой и другие. О некоторых провалах он приводит подробные сведения.

В 20-х годах 19 века пещеры обследуют археологи. Провалы в гипсах и известняках отмечают Чеклецов, Рышковский, Мейер, Платонов и другие при составлении местных геологических карт. Карстовые явления Пермской губернии привлекают внимание профессоров Казанского университета И. Ф. Эрдмана, посетившего Кунгурскую пещеру в 1816 году, и М. Киттары. В 1843 году М. Киттары составил подробный очерк Кунгурской пещеры и ее ледяных образований. К описанию прилагается план обследованной части пещеры. Данные о карсте появляются в справочной литературе.

Второй период изучения карста (от середины до конца 19 века) характеризуется расширением геологических исследований в Предуралье, проводившихся вначале Обществом естествоиспытателей при Казанском университете, а с 1882 года — Геологическим комитетом. Данные по карсту приводятся в работах геологов П. И. Кротова, А. П. Иванова, А. А. Штукенберга. Е. С. Федоров в июле 1882 года посетил Кунгурскую пещеру и написал «Заметку о Кунгурских пещерах». В ней он впервые для описываемой местности применил термин «карстовое явление». В этот период большое значение приобретают археологические исследования пещер. Известный археолог И. С. Поляков в 1879 году производил раскопки в Кунгурской пещере.

Данные по карсту приводит Х. Мозель при описании Пермской губернии в 1864 году, Н. Чупин в «Географическом и статистическом словаре Пермской губернии» в 1873 году. Значительную работу по изучению карста проделало Уральское общество любителей естествознания. Многие краеведы и археологи — С. И. Сергеев, Ф. А. Теплоухов, П. А. Некрасов и другие — изучали пещеры и их археологию. Данные о пещерах приводит И. Я. Кривошеков в работах по географии Пермской губернии, опубликованных в 1897 и 1906 годах.

Третий период (с конца 19 века до Великой Октябрьской социалистической революции) по глубине изучения карста, по теоретическим выводам существенно отличается от предыдущих периодов. Карст изучается в связи с проектированием железных дорог, при геологиче-

ской съемке. Ему посвящаются специальные работы. При проектировании железнодорожной линии Пермь — Екатеринбург инженеры столкнулись с интенсивным карстом в районе города Кунгура. В связи с этим было начато исследование карста. Н. И. Каракаш описал Кунгурскую пещеру и в 1904—1905 годах опубликовал о ней статью. В 1906 году горный инженер А. А. Штукенберг произвел съемку карстовых форм по трассе проектируемой железной дороги в районе города Кунгура. В 1911 году была опубликована его работа о воронках около Кунгура. Карст Уфимского плато и прилегающих территорий изучала В. А. Варсанюфьева. В работе «Карстовые явления в северной части Уфимского плоскогорья», опубликованной в 1915 году, она выделяет и характеризует три карстовые области с различным проявлением карста.

В работах Н. И. Каракаша, А. А. Штукенберга и В. А. Варсанюфьевой освещаются основные вопросы теории карста:

1. Зависимость развития карста от состава пород, условий их залегания и трещиноватости, мощности покровных образований и рельефа.

2. Развитие поверхностных карстовых форм в различных геологических обстановках и их классификация. Связь их с подземными формами.

3. Типы пещер и их развитие. Ледяные пещеры и разновидности пещерного льда.

4. Развитие карста под руслами рек.

5. Влияние карстовых процессов на залегание горных пород.

В этот период в литературе становится общепринятым термин «карст».

В дореволюционное время были освещены в общих чертах основные карстовые районы области, причем детальнее всего был исследован район Кунгурской пещеры.

После Великой Октябрьской социалистической революции изменились объем, масштабы и направление исследований по карсту. В связи с общим подъемом народного хозяйства и развернувшимся социалистическим строительством изучение карста приобрело большое практическое значение.

В годы, предшествовавшие пятилеткам, сведения о карстовых явлениях приводились в статьях краеведов: Г. Т. Мауера, В. А. Весновского, М. И. Блинова и дру-

гих. В некоторых работах сообщались ценные факты, но в то же время в них иногда допускались грубые ошибки. Летом 1925 года Кунгурскую пещеру посетил академик А. Е. Ферсман. В 1927 году В. А. Варсанофьева опубликовала работу о месторождениях каолиновых глин, которые в ряде районов приурочены к карстовым депрессиям.

С началом пятилеток в нашей стране развернулось промышленное, гидротехническое и железнодорожное строительство, резко усилились поиски и добыча полезных ископаемых. При осуществлении этих мероприятий в карстовых районах возникли серьезные трудности. Потребовалось поставить специальные работы по исследованию карстовых процессов.

В 1924 году была начата геологическая съемка в юго-восточной части Пермской области под руководством Г. Н. Фредерикса. Попутно отмечались карстовые формы в кунгурских гипсах. Летом 1928 года Н. А. Зенченко проводил геологическую съемку по реке Чусовой от деревни Койвы до камня Гладкого. Он описал воронки и карстовые речки в известняках. Группа исследователей во главе с Г. Фредериксом в 1933 году дала краткие сведения о карсте района Кыновского завода. И. Скрыль во время геологической съемки в 1931 году обратил внимание на карстовые явления на водоразделе рек Камы и Чусовой в окрестностях деревни Пахомовой.

Нефтяной геолого-разведочный институт развернул работы на севере области. М. А. Калмыкова в 1932 году изучала карст в бассейне реки Колвы. Н. П. Герасимов и Е. И. Тихвинская в 1931 году при геологической съемке на юге Пермской области попутно описывали карст в гипсово-доломитовых отложениях. М. В. Круглов, проводивший геологические исследования в северной части Уфимского плато, в 1933 году выделил здесь районы с разной интенсивностью карста. В 1940 году А. Н. Иванов в объяснительной записке к карте каменноугольных отложений западного склона Урала в разделе «Карст» отметил, что в известняках встречаются воронки, суходолы, исчезающие речки. О. Л. Эйно́р в объяснительной записке к геологической карте Лысьвинского района и Г. Я. Житомиров в объяснительной записке к геологической карте района бывшего Кусье-Александровского завода описали карст в известняках. Летом 1938 года во

время комплексной съемки С. М. Орлянкин обнаружил карст в ряде пунктов в северной части Колво-Вишеркской водораздельной области. В 1938 году М. О. Клер составил сводку о карсте Урала.

Появились тематические работы по карсту нефтеносных областей. Интересные данные о древних эпохах карстообразования и закарстованности карбонатных пород нефтяных месторождений приведены в работах Н. П. Герасимова, М. С. Гуревича и Е. А. Петровой. Геологи-нефтяники в отчетах отмечали карст в известняках и гипсах. П. А. Софроницкий и Л. С. Кузнецова в сводке по геологии Причусовского нефтеносного района за 1929—1940 годы описали карст в ряде пунктов в Соликамской депрессии.

Большие исследования по карсту проводились в этот период в Кизеловском каменноугольном бассейне. Здесь карстующиеся породы слагают 75% от всей площади. Угленосная толща местами залегает под сильно закарстованными известняками. По карстовым каналам и трещинам в шахты поступают карстовые воды, вызывая их обводнение. Карстовые процессы вызывают затруднения не только при эксплуатации месторождений, но и при проведении разведочных работ и возведении разного рода сооружений. Все это требовало организации специальных исследований по карсту. Первая работа по карсту Кизеловского каменноугольного бассейна была опубликована в 1932 году А. А. Васильевым и П. С. Шеиным. И. И. Горский в геологическом очерке бассейна коротко остановился на характеристике карстовых явлений. В 1932—1934 годах появились работы по карсту В. П. Тебенькова, А. А. Васильева, А. А. Смирнова, П. П. Забаринского и других.

В декабре 1933 года в городе Кизеле была созвана карстовая конференция. В «Материалах карстовой конференции» опубликовано 14 докладов по вопросам, связанным с разработкой Кизеловского месторождения каменных углей под закарстованными известняками. Карстовая конференция сыграла большую роль в изучении карста Кизеловского бассейна. В июле 1934 года была организована Уральская научно-исследовательская карстовая станция. После прорыва карстовых вод на шахте имени Первого мая в феврале 1939 года трест «Кизелуголь» поручил карстовой станции произвести

стационарные наблюдения за режимом шахтных вод. В 1935—1940 годах вопросы карста находили отражение в работах О. Л. Эйнора, М. С. Кельманского, Н. А. Алексеевой, М. С. Гуревича, М. М. Толстихиной и других. Важное значение имеет работа М. С. Кельманского «О карсте Кизеловского каменноугольного района на Урале», написанная в 1938 году.

В Кизеловском каменноугольном бассейне начали применять геофизические методы исследования карстовых форм, которыми руководил В. Н. Головцын. В 1936 году производились геофизические исследования закарстованности пород на площадке, предназначенной под строительство цементного завода в поселке Верхняя Губаха, и на других участках. М. И. Анчугув в ряде точек над Кизеловской пещерой установил глубину до пола и потолка гротов. Позже в 1947 году В. Н. Головцын, на основании анализа геофизических работ, выполненных в Кизеловском районе, пришел к заключению, что применение электропрофилирования и электротзондирования позволяет изучить распространение карста на глубину и по площади, выявить нарушения, погребенный рельеф, определить мощность рыхлых отложений и положение уровня грунтовых вод.

Карстовые явления привлекли внимание геологов при разведочных работах в Вишерском и Чусовском районах.

Развернулось изучение карстовых явлений в связи с проектированием гидротехнических сооружений на Каме и Чусовой. Исследованиями карста на Каме от Соликамска до Перми, на Чусовой от устья до речки Серебряной и на р. Сылве от устья до Кунгура в 1931—1934 годах руководил Н. К. Тихомиров. В 1933 году Г. С. Буренин, В. П. Гульденбалк и М. С. Полозова изучали карст Лёвшинского и Добрянского участков на Каме. Проектирование гидростанции на Каме на сильно загипсованных породах вызвало необходимость изучения трещиноватости и растворимости этих пород, что было сделано в 1935 году А. А. Турцевым. Отделом инженерной геологии Гидростройпроекта в 1934—1935 годах было проведено обследование карста в Кунгурском районе. Работы возглавлял И. М. Переслегин. Был составлен подробный план Кунгурской пещеры. Группа чусовских геологических партий Института гидрогеологии и

инженерной геологии под руководством Г. Н. Фредерикса проводила геологическую съемку района проектируемого Вашкурского водохранилища на Чусовой. Результаты работ были опубликованы в ряде статей в 1931—1933 годах. В них охарактеризованы также и карстовые явления. Незадолго до Великой Отечественной войны в северных районах Пермской области развернула исследования Камская экспедиция Гидроэнергопроекта в связи с проектированием гидротехнических сооружений на реках Каме и Колве.

В этот период продолжалось изучение Кунгурской пещеры. В 1928—1930 годах Государственный гидрологический институт снарядил экспедицию под руководством В. Я. Альтберга в Кунгурскую ледяную пещеру. Экспедиция производила систематические наблюдения над температурным режимом, циркуляцией воздуха и его влажностью в различных частях пещеры. Результаты работ по изучению форм льда в Кунгурской пещере вызвали большой интерес.

В 1934 году Н. И. Бирилова описала Кунгурскую пещеру и ряд пещер в окрестностях Кунгура. Она привела интересные данные об изменении оледенения передних гротов Кунгурской пещеры, начиная с 1914 года. Летом 1936 года Научно-исследовательский институт земной коры Ленинградского университета направил экспедицию для изучения ледяных образований Кунгурской пещеры. В результате исследования были описаны новые разновидности кристаллов льда, выявлено периодическое изменение количества и формы пещерного льда, а также степени оледенения пещеры.

В 1937 году опубликован очерк о ледяной пещере Г. А. Максимовича и Н. А. Максимович. К 17 сессии Международного геологического конгресса, созванного в СССР в 1937 году, Обществом охраны природы была издана брошюра И. В. Ледомского о Кунгурской пещере. Участники конгресса посетили пещеру.

Г. А. Максимович и Г. Г. Кобяк в 1940 году изучали структуру и химический состав льда, а также химический состав воды подземных озер в Кунгурской пещере. Карст ряда районов в этот период изучали преподаватели Пермского педагогического института: В. Ф. Богословский, А. Сысоев, С. Ружевский и З. Ф. Ракушева.

В годы Великой Отечественной войны изучение карста несколько ослабло. Значительная часть материалов осталась неопубликованной. Из опубликованных можно отметить работу Г. А. Максимовича о карстовых землетрясениях и работу В. А. Варсановьевой о геоморфологии западного склона Среднего Урала, в которой она выделяет две карстовые области.

Вскоре после окончания Великой Отечественной войны работы по изучению карста стали получать очень широкий размах. В 1946 году была составлена геоморфологическая карта Урала. На ней показаны места развития карста и крупные пещеры.

При геологических съемках, проводимых нефтеразведкой, Уральским геологическим управлением, Уральской экспедицией Всесоюзного нефтяного научно-исследовательского геолого-разведочного института (ВНИГРИ) и другими организациями, карстовые явления фиксировались и наносились на карту. Интересный материал по карсту приведен в отчетах геологов треста «Пермнефте-разведка» М. Н. Вагаева и Н. Я. Костогрыза, Е. Я. Москалевой, Б. И. Грайфера, Р. А. Зуевой, А. В. Вшивкова и других. При геологических съемках на севере области Н. Г. Чочиа и Е. В. Владимирская, С. Л. Бызова попутно отмечали карст. Данные о карсте содержатся в работе Н. С. Чочиа, посвященной характеристике физико-географических условий Колво-Вишерского края.

В конце января 1947 года в Перми, по инициативе Пермского университета и его Естественно-научного института, была созвана конференция по карсту, в работе которой приняли участие научно-исследовательские силы различных городов Советского Союза. Было заслушано 48 докладов, из которых 10 принадлежало работникам Пермского университета. Материалы конференции опубликованы в «Тезисах докладов» и двух выпусках «Карстоведения». Конференция приняла решение о необходимости выделения особой науки — карстоведения. Она оказала большое влияние на дальнейшее развитие этой науки. Материалы ее использованы Н. А. Гвоздецким и Д. С. Соколовым в сводных работах. Участники конференции посетили Кунгурскую пещеру.

В 1952 году опубликована посмертно работа А. Е. Ферсмана «Геохимия пещер», в которой охаракте-

ризованы ледяные образования Кунгурской пещеры. В основном по материалам наблюдений в этой же пещере написаны статьи Г. А. Максимовича о пещерных льдах и инструкция по изучению ледяных пещер.

Бактериологическое обследование пещеры в 1947 году провели А. П. Володин и В. А. Пшеничников. В 1950 году А. Воронихин опубликовал популярную брошюру о Кунгурской пещере, переизданную в 1951 году.

Большую работу по изучению карста Пермской области проделала карстово-спелеологическая станция Естественно-научного института при Пермском университете. Основанная в январе 1946 года, она начала свою работу с изучения карста на территории бывшего заповедника «Предуралье» и прилегающих участков. Заведующая станцией Л. В. Голубева производила систематические наблюдения за ростом воронок. На основании разбуривания воронок было выявлено их происхождение. Для определения их возраста применялся спорово-пыльцевой метод. В 1950—1952 годах Л. В. Голубева и группа студентов изучали карст в Ординском районе, на месторождениях поделочного камня.

Начиная с 1948 года, кафедра динамической геологии и гидрогеологии Пермского университета исследует карст в Кизеловском каменноугольном бассейне. Результаты работ 1948—1952 годов изложены в отчетах и статьях В. А. Апродова, Л. С. Кузнецовой, Е. А. Кротовой, Н. П. Чирвинского и других. В последующие годы к подземному карсту обращаются Л. С. Кузнецова в связи с его влиянием на качество строительных материалов, а также И. А. Печеркин, изучавший подземные и, в частности, карстовые воды Кизеловского бассейна.

Летом 1951 и 1952 годов кафедра динамической геологии и гидрогеологии изучала карст междуречья Камы и Чусовой вблизи устья последней. В 1953 году велись наблюдения за карстом в окрестностях села Усть-Кисерть и поселка Кордон. Начиная с 1953 года, сотрудник кафедры Л. А. Шимановский и студенты-геологи принимают участие в изучении подземных вод в карстовых районах Пермской области.

Месторождения огнеупорных глин, местами приуроченных к карстовым депрессиям, охарактеризованы в работах В. А. Апродова, В. П. Петрова и других.

В 1954 году была опубликована работа Д. В. Рыжикова «Природа карста и основные закономерности его развития», в которой приводятся многочисленные примеры по карсту Пермской области.

В 1948 году на базе Кунгурской ледяной пещеры была организована карстово-спелеологическая станция, входящая сейчас в Кунгурский научно-исследовательский стационар Уральского филиала Академии наук СССР. В течение ряда лет сотрудники стационара изучают карст Кунгурского и соседних районов. Они ведут систематические наблюдения и опытные работы в Кунгурской пещере. Научные сотрудники станции В. С. Лукин, Д. В. Рыжиков, А. В. Турышев в 1955 году опубликовали популярное описание пещеры.

Карст изучался в связи с проектированием железнодорожных линий, мостов через реки Чусовую и Сылву, высоковольтной линии Пермь—Свердловск, колхозных гидростанций, при сооружении жилых и промышленных зданий. С 1953 по 1955 год проводились инженерно-геологические исследования карста в притрассовой зоне высоковольтной линии Пермь—Свердловск. Эта линия на двух участках пересекает сильно закарстованные породы. Здесь были применены разнообразные методы: съемка карстовых форм, геофизические работы, бурение, наблюдения за поглощением талых вод в воронках.

Геофизические работы над Кунгурской пещерой проводились Ленинградским филиалом Гидропроекта в 1953 году, Московским и Пермским университетами в 1956—1957 годах.

Соляной карст района Верхнекамского месторождения калийных солей изучает сотрудник Всесоюзного научно-исследовательского института галургии А. Е. Ходьков.

С 30 января по 3 февраля 1956 года в Москве проходило научное совещание по изучению карста, организованное Академией наук СССР, Министерством геологии и охраны недр СССР, Московским и Пермским университетами, в котором приняли участие 800 человек — представители Ленинграда, Москвы, Киева, Харькова, Ташкента, Ашхабада, Риги, Вильнюса, Таллина, Воронежа, Перми, Кунгура и многих других городов. На пленарных и секционных заседаниях было заслушано 115 докладов. От Пермского университета

в совещании участвовали — профессор Г. А. Максимович, преподаватели И. А. Печеркин, Л. С. Кузнецова, К. А. Горбунова.

Карстовые явления района города Кунгура охарактеризованы в докладах А. В. Турышева и В. С. Лукина. О карсте Башкирии доложил доцент Пермского горного института Е. А. Лушников. Были заслушаны доклады Ю. П. Копотилова и И. А. Печеркина о карстовых водах Кизеловского каменноугольного бассейна. От проектных организаций выступили А. Г. Милисхикер, доживший об инженерно-геологических исследованиях карста по среднему течению реки Чусовой, и А. Г. Зиновьев — о проектировании моста на закарстованных породах.

Совещание приняло решение о дальнейшем расширении исследований карста.

Глава шестая

РАСПРОСТРАНЕНИЕ КАРСТОВЫХ ЯВЛЕНИЙ В ПЕРМСКОЙ ОБЛАСТИ

В восточной части Пермской области карстующиеся породы обнажены или залегают вблизи поверхности на площади около 30 тысяч квадратных километров. Здесь развит карст в карбонатных, сульфатных породах и в каменной соли. Карстующиеся породы имеют различный возраст — от ордовикского до нижнепермского включительно. Подразделение палеозойских отложений показано в таблице в приложении. Формы проявления, интенсивность карстовых процессов, а также условия движения карстовых вод зависят от состава пород, условий их залегания, рельефа, климата и истории развития территорий.

По геологическим условиям П. А. Софроницкий и Н. С. Шатский Пермскую область подразделяют на четыре части: восточную окраину Русской платформы, Предуральский краевой прогиб, внешнюю зону складчатого Урала и Вишерско-Чусовское краевое поднятие. Каждая из них характеризуется своеобразными условиями развития карста. Учитывая геологическое строение, основные особенности рельефа и историю развития отдельных территорий в восточной части Пермской

области, мы наметили 4 карстовые области и 16 карстовых районов (рис. 29).

Четкое определение карстовой области и карстового района дал М. А. Зубашенко. Карстовая область — это обширная территория, характеризующаяся общностью геологического строения и геологической истории, обусловивших развитие карста на отдельных участках ее в древние и современную эпохи. В пределах ее наблюдается преобладание тех или иных типов карста, сходство форм проявления карста и наличие древних эпох карстообразования.

Карстовый район — это ясно ограниченный участок земной поверхности с характерным комплексом поверхностных и подземных карстовых форм определенного возраста, оказывающих влияние на поверхностные и подземные воды и обусловленных сочетанием древних и современных геологических и физико-географических факторов. Он в большинстве случаев является частью карстовой области и отличается определенным залеганием и составом карстующихся пород.

КАРСТОВАЯ ОБЛАСТЬ ВОСТОЧНОЙ ОКРАИНЫ РУССКОЙ ПЛАТФОРМЫ

Восточная окраина Русской платформы сложена преимущественно верхнепермскими песчаниково-глинистыми породами и частично нижнепермскими гипсово-ангидритовыми и известняково-доломитовыми отложениями, имеющими пологое залегание. Большая часть территории ее представляет собою Приуральскую равнину. Площади, сложенные песчаниково-глинистыми верхнепермскими отложениями, имеют однообразный холмистый, а местами равнинный рельеф. Реки обладают спокойным течением и сильно извиваются. Долины их широкие с хорошо развитыми террасами. В долине реки Камы часто прослеживаются обширные низины.

Там, где развиты сульфатные (гипсы и ангидриты) и карбонатные (известняки и доломиты) отложения нижней перми, долины становятся уже. Долины рек Камы и Чусовой здесь были очень живописны. На высоких склонах их выходили белые гипсы и ангидриты и сероватые известняки. Сейчас это берега Камского моря.

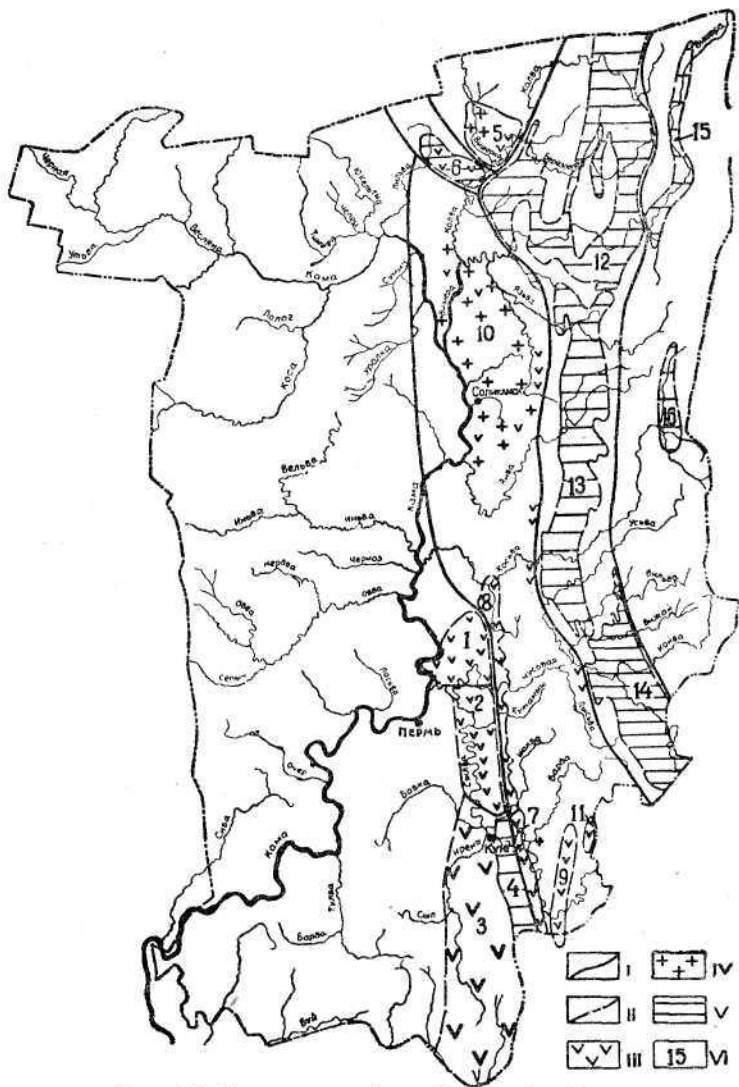


Рис. 29. Карстовые районы Пермской области.

I — границы карстовых областей; II — границы карстовых районов; III — карст преимущественно в гипсах и ангидритах; IV — карст в каменной соли; V — карст в известняках и доломитах; VI — номера карстовых районов.

Карстовая область восточной окраины Русской платформы: 1 — Полазницко-Шалашинский район карста преимущественно в гипсах и ангидритах; 2 — Сылвинско-Сергинский район карста преимущественно в гипсах и ангидритах; 3 — Кунгурско-Иренский район интенсивного карста в гипсах и ангидритах; 4 — район известнякового карста сводовой части Уфимского вала.

Карстовая область Предуральяского прогиба: 5 — Колво-Вишерский район карста преимущественно в гипсах и местами в каменной соли, 6 — Ксеюфонтоско-Ныробский район карста преимущественно в гипсах и ангидритах и частично в известняках; 7 — Кишертско-Суксунский район карста преимущественно в гипсах и ангидритах; 8 — Сергинцовско-Долгушинский район карста преимущественно в гипсах и ангидритах; 9 — Тулумбасовско-Тисовский район карста в гипсах, залегающих в песчаниково-глинистой толще; 10 — Соликамский район карста преимущественно в каменной соли и гипсах; 11 — Кордонский район карста в гипсах и ангидритах.

Карстовая область внешней зоны складчатого Урала: 12 — Средневишерский район карста карбонатных отложений; 13 — Кизеловско-Яйвинский район карста в известняках и доломитах; 14 — Пашийско-Чусовской район интенсивного карста в известняках и доломитах.

Карстовая область Вишерско-Чусовского краевого поднятия со слабым проявлением карста: 15 — Верхневишерский район карста карбонатных отложений; 16 — Тыпыло-Кырийский район карста карбонатных отложений.

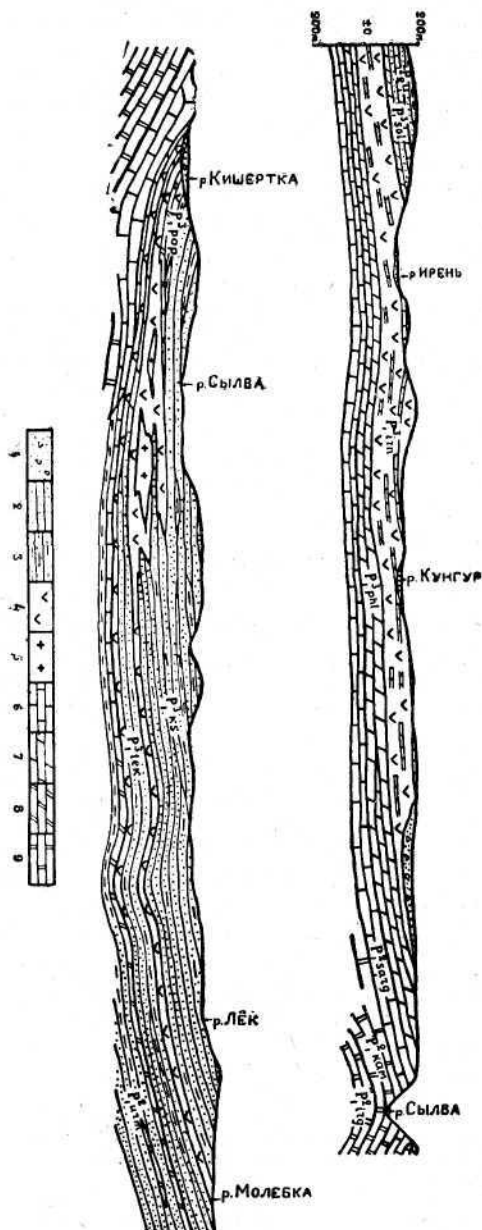


Рис. 30. Геологический профиль через Уфимский вал и Предуральский прогиб на широте города Кунгура (составила геолог "Пермнефтегазразведки" Р. А. Зуева).

- 1 — карстовая брекчия;
- 2 — песчаники; 3 — глина;
- 4 — гипсы и ангидриты;
- 5 — каменная соль; 6 — известняк; 7 — доломит;
- 8 — мергель; 9 — кремнистый известняк.

Водораздельные пространства, как и на остальной территории, характеризуются однообразностью и равнинностью. Часто встречаются карстовые формы.

Юго-восточная часть описываемой карстовой области является северным окончанием Уфимского плато, вытянутого с севера на юг. Уфимское плато сложено нижнепермскими известняками и доломитами, залегающими в виде вала (рис. 31). К западу и к востоку от сводовой части вала, на его крыльях, эти породы перекрыты гипсово-ангидритовыми и известняково-доломитовыми отложениями кунгурского яруса. Уфимское плато — это высокая равнина, расчлененная глубокими узкими долинами. Здесь часто встречаются исчезающие речки и карстовые воронки.

На восточной окраине Русской платформы карст проявляется в карбонатных (известняки и доломиты) и сульфатных (гипсы и ангидриты) отложениях артинского и кунгурского ярусов нижней перми. Схема подразделения нижнепермских отложений приведена на рисунке 31. Карстующиеся породы имеют пологие углы падения, обычно не превышающие один градус. Они залегают в виде пологих валов и куполообразных поднятий.

Рассматриваемая карстовая область подразделяется на четыре карстовых района.

1. Полазнинско-Шалашинский район карста преимущественно в гипсах и ангидритах

До формирования Камского водохранилища район представлял собой междуречье Камы и Чусовой. Склоны долин этих рек осложнены террасами, наиболее древние из которых являются третичными. Террасы местами круто обрывались к руслу реки (рис. 32). Весной 1954 года началось заполнение водохранилища. Уровень воды выше плотины поднят на 21 метр по сравнению с прежним. В настоящее время район омывается Камским водохранилищем.

Карстовые явления развиты здесь на куполообразных поднятиях, осложняющих Краснокамско-Полазнинский вал. Наиболее подвержены карсту гипсы и ангидриты иренской свиты кунгурского яруса, переслаивающиеся с известняками и доломитами, общей мощностью

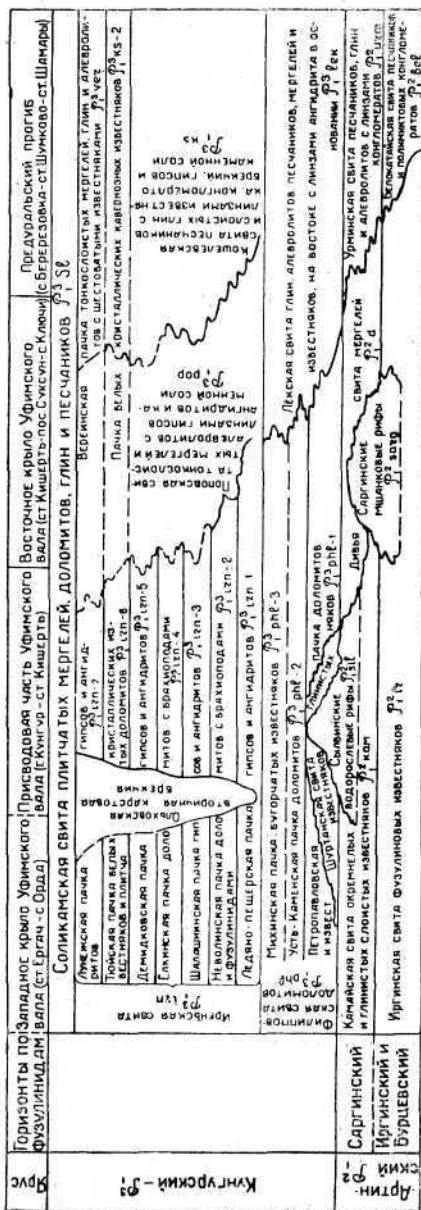


Рис. 31. Схема сопоставления нижнепермских отложений бассейна среднего течения р. Сырлы. Разработана геологами «Пермнефтегазведки».

около 115—120 метров. Они выходят на поверхность или залегают на небольшой глубине под плитчатыми известняками, песчаниками и глинами соликамской свиты и рыхлыми четвертичными отложениями.

Из поверхностных форм карста распространены многочисленные воронки. Некоторые из них достигают в глубину 20 метров при поперечнике 40—120 метров. В крупных воронках выходят коренные породы. Особенно густо воронки располагаются на пологих склонах, на присклоновых участках водоразделов и вблизи логов. На правом склоне долины реки Чусовой в окрестностях деревни Бобки плотность их составляет 100—130 на один квадратный километр.

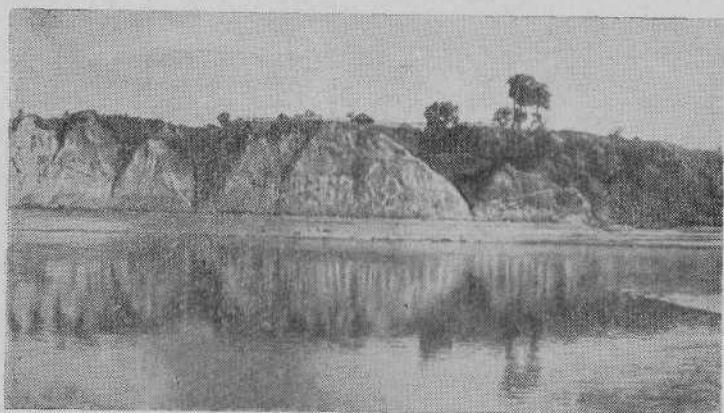


Рис. 32. Правый берег реки Чусовой ниже села Красная Слудка в 1952 году.

На ровных водораздельных участках многие воронки заилены, заполнены водой и превращены в озера. Некоторые озера достигают значительных размеров. В деревне Залесной находится озеро с поперечником 80 метров и наибольшей глубиной 11 метров. Из некоторых озер вода периодически исчезает.

Озера постепенно заполняются осадками и зарастают, превращаясь в болота и торфяники. В деревне Кулигино имеются два озера с поперечником 55 и 77 метров, покрытые с поверхности сплавиной, на которой растут даже березки. Глубина под сплавиной составляет соответственно 9,5 и 8 метров (рис. 33). Разра-

стаясь, сплавина затягивает все озеро (рис. 25, 26). Среди ровных водораздельных участков встречаются неглубокие округлые или овальные понижения с совершенно плоским дном. Это карстовые блюдца, представляющие собою последнюю стадию развития карстового озера.



Рис. 33. Сплавина на карстовом озере в деревне Кулигино.
1 — контуры берега и сплавин.

Наряду со сравнительно небольшими воронками встречаются крупные карстовые котловины. У деревни Мутная долина реки Мутной имеет чашеобразное расширение с поперечником около 1 километра и с крутыми, высокими (до 100 метров) склонами. Эта котловина карстового происхождения. Местами, чаще всего в сводовых частях поднятий, гипсы и ангидриты выщелочены. Здесь образовались крупные впадины — депрессии, заполненные обломками известняков, доломитов, песчаников, мергелей и гипсов с глинистым материалом, то есть продуктами обрушения пород над местами выщелачивания гипсово-ангидритовых пачек.

В районе встречаются исчезающие речки, например, река Талая. По берегам реки Чусовой местами можно обнаружить небольшие карстовые пещеры. Известностью пользуются ледяная Куликовская, теплая Кули-

ковская, Гармоновская пещеры, пещеры Белой горы и другие. Часть из них затоплена водами Камского моря.

В районе сравнительно часто происходят провалы, например, у деревни Пахомово в 1928 году, у деревни Боровково примерно в 1890 и 1927 годах, северо-восточнее деревни Городище в 1948 году, у поселка Горная Талица в августе 1953 года.

Карст интенсивно проявляется ниже русел рек. До формирования Камского водохранилища под руслом реки Чусовой вблизи ее устья, в гипсах, были вскрыты скважинами полости с вертикальным поперечником до 7,6 метра. Часть полостей была заполнена движущейся водой и находилась в состоянии роста (рис. 34).

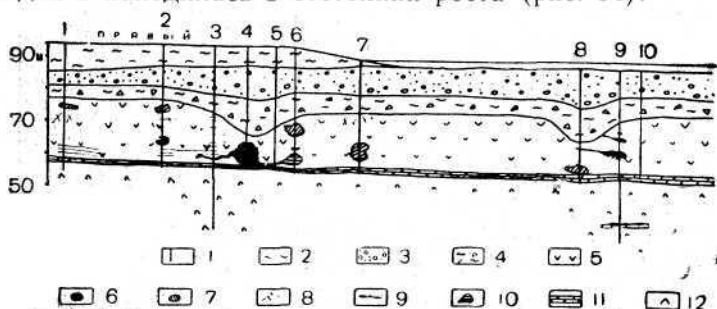


Рис. 34. Геологический разрез правого берега реки Чусовой.

1 — скважины; 2 — глина и суглинок; 3 — галечник и песок; 4 — разрушенные коренные породы; 5 — гипс; 6 — карстовая полость, незаполненная или заполненная водой; 7 — карстовая полость, заполненная обломочным материалом; 8 — трещины; 9 — прослои мергеля в гипсе; 10 — чередование гипса с карстовыми полостями; 11 — доломит; 12 — ангидрит.

Карст района древний. Карстовые процессы имели сложную историю развития, то затухая, то снова активно проявляясь. Камское водохранилище создает новые условия для развития карстовых процессов. На участках, непосредственно омываемых водохранилищем, будет наблюдаться некоторое усиление карста. На крутых гипсовых берегах водохранилища интенсивно проявляется своеобразный «береговой карст» в виде ниш, коридоров, каналов, каверн.

2. Сылвинско-Сергинский район карста преимущественно в гипсах и ангидритах

Район расположен по нижнему течению реки Сылвы и приурочен к северному погружению Уфимского вала. Известняки и доломиты артинского и кунгурского

ярусов погружаются и перекрываются отложениями иренской и соликамской свит. Закарстованы гипсово-ангидритовые и частично известняково-доломитовые отложения иренской свиты. В долине реки Сылвы они покрыты песчано-гравийными и песчано-глинистыми отложениями, а на водоразделах — песчаниками, мергелями, известняками соликамской свиты и рыхлыми четвертичными образованиями. Карст района имеет много общего с карстом предыдущего района, но в то же время отличается от него менее сложной историей развития. Развитие карста здесь тяготеет к реке Сылве.

В районе развиты многочисленные воронки, как молодые, так и древние. Молодые воронки имеют крутые обрывистые склоны, в которых выходят коренные породы. Они встречаются между селом Серьга и деревней Дикари, у деревень Зуята и Дураково. Древние воронки с поперечником в несколько десятков метров и глубиной 12—15 метров очень редко вскрывают коренные породы. Часто встречаются озера, причем некоторые периодически исчезают, например, озеро у деревни Горбунята. Местами воронки разрослись до карстовых котловин. На поверхности коренных пород можно обнаружить отверстия зияющих вертикальных каналов или понор, а также вертикальные карстовые колодцы. Чаще всего на правом берегу реки Сылвы протягиваются карстовые и карстово-эрозионные лога и долины с исчезающими водотоками. Долина речки Серьги от верховьев до деревни Савино безводна. Начало ей дают ключи, вытекающие у деревни Савино и имеющие сильно минерализованную, непригодную для питья воду.

Пещеры, выработанные водой в гипсах, имеют небольшие размеры. Одна из наиболее крупных пещер, Мечкинская, тянется на 270 метров. В окрестностях села Серьги находятся Дырихинская, Челпанская, Андроновская и Кладбищенская пещеры, а выше по течению реки Сылвы — Мечкинская и Каменская. Некоторые из них открываются в карстовые воронки. В ряде пещер отмечены ледяные образования и озера. В районе иногда происходят провалы. В 1956 году в поселке Ильича образовался провал с поперечником 6—7 метров и глубиной 12—13 метров. В его стенках выходят гипсы.

Карстовые процессы местами проявляются ниже русла реки Сылвы. В устье ее, под руслом, в гипсах вскрыты полости с поперечником до 6 метров, заполненные как обломочным материалом, так и движущейся водой.

3. Кунгурско-Иренский район интенсивного карста в гипсах и ангидритах

Этот район расположен в основном в правобережной части бассейна реки Ирени, включая также окрестности города Кунгура. В геологическом отношении это западное крыло Уфимского вала (рис. 31). Здесь закарстованы гипсово-ангидритовые и частично известняково-доломитовые пачки иренской свиты кунгурского яруса. Породы имеют очень пологое, измеряемое минутами, падение на запад и простираются в меридиональном направлении. Соответственно этому при движении с востока, то есть от сводовой части Уфимского вала, на запад мы пересекаем полосы, сложенные породами разного состава и вытянутые с севера на юг. Изменяются и формы проявления карста. На востоке гипсово-ангидритовые пачки почти полностью выщелочены и на филипповских доломитах лежит карстовая брекчия, образовавшаяся за счет обрушения известняково-доломитовых пачек над местами выщелачивания. Западнее протягивается полоса, сложенная гипсами и ангидритами, местами покрытыми кристаллическими известняками и плитчатыми доломитами. Здесь развиты глубокие конусовидные воронки с поперечником 30—60 метров и глубиной 25—30 метров. Еще западнее известняки и доломиты перекрываются гипсами и ангидритами. Воронки, образующиеся в них, по мере погружения известняков, становятся глубже. Вблизи западной границы района, где гипсы покрыты соликамскими плитняками, развиты глубокие провальные воронки.

Воронки в описываемом районе на некоторых участках располагаются очень густо. Плотность их местами составляет 200—300 на один квадратный километр. Из других форм встречаются крупные котловины, карстовые и карстово-эрозионные лога, исчезающие речки, поноры и изредка карры. Воронки и котловины часто заполнены водой и представляют собою озера. Таковы

озера в деревнях Белое Озеро, Саламаты, в селениях Шляпники, Грызаны и других. В одной из котловин расположена деревня Подберезовая.

Многие небольшие речки района исчезают в поноры, например, Тураевка, Малый Телес, частично Аспа.

Характерной особенностью местности является множество пещер, выработанных в гипсах и ангидритах и протягивающихся обычно на 17—80 метров. Исключением является Кунгурская пещера, обследованная на протяжении 4,6 километра (рис. 11).

Карстовые явления в районе протекают крайне интенсивно. Здесь часто образуются провалы. Научный сотрудник Кунгурского научно-исследовательского стационара В. С. Лукин только в районе Кунгура и в долине Ирени, ниже деревни Ключ зарегистрировал 23 провала, возникших в 1948—1956 годах, 8 провалов, образовавшихся в 1910—1948 годах, и 12 провалов неустоявшегося возраста.

4. Район известнякового карста сводовой части Уфимского вала

Карстующимися породами здесь являются известняки и доломиты артинского и частично кунгурского (филипповской свиты) ярусов, покрытые на водоразделах четвертичными суглинками и местами, в карстовых депрессиях, глинами и песками третичного и мезозойского возраста.

Ровную поверхность Уфимского плато изредка прорезают глубокие и узкие долины речек. Небольшие речки часто исчезают, оставляя на значительном протяжении сухое русло, сток по которому происходит только весной. Долина реки Кишертки ниже деревни Моргуново сухая. У деревни Низкое в долине появляется водоток, питающийся восходящими источниками. Узкая сухая долина имеет высокие крутые склоны, в которых часто выходят известняки. По дну ее извивается сухое русло, выполненное обломками известняка и крупной галькой. Поражает своим видом и долина Суксунки. Выше деревни Верхний Суксун долина приобретает каньонообразный облик, становится узкой; крутые высокие склоны ее слабо залесены, местами в них обнажены коренные породы. Многие лога района носят

карстово-эрозионный облик. Дно их, особенно в верховьях, осложнено воронками.

На ровных поверхностях водоразделов изредка встречаются карстовые воронки. В районе отмечены свежие провалы. В 1946 году в деревне Дремино, на водоразделе рек Сединки и Кишертки, образовался провал с поперечником 8 и глубиной около 15 метров.

Карстовые пещеры встречаются редко и имеют небольшие размеры. Пещеры в известняковых бастионах по берегам реки Сылвы длиной 4—5 метров представляют собою трещины, расширенные выветриванием и выщелачиванием.

Ровная поверхность известнякового Уфимского плато, возвышающегося над прилегающими участками, сложенными на западе преимущественно сульфатными отложениями иренской свиты, а на востоке песчаниково-



Рис. 35. Карстовый источник в окрестностях деревни Низкое.

мергельными отложениями кунгура, включающими линзы гипса и каменной соли, является областью питания карстовых вод. Карстовые воронки, колодцы, поноры и трещины в известняках поглощают атмосферные осадки. Вода вначале движется преимущественно в вертикальном направлении. Достигнув водоупорных

пород, она приобретает медленное движение по падению пород — на запад и на восток от осевой части Уфимского вала. Зона вертикального движения карстовых вод захватывает толщу пород мощностью до 80 метров. Примерно на этой глубине от поверхности находятся карстовые воды. Выход карстовых вод на поверхность происходит в основном по восточному, более крутому, крылу Уфимского вала, на границе с Предуральским прогибом. Здесь отмечены мощные карстовые источники, например, источник у деревни Низкое (рис. 35).

Карст района древний. Ряд фактов указывает на то, что развитие карста началось уже в середине мезозоя. В некоторых пунктах Уфимского плато мезозойские отложения (юрские и меловые) сохранились в крупных карстовых воронках и котловинах. А. Л. Яншин считает, что по происхождению породы мезозойской глинистой толщи Уфимского плато представляют собой тонкие осадки карстовых озер. Активизация карста происходит в конце третичного и в начале четвертичного периодов, когда Уфимский вал испытывал общее сводовое поднятие. Следы этого поднятия запечатлены в виде высоких эрозионных террас реки Сылвы.

КАРСТОВАЯ ОБЛАСТЬ ПРЕДУРАЛЬСКОГО ПРОГИБА

Предуральский прогиб является переходной полосой между складчатой зоной Урала и восточной окраиной Русской платформы. Более древние породы, слагающие складчатую зону, погружены здесь на значительную глубину и перекрыты песчаниково-глинисто-конгломератовыми отложениями пермской системы. В краевых частях прогиба на поверхность выходят местами гипсы и ангидриты, а в наиболее погруженной части в толще пород появляются отложения соли (рис. 30, 36).

Рельеф этой области на востоке увалистый. К западу по направлению к Приуральской равнине он постепенно выравнивается. В формировании рельефа данной территории большую роль играли реки, которые расчленили несколько приподнятую область на отдельные участки.

Увалистый характер рельефа особенно типичен для южной части прогиба. Севернее реки Косьвы по западной окраине его протекает Кама. В долине Камы, а

также по Вишере, Колве, Язьве и Глухой Вильве, встречаются обширные низины, местами сильно заболоченные. На севере области выделяется возвышенность Полудов кряж. Междуречье Вишерки и Колвы, расположенное севернее его, представляет собою невысокий увал.

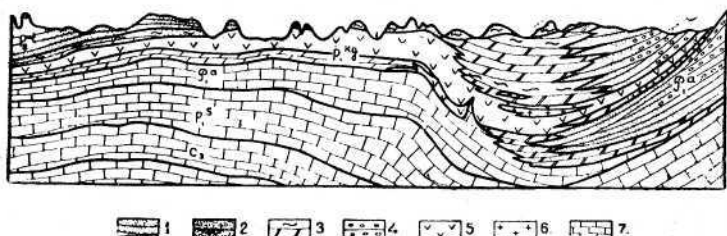


Рис. 36. Геологический профиль через восточную окраину Русской платформы и Предуральский прогиб на широте Верхне-Чусовских Городков. Составил П. А. Софроницкий в 1954 году.

1 — песчаники; 2 — песчаники и аргиллиты; 3 — аргиллиты и мергели; 4 — конгломераты; 5 — гипсы и ангидриты; 6 — каменная соль; 7 — известняки и доломиты. Вертикальный масштаб сильно увеличен.

Предуральский прогиб в пределах Пермской области разделяется Ксенофонтовско-Колвинским валом на две части. В северной части его развиты кунгурские отложения, местами соленосные. Здесь намечается один карстовый район.

5. Колво-Вишеркский район карста преимущественно в гипсах и местами в каменной соли

Особенно интенсивно, в виде полей крупных воронок, карст проявляется на участках, где в песчано-глинистых отложениях кунгурского яруса залегает гипс. Наличие гипсов в песчано-глинистых кунгурских отложениях установлено на западе по реке Вижаихе и на востоке по реке Колве. Обнажения гипса описаны по реке Заболотной, в 6 километрах северо-восточнее деревни Кикус. На прилегающем водоразделе, на площади около 8 квадратных километров, наблюдается почти сплошное развитие карстовых воронок. Многие из них имеют поперечник 40—50 метров, а глубину 15—20 метров. В некоторых воронках выходят песчаники. Наряду с гипсом в районе развиты соленосные

породы, мощность которых увеличивается по направлению к реке Вишерке.

Подземные воды, поднимающиеся к поверхности, растворяют каменную соль. По данным С. М. Орлянкина, источник у селения Фадино выносит в растворе ежедневно около 9 тонн каменной соли, а за год почти 3261 тонну, то есть более 200 вагонов. Соль переносится источниками в реку Вишерку, которая у селения Фадино ежедневно несет в растворе более 340 тонн, а за год — 124 422 тонны соли.

6. Ксенофоновско-Ныробский район карста преимущественно в гипсах и частично в известняках

Этот район приурочен к выходам карбонатных и сульфатных пород кунгурского и артинского ярусов перми, а также более древних отложений на Ксенофоновско-Колвинском вале.

Рельеф района представляет собою пологую грядку, вытянутую с северо-запада на юго-восток. Вдоль юго-западного края ее выделяется заболоченная полоса, шириною 1,5—2 километра, в пределах которой развиты карстовые воронки и котловины. Эта полоса соответствует выходам кунгурских гипсоносных отложений и вытянута согласно их простиранию.

Карстовые котловины, достигающие почти одного километра в поперечнике, имеют овальную, реже неправильную форму. Большое провальное озеро расположено в 6 километрах северо-восточнее деревни Кубари, на левобережье реки Пильвы. В этой полосе карста наряду с молодыми воронками встречаются древние, сильно заболоченные плоские блюдца с поперечником 80—100 метров. Часто можно обнаружить сдвоенные, строенные, четверенные воронки. В северо-западном направлении полоса карстовых воронок переходит в болото, по которому течет речка Зерна. В известняках воронки имеют меньшие размеры. По правому берегу реки Колвы, между устьями рек Сыпии и Вижаихи, находится Дивья пещера.

Южнее Ксенофоновско-Колвинского вала в пределах Предуральяского прогиба карст развит в гипсах, ангидритах и в каменной соли. Западное крыло прогиба сложено преимущественно песчаниково-глини-

стыми отложениями кунгурского яруса (мергелями, глинами, песчаниками), включающими слои и линзы гипсов и ангидритов, а местами каменной соли. В наиболее погруженной центральной части, называемой Соликамской депрессией, мощность залежей каменной соли увеличивается. По восточной окраине прогиба небольшими по площади участками на поверхность выходят гипсы и ангидриты кунгурского яруса. В пределах его имеются небольшие поднятия (рис. 30, 36).

На юго-западной окраине прогиба выделяются 2 карстовых района.

7. Кишертско-Суксунский район карста преимущественно в гипсах и ангидритах

Этот район расположен восточнее Уфимского плато, что создает своеобразные условия для циркуляции подземных вод. Он вытянут примерно от селения Березовка на юг через селения Посад, Усть-Кишерт, далее по долинам Седушки, Мазуевки, Санды, через Суксун и южнее по междуречью Иргины и Сыры.

Восточнее Уфимского вала древние артинские породы погружаются и перекрываются толщей кунгурских отложений. По направлению с запада на восток изменяется состав пород. Сульфатные и карбонатные отложения кунгура замещаются мергелями и песчаниками, которые содержат слои и линзы гипса и ангидрита. Карст проявляется как в гипсово-доломитовой свите, так и в гипсах и ангидритах, залегающих в песчаниково-мергельной свите. Карсту подвержены частично и известняки.

Карстующиеся породы местами выходят на поверхность. Например, у деревни Посад правый берег Сылвы сложен гипсами. На большей части территории гипсы и ангидриты залегают или под рыхлыми отложениями: суглинками, песками, глинами и другими, или под некарстующимися коренными породами: мергелями, песчаниками, глинами. Формы проявления карста исключительно разнообразны. В районе можно встретить воронки различной формы и величины, карстовые озера, болота, торфяники, котловины, реже исчезающие речки и карстовые лога.

По правобережью Сылвы карст интенсивно разви-

вается в окрестностях деревень Посад, Нижние и Верхние Пеньки. Коренной склон Сылвы между этими деревнями покрыт сухими воронками, обычно асимметричными. Три воронки заполнены водой и представляют собою озера с поперечниками 26—27 метров (в деревнях Верхние и Нижние Пеньки) и 13 метров. Поля воронок покрывают площадь, расположенную севернее Посадского лога до деревни Климово. В деревне Климово расположено сильно заросшее озеро с поперечником 60 метров. Вторая блюдцеобразная воронка с поперечником 40 метров и глубиной 5 метров покрыта осокой. Еще севернее, в окрестностях деревень Анисимовка, Шастино, Сакмары, Черкасово, встречаются как одиночные воронки, так и поля из 3—4 воронок.

Наряду с воронками развиты эрозионно-карстовые и карстовые лога. В устьевой части лога Ежикова яма насчитывается до 19 воронок с поперечником от 5 до 48 метров и глубиной от 0,5 до 20 метров. Одна воронка заполнена водой. На ровном водораздельном пространстве логов Ежикова яма и Посадского примерно в меридиональном направлении протягиваются два карстовых лога. Наибольший из них имеет длину 900 метров, при ширине 80 метров и состоит из ряда воронок с понорами.

Карстовые воронки и озера встречаются на пойме, первой и второй надпойменных террасах реки Сылвы. На первой террасе между деревней Куделькино и селением Усть-Кишерть описано около 180 воронок. Среди них имеются недавно образовавшиеся.

28 марта 1956 года в излучине реки Сылвы, вблизи деревни Верхние Пеньки наблюдался редкий случай одновременного образования четырех карстовых воронок. Воронки расположены на первой террасе Сылвы, высота которой над меженным уровнем реки составляет 5—6 метров. В основании террасы местами залегают гипсы и ангидриты, перекрытые снизу вверх галечниками, песками, суглинками с прослоями глин, мощностью около 12—14 метров. К галечникам и пескам приурочен водоносный горизонт.

В излучине Сылвы ранее образовавшиеся карстовые формы представлены воронками. Пологие, задернованные склоны ложбины, протягивающейся поперек шейки излучины, покрыты небольшими, преимущественно

сухими воронками с поперечником от 1 до 16 метров и глубиной 0,5—3,5 метра.

Вновь образовавшиеся воронки находятся в восточной части шейки излучины, в 100—150 метрах от кру-

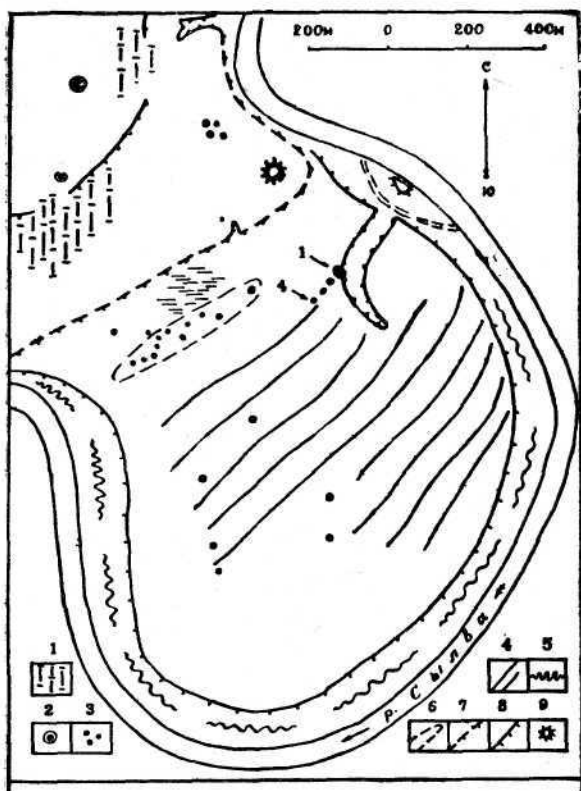


Рис. 37. Карстовые провалы в излучине реки Сыльвы у деревни Верхние Пеньки.

1 — сильно закарстованные участки; 2 — карстовые озера; 3 — карстовые воронки; 4 — валы на первой террасе; 5 — валы на пойме; 6 — ложбины; 7 — подошва уступа коренного берега; 8 — бровка уступа коренного берега; 9 — гора „Камешек“.

того берегового уступа (рис. 37). Они располагаются по линии, вытянутой с северо-востока на юго-запад. Восточная из воронок захватывает склоны небольшой ложбины, впадающей в Сыльву. Первые наблюдения над

воронками были проведены 7 апреля, когда на полях еще лежал снег.

Наибольший из провалов (№ 1), длиной 22 метра и шириной 17 метров, с крутыми стенками, сложенными суглинками, контрастно выделялся на белом фоне (рис. 38). Глубина до воды, часть которой замерзла, в



Рис. 38. Большой Пеньковский провал 7 апреля 1956 года.

западной части составляла 4,6 метра. На снегу параллельно юго-западному и северо-восточному краям провала прослеживалось несколько трещин. Юго-западная стенка нависала. В южной части провала были нагромождены обрушившиеся земляные массы.

Вторая воронка с поперечником 7—8 метров и глубиной 2,5 метра была заполнена снегом и только в северо-восточной стенке виднелась почва. Параллельно этой стенке на поверхности прослеживались трещины. Третья и четвертая воронки имели вид заснеженных блюдцеобразных понижений с поперечником 4 и 8,5 метра и глубиной соответственно 1,5 и 2,5 метра.

В июне 1956 года размеры воронок увеличились. Первый провал представлял собою озеро с высотой берегов 3—4 метра и глубиной около 3 метров.

Образование воронок связано с выщелачиванием гипсов как водами, просачивающимися из галечников

первой террасы, так и водами подруслового потока Сылвы, спрямляющего здесь свое течение. Механизм образования воронок определяется размером подземных полостей в карстующихся породах, мощностью и составом покровных отложений. Самая большая воронка (№ 1) является коррозионно-провальной. Обрушение покровных отложений в карстовую полость сопровождалось шумом. Провал заполнился грунтовыми водами, которые были вскрыты при обрушении. Значительное пополнение запасов воды произошло за счет атмосферных осадков и особенно весной при таянии снега. Третья и четвертая воронки коррозионно-просадочные. Вторая воронка представляет собою переходную стадию от первой к третьей и четвертой.

Известностью пользуются карстовые провалы в селе Усть-Кишерть. Это село расположено на второй надпойменной террасе Сылвы, поднимающейся над меженным уровнем реки на 12—18 метров. Терраса сложена сверху вниз суглинками, глинами, песками и галечниками, общей мощностью 18—20 метров, залегающими на разрушенных коренных породах. К пескам и галечникам приурочен водоносный горизонт, который вскрыт многочисленными колодцами.

28—29 августа 1949 года в селе Усть-Кишерть образовалось три провала. 28 августа в 7 часов вечера по местному времени на приусадебном участке одного из жителей по улице Советской начала проседать почва. Эта просадка продолжалась около двух часов. На поверхности появилось блюдцеобразное понижение. Один из жителей рассказывает, что в северо-западной стенке понижения имелась трещина. Затем возникли трещины, по которым произошло обрушение, сопровождавшееся шумом и излиянием воды. К 9 часам обрушение закончилось и образовалась провальная яма. Обрушение возобновилось в два часа ночи, причем был слышен шум. В 10 часов утра 29 августа жители увидели уже сдвоенный провал, вытянутый в северо-восточном направлении (см. рис. 39). Протяженность его составляла 50 метров при ширине большего 40 метров и меньшего 28 метров. Провалы заполнились водой, причем в меньшем вода стояла выше, чем в большем, примерно на 1 метр. Провалы разделялись гребнем высотой 1,5 метра. Склоны их высотой до 9 метров были отвесны в

верхней части и покрыты крутыми осыпями в нижней части. В середине озера вода периодически бурлила, а в восточной стенке были видны источники и конусы

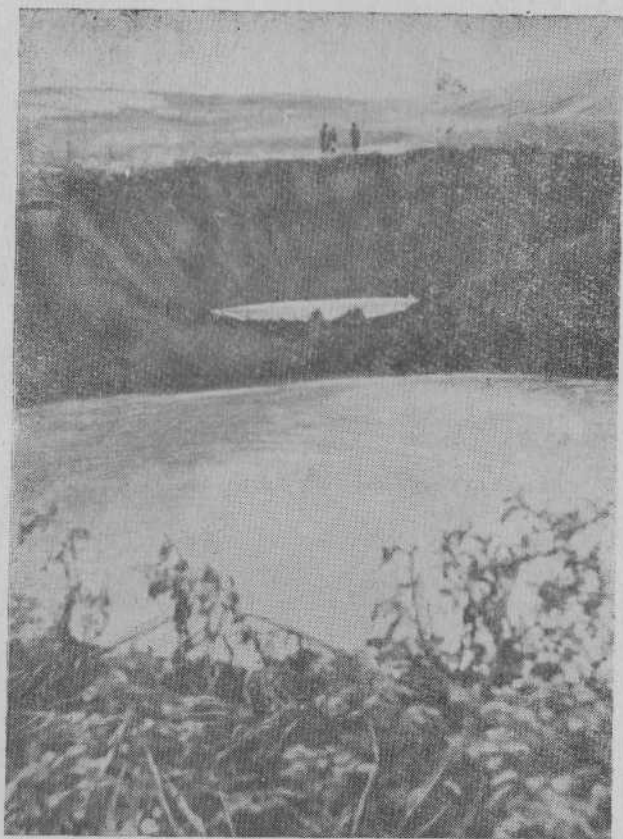


Рис. 39. Карстовый провал в селе Усть-Кишерть 29 августа 1949 года. Вид на западную стенку.

выноса. Перемычка между провалами интенсивно обрушалась.

29 августа в 3 часа ночи образовался третий провал на месте старой воронки, в которой росли две черемухи. Вечером 28 августа в воронке были видны трещины.

Провал округлой формы с поперечником 17,5 метра заполнился водой, глубина до которой составляла 5,5 метра. Одна черемуха исчезла бесследно, другая лежала на дне.

В старой воронке, расположенной вблизи третьего провала и имеющей поперечник 16 метров, а глубину 3 метра, в восточной стенке небольшой участок, поперечником в 2 метра, осел на 60—80 сантиметров. В верхней части восточной и южной стенок образовалась трещина шириною 2—3 сантиметра. В юго-западной стенке трещина шла параллельно краю воронки и имела ширину 3—4 сантиметра; 31 августа ширина трещины в восточной стенке достигала 10 сантиметров. Поперечник просадки увеличился примерно на 0,5 метра, а глубина — на один метр. В одной старой блюдцеобразной

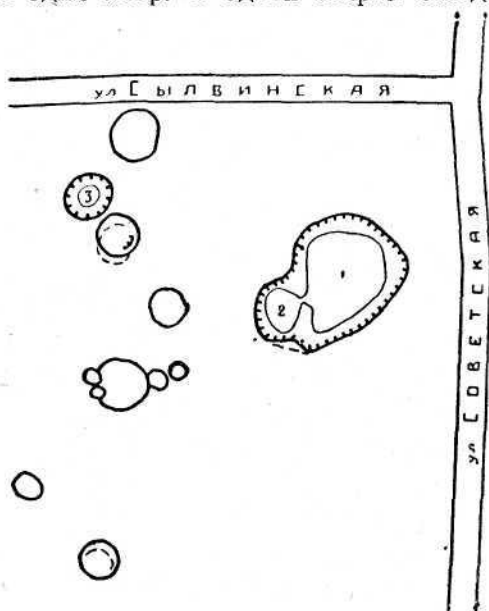


Рис. 40. План расположения провалов и воронок в селе Усть-Кишерть.

воронке, расположенной на картофельном поле, гидравлическим ударом, возникшим при обрушении почвы в провалы, по трещине был выброшен влажный глинистый песок.

План расположения провалов и воронок показан на рис. 40.

Утром 30 августа в гребне между первым и вторым провалами образовался проток, и вода из второго провала частично стекла в первый. Уровень ее во втором провале понизился на 60—80 сантиметров. В первом провале уровень воды повысился, в связи с чем источники и конусы выноса ушли под воду и исчезли. В середине озера периодически наблюдалось бурление.

31 августа уровень воды в большом провале повысился. Глубина от поверхности до воды уменьшилась до 8,15 метра, а глубина образовавшегося озера составляла 5,45 метра. Трещины у края воронки несколько увеличились, и почва по ним просела на 5—10 сантиметров. В карстовой воронке, находящейся рядом с третьим провалом, трещина в восточной стенке также увеличилась.

В первые дни после провала обрушение стенок шло интенсивно, особенно между провалами, и размеры воронок увеличились. К 4 сентября уровень в озерах еще повысился. Первый провал представлял собой красивое озеро с зеленоватой водой и обрывистыми берегами,



Рис. 41. Большой провал в 1953 году. Вид на западную стенку.

сложенными красновато-бурыми суглинками. В середине его иногда наблюдались восходящие токи мутноватой воды. Во втором провале вода периодически взмучивалась выходящими со дна газами. Перемычка между провалами стала шире и ниже (рис. 8).

Наблюдения за провалом в последующие годы показали, что все изменения сводятся к обрушению и выполаживанию стенок и уменьшению глубины за счет заполнения котловины продуктами обрушения. На склонах поселилась редкая растительность. Перемычка между озерами была размыта, и на ее месте сохранился только подводный гребень. В озеро местными жителями была занесена рыба. Вода используется для питья (рис. 41). Глубина озера уменьшилась в 1953 году до 4 метров. В третьем провале вторая черемуха также была затянута озерными отложениями, а дно покрылось слоем воды.

К карстовым относятся озера Молебное, Безымянное, Яма (рис. 42), Сдвоенное, озера на Березнике.



Рис. 42. Карстовое озеро Яма.

Озеро Молебное имеет поперечники 120 и 108 метров. Наибольшая глубина обнаружена в южной части озера и равняется 19,5 метра. Площадь его составляет 12383 квадратных метра, а объем воды — 51934 кубических метра. Среди населения сохранилось предание о том, что на месте озера росли деревья, которые провалились около 160 лет тому назад. В настоящее время воду озера используют для питья.

Южнее села Усть-Кишерт в долине реки Кишертки часто, особенно на правом склоне, встречаются карстовые озера, воронки. В бассейне речки Мазуевки имеются огромные воронки и котловины. Известный геолог

В. А. Варсанофьева еще в 1915 году обследовала в одной из них — «Волчьей яме» — пещеру. По восточному берегу Суксунского пруда, вытянутого почти с юга на север, разбросано несколько больших глубоких воронок правильной формы.

Интересны окрестности села Ключи на реке Иргине, известного сероводородными источниками. Западный склон междуречья рек Иргины и Сылвы испещрен карстовыми воронками, озерами и болотами. Древние воронки представляют собою плоские моховые болота. В 1911 году В. А. Варсанофьева наблюдала образование свежего провала на дне одной из старых воронок. Он имел вид короткого канала в песчаниках, открывавшегося в пустоту, на дне которой была вода. Через год он приобрел вид маленькой паразитической воронки на дне большой.

Весьма интенсивны карстовые явления юго-восточнее села Брехово. Здесь, на водоразделе рек Иргины и Сыры, поверхность местами сплошь изъедена воронками и котловинами. Наряду с древними воронками обнаружены провалы, образовавшиеся в 1952, 1953 и 1954 годах. Встречаются также котловины в окрестностях деревень Низкое, Мазуевка, Дикое Озеро, Бурцево.

Значительная скорость проявления карстовых процессов объясняется тем, что в районе происходит разгрузка подземных вод, питающихся на Уфимском плато. Выщелачивание карстующихся пород идет не только за счет действия поверхностных вод, проникающих в породы по трещинам, но и глубинных восходящих вод. Последние дают ряд восходящих источников, часть из которых относится к минеральным. Этим же обусловлена значительная глубина проявления карстовых процессов. Выщелачивание пород происходит ниже русел рек. В селе Усть-Кишерть скважиной, пробуренной вблизи озера Молебного, глина с редкой галькой мощностью около 1,8 метра вскрыта в кровле гипса под известняком на глубине 64,1—65,9 метра, значительно ниже уровня воды в реке Сылве. В другой скважине известняк на глубине 50,8—57,1 метра падает под углом 70 градусов. Можно предположить, что полость находилась на глубине порядка 60—70 метров и при обрушении в нее залегание вышележащих пород было нарушено.

8. Сергинцовско-Долгушинский район карста преимущественно в гипсах и ангидритах

Севернее Кишертско-Суксунского карстового района карстовые процессы развиты вдоль западного края Предуральяского прогиба примерно до реки Косьвы. Восточная граница распространения карста совпадает с границей распространения сульфатных пород. Она прослеживается от деревни Фетиновой на реке Косьве на село Таборы, далее на устье реки Ник, южнее идет по долине реки Усолки, правого притока реки Чусовой, пересекает реку Кутамыш у деревни Красновки и идет на юг западнее селения Березовка. Восточнее этой линии карстовые явления развиты местами у деревни Шестаки на реке Косьве, по долине реки Ивы и у селения Сергинцы на Кутамыше. Еще восточнее происходит резкая смена состава кунгурских отложений. Преобладающими становятся глины и мергели. На поверхности карст представлен в основном воронками. Карст Сергинцовско-Долгушинского района мало изучен.

9. Тулумбасовско-Тисовский район карста в гипсах, залегающих в песчаниково-глинистой толще

Район протягивается от деревни Плотниковой на юг через станцию Тулумбасы, деревню Осинцево, по рекам Бырме, Юркан на Тис и южнее по рекам Тису и Сыре. Он приурочен к небольшому поднятию в южной части прогиба. Здесь развита песчаниково-глинистая толща кунгурского яруса, включающая два прослоя гипсов и ангидритов. Характерной особенностью района является наличие карстовых котловин с многочисленными воронками, таких как Плотниковско-Сосновская, Осинцевская болотистая котловина с диаметром 5—7 километров и другие. Некоторые воронки заполнены водой и превратились в озера.

10. Соликамский район карста, преимущественно в каменной соли и в гипсах

В Предуральском прогибе встречается своеобразный соляной карст. Выщелачивание каменной соли подземными водами приводит к уменьшению ее мощности и к

проседанию покровных отложений над местами выщелачивания. Выщелачиванию соли способствует деятельность человека. Бурение рассолоподъемных скважин ускоряет циркуляцию подземных вод и выщелачивание соли. Подобные явления происходят в небольших масштабах, вероятно, на Шумковском соляном месторождении, и в более крупных — на Соликамском месторождении калийных солей. На Шумковском месторождении мощность каменной соли достигает 80 метров. Соль залегает на глубине от 97 до 157 метров и перекрыта песчаниково-глинистой толщей.

Восходящие источники, во многих местах представляющие собой заброшенные скважины, выносят к поверхности большое количество соли, 28—30 граммов на один литр воды. Таковы источники у селений Красный яр, Шаква, Тохтарево, Зернино, Токман. Севернее залежи каменной соли появляются у реки Чусовой и прослеживаются до деревни Ср. Попова. Соль вскрыта у селений Вереино, Голубята. В долине реки Косьвы имеется несколько горизонтов залежей соли.

В больших масштабах соляной карст проявляется на Верхнекамском соляном месторождении.

Этот район занимает центральную, наиболее погруженную, часть Соликамской депрессии. Южнее Соликамска до реки Косьвы соляная и гипсоносная толщи перекрыты глинами, мергелями и известняками соликамской свиты кунгурского яруса и известняками, глинами и песчаниками уфимской свиты.

Карстовые явления развиваются в каменной соли, залегающей на калийных солях, а также в гипсоносной толще, перекрывающей каменную соль. Мощность каменной соли колеблется в значительных пределах — от 1 до 70 метров. Это явление многие исследователи объясняют отчасти первичными процессами формирования залежи соли и, в большей степени, растворением и выщелачиванием соли подземными водами. Надсолевые воды в силу общего наклона залежи на запад движутся с востока на запад к долине реки Камы. Наиболее интенсивное выщелачивание каменной соли надсолевыми водами происходит в восточной части месторождения и на небольших поднятиях. К западной окраине притекают насыщенные рассолы, которые разгружаются в долине реки Камы в виде источников. Боковые или

околосолевые воды, залегающие с боков соляной залежи, могут производить также значительное выщелачивание соли.

Выщелачивание восточного края соляной залежи вызвало просадку вышележащих кунгурских отложений, в результате чего на одном уровне оказались кунгурские и более древние артинские породы. Это явление, как указывает А. Е. Ходьков, привело некоторых геологов к неправильному заключению о геологическом строении данной полосы. Они проводили здесь сброс и считали, что участок, сложенный артинскими породами, был приподнят над соседним участком, сложенным кунгурскими отложениями.

Энергичное выщелачивание гипсов, ангидритов и каменной соли происходит в долинах крупных рек, где они залегают ближе к поверхности. Медленные проседания, происходящие на больших площадях в результате выщелачивания этих пород, залегающих на глубине 60—80 метров под трещиноватыми мергелями, наблюдаются в долинах рек Вишеры и Камы. Массы пород на склонах этих рек проседают, образуя ступенчатые оползни. Подобные явления происходят в долинах рек Глухой Вильвы, Колывы, левых притоков реки Язьвы и в районе озера Нюхти.

11. Кордонский район карста в гипсах и ангидритах

Вдоль восточной границы Предуральяского прогиба карст развит на участках, где гипсы и ангидриты выходят на поверхность или залегают неглубоко от нее. Местами карст проявляется интенсивно. Интересен Кордонский район карста в гипсах и ангидритах.

Он расположен в окрестностях поселка Кордон на междуречье двух истоков реки Молебки. Здесь закарстованы гипсы и ангидриты кунгурского яруса, залегающие неглубоко от поверхности. На Запад они полого погружаются и уже у деревни В. Лек вскрыты на глубине 130 метров под песчаниками и глинами. Мощность их около 20 метров. Западнее поселка Кордон карстовые воронки образуют сплошную полосу, протягивающуюся на юг более чем на один километр (рис. 43). Воронки преимущественно конусообразной формы с поперечником 40—50 метров и глубиной 10—15 метров. В наиболее

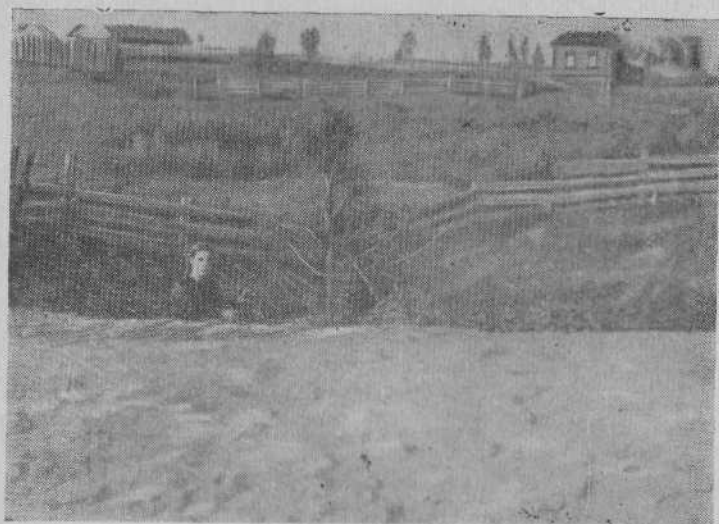


Рис. 43. Карстовая воронка в поселке Кордон.



Рис. 44. Карстовый провал в окрестностях поселка Кордон.

крупных воронках выходят песчаники. Примерно в 1,5 километра южнее поселка находится провал, имеющий в плане овальную форму (рис. 44). Ширина его — 13 метров, длина — 22 метра и глубина примерно — 14 метров. Стенки провала совершенно отвесны, а местами нависают. В них видны слоистые песчаники, залегающие почти горизонтально. В верхней части западной стенки они образуют пологий прогиб, причем в наиболее прогнутой части сочится вода.

По сведениям местного жителя И. П. Бачурина, провал образовался примерно в 1900 или 1901 годах и был значительно глубже. Его постепенно заваливали пнями, древесиной при очистке покосов. В отличие от кишертских провалов в кордонском провале карстующиеся породы перекрыты толщей песчаников. Благодаря этому размеры и форма его на протяжении более чем 50 лет мало изменились.

КАРСТОВАЯ ОБЛАСТЬ ВНЕШНЕЙ ЗОНЫ СКЛАДЧАТОГО УРАЛА

Внешняя зона складчатого Урала складывается додевонскими, девонскими, каменноугольными и нижнепермскими отложениями. Эти породы смяты в складки, которые местами разорваны. Разорванные участки могут быть смещены и надвинуты один на другой. Складки и разрывные нарушения вытянуты в меридиональном направлении (рис. 45).

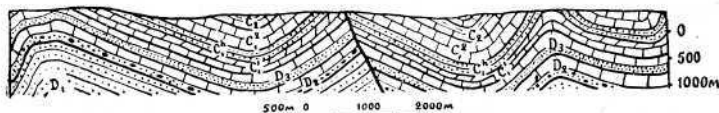


Рис. 45. Геологический разрез через Кизеловский каменноугольный бассейн. Составлен сотрудниками треста «Кизелуглегеология».

D_1 — нижнедевонские отложения: кварцевые песчаники и глинистые сланцы;
 D_2 — среднедевонские отложения: внизу кварцевые песчаники, местами переходящие в конгломераты, выше песчано-глинистые слои и карбонатные породы;
 D_3 — верхнедевонские отложения: светлые кварцевые песчаники с прослоями глин, светлые глинистые известняки, известняки и доломиты, чередующиеся с известково-глинистыми сланцами в нижней части, известково-кремнистые и известково-кремнисто-глинистые сланцы, чередующиеся с известняками, часто глинистыми в верхней части; C_1^1 — турнейские отложения нижнего карбона: серые известняки и мергели, местами окремненные с прослоями темно-серых известково-глинистых сланцев, темные глинистые сланцы и светло-серые песчаники с прослоями известняков;
 C_1^h — угленосная толща визейского яруса нижнего карбона: песчаники, углисто-глинистые сланцы, угли; C_2^1 — карбонатная толща визейского яруса нижнего карбона;
 C_2 — среднекаменноугольные отложения: в нижней части известняки, в средней — известняки, переслаивающиеся глинами, алевролитами и мергелями, в верхней части — известняки и доломиты.

Внешняя складчатая зона — это область западных предгорий или западной увалистой полосы Урала. Рельеф ее зависит от состава пород и условий их залегания и представляет чередование меридионально вытянутых гряд или увалов с понижениями. Абсолютные отметки гряд достигают 700—800 метров. Увалы сложены прочными породами, преимущественно кварцевыми песчаниками, а понижения приурочены к выходам известняков. Высота их уменьшается с востока на запад. На севере области плосковершинные гряды, большей частью покрытые лесами, называются пармами.

Речная сеть образует систему долин решетчатого типа. Главные реки: Березовая, Вишера, Язьва, Косьва, Усьва и другие в пределах описываемой области текут в общем в широтном направлении.

Долины рек узкие и глубокие с крутыми склонами, на которых выделяются террасы. На склонах часто выходят коренные породы в виде скал, камней, столбов.

Притоки главных рек вытянуты в меридиональном направлении, параллельно простиранию пород. Некоторые из них в известняках исчезают и текут под землей.

На участках, сложенных известняками, доломитами, доломитизированными известняками разного возраста, от среднедевонских до нижнепермских включительно, развиты многочисленные карстовые формы. Особенно сильно закарстованы химически чистые визейские известняки нижнего карбона*.

В пределах внешней зоны складчатого Урала выделяются три карстовых района. Границами между ними являются участки воздымания складок, где на поверхность выходят дойфельские и эйфельские** песчаниково-глинисто-конгломератовые отложения.

12. Средневишерский район карста в известняках и доломитах

Этот район менее всего освещен в литературе. Карстовые явления развиты во всех горизонтах, сложенных известняками, только в различной степени. Наиболее широко они проявляются в известняках живетского яру-

* Карбон — сокращенное название каменноугольной системы.

** Эйфельский ярус относится к нижней части среднего карбона, а живетский — к верхней.

са среднего девона и особенно в известняках и доломитах визейского яруса и среднего карбона. В районе можно встретить воронки, исчезающие реки, суходолы, пещеры. Карстовые явления протекают интенсивнее вблизи крупных рек — Вишеры и ее притоков, где покровные образования частично смыты с поверхности карстующихся пород.

В бассейне реки Вишеры особенно энергично развивается карст в известняках и доломитах визейского яруса и верхнего карбона. Здесь наиболее распространены воронки. Встречаются также исчезающие речки, такие как Большая Вая, которая теряется выше устья и, пройдя подземным путем под руслом реки Вишеры, выходит на поверхность около подножья скал противоположного левого берега.

В известняках, по берегам Вишеры, встречаются пещеры. В Моховом камне, на левом берегу Вишеры, немного выше поселка Акчим находится пещера, на стенах которой сделаны фигурные надписи. Против устья речки Акчим, у подножья камня есть небольшая пещера, температура которой летом очень низкая. На левом берегу Вишеры, в Дыроватом камне против деревни Бушмени в известняке имеется много полостей и небольших пещер.

На междуречье Колвы и Березовой в каменноугольных и нижнепермских известняках и доломитах наблюдаются многочисленные воронки, в которые иногда впадают сухие русла, сток по которым происходит только весной.

13. Кизеловско-Яйвинский район карста в известняках и доломитах

Этот район протягивается от среднего течения реки Язьвы на севере до реки Вильвы на юге. Наиболее изучен Кизеловский участок, где 75% всей площади сложено карстующимися карбонатными породами. Здесь наиболее закарстованы визейские известняки и доломиты.

Многочисленные карстовые воронки, котловины, суходолы, исчезающие речки и пещеры свидетельствуют об активности карста описываемого района. Наиболее распространенной формой карста являются воронки. В Кизеловском каменноугольном бассейне описано и замерено их около 1500. Средняя плотность — 20—30 во-

ронок на квадратный километр. Воронки располагаются обычно по простираанию пород, вдоль линий тектонических нарушений, на контактах угленосной толщи с известняками. В долинах наибольшие размеры имеют конусообразные воронки. Поперечник их достигает 50 метров, а глубина — 18 метров. В крутых склонах часто выходят известняки.

Более грандиозными являются котловины, обычно вытянутые по простираанию пород на 80—100 и даже 300 метров, при глубине 18—30 метров. Крутые, нередко обрывистые склоны прорезаны ложбинами и руслами временных или постоянных водотоков. Руслу выполнены глыбами известняка и песчаника. На дне некоторых котловин имеется несколько действующих понор. Котловины образуются исключительно в визейских известняках и доломитах, в крупных суходолах, таких как Ладейный лог, Свиной лог и Сухой лог.

Многие небольшие речки Кизеловского района текут в понорах и трещинах и текут часть пути под землей, появляясь затем снова на поверхности. Исчезающими являются Сухой Кизел, Губашка, Опаленная, Черная, Сухая Левиха, Бруснянка, Моховатка, Синюха, Столбовка и другие. Ниже места исчезновения водотока тянется сухое русло, выполненное крупнообломочным материалом. По дну долин некоторых исчезнувших речек в настоящее время стекают шахтные воды.

Долина реки Бруснянки, левого притока реки Усьвы, имеет протяженность около 14 километров. В верховьях склоны ее низкие и пологие, а дно местами заболочено. Ниже по течению склоны становятся выше и круче. Русло извивается по дну долины, подмывая то левый, то правый склон. Кое-где, в крутых склонах, выходят коренные породы. В двух километрах выше устья водоток исчезает, просачиваясь в русловые поноры. Ниже места исчезновения до самого устья сухое русло покрыто крупными обломками коренных пород. Сток по нему происходит весной, когда поноры в русле не успевают поглощать всю воду.

Четыре речки Самовольные, стекая с западного склона Белого Споя, уходят в воронки и текут под землей семь километров, выходя на поверхность в устье реки Коспаша. К исчезающим относятся речка Молмыс,

левый приток Язьвы, река Ульвич, правый приток Яйвы, Каменная Вогулка и другие.

Типичны для района и суходолы, днища которых покрыты крупными воронками, а местами — и котловинами. Таковы Ладейный лог, Свиной лог, Сухой лог, Нырок и другие. Долина Свиного лога выработана в визейских известняках и впадает с юга в реку Усьву в поселке Усьва (рис. 46). Протяженность ее 5 километров. В вер-



Рис. 46. Исчезающая речка Моховатка и Свиной Лог.

ховые склоны долины очень низкие и пологие, дно широкое, плоское, кое-где заболочено. По дну медленно течет, извиваясь, небольшая речка с шириною русла менее одного метра. Ниже по течению на дне долины появляются карстовые воронки. В одной из них речка исчезает. На протяжении примерно двух километров тянется цепь воронок и котловин. В некоторых воронках с шумом исчезают водотоки, стекающие с правого склона долины, сложенного песчаниками. В устье долины узкая с крутыми склонами. Здесь она имеет облик обычного эрозионного лога.

В Кизеловско-Яйвинском районе много пещер. В Сюзеевском камне, на берегу реки Чикман, левого притока Яйвы, находится Чикманская пещера. На реке Яйве имеется несколько пещер — Крестовая в Крестовом камне, пещеры Долгого

камня, Тихого камня, Соколиная, Родничная, Шатровская. По берегам реки Чаньвы, левого притока Яйвы, описаны Махневская ледяная пещера, Березовская, Копижная, три Чаньвенские пещеры, Костанские пещеры, Большая и Малая Всеволодовские пещеры. В Кизелов-

ском каменноугольном бассейне наибольшей известностью пользуется Кизеловская пещера, общая протяженность гротов и проходов которой составляет приблизительно 800 метров (рис. 47). Из других отметим



Рис. 47. План среднего этажа Кизеловской пещеры. Составлен Л. С. Кузнецовой, Ю. К. Митюниным, В. М. Армишевым. Пунктиром показаны нижний и верхний этажи. Сбоку профили гротов.

Поныльскую, Губашинскую, Мариинскую (рис. 48), Ладейную и Безгодовскую пещеры.

Карстовые полости в известняках распространены значительно ниже (до 150 и более метров) русел наибо-

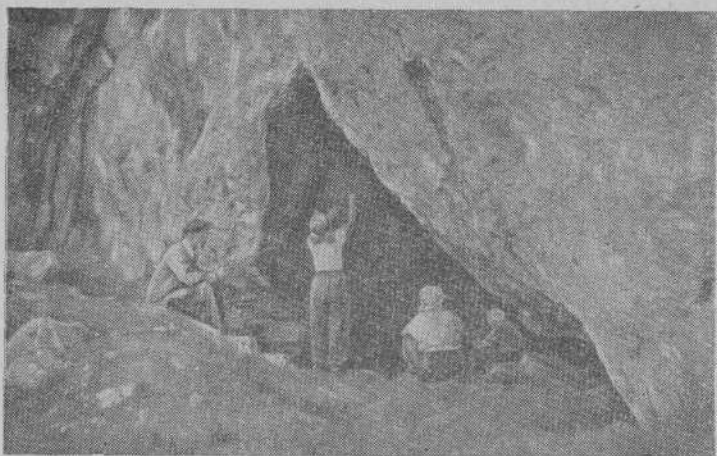


Рис. 48. Вход в пещеру в Марининском логе (фото Е. А. Кротовой).

лее крупных рек — Косьвы, Усьвы, Кизела. Карстовые полости на глубине по большей части заполнены глиной, щебнем и обломками известняка, известняковым песком, а также водой.

14. Пашийско-Чусовской район интенсивного карста в известняках и доломитах

В Пашийско-Чусовском районе наиболее закарстованы доломиты верхнего девона, доломиты и наиболее чистые разности известняков визейского яруса, чистые известняки верхов среднего карбона, в меньшей степени известняки верхнего карбона и нижней перми.

Район характеризуется интенсивным развитием карста. Для него типичны исчезающие речки и суходолы. Исчезновение рек, а затем внезапное появление их на поверхности, обращало на себя внимание местных жителей, давших им соответствующие названия — Сухой Поныш, Сухой лог, Сухая Бедька, Сухая, Суходолка. Часто встречаются воронки, располагающиеся обычно по простиранию пород, и пещеры.

Восточнее города Чусового находится интересный карстовый участок по Большой Глухой речке, начинающийся около станции Архиповка. В верховье долины,

расположенной на водоупорных породах, течет речка. В сухие периоды, например летом 1929 года, водоток исчезает в воронке примерно в 1,5—2 километрах выше Пашийского тракта. Сухое русло ниже места исчезновения усеяно обломками известняка. Около тракта, в долине, развита вторая терраса, покрытая воронками. В наиболее крупных воронках в 1—1,5 километра ниже тракта видны пещеры, забитые плавником, принесенным весенними водами. Площадь некоторых воронок достигает несколько гектаров, а глубина 20—30 метров. Склоны их крутые и обрывистые. Дно долины постепенно поднимается к реке Чусовой. В том же направлении уменьшаются размеры воронок. Подземный водоток, протяженностью около 8 километров, выходит в долине реки Чусовой в крупной карстовой воронке недалеко от реки.

Западнее Большой Глухой расположена долина речки Семеновки. Поверхностное течение в долине имеется только в верховьях, где развиты песчаниково-глинистые породы. В известняках верхнего девона речка исчезает с поверхности. Ниже места исчезновения водоток появляется только во время весенних паводков. Нижняя часть долины речки Семеновки изобилует воронками. Из небольшого лога, впадающего в нее около устья, вытекает маленький ручей, который впадает в реку Чусовую. Вода же исчезнувшей речки Семеновки выходит в воронке, давая начало речке Малой Глухой, впадающей в реку Чусовую. Н. К. Тихомиров определил скорость подземного течения Семеновки. Она равна примерно одному километру в сутки. На склоне выше воронки, из которой вытекает Малая Глухая, располагается сухая воронка, в последнюю открывается пещера, следующая по простиранию девонских известняков.

Речка Поныш исчезает в визейских известняках, переходя в подземное течение. Подземный водоток ее сливает свои воды в реку Чусовую и получил название Глухого Поныша. Он выходит в воронке, расположенной на дне реки Чусовой вблизи ее левого берега. Воронка выработана в карбонатных породах верхнего горизонта визейского яруса. Вода из нее фонтанирует и вспучивает поверхность реки. Глубина воронки Глухого Поныша значительная.

Г. Я. Житомиров в 1940 году описал воронки, суходолы и пещеры в известняках различного возраста

в районе поселка Кусье-Александровского. В известняках верхнего девона исчезают речки Малая Свадебная в нижней части, Бедька в средней части, Кумыш выше поселка Вынырок. В известняках нижнего карбона местами переходят в подземное течение речка Отмятыш, ручей Коровий и другие. В районе поселка Кын наблюдаются многочисленные суходолы: Ольховка, Сухой лог и другие. В Сухом логу развиты огромные воронки с поперечником до 100 метров. Восходящие карстовые источники из визейских известняков часто вырабатывают воронки, например, источник на берегу реки Кын ниже селения Киржакова.

В литературе неоднократно было описано исчезновение реки Вижая.

В районе встречаются пещеры: Пашийская на берегу Вижая, Койвинская, пещеры в камне Дыроватом, Ивановская, Гребешок и другие. Интересна пещера в камне Печка, на реке Чусовой, против кордона Торино. Она имеет форму трубы, уходящей по простиранию доломитов в глубь горы. По дну ее течет ручей.

Карст окрестностей поселка Вильвы описал О. А. Щербаков в 1953 году. Карстовые формы приурочены здесь к девонским известнякам и представлены карстовыми воронками, исчезающими реками и суходолами.

КАРСТОВАЯ ОБЛАСТЬ ВИШЕРСКО-ЧУСОВСКОГО КРАЕВОГО ПОДНЯТИЯ СО СЛАБЫМ ПРОЯВЛЕНИЕМ КАРСТА

Область Вишерско-Чусовского краевого поднятия относится к горной полосе Урала. Она складывается древними нижнепалеозойскими и протерозойскими породами, имеющими нарушенное залегание. Хребты, вытянутые в меридиональном направлении, параллельно простиранию пород, чередуются с широкими долинами, часто заболоченными.

Хребты слагаются устойчивыми породами: кварцитами, метаморфизированными конгломератами, изверженными породами. Участки, где на поверхность выходят менее устойчивые породы, — известняки, сланцы, — понижены.

Наиболее крупными возвышенностями на севере являются хребет Тулымский камень и гора Ишерим с наибольшими абсолютными отметками 1377 и 1087 метров.

Южнее Вишеры протягивается хребет Кваркуш, с которого берут начало реки Язьва, Молмыс, Яйва. Западнее меридионального отрезка Косьвы возвышается гора Ослынка с абсолютной отметкой 1123 метра. Южнее отчетливо выделяется хребет Басеги. На юг от этого хребта наблюдается общее понижение рельефа.

В области Вишерско-Чусовского краевого поднятия закарстованы карбонатные отложения ордовика и силура, представленные известняками, доломитами, мраморизованными известняками.

В этой области выделяется два карстовых района.

15. Верхневишерский район карста карбонатных отложений

Этот район расположен по верхнему течению реки Вишеры. Здесь закарстованы карбонатные породы ордовика и силура. Наиболее закарстованы доломиты вблизи контакта их с кристаллическими сланцами, а также известняки по берегам Вишеры. Чаще всего встречаются карстовые воронки с поперечником 20—25 метров при глубине 5—6 метров, реже — слепые долины с исчезающими ручьями и пещеры.

Велсинская пещера расположена на реке Мойве, притоке Вишеры. В ней известны три больших грота и озеро. Ниже устья Велса, по правому берегу Вишеры, у устья речки Дыроватиhi в доломитах Дыроватого камня много расселин, полостей и каналов. Карстовые формы отмечены в окрестностях поселка Усть-Улса, в верховьях Вишеры выше поселка Усть-Долгановка.

16. Тыпыло-Кыринский район карста карбонатных отложений

Район расположен по рекам Тыпылу и Кырье, притокам реки Косьвы, и вытянут в меридиональном направлении.

Здесь закарстованы карбонатные породы тыпыльской свиты, относимой к верхнему ордовика. Они представлены известняками с богатой фауной беспозвоночных, в нижней части местами замещенных доломитами. Карстовые явления проявляются в них слабо, что объясняется слабой растворимостью пород и наличием на их поверхности рыхлого обломочного материала.

Карстовые формы представлены воронками. В районе намечается четыре участка развития карста: 1) левобережье реки Пожвы, левого притока реки Тыпыла в приустьевой части; 2) правобережье реки Тылай, правого притока реки Косьвы, в приустьевой части; 3) правобережье реки Кырьи, левого притока Косьвы, в 1,6 километра от устья; 4) левобережье реки Кырьи, выше поселка Растес, в 11,6 километра от устья. Здесь встречаются воронки с поперечником 15—20 метров и глубиной до 10 метров, но плотность их невелика.

ДРЕВНИЙ КАРСТ

Наряду с современным карстом в толщах карстующихся пород в Пермской области сохранились проявления древнего карста. Территория области имеет сложную геологическую историю. Были периоды, когда отдельные участки ее представляли собою морские бассейны, на дне которых отлагались карбонатные осадки. В прибрежных мелководных частях морей, в мелких заливах и лагунах в условиях жаркого климата шло образование сульфатных и галогенных (соляных) осадков. Вследствие поднятий земной коры моря отступали, а поверхность морских осадков превращалась в сушу.

Карбонатные, галогенные и сульфатные отложения подвергались закарстовыванию. На поверхности их образовывались карры, воронки, поноры, колодцы, котловины, а в толще пород — полости, каверны и даже пещеры. Все эти формы впоследствии заполнялись и перекрывались более молодыми отложениями. Вследствие выщелачивания гипсов, ангидритов и каменной соли, сопровождавшегося обрушением залегавших над ними некарстующихся или менее карстующихся пород, формировались карстовые брекчии.

Следы древнего карста обнаружены в отложениях девонского, каменноугольного, пермского периодов, мезозойской эры, а также в отложениях третичного и четвертичного периодов.

В девонском периоде в конце живетского века поднятие дна моря и превращение его в сушу в ряде районов сопровождалось закарстовыванием карбонатных отложений живетского яруса. По данным П. А. Софроницкого, в Кизеловском каменноугольном бассейне в живет-

ских известняках наблюдаются впадины, заполненные обломками известняка и песчаниками.

В каменноугольном периоде на многих участках проявлялся интенсивный карст. По данным Н. П. Герасимова, в Левшино на глубине 1194 метра скважинами вскрыты известняки и доломиты визейского яруса с кавернами и пещерами мощностью 100—200 метров. Закарстовывание происходило на границе нижнего и среднего карбона и установлено для других районов западного склона Урала. В эту эпоху осадки визейского моря были подняты выше уровня моря и превращены в сушу.

В Верхне-Чусовских Городках и в Краснокамске на большой глубине залегают сильно закарстованные доломиты верхнего карбона. Полости и пещеры в них заполнены ангидритом. Эта толща перекрыта пермскими отложениями.

В мезозойской эре было несколько периодов интенсивного проявления карста. Наиболее молодыми по возрасту являются карстовые формы, образовавшиеся в третичном и четвертичном периодах. Следы мезозойского и третичного карста сохранились в виде котловин, воронок, карстовых депрессий, заполненных мезозойскими и третичными отложениями, представленными глинами, кварцевыми песками, железными рудами и карстовыми breccиями.

В районах, где реки углубляют свои русла и вскрывают более древние карстующиеся породы, происходит омоложение древнего карста.

Глава седьмая

ПРАКТИЧЕСКОЕ ЗНАЧЕНИЕ КАРСТОВЫХ ЯВЛЕНИЙ В ПЕРМСКОЙ ОБЛАСТИ

Вследствие широкого развития карста в Пермской области, с ним приходится сталкиваться при решении ряда практических вопросов. В некоторых случаях незнание закономерностей развития карста приводит к недоучету вредного влияния его на проектируемые сооружения. Из многообразной роли карста в практической деятельности человека мы осветим только следующие основные вопросы: 1) полезные ископаемые карстовых форм; 2) значение карста при разработке месторожде-

ний полезных ископаемых, залегающих под закарстованными породами; 3) значение карста в гидротехническом строительстве и при проектировании мостовых переходов; 4) особенности водоснабжения в карстовых областях; 5) роль карста в дорожном, промышленном и гражданском строительстве и инженерно-геологические условия карстовых областей.

ПОЛЕЗНЫЕ ИСКОПАЕМЫЕ КАРСТОВЫХ ФОРМ

В карстовых формах могут залегать различные полезные ископаемые. В Пермской области к ним приурочены огнеупорные глины, железная руда, кварцевые пески, лигнит и россыпные месторождения.

Наибольшее значение имеют многочисленные промышленные залежи огнеупорных глин и кварцевых песков. Еще И. С. Георги, один из первых путешественников по Уралу, в 1773 году упоминает о добыче глины в окрестностях Суксунского завода, а Н. С. Попов в 1804 году пишет о Пеньковских, Сухоложских и других разработках глин. Огнеупорные глины по реке Ирине изучал Н. Г. Бессонов в 1891—1892 годах.

Месторождения огнеупорных глин обследовали Е. Д. Сошкина и В. А. Варсанюфьева. В. А. Варсанюфьева в 1927 году опубликовала работу «Месторождения каолиновых глин в Кунгурском, Красноуфимском и Соликамском уездах Пермской губернии». Позже месторождения глин изучали В. А. Апродов и В. П. Петров.

Значительная группа месторождений огнеупорных глин и кварцевых песков находится в пределах карстовой области восточной окраины Русской платформы, в основном на Уфимском плато и граничащих с ним площадях. С ними генетически связаны многочисленные месторождения, разбросанные по западной окраине Предуральяского прогиба на границе с Уфимским плато. На Уфимском плато глины и пески встречаются преимущественно в древних карстовых понижениях, выработанных в известняках и доломитах кунгурского и артинского ярусов. Западнее, где развиты менее прочные, сульфатные отложения иренской свиты, древний карст представлен мощной карстовой брекчией. Восточнее Уфимского плато глины накапливались в карстовых воронках и котловинах, образовавшихся за счет выщелачивания

прослоев и линз гипса, залегающих в песчано-глинистых отложениях кунгура. В. П. Петров в работе «Геолого-минералогические исследования уральских белых глин и некоторые выводы по минералогии и генезису глин вообще», опубликованной в 1948 году, указывает, что только к району села Усть-Кишерть тяготеет 30 месторождений. В. А. Апродов в статье «Месторождения огнеупорных глин в Молотовской области», напечатанной в 1956 году, выделил Кишертско-Кунгурскую и Суксунско-Красноуфимскую группы месторождений огнеупорных глин.

Наряду с мелкими месторождениями, где глина залегает в небольших карстовых воронках, имеются и крупные глиняные линзы типа Капустинского, Сединского, Сасыковского, Поповлянского и Струговского месторождений. По данным В. П. Петрова, запасы их могут

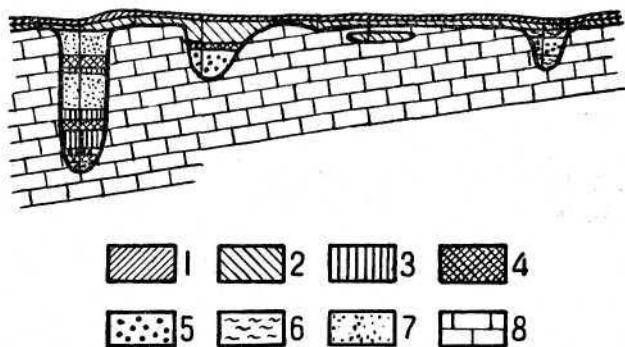


Рис. 49. Разрез месторождения глин у деревни Калиновой (составил А. С. Федосеев).

1 — растительный слой; 2 — глины бурые, четвертичные; 3 — глины третичные, цветные; 4 — глины светло-серые и белые; 5 — глины с кусками алунитовой породы; 6 — глины с конкрециями лимонита; 7 — песок; 8 — известняк.

измеряться в ряде случаев миллионами тонн. Примером мелких месторождений являются Кленовское и у деревни Калиновой, расположенной в 5—7 километрах южнее Суксуна. В последнем месторождении белые глины залегают в карстовых воронках совместно с цветными глинами и песками. Оно было разведано в 1930 году, что позволило А. С. Федосееву показать условия залегания глин (рис. 49).

Интересно Пеньковское месторождение. Огнеупорные глины и лигниты, состоящие из обугленной древесины, а также подстилающие их мелкозернистые пески, приурочены к рыхлым отложениям, выполняющим крупные карстовые впадины в гипсах. Разработка глин имеет вид крупного разреза длиной метров 200 при ширине 70—100 метров. Данные об их составе приведены в работе В. П. Петрова. Возраст глин Е. Заклинская определила как третичный. В ряде мест третичные глины подстилается мезозойскими песками и глинами.

Вторая значительная группа месторождений находится в пределах карстовой области внешней зоны складчатого Урала. Огнеупорные глины, кварцевые пески, а также железные руды приурочены к мезозойским и кайнозойским отложениям, заполняющим карстовые и карсто-во-эрозионные впадины в карбонатных, собранных в складки и местами сильно нарушенных породах палеозоя. Приведем описание некоторых месторождений.

Кыновское месторождение представляет собою крупные карстовые впадины, выполненные железистыми глинами и кварцевыми песками с мощностью до 10 метров. Среди них отмечаются гнезда белой огнеупорной глины.

Журавлинское месторождение, по данным В. А. Обручева, приурочено к сводовой части пологой складки, сложенной известняками турнейского яруса, покрытыми на ее крыльях черной углистой глиной с пиритом и песчаниками угленосной толщи. На возвышенном участке песчаники смыты, а известняки сильно закарстованы. В результате разрушения пиритоносной глины образовался бурый железняк. Серная кислота, получившаяся при окислении пирита, действуя на глинистые продукты выветривания известняка, обусловила образование алунита или квасцового камня. Месторождение представляет неправильные карманы, мешки, колодцы в известняках, заполненные каолином, бокситом и алунитом. Ввиду неправильности залегания и ограниченности запасов, оно имеет сравнительно небольшое промышленное значение.

Всесвятское месторождение огнеупорных глин расположено на водоразделе рек Вижая и Койвы. Оно разрабатывалось с середины прошлого столетия. Добыча достигала 500 тонн глины ежегодно. Огнеупорные глины приурочены к полосе выходов пород среднего девона.

На территории Кизеловского каменноугольного бассейна обнаружены мезозойские и третичные огнеупорные глины, залегающие во впадинах на водоразделах. Группа месторождений расположена северо-западнее Александровска. Ряд месторождений приурочен к контакту визейских известняков и песчаниково-глинистых пород угленосной толщи, например, Няровско-Кизеловское.

На восточной окраине Соликамской депрессии известна только одна значительная группа месторождений огнеупорных глин — Усть-Игумская. В 1914 году их осмотрела В. А. Варсанюфьева, которая на основании находки двух образцов древесины определила возраст глин как третичный. Ряд исследователей указывает на наличие в этом районе не только третичных, но и континентальных мезозойских отложений. Глины залегают в карстовых воронках и корытообразных впадинах, длиной до 1000—1200 метров при ширине 200—250 метров, в отложениях кунгурского яруса.

Огнеупорные глины и кварцевые пески в прошлом столетии пользовались широкой известностью на Урале и в других районах России. Они были сырьем металлургической промышленности, а лучшие сорта глин использовались для изготовления фарфоровых и керамических изделий.

С карстовыми впадинами связаны также железные руды. Многочисленные мелкие месторождения бурого железняка имеются на Уфимском плато и участках, прилегающих к нему с востока и запада. Таковы месторождения в верховьях рек Суксунки и Кишертки, западнее деревни Мостовой, около деревень Дикое озеро, Капустиной и другие. Некоторые из них разрабатывались в прошлом столетии. К карстовому типу А. Н. Иванов отнес месторождения бурых железняков, развитые по контакту песчаников угленосной толщи с известняками визейского и турнейского ярусов. Месторождения этого типа разрабатывались на реке Чаньве, в верховьях реки Коспаша и в ряде других мест. В настоящее время они не представляют интереса, так как не имеют промышленного значения.

В карстовых воронках может наблюдаться повышенная концентрация алмазов в россыпных месторождениях.

Карстующиеся породы — известняки, гипсы, ангидриты — сами являются полезными ископаемыми, причем сильная закарстованность снижает их качество.

ЗНАЧЕНИЕ КАРСТА ПРИ РАЗРАБОТКЕ МЕСТОРОЖДЕНИЙ ПОЛЕЗНЫХ ИСКОПАЕМЫХ

Наличие карстовых пустот в карстующихся породах может быть причиной аварий и поломок бурового инструмента при бурении.

Карст вызывает большие затруднения при эксплуатации месторождений полезных ископаемых, залегающих под закарстованными породами. Шахты и другие горные выработки вскрывают карстовые полости, через которые поступают карстовые воды. Обильный приток карстовых вод в горные выработки требует применения мощных водоотливных средств, а в некоторых случаях может вызвать их затопление.

Примером могут служить некоторые шахты Кизеловского каменноугольного бассейна, 75 % территории которого сложено карстующимися известняками и доломитами. По данным С. В. Ильина и М. С. Кельманского, шахта № 1-Капитальная, заложенная в 1926 году, вскрыла карстовые каверны, полости и пещеры с водой. Приток воды в шахту достигал 300 кубометров в час. Для заполнения пройденных полостей до глубины 100 метров было израсходовано около 40 тысяч бочек глины и 56 тысяч бочек цемента. Проходка ствола шахты глубиной в 300 метров производилась в течение 3 лет и стоила более 10 миллионов рублей.

Кизеловские шахты являются одними из самых водообильных в СССР. Как указывает И. А. Печеркин, в шахты Кизеловского бассейна поступает в течение одного часа в среднем 10 500 кубических метров воды. Наибольший приток трещинно-карстовых вод в шахту № 6-Капитальная в 1958 году составлял 2742 кубических метра в час. Примерно третья часть шахт имеет приток воды более 200 кубических метров в час. Максимальный приток карстовых вод в шахты наблюдается весной и осенью, когда поноры, воронки и трещины поглощают большие количества талых снеговых и атмосферных осадков.

Вопросы, связанные с разработкой Кизеловского

месторождения каменного угля в условиях закарстованных известняков, режим карстовых вод и другие вопросы, связанные с карстом, были предметом ряда докладов на карстовой конференции в городе Кизеле в декабре 1932 года, на Пермской карстовой конференции в январе 1947 года и на совещании по изучению карста, проходившем 30 января — 3 февраля 1956 года в Москве.

ЗНАЧЕНИЕ КАРСТА В ГИДРОТЕХНИЧЕСКОМ СТРОИТЕЛЬСТВЕ И ПРИ ПРОЕКТИРОВАНИИ МОСТОВЫХ ПЕРЕХОДОВ

Наличие карстовых полостей и трещин в породах, слагающих берега и ложе реки, осложняет сооружение плотин, водохранилищ, мостовых переходов на реках. Недоучет карста при их проектировании может быть причиной утечек воды из водохранилищ, неудач при строительстве плотин и мостов.

Приведем примеры по Пермской области. В послевоенную пятилетку была спроектирована плотина для гидростанции на реке Ирени, в районе села Невolino, с подпором порядка 9 метров. Место для нее было выбрано там, где раньше находилась водяная мельница с подпором в 2 метра. Разведочные работы при составлении проекта были проведены, в основном, до разрушенных коренных пород. При строительстве плотины в котловане не удалось понизить уровень воды ни на один сантиметр, так как вода поступала из карстовых пустот. Строительство было заброшено.

Значительная закарстованность в районе реки Валшкур явилась препятствием для строительства здесь гидростанции. Имелся ряд неудач при сооружении колхозных водоемов на речках и в логах в Кунгурско-Иренском карстовом районе. После сооружения плотин водохранилища не были наполнены водой, так как она уходила в карстовые каналы и воронки.

Исследования по среднему течению реки Чусовой, проводившиеся в связи с гидротехническим строительством, выявили крупные полости в сильно закарстованных породах на глубинах более 140 метров ниже дна долины.

Карст должен изучаться при проектировании мостовых переходов в карстовых областях. Приведем приме-

ры из практики строительства мостов на закарстованных породах через реки Сылву и Чусовую.

В 1897 году через реку Сылву был построен мост. Сылва в районе моста имеет пойму. Под отложениями поймы на глубине 22—25 метров и под русловыми отложениями на глубине 11—12 метров от поверхности залегают гипсы и ангидриты иренской свиты кунгурского яруса. В толще гипса содержатся небольшие линзы и прослои серого мергеля, местами разрушенные до дресвы. Гипс трещиноватый, местами кавернозный. Под гипсами на глубине 43—53 метров от поверхности залегает плотный голубовато-серый ангидрит. Вскоре после постройки моста была обнаружена неравномерная просадка быка в низовую сторону с образованием трещин между основным телом быка и ледорезом и в носовой части ледореза. Наблюдения с 1931 по 1947 годы показали увеличение наклона быка в низовую сторону с 38 до 55 минут, причем ширина трещины увеличилась с 65 до 97 миллиметров. Наклон быка сказался на положении в плане пролетных строений, которые сместились от нормального положения в низовую сторону на угол в 12 минут.

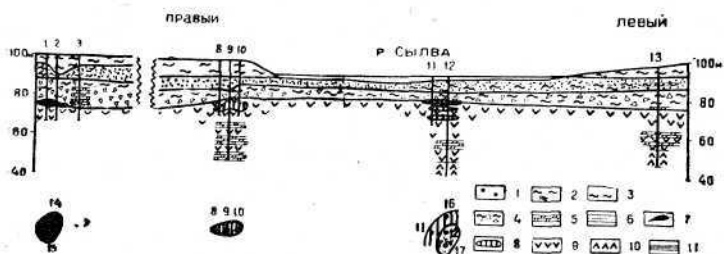


Рис. 50. Геологический разрез русла и правого берега реки Сылвы.

1 — скважины в плане; 2 — глины и суглинки; 3 — песок и галечник с прослоями глинистого материала; 4 — разрушенные коренные породы; 5 — мергель; 6 — песчаник; 7 — карстовая полость, незаполненная или заполненная водой; 8 — карстовая полость, заполненная обломочным материалом; 9 — гипс; 10 — ангидрит.

Для установления причин, вызывающих наклон быка, была пробурена скважина. На глубине 24,7 метра под разрушенными коренными породами в верхней части гипса была вскрыта полость с вертикальным поперечником 0,8 метра. При бурении буровой снаряд внезапно провалился, и из скважины стала изливаться напорная вода с илом. Эти данные показывают, что карстовые пустоты даже с вертикальным поперечником 0,8 метра,

находящиеся на глубине около 25 метров, могут вызвать просадки и наклон устоев моста с образованием трещин. На другом участке при сооружении моста через реку Сылву было пробурено 27 скважин, из которых 18 дошли только до гипса.

Геологический разрез в общих чертах выглядит следующим образом (рис. 50):

1. Суглинки со средней мощностью 4—8 метров. Над карстовыми понижениями в гипсах мощность их увеличивается до 13 метров.

2. Пески, переходящие ниже в гравий и гальку с песком, мощностью 4—9 метров. Под рекой вследствие размыва мощность их уменьшается до 4 и даже 1 метра. Пески водоносны.

3. Продукты разрушения коренных пород, представленные на левом берегу глинами с обломками и щебнем коренных пород. Под руслом и на правом берегу под глинами появляется дресва разрушенного мергеля и реже песчаника.

4. Гипс в верхней части трещиноватый с прослоями и линзами мергеля. Поверхность его неровная. Скважинами №№ 12 и 13 гипс вскрыт на 20—30 метров.

5. Ангидрит плотный. Скважинами №№ 12 и 13 он вскрыт до 8 метров.

Как на поверхности, так и в толще гипса обнаружены карстовые полости разных размеров. Над некоторыми полостями рыхлые отложения просели в виде воронки, не выраженной на поверхности. Скважинами №№ 11, 12, 16, 17, пробуренными в русле реки, вскрыты полости как заполненные обломочным материалом и водой, так и незаполненные. В скважине № 12 полость встречена в гипсе на глубине 13,35—14,05 метра. Буровой снаряд внезапно провалился на 0,7 метра и из скважины стала изливаться вода красноватого цвета, уровень которой поднялся выше уреза воды в реке на 1,2 метра. В скважине № 11 на глубине 13,95—14,65 метра и в скважине № 17 на глубине 13,4—14,0 метра вскрыты полости, заполненные дресвой. В скважине № 17 на глубине 15,9—16,5 метра и 20,5—21,5 метра установлены полости с вертикальными поперечниками 0,6 и 1 метр, заполненные глинистой дресвой. На правом берегу скважинами №№ 8, 9, 10 в верхней части гипса выявлена полость на глубине 19,30—25,40 метра с вертикальным поперечни-

ком — 6,1 метра. Она заполнена водонасыщенным песком, супесью с гравием и галькой, причем в скважине № 8 мощность их составляет всего 0,2 метра.

Значительная полость с вертикальными поперечниками 1,4—1,9 метра, частично заполненная глиной, установлена скважинами №№ 1, 2, 14, 15 на правом берегу на глубине 23,2—25,8 метра. При бурении она поглощала воду. Суглинки и слой галечника с песком над пустотой просели. Правобережье реки закарстовано сильнее.

В песчано-гравийно-галечниковых отложениях реки Сылвы имеется водоносный горизонт, глубина залегания которого зависит от уровня воды в реке. Глубже его в гипсах и ангидритах двумя скважинами вскрыты карстовые воды, движущиеся по трещинам и каналам и не образующие единого водоносного горизонта. Вероятно, они имеют связь с речными водами, что подтверждается наличием в карстовых полостях речных галек. Карстовые воды питаются также атмосферными осадками и талыми снеговыми водами, поступающими через карстовые воронки на правом берегу Сылвы. Весной и осенью они обладают более высокой растворяющей способностью по отношению к гипсам и ангидритам, так как разбавляются пресными атмосферными и талыми снеговыми водами.

Мост находится в зоне затопления Камской ГЭС. Подъем уровня воды в реке приведет к более медленному развитию карста под руслом реки. Вследствие притока карстовых вод с водораздела рек Сылвы и Чусовой, а также из более высоких участков русла, подрусловый карст полностью не прекратится. Он будет проявляться в форме постоянного и медленного растворения гипсов.

Нагрузка моста может вызвать просадку и неравномерный наклон опор моста над карстовыми полостями. В таких случаях применяются инженерные меры, направленные на заполнение карстовых пустот в основании опор моста водонепроницаемым материалом.

Третьим показательным примером является мост через реку Чусовую. Геологический профиль по мостовому переходу приведен на рисунке 34. Под устоями проектируемого моста было пробурено несколько скважин, причем некоторые из них вскрыли погребенные карстовые воронки и полости. Наибольшая закарстованность наблю-

далась в районе правого берега. Здесь, в гипсах на глубине 20—27 метров от поверхности, установлены пустоты с максимальным вертикальным поперечником 6—7 метров. Для предотвращения просадок и провалов опор моста в карстовые полости производились инженерные меры укрепления и заполнения полостей. В них под давлением 10 атмосфер был закачан раствор тампонажной смеси, состоящий из суглинков и цемента в пропорции 1:1. По данным инженера А. Г. Зиновьева, под одну опору предполагалось закачать 3000 кубических метров, а под другую — 6000 кубических метров смеси. Проект был составлен с значительным запасом и расчетом на вынос части смеси карстовой водой. Фактическое поглощение составило около одной трети проектной.

Рассмотренные примеры указывают на то, что в карстовых районах при проектировании мостов необходимо обращать особое внимание на подземный карст и его развитие.

ОСОБЕННОСТИ ВОДОСНАБЖЕНИЯ В КАРСТОВЫХ ОБЛАСТЯХ

Карстовые области и районы характеризуются своеобразными условиями водоснабжения. Атмосферные осадки, талые снеговые воды и частично речные воды поглощаются трещинами, понорами, воронками и отводятся вглубь карстующихся пород. Карстовые районы бедны поверхностными водами. В карстующихся породах (известняках, доломитах, гипсах и ангидритах) вода движется по трещинам, карстовым каналам, кавернам, полостям. Такие воды называются трещинно-карстовыми. Условия движения и химический состав их зависят от многих факторов. Основными являются мощность и состав карстующихся пород, условия их залегания, степень нарушенности и трещиноватости, расчлененность толщи пород реками, степень закарстованности.

Карстующиеся породы относительно легко растворяются в воде, поэтому они определяют химический состав движущейся в них воды. Часть породы переходит в раствор. Сумма растворенных в воде солей называется минерализацией воды. Если она более одного грамма в одном литре воды, то вода считается минерализованной.

Известняки (CaCO_3) и доломиты ($\text{CaCO}_3 \cdot \text{MgCO}_3$), менее растворимы в воде по сравнению с сульфатными породами. Они переходят в раствор в виде кальциевого, магниевого и гидрокарбонатного ионов. Карстовые воды в известняках обычно имеют минерализацию менее 1 грамма солей в 1 литре и относятся к гидрокарбонатно-кальциевым. Они содержат более 25% гидрокарбонатного иона.

Гипсы и ангидриты очень хорошо растворяются в воде. Часть гипса ($\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$) переходит в раствор в виде кальциевого и сульфатного ионов. Воды, содержащие более 25% сульфатного иона, относятся к сульфатным. В 1 литре сульфатной воды содержится в растворенном состоянии от 500 миллиграммов до 1 и более граммов различных солей.

Наиболее растворимой породой является каменная соль. Воды, омывающие соляные залежи, обогащаются ионами натрия и хлора. Минерализация их может достигать 300 граммов на один литр.

Наименее благоприятные условия водоснабжения наблюдаются в районах развития карста в гипсах и ангидритах, где карстовые воды жесткие и сильно минерализованы. В некоторых районах развития карста в карбонатных породах пригодные для питья пресные, гидрокарбонатно-кальциевые воды залегают на глубине 80—100 метров от поверхности, что также создает впечатление безводия. В ряде районов до горно-эксплуатационной деятельности на поверхность выходили многочисленные источники высококачественных карстовых вод. Откачка воды шахтами привела к исчезновению большинства источников.

Районирование карста позволяет выявить основные особенности условий водоснабжения в карстовых районах Пермской области.

В карстовой области восточной окраины Русской платформы по условиям залегания, минерализации и составу подземных вод выделяются две категории территорий. К первой категории относятся Полазнинско-Шалашнинский, Сылвинско-Сергинский и Кунгурско-Иренский районы карста, преимущественно в гипсах и ангидритах. Карстовые воды движутся по трещинам в гипсах и ангидритах на менее растворимых известняковых пачках. Они относятся к сульфатным и

имеют минерализацию 1-2 грамма на литр. Такие воды пригодны только для поения скота.

В Сылвинско-Сергинском карстовом районе карстовые воды вытекают на поверхность в виде источников. Количество воды, вытекающее на поверхность в единицу времени, или дебит источника, составляет обычно 2—5 литров в секунду; местами, в истоках реки Серги, дебит повышается до 10 литров в секунду. Воды сильно минерализованы и относятся к сульфатным. Вода родника по правому берегу реки Серги, выше деревни Будайки, содержит в одном литре 2 грамма растворенных веществ, причем 1,3 грамма составляет сульфатный ион.

Для водоснабжения население использует: 1) воды реки Сылвы, 2) воды карстовых озер и болот, 3) воды речных отложений. Местами воды речных отложений также сильно минерализованы. В селе Серьга с глубины 11 метров из речных отложений получена вода, не пригодная для питья, с минерализацией более 2 граммов на литр. Водонесные горизонты, залегающие глубже, обладают еще более высокой минерализацией. Воды реки Сылвы и некоторых карстовых озер также характеризуются повышенной минерализацией. В местах развития соликамской свиты наблюдаются ключи с незначительным дебитом и слабо минерализованной гидрокарбонатно-кальциевой водой.

В Кунгурско-Иренском карстовом районе условия водоснабжения также крайне неблагоприятны. В гипсах и ангидридах, залегающих на известняках туйской пачки, карстовые воды образуют водоносный горизонт. Минерализация карстовых вод составляет 1,5—2 грамма на 1 литр. Дебит источников иногда бывает значительным. Б. И. Грайфер и Р. А. Зуева указывают, что на правом берегу реки Ирени у восточного конца селения Веслянки вытекал источник с большим дебитом, и ниже его выхода работала мельница. В северной части района население использует для водоснабжения воды реки Сылвы. Вода реки Ирени и небольших ее правых притоков непригодна для питья из-за высокой минерализации. На водоразделах, а иногда и в долинах, для питья используется вода карстовых озер, которая, как правило, мало минерализована. В долинах рек, на пойме и низких террасах для водоснабжения применяют воды речных

отложений, которые вскрываются колодцами. По западной окраине района, где гипсы и ангидриты перекрыты песчаниками, глинами, известняками соликамской свиты, условия водоснабжения улучшаются. К отложениям соликамской свиты приурочены пресные водоносные горизонты, дающие ряд источников с малым дебитом.

В Полазнинско-Шалашнинском карстовом районе наблюдается подобная же картина. На водораздельных участках условия водоснабжения крайне тяжелые. Здесь во многих деревнях (Кулигино, Гляденово, Боровково, Бобки) единственными источниками водоснабжения являются карстовые озера и болота. Другими источниками водоснабжения в районе могут быть: 1) Камское водохранилище, 2) малodeбитные источники из пород соликамской свиты, 3) воды, приуроченные к рыхлым отложениям оврагов, 4) воды речных отложений.

К другой категории относится район известнякового карста сводовой части Уфимского вала. Карстовые воды движутся по трещинам и карстовым каналам в толще известняков и доломитов. В верхней части толщи пород движение преимущественно нисходящее, вертикальное. На глубине 80—100 метров, на уровне менее закарстованных и малопроницаемых для воды пород, движение сменяется почти на горизонтальное. Вода движется по падению пород в сторону крупных речных долин, где выходит в виде источников. Разгрузка вод происходит в основном по восточному, более крутому крылу Уфимского вала. Карстовые воды, залегающие на глубине 80—100 метров, относятся к гидрокарбонатно-кальциевым и имеют минерализацию 300—600 миллиграммов на литр. Они вполне пригодны для питья. Для водоснабжения могут быть использованы также воды карстовых озер и болот, воды рыхлых отложений, обычно имеющие малый дебит. Местами эти воды загрязнены. Они не обеспечивают полностью потребность в качественной воде.

Карстовая область Предуральяского прогиба характеризуется разнообразными по условиям залегания, составу и минерализации подземными водами. На значительной площади Предуральяского прогиба водоснабжение основано на использовании речных вод, подземных вод, приуроченных к песчаникам, мергелям, конгломератам и другим отложениям кунгурского

яруса и уфимской свиты. В долинах рек колодцами вскрываются грунтовые воды песчано-галечниковых отложений низких террас. Поверхностные и подземные воды, как правило, пресные и обладают хорошим качеством.

В районах развития соляного карста на поверхность выходят соляные источники. Воды их сильно минерализованы. В одном литре воды некоторых источников содержится в растворенном состоянии до 300 граммов солей. Такая вода непригодна для питья и использовалась раньше для выпаривания соли.

В районах развития гипсово-ангидритового карста с водоснабжением несколько хуже. Здесь население использует для питья воду рек, озер. В Кишертско-Суксунском карстовом районе, расположенном на границе с Уфимским валом, в долинах рек Иргины, Суксунки, Санды, Мазуевки, Кишертки и Сединки выходят источники с устойчивым дебитом, достигающим 50 литров в секунду. Большая часть источников сильно минерализована, а некоторые отлагают известковый туф.

Сероводородные источники (с содержанием сероводорода 130 миллиграммов на литр) из артинских известняков в селении Ключи на реке Иргине используются в лечебных целях. На базе их создан курорт «Ключи».

В карстовой области внешней зоны складчатого Урала в мощной толще палеозойских пород, смятых в складки и осложненных разрывными нарушениями, выделяется несколько водоносных горизонтов, разобщенных водоупорными породами. Воды обычно гидрокарбонатно-кальциевые, с минерализацией 140—400 миллиграммов на один литр. Карстовые воды движутся в карбонатных породах. Обычно в речных долинах подземные воды выходят, образуя источники. Местами наблюдаются выходы подземных карстовых потоков в виде мощных источников. Такой источник вытекает на левом берегу реки Усьвы, выше сухого устья Бруснянки. Дебит его около 10 литров в секунду. На левом берегу реки Усьвы из Камня Круги вытекает двумя струями источник дебитом около 12 литров в секунду. Для водоснабжения могут быть использованы: а) речные воды; б) воды карстовых родников и рек; в) трещинные и трещинно-пластовые воды песчано-глинистых толщ ашинской свиты, девонских и каменно-

угольных отложений; г) карстовые и трещинно-карстовые воды девонских, каменноугольных и пермских карбонатных отложений.

В Кизеловском каменноугольном бассейне поверхностные водотоки загрязнены шахтными водами, а за счет шахтного водоотлива прекратили действие многие карстовые источники. Как указывает И. А. Печеркин, наиболее перспективными для водоснабжения для различных частей района являются ашинские, средне-и верхнедевонские и турнейские отложения.

Карстовая область Вишерско-Чусовского краевого поднятия — это область развития слабо минерализованных гидрокарбонатно-кальциевых трещинно-карстовых вод карбонатных отложений ордовика и силура. Водоснабжение основывается на использовании, главным образом, речных вод, трещинных и трещинно-карстовых вод нижнепалеозойских отложений.

В целом по Пермской области условия водоснабжения на закарстованных территориях улучшаются по направлению с запада на восток, соответственно смене преобладания сульфатных и соляных отложений карбонатными. В карбонатных отложениях карстовые воды доброкачественнее и обильнее, чем в сульфатных.

ИНЖЕНЕРНО-ГЕОЛОГИЧЕСКИЕ УСЛОВИЯ КАРСТОВЫХ ОБЛАСТЕЙ

Широкое развитие промышленного, транспортного и жилищного строительства, сооружение электростанций и линий высоковольтных передач в Пермской области осложняется наличием карстовых явлений.

В 1949 году были начаты изыскания трассы линии электропередачи Пермь — Свердловск. Эта трасса пересекает четыре карстовых района, причем на Кунгурском и Быковском участках она проложена на сильно закарстованных породах. Учитывая возможность образования новых провалов под опорами, отделение дальних передач института «Теплоэлектропроект» с 1953 года начало инженерно-геологические исследования закарстованных участков в притрассовой зоне. Они включали съемку рельефа и особенно карстовых форм, электроразведку и сейсмические работы, механическое бурение, наблюдения за поглощением талых вод в воронках. Опоры, под

которыми были обнаружены карстовые полости, перенесены. На наиболее опасном — Кунгурском участке вторая цепь передач вынесена на протяжении около 35 километров на расстояние до 3 километров от первой.

На линиях железных дорог, проходящих в карстовых районах, возможны деформации железнодорожного полотна и других сооружений. Примером может служить оседание участка полотна железной дороги между станциями Усьва и Баская в полосе развития карстовых воронок. В результате трасса была перенесена в сторону. Провалы отмечались на Свердловской железной дороге в пределах Кунгурско-Иренского карстового района. Они имели небольшой поперечник и ликвидировались путем засыпки. После провала в селе Усть-Кишерть в 1949 году была проведена электроразведка на участке Ергач — Шумково. Исследования показали, что местами под путями имеются карстовые полости. Возможные противокарстовые мероприятия на железнодорожном полотне указаны в работе Г. Г. Скворцова «Вопросы инженерно-геологического изучения и оценки карста в основании железнодорожных сооружений», опубликованной в 1956 году.

При строительстве гражданских и промышленных зданий и других сооружений с значительными нагрузками в карстовых районах нельзя ограничиваться обычными исследованиями до глубины 5—7 метров. Наряду с четвертичными отложениями необходимо изучать карстующиеся породы, степень их закарстованности, формы проявления, глубину распространения и размеры подземного карста, скорость развития карстовых процессов. В районах развития карбонатного карста дается оценка степени закарстованности пород, возможности выноса заполнителей из пустот и обрушения некарстующихся покровных отложений в карстовые полости. Особая осторожность необходима в районах развития гипсов и ангидритов. Гипсовый карст развивается интенсивнее карбонатного, поэтому особое внимание уделяется скорости его развития и факторам, влияющим на интенсивность проявления карстового процесса.

На современном этапе изучения карста детальные инженерно-геологические карты могут быть составлены только для небольших участков карстовых районов. Для

карстовых областей может быть намечена лишь схема инженерно-геологических условий.

Интерес к инженерно-геологической характеристике карстовых районов в нашей стране появился в годы первой пятилетки в связи со строительством «Большой Уфы». З. А. Макеев в 1931 году составил для Приуфимского карстового района Башкирии карту инженерно-геологических условий, на которой выделил пять категорий площадей по степени опасности для возведения различных сооружений. На карстовой конференции, происходившей в Перми в 1947 году, Макеев степень устойчивости отдельных территорий определил по количеству провалов, возникших на них за определенный промежуток времени.

Практическое применение классификации З. А. Макеева, в основу которой положен принцип количественной оценки явлений, встречает ряд затруднений. В районах с редким населением, занимающих в Пермской области значительные площади, отсутствуют данные о времени и частоте образования провалов. Даже в обжитых районах регистрация их поставлена неудовлетворительно. При отсутствии таких данных целесообразнее при инженерно-геологических исследованиях в карстовых районах за основу брать программу, разработанную Ф. П. Саваренским. При этом изучаются: а) состав пород, условия их залегания и трещиноватость; б) условия циркуляции подземных вод; в) рельеф и геологическая история; г) возникновение и развитие карста, связь его с реками и историей развития района.

И. В. Попов в «Инженерной геологии», опубликованной в 1951 году, указывает, что при инженерно-геологических исследованиях карстовых областей необходимо проводить комплексное изучение в полевых условиях проявлений карста и факторов карстообразования. При этом освещаются: а) климат, растительность, реки; б) геологическое строение, подземные воды и рельеф; в) карстовые явления; г) состояние инженерных сооружений в связи с карстом. Тщательно должны изучаться поверхностные карстовые формы с замерами и описанием. На основании этого дается их классификация по формам проявления и происхождению. Необходимо исследовать подземные карстовые полости, как современ-

ные, так и древние, а также выполняющие их отложения.

Используя программу, разработанную Ф. П. Саваренским и И. В. Поповым, и основываясь на районировании карста, мы наметили следующую схему инженерно-геологических условий закарстованных территорий Пермской области. Карстовые области делятся на четыре категории территорий.

Первая категория — территории, неблагоприятные в инженерно-геологическом отношении. К ним относятся Полазнинско-Шалашнинский, Сылвинско-Сергинский и Кунгурско-Иренский районы карста преимущественно в гипсах и ангидритах. Полазнинско-Шалашнинский район характеризуется наибольшей закарстованностью сводовых частей небольших поднятий, то есть участков менее глубокого залегания кровли гипсов. Поэтому при проектировании тех или иных объектов необходимо иметь топографическую карту, карту рельефа и карту горизонталей кровли карстующихся гипсов иренской свиты. Более благоприятны для строительства участки глубокого залегания кровли гипсов и речные террасы со значительной мощностью глинистых отложений.

В Кунгурско-Иренском районе развитие карста стоит в прямой связи с условиями залегания и составом отдельных пачек иренской свиты и образовавшейся из них карстовой брекчии, влияющих на интенсивность карста и глубину циркуляции карстовых вод. При исследовании карста в этом районе целесообразно на картах показать расположение пород разного состава. В районах, относимых к первой категории, возведение промышленных сооружений возможно только после детальных исследований. При проектировании железных и шоссейных дорог трассы должны намечаться с наименьшей протяженностью в зонах развития карста, на слабо закарстованных участках, после тщательных всесторонних исследований.

Вторая категория — территории, относительно благоприятные в инженерно-геологическом отношении. К ним относятся районы развития карста в карбонатных породах с залеганием карстовых вод на глубине 60—80 и более метров. На поверхности преобладают различные разности коррозионных воронок, а типичные провальные воронки редки. Это район известнякового кар-

ста сводовой части Уфимского вала со сплошным развитием карстующихся пород на поверхности и районы развития карста в карбонатных породах карстовой области внешней зоны складчатого Урала, где выходы закарстованных пород чередуются с некарстующимися породами. В районах со сплошным развитием карстующихся пород инженерно-геологические исследования должны быть более детальными, чем в районах, где имеются некарстующиеся породы. В последних крупное строительство рекомендуется вести на некарстующихся породах.

Третья категория — территории с небольшими участками, неблагоприятными в инженерно-геологическом отношении. Сюда относится Предуральский прогиб, где большая часть территории вблизи поверхности сложена некарстующимися песчано-глинисто-конгломератовыми отложениями кунгурского яруса и уфимской свиты. Неблагоприятными для строительства являются районы развития гипсового и местами соляного карста. Гипсовый карст опасен, главным образом, в краевых частях и на поднятиях в центральной части прогиба, где прослой и линзы гипса и ангидрита залегают неглубоко или выходят на поверхность среди песчано-глинистых отложений. В центральной части Соликамской депрессии, особенно на севере ее, развит своеобразный гипсовый и соляной карст, проявляющийся в виде медленных проседаний и своеобразных оползней в долинах крупных рек, обусловленных карстом. Благодаря медленному развитию процесса эти участки относятся к категории относительно благоприятных.

Четвертая категория — территории, в общем благоприятные в инженерно-геологическом отношении, за исключением небольших, слабо закарстованных участков с замедленным развитием карста. Это карстовая область Вишерско-Чусовского краевого поднятия.

В карстовых районах при проектировании сооружений необходимо выбирать менее закарстованные участки. Особенно следует избегать зоны сильно нарушенных пород, склоны средней крутизны ($10-15^\circ$) и присклоновые участки, участки неглубокого залегания кровли карстующихся пород, которые бывают сильно закарстованы.

Предложенное инженерно-геологическое райониро-

вание карстовых областей является предварительным, так как оно основано, главным образом, на учете геологических условий и основных закономерностей развития карста отдельных территорий. По мере накопления данных оно будет совершенствоваться и уточняться.

Приведенные примеры достаточно убедительно показывают влияние карста на различные стороны народного хозяйства. Знание распространения карста, закономерностей развития его в различных геологических условиях позволяет более правильно осуществлять проектирование и строительство промышленных, гражданских, гидротехнических, железнодорожных и других сооружений. Отсюда очередной задачей является более детальное исследование карста отдельных районов Пермской области.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В Пермской области развиты многообразные карстовые формы. Они еще недостаточно изучены, особенно в горных районах. Еще не все пещеры области зарегистрированы, а большая часть их не имеет подробных планов и тщательных описаний. Из закарстованных 30 тысяч квадратных километров территории детально обследована только одна тысяча квадратных километров. На этой площади описано 15 тысяч карстовых воронок. Провалы, которые показывают активность карстовых процессов, часто остаются не зафиксированными. Между тем карст не просто любопытное явление. Исследование его важно для решения ряда практических вопросов.

В изучении карста большую помощь могут оказать учителя школ, путем организации туристских походов учащихся, краеведы, любители родного края. Авторы призывают их обратить внимание на карстовые явления и заняться изучением пещер, исчезающих речек и провалов.

ЛИТЕРАТУРА

Апродов В. А., Геоморфология центральной части Кизеловского каменноугольного бассейна, часть 2, «Ученые записки Молотовского университета», т. 10, в. 2, 1956.

Апродов В. А., Закономерности развития карстовых многочленов пещер, «Природа», № 10, 1950.

Апродов В. А., Карстовые многочлены Кунгурской пещеры, «Доклады Академии наук СССР», т. 65, № 2, 1949.

Апродов В. А., Месторождения огнеупорных глин в Молотовской области, «Ученые записки Молотовского университета», т. 7, в. 4, 1956.

Апродов В. А., Особенности карстообразования в Молотовской области, «Географический сборник», № 1, 1952.

Апродов В. А., Особенности размещения огнеупорных пород в стратиграфическом разрезе Молотовской области и типы их месторождений, «Ученые записки Молотовского университета», т. 4, в. 4, 1948.

Берх В., Путешествие в города Чердынь и Соликамск для изыскания исторических древностей, 1821.

Бесприютный П., Бурцевская пещера, сборник «Кунгурско-Красноуфимский край», № 8—10, 1925.

Бирилова Н. И., Карстовые явления Кунгура и его окрестностей, Известия Гос. Гидрологического института, № 66, 1934.

Блинов М. И., Ненисследованная пещера, сборник «Кунгурско-Красноуфимский край», № 8—10, 1925.

Богословский В. Ф., Из наблюдений над карстовыми явлениями в междуречьи р. Камы и р. Чусовой, «Ученые записки Молотовского педагогического института», в. 7, 1940.

Богословский В. Ф., Карстовые явления в окрестностях Пашийского завода, «Ученые записки Молотовского педагогического института», в. 13, 1954.

Варсановьева В. А., «Геоморфологический очерк Западного склона Среднего Урала, «Геология СССР», т. 12, Урал, 1944.

Варсановьева В. А., Карстовые явления в северной части Уфимского плоскогорья, «Землеведение», т. 22, кн. 5, 1915.

Варсановьева В. А., Месторождения каолиновых глин в Кунгурском, Красноуфимском и Соликамском уездах Пермской губернии, издание Академии наук СССР, Л., 1927.

Васильев А. А., Карсты и строительство шахт, «Уголь», № 96, 1933.

Васильев А. А. и П. С. Шеин, Карстовые явления в Кизеловском районе, сборник «Угленосные отложения западного склона Урала», издание ВГРО, 1932.

Васильев П. В., Кизеловский каменноугольный район, «Геология угольных месторождений СССР», в. 4, 1940.

Весновский В. А., Куликовские пещеры, «Материалы по изучению Камского Приуралья», в. 2, 1930.

Весновский В. А., Кунгурская ледяная пещера, Пермское общество краеведения, в. I, 1926.

Весновский В. А., Подземные реки Урала, «Материалы по изучению Камского Приуралья», в. 1, Пермь, 1928.

Володин А. П. и В. А. Пшеничнов, К изучению бактериальной флоры Кунгурской ледяной пещеры, «Природа», № 1, 1949.

Володин А. П. и В. А. Пшеничнов, Микрофлора Кунгурской ледяной пещеры, «Труды Молотовского стоматологического института», в. 8, 1949.

Воронихин А., Кунгурская ледяная пещера, I-изд. — 1950, 2-изд. — 1951.

Гвоздецкий Н. А., Карст, Географгиз, 1954.

Гвоздецкий Н. А., Карстовая конференция в г. Молотове, «Вопросы географии», № 4, 1947.

Геннин В., Горная история, «Горный журнал», кн. 10, 1828.

Геннин В., Описание уральских и сибирских заводов 1735 г., гос. изд. «История заводов», 1937.

Геоморфологическая карта Урала, 1946.

Герасимов И., Кунгурская пещера, «Природа и хозяйство», т. 6, 1933.

Герасимов Н. П., Геологическое строение Восточной нефтеносной области (Западный склон Урала и Западное Приуралье), издание Академии наук СССР, 1940.

Герасимов Н. П. и Е. И. Тихвинская, Разрез классического кунгура, «Записки Всероссийского минералогического общества», ч. 63, в. 2, 1934.

Головков М. П., Заметка о структуре и морфологических особенностях кристаллов льда, «Записки Всероссийского минералогического общества», вторая серия, ч. 68, в. 2, 1939.

Головков М. П., Исследование льда Кунгурской пещеры, «Ученые записки Ленинградского университета», серия геолого-почвенных наук, № 21, 1939.

Головцов В. Н., О возможности применения электрометрических методов к изучению карстовых явлений, «Труды сейсмологического института Академии наук СССР», № 52, 1935.

Головцын В. Н., О применении электрометрии для изучения карстовых явлений, «Труды и материалы Свердловского горного института», в. 1, 1935.

Голубева Л. В., Геоморфология заповедника «Предуралье», «Известия Естественно-научного института при Молотовском университете», т. 12, № 6, 1948.

Голубева Л. В., Карстово-спелеологическая станция заповедника «Предуралье», «Природа», № 7, 1949.

Голубева Л. В., Карстовые явления в долине р. Ирени в Кунгурском районе Молотовской области, «Ученые записки Молотовского университета», т. 7, в. 4, 1956.

Голубева Л. В., Карстовые явления окрестностей села Павлово, Ординского района, Молотовской области, «Ученые записки Молотовского университета», т. 9, в. 1, 1955.

Голубева Л. В., Некоторые наблюдения над карстовыми воронками в заповеднике «Предуралье», «Бюллетень комиссии по изучению четвертичного периода Академии наук СССР», № 16, 1951.

Голубева Л. В., О плотности карстовых воронок в различных геоморфологических условиях, «Доклады Академии наук СССР», т. 90, № 1, 1953.

Голубева Л. В., Опыт применения спорово-пыльцевого анализа для установления возраста карстовых воронок, «Бюллетень комиссии по изучению четвертичного периода Академии наук СССР», № 18, 1953.

Голубева Л. В., Химический состав вод некоторых карстовых озер Молотовской области, «Гидрохимические материалы», т. 21, 1953.

Горбунова К. А., Геоморфология окрестностей с. Усть-Кишерть Молотовской области, «Ученые записки Молотовского университета», т. 11, в. 2, 1957.

Горбунова К. А., Карст некоторых районов Молотовской области, автореферат кандидатской диссертации, Молотовский университет, 1956.

Горбунова К. А., Карст приустьевой части реки Чусовой в зоне затопления КамГЭС, «Ученые записки Молотовского университета», т. 10, в. 2, 1956.

Горбунова К. А., Карстово-эрозионные долины Усвинского района Кизеловского каменноугольного бассейна, «Ученые записки Молотовского университета», т. 9, в. 1, 1955.

Горбунова К. А., Карстовый провал, «Природа», № 12, 1954.

Горбунова К. А., Районирование карста Молотовской области, «Тезисы докладов на совещании по изучению карста», в. 9, 1956.

Горский И. И., Геологический очерк Кизеловского района, сборник «Угленосные отложения Западного склона Урала», изд. ВГРО, 1932.

Ермаков С. П., Пашийская пещера «Большие воронки», «Тезисы докладов Молотовской карстовой конференции», 1947.

Житомиров Г. Я., Вишерский угленосный район, «Геология угольных месторождений СССР», в. 4, 1940.

Житомиров Г. Я., Геологическая карта Урала, Бассейн реки Чусовой, «Труды Уральского геологического управления», 1940.

Житомиров Г. Я., Месторождения южной части Чусовского района, «Геология угольных месторождений СССР», в. 4, 1940.

Житомиров Г. Я., Основные черты строения районов каменноугольных месторождений западного склона Урала, «Геология угольных месторождений СССР», в. 4, 1940.

Житомиров Г. Я., Северо-восточная часть Чусовского района, «Геология угольных месторождений СССР», в. 4, 1940.

Забаринский П., Карсты на глубине 958—971 м в Кизеловском каменноугольном районе, «Разведка недр», № 18, 1934.

Зайцев И. К., Вопросы изучения карста СССР, 1940.

Зенченко Н. А., Геологический очерк долины реки Чусовой от деревни Койвы до камня Гладкого, «Известия главного геолого-разведочного управления», т. 49, № 9, 1930.

Зиновьев А. Г., Проектирование одного большого моста в карстовом районе, «Тезисы докладов на совещании по изучению карста», в. 19, 1956.

Зубашенко М. А., Опыт районирования карста Восточно-Европейской равнины, «Тезисы докладов Молотовской карстовой конференции», 1947.

Зубашенко М. А., Опыт районирования карста на территории Европейской части СССР и Кавказа, «Известия Воронежского педагогического института», т. 5, 1939.

Иванов А. Н., Геологическая карта каменноугольных отложений западного склона Урала (объяснительная записка), «Труды Уральского геологического управления», 1940.

Иванов А. П., Материалы к антропологии Пермского края, «Труды общества естествоиспытателей при Казанском университете», т. 10, в. 1, 1881.

Иванов Г. А., Чусовская группа месторождений. Северо-западная часть Чусовского района, «Геология угольных месторождений СССР», в. 4, 1940.

Иллюстрированный путеводитель по реке Каме и по реке Вишере с Колвой, 1911.

Ильин С. В. и М. С. Кельманский, Результаты работ Уральской научно-исследовательской карстовой станции, «Труды Научно-исследовательского института геологии, разведок и исследования минерального сырья», в. 1, геология и геофизика, 1938.

Историко-географическое описание Пермской губернии, сочиненное в 1800 году, 1801.

Калмыкова М. А., К вопросу о геоморфологии и четвертичных отложениях района Урало-Тиманского стыка (Предварительное сообщение), «Труды Нефтяного геолого-разведочного института», в. 22, 1932.

Каптерев П., О некоторых пещерах Пермской и Казанской губерний, «Землеведение», кн. 1—2, 1913.

Каракаш Н. И., Геологический очерк проектируемой железной дороги Пермь — Екатеринбург — Курган, «Горный журнал», № 10, 1906.

Каракаш Н. И., Кунгурская ледяная пещера на Урале, «Труды Петербургского общества естествоиспытателей», т. 36, в. 1, № 1 с табл. и планами, 1905.

К а р а к а ш Н. И., Кунгурская пещера, «Известия Русского географического общества», т. 11, № 1, 1904.

Карстоведение, вв. 1 и 4, 1948.

К е л ь м а н с к и й М. С., Гидрогеология угольных копей Кизеловского карстового района и условия производства горных работ под водоносными карстами, «Уголь», № 11, 1938.

К е л ь м а н с к и й М. С., Прорыв карстовых вод и затопление шахты имени Первого мая, «Уголь», № 4—5, 1940.

К и т т а р ы М. Я., Ледяная пещера в окрестностях Кунгура, «Журнал Министерства внутренних дел», ч. 22, 1848.

К и т т а р ы М. Я., Ледяная пещера в окрестностях Кунгура, Сборник материалов для ознакомления с Пермской губернией, в. 5, Приложение к «Адресу-календарю и памятной книжке Пермской губернии на 1894 год», 1893.

К и т т а р ы М. Я., Ледяная пещера в окрестностях Кунгура, «Ученые записки Казанского университета», 1848.

К о с в и н ц е в Е. Н., Кунгурская ледяная пещера (по Миллеру), Материалы по изучению Камского Приуралья, в. 1, 1928.

К р а с н о п о л ь с к и й А., Общая геологическая карта России, лист 126-й, Пермь — Соликамск, «Труды Геологического комитета», т. 11, № 1, 1889.

К р и в о щ е к о в И. Я., Географический очерк Пермской губернии, Екатеринбург, 1906.

К р о т о в П. И., Геологические исследования на западном склоне Соликамского и Чердынского Урала, «Труды Геологического комитета», т. 6, 1888.

К р о т о в П. И., Несколько слов о геологическом строении окрестностей Кунгура и горы Челпан, «Известия Геологического комитета», т. 2, 1884.

К р о т о в а Е. А., К геоморфологической характеристике Губахинского района Кизеловского каменноугольного бассейна, «Ученые записки Молотовского университета», т. 10, в. 2, 1956.

К р у б е р А. А., О карстовых явлениях в России, «Землеведение», кн. 4, 1900.

К р у г л о в М. В., Геологическая карта района Суксунского завода западного склона Среднего Урала, «Труды Всероссийского геолого-разведочного объединения», в. 279, 1933.

К у з н е ц о в а Л. С., Геоморфология и карст северных участков Кизеловского каменноугольного бассейна, «Ученые записки Молотовского университета», т. 9, в. 1, 1955.

К у з н е ц о в а Л. С., и П. Н. Ч и р в и н с к и й, Кальцитовые озерно-карстовые пленки и их вероятный генезис, «Минералогический сборник Львовского геологического общества», № 5, 1951.

Л е д о м с к и й И. В., Путешествие по ледяной пещере на Урале, М., 1937.

Л е п е х и н И. И., Продолжение дневных записок путешествия по разным провинциям Российского государства в 1770 году, ч. 2, СПб., изд. Академии наук, 1772.

Л е п е х и н И. И., Продолжение дневных записок путешествия по разным провинциям Российского государства в 1771 году, ч. 3, СПб., изд. Академии наук, 1814.

Лукин В. С., Д. В. Рыжиков, А. В. Турышев, Кунгурская ледяная пещера, Свердловск, 1955.

Максимович Г. А., Задачи карстовой конференции, «Карстование», в. 1, 1948.

Максимович Г. А., Источники пресной воды на дне морей, «Природа», № 4, 1956.

Максимович Г. А., Кальцитовые оолиты, пизолиты и конкреции пещер и рудников, «Записки Всесоюзного минералогического общества», ч. 84, в. 1, 1955.

Максимович Г. А., Кальцитовые пленки озерных ванночек пещер, «Записки Всесоюзного минералогического общества», ч. 84, в. 1, 1955.

Максимович Г. А., Классификация льдов пещер, «Известия Академии наук СССР», т. 9, № 5—6, 1945.

Максимович Г. А., Краткая инструкция по изучению пещерного льда и ледяных пещер, 1946.

Максимович Г. А., Кунгурская ледяная пещера, «Тезисы докладов Молотовской карстовой конференции», 1947.

Максимович Г. А., К характеристике сейсмических явлений в Молотовской области, «Известия Всесоюзного географического общества», т. 75, в. 4, 1943.

Максимович Г. А., Молотовская карстовая конференция, «Вестник высшей школы», № 6, 1947.

Максимович Г. А., Молотовская карстовая конференция, «Известия Всесоюзного географического общества», т. 79, в. 4, 1947.

Максимович Г. А., Озеро Кислое в Кишертском районе Молотовской области и его происхождение, «Ученые записки Молотовского университета», т. 7, в. 4, 1956.

Максимович Г. А., Пещерные льды, «Известия Всесоюзного географического общества», № 5, 1947.

Максимович Г. А., Спелеографический очерк Молотовской области, «Спелеологический бюллетень», № 1, 1947.

Максимович Г. А., Химическая география вод суши, Географиз, 1955.

Максимович Г. А. и Л. В. Голубева, Генетическая классификация карстовых воронок, «Ученые записки Молотовского университета», т. 9, в. 1, 1955.

Максимович Г. А. и Л. В. Голубева, Генетические типы карстовых воронок, «Доклады Академии наук СССР», т. 87, № 4, 1952.

Максимович Г. А. и Л. В. Голубева, Район карста, глава брошюры «Кунгурский заповедник «Предуралье», 1950.

Максимович Г. А., Л. В. Голубева и К. А. Горбунова, Карстовые провалы в с. Усть-Кишерт Молотовской области, «Природа», № 4, 1950.

Максимович Г. А. и Г. Г. Кобяк, К характеристике вод подземных озер, «Доклады Академии наук СССР», т. 31, № 1, 1941.

Максимович Г. А. и Г. Г. Кобяк, Характеристика льда Кунгурской ледяной пещеры, «Доклады Академии наук СССР», т. 31, № 5, 1941.

Максимович Г. А. и Н. А. Максимович, Ледяная пещера (очерк), 1937.

Максимович Г. А. и Н. А. Максимович, Свидетели прошлого, Москва, 1955.

Малеев И., Родионовская пещера, «Известия Общества археологии, истории и этнографии», т. 25, 1909.

Мамонтов В. Н., Геологическое исследование и полезные ископаемые в районе Ухта—Печора—Камской ж. д., Изыскания Ухта—Печора—Камской ж. д. СПб., 1911.

Материалы карстовой конференции, Кизел, декабрь 1933 года, М.—Л., 1935.

Мауэр Г. Т., О карстовых явлениях Кунгурского округа, сборник «Кунгурско-Красноуфимский край», № 3, 1929.

Меллер И., Сообщение о Кунгурской пещере, Протокол годовичного заседания Минералогического общества, № 1, 1871.

Мозель Х., Пермская губерния, часть 1, Материалы для географии и статистики России, СПб., 1864.

Нехорошев В. П., Воронки и пещеры Александровской дачи на Урале и явления, связанные с ними, «Записки горного института», т. 6. в. 2, 1917.

Нечаев А. П., Работа подземной воды, 1939.

Новокрестьянских Н. Н., О пещере в Пашийской даче, «Записки Уральского общества любителей естествознания», т. 13, в. 2, 1891—1894.

Орлянкин С. М., Геология, гидрогеология и соленосность Колво-Вишерской водораздельной области и граничащих с ней участков, «Записки Всероссийского минералогического общества», ч. 70, в. 1, 1941.

П., Кизеловская пещера, «Вестник знания», № 1, 1940.

Петров В. П., Геолого-минералогические исследования Уральских белых глин и некоторые выводы по минералогии и генезису глин вообще, «Труды института геологических наук», в. 95, петрографическая серия, № 29, 1948.

Печеркин И. А., Подземные и шахтные воды Кизеловского каменноугольного бассейна, автореферат кандидатской диссертации, 1955.

Платонов, Геогностическое описание округа Пермских заводов, «Горный журнал», ч. 2, кн. 4, 1839.

Поляков, В. П. Об утекании озера Поваренного близ Кунгура (сообщение в Уральском обществе любителей естествознания), «Записки Уральского общества любителей естествознания», т. 12, в. 2, 1890—1891.

Поляков И. С., Антропологические поездки в центральную и восточную Россию. Приложение к 37-му тому «Записок Академии наук», № 1, 1880.

Попов Н. С., Хозяйственное описание Пермской губернии сообразно начертанию СПб. Вольного экономического общества, сочиненное в 1802—1803 годах в г. Перми, ч. 1, Пермь, 1804.

Прокошев Н. А., Археология на новостройках (описание пещер Чусовского района), «Известия ГАИМК», № 109, 1935.

Прокошев Н. А., Разведки на Чусовой, «Проблемы Института истории материальной культуры», № 2, 1934.

Ракушева З. Ф., Кунгурская пещера, «Ученые записки Молотовского педагогического института», в. 7, 1940.

Резолюция Молотовской карстовой конференции, «Карстоведение», в. 1, 1948.

Резолюция по докладу о работе Государственных межведомственных комитетов РСФСР, БССР и УССР по содействию развитию природных богатств, «Природа и социалистическое хозяйство», т. 6, 1933.

Рыжиков Д. В., Природа карста и основные закономерности его развития, «Труды горно-геологического института Уральского филиала Академии наук СССР», в. 21, 1954.

Рычков Н. П. Журнал или дневные записки путешествия по разным провинциям Российского государства в 1769 и 1770 гг., СПб., 1770.

Рычков Н. П., Продолжение журнала или дневных записок путешествия по разным провинциям Российского государства в 1770 году, СПб., 1772.

Севергин В. М., Опыт минералогического землеописания Российского государства, СПб., 1809.

Сергеев С. И., О пещерах на реке Яйве и ее притоках Соликамского уезда Пермской губернии, «Пермский край» — сборник сведений о Пермской губернии, т. 3, 1895.

Сергеев С. И., Раскопки на реке Колве. Городище на Девьем камне и Девья пещера, «Записки Уральского общества любителей естествознания», т. 22, 1901.

Скворцов Г. Г., Вопросы инженерно-геологического изучения и оценки карста в основании железнодорожных сооружений, «Тезисы докладов на научном совещании по изучению карста», в. 3, 1955.

Смирнов А. А., Исследование карстовых явлений в Кизеловском каменноугольном районе, «Разведка недр», № 19, 1933.

Смирнов В., По лабиринтам Пашийской пещеры, «Материалы по изучению Камского Приуралья», в. 2, Пермь, 1930.

Соколов Д. С., Карстовая конференция в г. Молотове, «Гидротехническое строительство», № 6, 1947.

Соколов Д. С., Основные условия развития карста, «Бюллетень Московского общества испытателей природы», отдел геологии, т. 26, в. 2, 1951.

Софроницкий П. А., Особенности тектоники палеозоя между Уралом и рекой Вяткой, «Ученые записки Казанского университета», т. 115, кн. 10, 1955.

Спасский А. А., Ергачинское месторождение гипса, «Разведка недр», № 12, 1937.

Сырнев И. Н., Северный и Средний Урал. Россия, т. 5, СПб., 1914.

Сысоев А. и С. Ружевский, О некоторых карстовых явлениях в окрестностях г. Кунгура, «Ученые записки Молотовского педагогического института», в. 7, 1940.

Татищев В. Н., Избранные труды по географии России, Географиз, 1950.

Таусон А. О., Биология карстовых озер Кишертского района Молотовской области и изменение их населения в зависимости от

химических факторов среды, «Ученые записки Молотовского университета», т. 8, в. 4, 1954.

Тебенёков В. П., Обманковское каменноугольное месторождение, «Геология угольных месторождений СССР», в. 4, 1940.

Тезисы докладов Молотовской карстовой конференции, 1947.

Тезисы докладов на совещании по изучению карста 30/I—3/II—1956 г., Москва, Доклады: в. 2 (Г. А. Максимовича), в. 4 (Г. А. Максимовича), в. 7 (Ю. П. Копотилова, И. А. Печеркина), в. 8 (Г. А. Максимовича, Ю. М. Абрамовича), в. 11 (Е. А. Ходькова), в. 13 (А. Г. Мелисхикера, Л. С. Кузнецовой), в. 16 (К. А. Горбуновой, В. С. Лукина, Е. А. Лушников), в. 18 (Г. А. Максимовича), в. 19 (А. Г. Зиновьева и В. С. Лукина).

Тихомиров Н. К., Значение карста в гидрогеологии, «Водные богатства недр земли на службу социалистическому строительству», сборник 7, Секция инженерной геологии, 1934.

Толстихина М. М., К вопросу о наличии молодых поднятий на Среднем Урале. «Известия Государственного географического общества», т. 69, в. 1, 1937.

Толстихина М. М., Материалы к геоморфологии Кизеловского района на Западном склоне Урала, «Известия Государственного географического общества», т. 68, в. 3, 1936.

Тухов И., Ледяная пещера близ г. Кунгура Пермской губернии. «Природа и охота», № 3, 1898.

Углев А., Подземные реки Кизеловского района Верхне-Камского округа, «Материалы по изучению Камского Приуралья», в. 2, 1930.

Фальк И. П., Записки путешествия в двух частях, Полное собрание ученых путешествий по России, СПб., «Изд. Академии наук», т. 6, 1824.

Федоров Е. С., Геологические исследования в Северном Урале в 1887—1889 годах, «Горный журнал», апрель 1896.

Федоров Е. С., Заметка о кунгурских пещерах, «Материалы для геологии России», Изд. Петербургского минералогического общества, т. 11, 1883.

Ферсман А. Е., Геохимия пещер, «Природа», № 2, 1952.

Ферсман А. Е., К минералогии пещер, «Природа» № 1—2, 1926.

Ф. О., Еще о подземных реках Урала, «Материалы по изучению Камского Приуралья», в. 2, 1930.

Фредерикс Г., Геологическая карта Урала, «Труды Главного геолого-разведочного управления», в. 69, 1931.

Фредерикс Г., Н. Зенченко и Т. Емельянцев, Вашкурский район на Урале, «Известия Всесоюзного геолого-разведочного объединения», т. 51, в. 86, 1932.

Фредерикс Г., Н. Зенченко и В. Лыткин, Геологическая карта Урала, «Труды Всесоюзного геолого-разведочного объединения», в. 149, 1931.

Фредерикс Г. Н., Н. А. Зенченко, В. М. Лыткин, Н. Б. Кякшто и П. С. Шеин, Геологический очерк района Вашкурского водохранилища на реке Чусовой, «Труды Всесоюзного геолого-разведочного объединения», в. 220, 1933.

Фредерикс Г. и М. Круглов, Геологический очерк Ваш-

курского района на реке Чусовой, «Известия Геологического комитета», т. 47, № 7, 1928.

Фредерикс Г., Е. А. Кузнецов и М. Круглов, Геологическая карта Урала, «Труды Всесоюзного геолого-разведочного объединения», в. 208, 1933.

Ходьков А. Е., Вопросы формирования и использования естественных рассолов Верхне-Камского месторождения, «Труды Всесоюзного научно-исследовательского института галургии», в. 28, 1953.

Ходьков А. Е., К истории гидрогеологического изучения Верхне-Камского месторождения, «Труды Всесоюзного научно-исследовательского института галургии», в. 30, 1955.

Ходьков А. Е., Об экзотектонических явлениях, как следствии подземного выщелачивания галогенных пород, «Труды Всесоюзного научно-исследовательского института галургии», в. 28, 1953.

Чеклецов, Геогностические исследования во втором участке Пермских заводов, «Горный журнал», ч. 4, кн. 10, 1832.

Чирвинский Н. П., К петрографической характеристике известняковых сталактитов из некоторых пещер Центральной части Кизеловского каменноугольного бассейна, «Ученые записки Молотовского университета», т. 10, в. 2, 1956.

Чочиа Н. Г., Геологическое строение Кольво-Вишерского края, Гостоптехиздат, 1955.

Чупин Н., Географический и статистический словарь Пермской губернии, т. 1, 1873.

Шерстюков Н. М., Петрогенетические исследования карстовых образований, «Труды Всесоюзной промышленной Академии цветной металлургии», в. 3, 1940.

Штукенберг А. Воронки около г. Кунгура, Пермской губернии, по линии Пермь — Екатеринбургской железной дороги, «Горный журнал», т. 1, 1911.

Штукенберг А. А., Общая геологическая карта Европейской России, лист 127-й, «Труды Геологического комитета», т. 16, № 1, 1898.

Эйнор О. Л., Геологическая карта Урала, Бассейн реки Чусовой (объяснительная записка), «Труды Уральского геологического управления», 1940.

Эйнор О. Л., Материалы по гидрогеологии и карстовым явлениям в южной части Кизеловского района, М.—Л., 1936.



СОДЕРЖАНИЕ

Глава первая

Как образуются карстовые формы	5
Зоны карстовых вод	7
Карстовые формы, образующиеся в различных зонах	10
Карры (10); Поноры (12); Карстовые колодцы (13); Естественные шахты и пропасти (14); Карстовые ворон- ки (17); Карстовые котловины (26); Поля (28); Карстовые останцы (29).	

Глава вторая

Пещеры и природные мосты	30
Пещеры (30); Подземные реки (35); Пещерные озе- ра (36); Подземные озера карстовых шахт (39); Обрамление и пленки подземных озер (39); Пещерный жемчуг (40); Пещерные капельники и другие питечные формы (42); За- полнение пещер (47); Температура воздуха в пещерах (50); Влажность воздуха в пещерах (51); Скорость движения воз- духа в пещерах (51); Движение воздуха в подземных карсто- вых пустотах (52); Пещерные льды (58); Наиболее крупные карстовые пещеры (65); Природные мосты (76).	

Глава третья

Подземные и поверхностные воды карстовых областей	78
Наземные карстовые источники	78
Подводные карстовые источники	81
Использование карстовых источников	83
Карстовые озера и болота	84
Реки карстовых областей	89
Удивительные долины	92

Глава четвертая

Распространение карста в СССР	94
О древнем карсте	94
Распространение карста в СССР	95

Глава пятая

История изучения карста Пермской области 99

Глава шестая

Распространение карстовых явлений в Пермской области 111

Карстовая область восточной окраины Русской платформы (112): Полазнинско-Шалашинский район карста преимущественно в гипсах и ангидритах (114); Сылвинско-Сергинский район карста преимущественно в гипсах и ангидритах (118); Кунгурско-Иренский район интенсивного карста в гипсах и ангидритах (120); Район известнякового карста сводовой части Уфимского вала (121).

Карстовая область Предуральяского прогиба (123): Колво-Вишерский район карста преимущественно в гипсах и местами в каменной соли (124); Ксенофонтовско-Ныробский район карста преимущественно в гипсах и частично в известняках (125); Кишертско-Суксунский район карста преимущественно в гипсах и ангидритах (126); Сергинцовско-Долгушинский район карста преимущественно в гипсах и ангидритах (136); Тулумбасовско-Тисовский район карста в гипсах, залегающих в песчаниково-глинистой толще (136); Соликамский район карста преимущественно в каменной соли и в гипсах (136); Кордонский район карста в гипсах и ангидритах (138).

Карстовая область внешней зоны складчатого Урала: Средневишерский район карста в известняках и доломитах (141); Кизеловско-Яйвинский район карста в известняках и доломитах (142); Пашийско-Чусовской район интенсивного карста в известняках и доломитах (146).

Карстовая область Вишерско-Чусовского краевого поднятия со слабым проявлением карста (148): Верхневишерский район карста карбонатных отложений (149); Тыпыло-Кыринский район карста карбонатных отложений (149).

Древний карст 150

Глава седьмая

Практическое значение карстовых явлений в Пермской области 151

Полезные ископаемые карстовых форм 152

Значение карста при разработке месторождений полезных ископаемых 156

Значение карста в гидротехническом строительстве и при проектировании мостовых переходов 157

Особенности водоснабжения в карстовых областях 161

Инженерно-геологические условия карстовых областей 166

Заключение 171

Приложение. Геохронологическая таблица 171

Литература 172

Георгий Алексеевич Максимович

Клара Андреевна Горбунова

КАРСТ ПЕРМСКОЙ ОБЛАСТИ

Редактор *С. Ф. Николаев*
Худож. редактор *М. В. Тарасова*
Техн. редактор *Н. Г. Неудкина*
Корректор *А. И. Плешков*

Подписано к печати 19 мая 1958 г.

Бумага 84×108¹/₂ 2,875 бум. л. 11,5 п. л.

Уч. изд. 10,8 л.

ЛБ00070 Тираж 3000 экз. Цена 3 р. 25 коп.

2-я книжная типография Облполиграфиздата
г. Пермь, ул. Коммунистическая, 57.

Заказ 64.

Геохронологическая таблица

Относительное летоисчисление			Абсолютное летоисчисление	
Эры (группы)	Периоды (системы)	Стадии развития органического мира	Шкала абсолютного геологического времени в миллионах лет	
			конец периода	продолжительность
Кайнозойская — продолжительность 70 млн. лет	Четвертичный	Растительный и животный мир близок к современному; появился человек.	0	1
	Третичный	Расцвет флоры покрытосеменных и фауны млекопитающих; фауна беспозвоночных, близкая к современной.	1	69
Мезозойская — продолжительность 115 млн. лет	Меловой	Появление флоры покрытосеменных; широкое развитие последних аммонитов и белемнитов в морях и крупных пресмыкающихся на суше.	70	40
	Юрский	Расцвет флоры голосеменных (саговниковые, гинкговые и др.) и фауны аммонитов, белемнитов и гигантских пресмыкающихся.	110	40
	Триасовый	Развитие богатой флоры голосеменных; расцвет аммонитов и распространение наземных форм пресмыкающихся.	150	35
Палеозойская — продолжительность 325 млн. лет	Пермский	Появление флоры голосеменных; первая фауна пресмыкающихся и резкое вымирание в морях плеченогих.	185	40
	Каменноугольный	Расцвет флоры плауновых и папоротникообразных; фауна крупных земноводных, многочисленных плеченогих и четырехлучевых кораллов.	225	50
	Девонский	Первое появление богатых остатков наземных растений; разнообразная фауна плеченогих и кораллов в морях; первое появление насекомых и земноводных.	275	35
	Силурийский ¹	Разнообразная фауна морских кораллов, граптолитов, плеченогих, трилобитов; первая фауна рыб. Следы наземной жизни.	310	120
	Кембрийский	Примитивная фауна археоциат, простейших плеченогих и трилобитов.	430	80
Протерозойская — продолжительность около 600 млн. лет		Остатки животных крайне редки. Широкое распространение водорослей.	510	
Архейская — продолжительность более 900 млн. лет		Остатки организмов неизвестны		
Возраст земной коры			3000—3500 миллионов лет	

¹ Некоторыми геологами делится на силурийский и ордовикский периоды.