

В МИРЕ КАРСТА И ПЕЩЕР

К.А.ГОРБУНОВА

Н.Г.МАКСИМОВИЧ



К. А. ГОРБУНОВА, Н Г. МАКСИМОВИЧ

В МИРЕ КАРСТА И ПЕЩЕР



Издательство Томского университета Пермское отделение 1991

ББК 26.823

Г 67

Редактор **Е. А. Огиенко**

Рецензенты: Кунгурская лаборатория-стационар
горного института УрО АН СССР,
кандидат геолого-минералогических
наук В. Н. Андрейчук

УДК 551.44

Горбунова К. А., Максимович Н. Г.
Г67 В мире карста и пещер. — Пермь: Изд-во ТГУ.
Перм. отд-ние, 1991. — 120 с.
ISBN 5—230—09285—8

Авторы популярно рассказывают о провалах земной поверхности, необычных озерах и пещерах, возникающих в относительно хорошо растворимых природными водами породах — известняках, гипсах, солях. Особое место в издании отводится истории освоения, использования и охране пещер. Книга в научно-популярной форме знакомит читателя с достопримечательностями подземного мира.

А $\frac{1804030000-3}{177(2)-91}7-91$

На первой обложке: ледяные образования пещеры Сухая Атя (Урал), на четвертой: натечные образования шахты Бездонная Яма (Крым).
Фото С. М. Баранова.
ISBN 5—230—09285—8

© К. А. Горбунова, Н. Г. Максимович, 1991

ВВЕДЕНИЕ

Верхняя твердая оболочка Земли мощностью от 5 до 80 км называется земной корой. Более чем на 90% она состоит из пород глубинного происхождения, но на земной поверхности преобладают осадочные породы. Они занимают 75% площади суши. Осадочные породы образуются путем накопления обломочных и химических продуктов разрушения глубинных пород или органического вещества — отмерших растительных и животных организмов. Среди осадочных пород выделяются породы, которые относительно легко растворяются природными водами. Они называются карстующимися. Это известняк, мел, мрамор, доломит, гипс, ангидрит, каменная и другие соли. В Пермской области, площадь которой 160,6 тыс. км², они занимают около 30 тыс. км² (рис. 1).

Территории распространения карстующихся пород отличаются от местностей, сложенных некарстующимися породами (песчаниками, глинами и др.), частой встречаемостью замкнутых воронкообразных понижений, огромных котловин, исчезающих рек, периодически исчезающих озер, мощных родников, а в толще пород — пещер. Все эти явления называют карстовыми. Так что же такое карст?

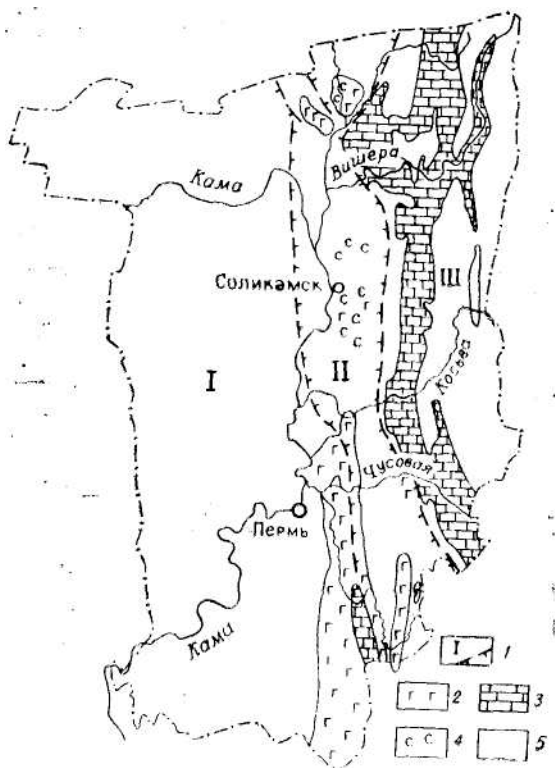


Рис. 1. Распространение карста в Пермской области: 1 — границы геологических структур (I — восточная окраина Восточно-Европейской платформы, II — Предуральский прогиб, III — складчатый Урал); 2 — преимущественно гипсово-ангидритовый карст; 3 — известняково-доломитовый карст; 4 — соляной карст; 5 — некарстующиеся породы

ЧТО ТАКОЕ КАРСТ?

В северо-западной части Югославии, в Словении, расположено плато Крас (словенское название), или Карст. На западе и юго-западе оно ограничено Триестским заливом Адриатического моря, на севере — долиной реки Випавы, притока реки Соча, на востоке и юго-востоке — бассейнами рек Пивка и Нотраньска. Плато сложено в основном мезозойскими известняками и доломитами, возраст которых составляет от 65 до 170 млн. лет. Издавна эта область привлекала внимание исследователей пещерами, пропастями, выходами на поверхность подземных рек, случаями внезапного исчезновения поверхностных водотоков. На плато выпадает большое количество атмосферных осадков. Использование леса для строительства флота, выпас скота и пожары в XV—XVI веках способствовали оголению пород, а следовательно, и проникновению в них атмосферных осадков. В результате растворения водой известняков и доломитов образовались своеобразные поверхностные и подземные формы. В XIX веке они были выражены настолько типично для рельефа плато, что ученые предложили называть их карстовыми. Таким образом, название плато было использовано для обозначения одного из природных процессов, характерных для известняков, а также для других относительно хорошо растворимых природными водами пород. В 1965 г. во время работы IV Международного спелеологического конгресса, который проходил в Югославии,

были организованы экскурсии на плато Карст. Благодаря осуществлению югославскими специалистами лесомелиоративных мероприятий плато изменило свой облик. Многие участки его покрыты древесно-кустарниковой растительностью, но сохранились и выходы на поверхность изъеденных водой известняков. Здесь же в толще пород имеются многочисленные пещеры и среди них одна из интереснейших — Шкоцианская. Она представляет собой подземный тоннель, по дну которого течет бурный поток. Высота потолка тоннеля местами достигает почти 100 м. На границе с плато Карст в Динарских горах расположена другая известная в Европе пещера— Постойнская Яма общей протяженностью немногим более 20 км, в том числе 5 км, электрифицированных и открытых для туристов. Она славится своими красивейшими натеками от белых до темно-бордовых тонов. По пещере проложена железная дорога для туристов. Имеется огромный концертный зал, который в 1965 г. переименован в зал Конгрессов.

Так что же такое карст? Под карстом понимают все явления, связанные с растворением относительно легко растворимых природными водами горных пород, выносом растворенных веществ водой и последующим образованием на поверхности земли различного рода углублений, а в толще пород — каналов, полостей, пещер. Карст — это не только растворение и разрушение пород. При определенных условиях растворенные вещества снова кристаллизуются из воды в виде так называемых вторичных минералов. Многие пещеры в известняках поражают разнообразием и красотой натечных минеральных форм.

Растворение породы происходит одновременно с другими процессами, такими как размывание водой (эрозия), обрушение отдельных блоков пород с потолка и стен полостей под действием силы тяжести.

УСЛОВИЯ ПРОЯВЛЕНИЯ КАРСТА

Одним из основных условий развития карста является наличие на данном участке земной коры карстующихся пород: карбонатных, сульфатных, соляных. Наиболее распространенными среди них являются карбонатные породы: известняки, состоящие преимущественно из минерала кальцита, — CaCO_3 , доломиты — $\text{CaMg}[\text{CO}_3]_2$, мел — CaCO_3 , мрамор — CaCO_3 или $\text{CaMg}[\text{CO}_3]_2$. Растворимость кальцита в чистой дистиллированной воде при температуре 17°C невелика — всего 11 мг в 1 л, но она значительно возрастает при наличии в воде углекислого газа. Углекислый газ содержится в воздухе и почвенном горизонте. Вода, проходя через атмосферу и фильтруясь через почву, обогащается углекислым газом и становится как бы агрессивной по отношению к карбонатной породе, т. е. начинает интенсивно ее растворять.

Сульфатные породы: гипс ($\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$) и ангидрит (CaSO_4) — обладают большей растворимостью по сравнению с карбонатными. Растворимость их в дистиллированной воде достигает 2 г, а в соленых водах даже 7 г в 1 л. Менее распространены по сравнению с карбонатными и сульфатными соляные породы, такие как каменная соль, состоящая из минерала галита (NaCl). Растворимость ее составляет 320 г в 1 л воды.

Карбонатные, сульфатные и соляные породы слагают почти третью часть суши, они встречаются на всех континентах и многих островах за исключением Антарктиды, покрытой мощным слоем льда. Различные случаи залегания карстующихся пород показаны на рис. 2, А. На равнинах и плато они залегают почти горизонтальными или слабонаклонными слоями, местами образуют пологие изгибы или складки, как, например, Уфимский вал на восточной окраине Восточно-Европейской платформы (рис. 2, Б). Крутые выпуклые складки, или антиклинали,

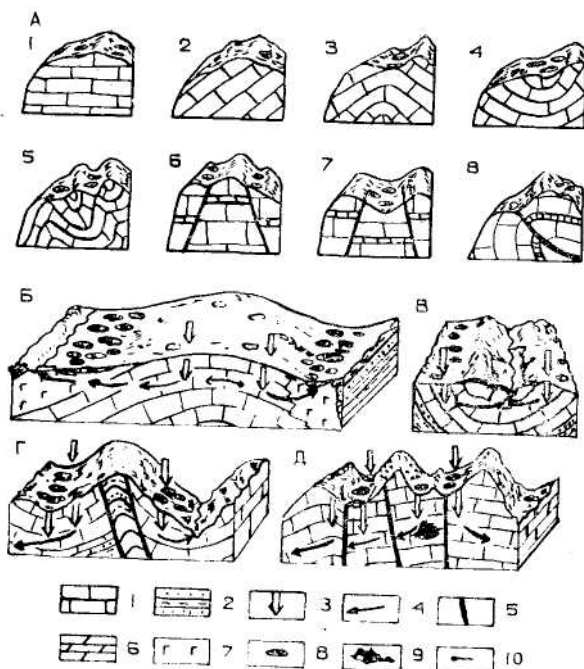


Рис. 2. Условия залегания карстующихся пород: А - виды залегания: 1—горизонтальное, 2— наклонное, 3 — антиклинальное, 4 — синклинальное, 5 — сопряженные антиклинальные и синклинальные складки, 6 — горст, 7 — грабен, 8— надвиг; Б — Уфимское плато; В, Г — карстовые области Урала; Д — один из карстовых районов Кавказа: 1—известняки, 2— некарстующиеся породы, 3 — зоны поглощения и . вертикального стока атмосферных вод, 4 — направление стока карстовых вод, 5 — разрывные нарушения, 6 — доломит, 7 — гипс, ангидрит, 8 — воронка, 9 — полость, 10 — родник

и вогнутые, синклинали, типичны для горных областей (рис. 2, В, Г). Смятые в складки породы осложнены трещинами. Блоки пород, поднятые по крупным трещинам относительно соседних участков, называются горстами, опущенные — грабенами.

Второе основное условие развития карста — наличие в породе трещин и, в меньшей степени, пор, т. е. мелких миллиметровых промежутков. Атмосферные осадки и поверхностные воды по трещинам проникают в породу и движутся в ней. Все породы обладают трещиноватостью, но количество, или густота, трещин с глубиной уменьшается и порода становится менее проницаемой для воды. В горных районах отдельные крупные трещины, или разломы, могут прослеживаться на большую глубину — на сотни и даже тысячи метров.

Третье условие возникновения карста — наличие воды, которая чаще всего имеет атмосферное происхождение. Дождевые воды, выпадая на земную поверхность, а также талые снеговые воды, поглощаются трещинами и движутся в толще пород вниз под действием силы тяжести. По мере углубления трещиноватость уменьшается и вода накапливается на менее проницаемых породах в виде водоносного карстового горизонта. Водоносный горизонт может залегать и на некарстующихся или менее карстующихся водоупорных породах, например, глинах, доломитах. В горных районах, где большую роль играют разломы, карстовые воды не образуют сплошного горизонта, а концентрируются в виде подземных потоков. Вода постоянно движется в толще пород. Карстовые воды выходят на поверхность в виде родников или питают реки, а иногда — озера. В приморских карстовых районах они питают на дне морей пресные источники, называемые субмаринными.

И, наконец, четвертое условие развития карста — способность воды растворять породу, зависящая от температуры, содержания в ней солей, газов, их состава.

Обычно в толще карстующихся пород минерализация воды, т. е. содержание в ней растворенных солей, увеличивается с глубиной. При движении в трещинах и полостях вода насыщается солями и часть растворенных в ней соединений отлагается в виде вторичных минералов.

Согласно Д. С. Соколову, только при наличии перечисленных условий возможно образование карстовых форм как на поверхности, так и в толще пород.

Каковы же геологические условия развития карста в Пермской области? Территория Пермской области расположена в пределах трех крупных геологических структур (см. рис. 1). Восточную ее часть представляет складчатый Урал. Здесь карстуются известняки, доломиты мощностью в сотни метров, чередующиеся с песчаниками, конгломератами, глинистыми породами преимущественно девонского, каменноугольного и нижнепермского возраста. Породы смяты в линейные складки, вытянутые в меридиональном направлении. Они осложнены трещинами и крупными разрывными нарушениями — надвигами (рис. 2, Г).

Западнее складчатого Урала простирается Предуральский прогиб, где на поверхность выходят песчаники, глинистые породы, известняки, мергели, местами гипсы и ангидриты пермского возраста, слагающие пологие поднятия — валы, своды и впадины. К наиболее погруженной части прогиба — Соликамской впадине — приурочена мощная соляная залежь. Соль обнаружена на севере области, в Верхнепечорской впадине, и местами на юге, в Юрюзанно-Сылвинской депрессии.

Западная половина Пермской области занимает часть Восточно-Европейской платформы, поверхность которой сложена более молодыми верхнепермскими песчаниково-глинистыми породами, в меньшей степени — нижнепермскими известняками, гипсами и ангидритами. Карстующиеся породы образуют пологие

антиклинальные складки, такие как Уфимский вал (рис. 2, Б). Повсеместно во всех трех геологических структурах породы в верхней части, вблизи земной поверхности, осложнены трещинами.

В карстовых районах Пермской области выпадает от 500 до 800 мм атмосферных осадков в год. В условиях расчленения поверхности реками и временными потоками часть дождей и талых вод стекает по земной поверхности, а часть их по трещинам проникает в карстующиеся породы. Слабоминерализованные воды при движении по трещинам растворяют породу, образуя карстовые формы.

Одним из наиболее интересных представляется район Кунгурской ледяной пещеры. Пещера находится в северо-западной части Уфимского плато. Поверхность его, осложненная ложбинами и воронками, поднимается над р. Сылвой на 80—90 м. Придолинная часть платообразной возвышенности, называемая местным населением Ледяной горой, сложена пластами гипса и ангидрита, разделенными маломощными слоями доломита и известняка. Ниже залегают плотные слабоводопроницаемые доломиты (рис. 3). Эти породы относятся к кунгурскому ярусу пермской системы и имеют возраст более 250 млн лет. В период образования Уральских гор на территории Предуралья происходило поднятие, сопровождавшееся образованием в породах трещин. Поднимающееся плато расчленялось реками, которые, размывая породы, сформировали глубокие долины.

В районе Кунгурской пещеры выпадает в среднем 500 мм атмосферных осадков в год, причем большая часть их приходится на теплый период. Дождевые и талые воды, стекая по поверхности, просачиваются через рыхлые отложения, покрывающие карстующиеся породы. Там, где покровные отложения отсутствуют или имеют небольшую мощность, часть воды проникает непосредственно по трещинам в гипсы и ангидриты. В местах, где поглощается больше воды, появляются воронкообразные

углубления. Зимой в них скапливается снег, весной он медленно тает, способствуя дальнейшему растворению породы и увеличению воронок. Это зона поверхностного стока (или циркуляции) и поглощения атмосферных вод.

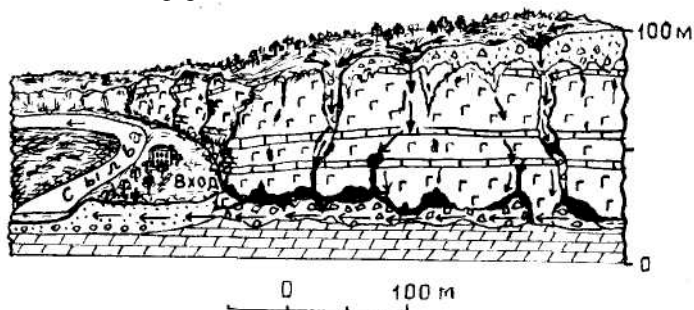


Рис. 3. Условия развития карста в районе Кунгурской пещеры. Стрелками показано направление движения карстовых вод. Условные обозначения см. на рис. 2.

Вода, проникающая в трещины, движется в породе вниз под действием силы тяжести. Зона вертикальной нисходящей циркуляции воды имеет мощность 60—70 м. С глубиной трещиноватость и водопроницаемость породы уменьшаются. Вода скапливается в виде горизонта карстовых вод на менее проницаемой породе. В Кунгурской пещере это плотные слабопроницаемые доломиты. Горизонт карстовых вод называют также зоной горизонтальной циркуляции. Вода движется здесь почти горизонтально, с небольшим уклоном. Карстовые воды Кунгурской пещеры просачиваются через речные отложения — гальку, песок — в русло реки Сылвы. Весной, в половодье, когда уровень реки поднимается, речные воды, фильтруясь через песок и гальку, проникают в пещеру. Проникновение талых вод и атмосферных осадков с поверхности плато и внедрение речных вод в

трещиноватые закарстованные породы вызывают сезонный подъем уровня карстовых вод в пещере. Зона сезонных колебаний уровня карстовых вод является переходной между зонами вертикальной и горизонтальной циркуляции.

Движущаяся по трещинам вода растворяет породу и образует каналы и полости. Количество растворенных веществ в воде, или минерализация, возрастает. В районе Кунгурской пещеры в 1 л атмосферных осадков содержится 10—30 мг солей, а в 1 л карстовых вод пещеры— до 2,5 г. Не насыщенные солями атмосферные осадки обладают хорошей растворяющей способностью по отношению к гипсам и ангидритам. Но и на уровне минерализованных карстовых вод растворение не прекращается. Оно становится интенсивнее весной, в половодье, когда в пещеру проникают пресные речные воды. Объем полостей увеличивается в результате, как растворения, так и обрушения пород со сводов.

ПОВЕРХНОСТИ, «ИЗЪЕДЕННЫЕ» КАРРАМИ И ВОРОНКАМИ

Развитие карста зависит от состава карстующихся пород, условий их залегания, положения относительно уровня реки или моря, наличия на их поверхности не-карстующихся отложений, а также от климата — количества атмосферных осадков, их распределения по сезонам, температурных условий. Все эти геологические и климатические факторы определяют особенности возникающих карстовых форм.

В горных районах, таких, например, как Крым, Кавказ, Альпы, там, где известняки выходят на земную поверхность, в результате неравномерного растворения породы образуются многочисленные углубления, разделенные гребешками, выступами высотой обычно не более 2 м, называемые каррами (рис. 4, А). Карровые поля безводны, лишены растительности, труднопроходимы. Реже карры возникают в местах выхода на поверхность гипсов. Они нехарактерны для равнинных территорий,

где карстующиеся породы обычно покрыты песчаными и глинистыми отложениями.

При расширении водой карровых углублений или трещин в породах появляются узкие вертикальные каналы с диаметром входного отверстия до 0,5 м, реже — 1 м, называемые понорами. Вертикальные цилиндрические углубления диаметром до 3—5 м и глубиной до 20 м относят к карстовым колодцам. По форме они напоминают искусственные колодцы.

Для многих карстовых областей Русской равнины, Предуралья и Урала, где известняки, гипсы или другие карстующиеся породы покрыты почвой, рыхлыми песчаными и глинистыми отложениями, типичны многочисленные замкнутые углубления, которые в зависимости от размера называют воронками или котловинами. В Пермской области их учтено более 25 тыс. Воронки имеют различную форму: блюдцеобразную, чашеобразную, цилиндрическую. Поперечник их обычно составляет 5—25 м, глубина — не более 5 м, но встречаются и крупные воронки диаметром до 100 м и глубиной до 25 м. На дне некоторых из них есть поноры, поглощающие воду. Крупные сложные замкнутые понижения с поперечником более 100 м называют карстовыми котловинами. Местами воронки и котловины располагаются настолько густо, что между ними сохраняются только узкие перемычки. Число воронок на площади в 1 км² может достигать более 500. Такие поля воронок встречаются в Кунгурском, Кишертском, Ординском, Добрянском и других районах Пермской области. Сильнозакарстованные поверхности осложняют строительство зданий, дорог, нефте- и газопроводов, линий высоковольтных передач.

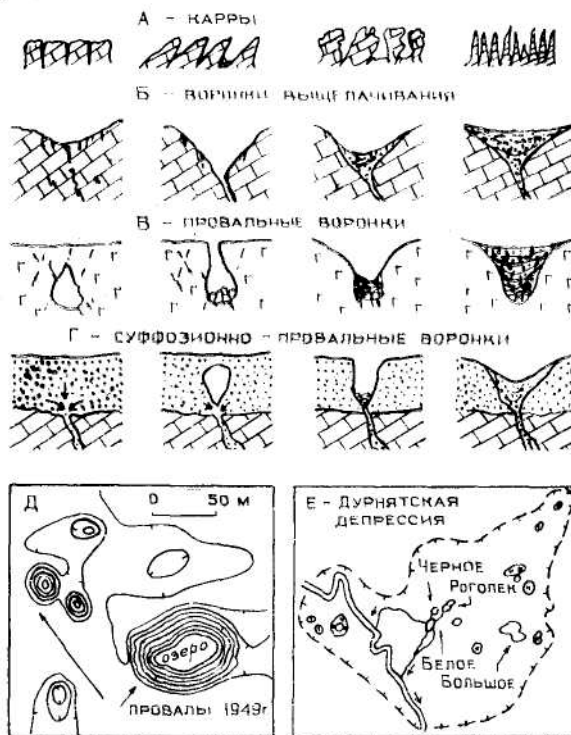


Рис. 4. Поверхностные формы карста: А — профиль карровой поверхности; Б, В, Г — схемы образования разных типов карстовых воронок; Д — план участка провалов 1949 г. в с. Усть-Кишерть (горизонталь проведена через 1 м); Е — план Дурнятской депрессии (по К. Г. Бутыриной)

таком случае проводятся специальные инженерно-геологические изыскания и осуществляются. В мероприятия по укреплению площадок, на которых ведется строительство.

Более крупные по сравнению с воронками и котловинами замкнутые понижения с поперечником до 10 км, называемые карстовыми депрессиями, возникают в карстовых районах, где гипсы, ангидриты или каменная соль залегают среди некарстующихся пород (песчаников, глин и др.). Примером их является Дурнятская депрессия в долине реки Пожвы в Пермской области с многочисленными озерами и родниками (рис. 4, Е). В горных районах, где песчаники, глины и другие некарстующиеся породы переслаиваются с известняками и доломитами, образуются огромные понижения — поля с площадью до 500 км². Дно этих понижений ровное, покрытое речными отложениями, склоны круглые, скалистые. У подножья склонов выходят мощные родники, дающие начало рекам, которые исчезают в понорах или пещерах. В Европе известны поля Югославии. Поля встречаются на Кавказе, например, Ахалсепельское, Це бельдинское и др.

В горных тропических карстовых областях Кубы, Ямайки, Вьетнама, Китая и других стран закарстованные известняки поднимаются в виде конусов или башен высотой до 200 м над разделяющими их полями, котловинами, равнинами. Это останцы или, по-кубински, моготе.

ОБРАЗОВАНИЕ КАРСТОВЫХ ВОРОНОК

Возникновение и развитие воронок определяется местными геологическими условиями. Там, где трещиноватые известняки, гипсы или другие карстующиеся породы выходят на поверхность, в местах их наиболее активного растворения водой, вначале образуется неглубокое блюдцеобразное понижение. Летом в него стекает дождевая вода, зимой здесь накапливается снег. Дождевые и талые воды, поглощаемые трещинами, растворяют породу. Первоначально небольшая впадинка постепенно увеличивается и

превращается в глубокую конусообразную воронку с понором на дне. Такие воронки выщелачивания, называемые коррозионными, развиваются медленно. Если в трещинах и понорах на дне воронки накапливается глинистый материал, то начинается ее регрессивное развитие. Со временем она заполняется песчано-глинистым материалом или превращается в озеро (рис. 4, Б).

Значительную опасность для зданий и различных инженерных сооружений представляют провальные воронки, или провалы, которые характерны для участков, сложенных гипсами. На рис. 4, В показано образование провала в результате обрушения кровли полости в гипсах. Свод полости при обвалах пород смещается вверх. Наконец он смыкается с земной поверхностью, и на этом участке появляется провал.

Могут быть и более сложные случаи, когда карстующиеся породы (гипс, известняк) покрыты рыхлыми песчаными отложениями. Под воздействием подземных вод песчинки перемещаются через трещину или небольшую полость в закарстованную породу. Процесс выноса частиц породы подземной водой называется суффозией. В месте выноса рыхлых отложений появляется полость, свод которой смещается вверх и вскрывается в виде провала. Такие суффозионно-провальные воронки нередкость в районе города Дзержинска (рис. 4, Г).

Размеры возникающих провалов различны. Например, в окрестностях города Кунгура большая часть провалов имеет поперечник менее 5 м, в то время как в районе города Дзержинска провалы с поперечником от 5 до 30 м составляют более половины их общего числа,

В Пермской области известны случаи образования огромных провалов. Таковы провалы, происшедшие в долине реки Сылвы на территории села Усть-Кишерть 28 и 29 августа 1949 г. (рис. 4, Д). Участок, где они возникли, сложен гипсами и ангидритами, на которых залегают галечники, пески, суглинки.

В 7 часов вечера 28 августа на приусадебном участке одного из жителей начала проседать почва. В результате прогибания поверхности в течение двух часов возникло блюдцеобразное понижение. В его северо-западной стенке открылась трещина. Затем началось обрушение поверхности, сопровождавшееся шумом и излиянием воды. К 9 часам вечера оно закончилось. Очевидцы увидели глубокий провал с отвесными стенками, который быстро заполнился водой. Ночью обрушение возобновилось, и к утру появился рядом с первым второй провал. Между ними сохранилась невысокая перемычка, которая затем была размыта. Общая длина сдвоенного провала достигала 50 м при ширине первого — 40 м и второго — 28 м. Отвесные стенки имели высоту 9 м. Наибольшая глубина от поверхности воды до дна составляла 5,5 м. В 3 часа ночи 29 августа недалеко от первого и второго провалов образовался третий провал округлой формы - с диаметром 17,5 м. В нем исчезла росшая здесь старая черемуха. В настоящее время соединившиеся первый и второй провалы представляют собой озеро, воду которого местное население использует для хозяйственных нужд. Кишертские провалы — редкий случай одновременного образования трех крупных провальных воронок.

В марте 1956 г. севернее села Усть-Кишерт у подножья Посадской горы в излучине реки Сылвы возникла цепочка из четырех провалов. Наибольший из них имел длину 22 м, ширину 17 м, глубину до воды 4,6 м. Остальные отличались меньшими размерами.

Провалы, внезапно появляющиеся под сооружениями, зданиями, вблизи дорог, нефте-, газопроводов, могут быть причиной аварийной ситуации. Отмечено увеличение количества провалов под влиянием деятельности человека.

УДИВИТЕЛЬНЫЕ ОЗЕРА

Еще одной достопримечательностью областей распространения гипса, известняка, мела и других карстующихся

пород являются карстовые озера. Они отличаются от озер иного происхождения временем существования, глубиной, составом и температурой воды. Это воронки или же котловины, в некоторых случаях — поля, заполненные водой. При небольшой площади водной поверхности они могут превосходить по глубине такие крупнейшие озера, как Севан (глубина 86 м), Онежское (127 м) и даже Ладожское (230 м).

Одно из глубочайших карстовых озер — Црвено (Красное)—расположено в Югославии вблизи города Имотски. Глубокая цилиндрическая котловина в известняках имеет поперечник в верхней части около 400 м, а глубину от поверхности до дна 519 м. Глубина озера в зависимости от сезона года колеблется от 249 до 270 м (рис. 5, А).

Другое глубокое озеро — Чирик-Кель — находится на Северном Кавказе в известняках Скалистого хребта. Вода заполняет вертикальный канал глубиной до 258 м, в верхней части несколько расширенный. В плане озеро овальной формы (длина 233, ширина 146 м). Из него вытекает река, объем воды в которой достигает 68 тыс. м³ в сутки (рис. 5, Б).

В Пермской области известно более 500 карстовых озер. В большинстве своем они маленькие — поперечник менее 50 м, глубина не более 3 м; реже встречаются глубокие озера. Сравнительно большую площадь — 42 тыс. м² — имеет озеро Большое, расположенное на 8 км севернее поселка Мутный. Глубина его 16 м (рис. 5, Г). Самое глубокое карстовое озеро — Роголек— находится в пойме реки Пожвы вблизи деревни Дурнята Добрянского района. При глубине озера 61 м площадь водного зеркала не превышает 6 тыс. м² (99Х80 м).

ВОЗНИКНОВЕНИЕ И ИСЧЕЗНОВЕНИЕ ОЗЕР

Карстовые озера могут возникать на глазах у людей, как, например, озеро Провал в селе Усть-Кишерть. Если провал вскрывает подземные грунтовые или карстовые воды, он быстро заполняется водой и превращается в озеро. Такие озера питаются подземными водами и имеют относительно постоянный уровень воды. Например, украшением уже упомянутого села Усть-Кишерть является озеро Молебное. Оно имеет округлую форму (112X108 м), глубина его достигает 19,5 м. Вода озера обладает хорошими вкусовыми качествами. На территории этого селения известно 10 карстовых озер, среди которых Провал, Безымянное, Восьмерка, Зуевское и др.

Возможен и иной путь возникновения карстовых озер. Если трещины и поноры на дне воронки или котловины заполняются глиной или другим водонепроницаемым материалом, то атмосферные осадки и талые воды скапливаются в понижении, образуя озеро. Уровень воды в таких озерах сильно колеблется — весной он повышается, в сухие периоды понижается. Бывают случаи периодического исчезновения озер. Вода из них уходит, если поноры и трещины на дне освобождаются от водопроницаемых «пробок» в результате их размыва. Например, сравнительно большое озеро в деревне Залесной на Чусовской стрелке Камского водохранилища (поперечник 80 м, глубина до 11 м) исчезало в 30-е годы, а затем восстановилось. Иногда жители тампонируют поноры, поглотившие воду, что способствует накоплению воды в котловине.

ОЗЕРА-РОДНИКИ

Некоторые озера представляют собой воронкообразные расширенные в верхней части каналы, из которых на земную поверхность вытекают подземные карстовые воды, дающие начало рекам. Это сточные родниковые озера.

Ученых заинтересовала группа озер-родников в Дурнятской карстовой депрессии (центральная часть Пермской области),

изученная пермским географом К. Г. Бутыриной. Это озера Белое, Черное, Роголек, Каменка. Озеро Роголек является самым глубоким в Пермской области.

Размеры озер Дурнятской депрессии, м

Озеро	Длина	Ширина	Глубина
Белое	123	84	46
Роголек	99	80	61
Черное	65	65	15,9
Каменка	59	59	7,7

Из озер в реку Пожву течет ручей, расход воды в котором достигает 40 тыс. м³ в сутки.

В СССР известны еще более мощные озерные родники. Родник Красный Ключ с максимальным расходом воды в весенний период до 4 млн. м³ в сутки вытекает из-двух озер в долине реки Уфы на территории Башкирии. Поперечник большего из них достигает 170 м, глубина 38 м.

В окрестностях селения Златна Панега в Болгарии расположены два родниковых озера Глава Панега. Одно из них — Горно — имеет длину 73 м, ширину 22 м, наибольшую глубину 16 м. На глубине 12 м из карстового канала вытекает мощный родник. Южная глубокая часть озера обрамлена отвесными скалами известняка. Озеро Горно отделено порогом от озера Долно, глубина которого значительно меньше — 7 м. В озере Долно берет начало река с расходом воды, по данным Н. Бояджиева, более 400 тыс. м³ в сутки. Вода озер используется для водоснабжения населения и промышленных предприятий, а также для орошения полей.

Родниковые озера привлекают внимание гидрогеологов которые рассматривают их как возможные источники питьевого и хозяйственного водоснабжения.

СОЛОНОВАТЫЕ И СОЛЕННЫЕ ОЗЕРА

Состав воды родниковых озер определяется составом

поступающих в них подземных карстовых вод. Если на участке, где находится озеро, залегают гипсы или соли, подземная вода, растворяя их, становится соленовой или соленой. Вода с минерализацией менее 1 г солей на литр относится к пресной, от 1 до 10 — к соленовой, свыше 10 — к соленой.

Пермская область расположена в лесной зоне, для которой характерны пресные озера. Исключением являются отдельные карстовые родниковые озера. Наиболее интересное из них — Белое в Дурнятской депрессии. Оно состоит из двух воронок общей длиной 123 м и наибольшей шириной 84 м. Глубина в одной воронке — 25 м, в другой — 46 м (рис. 6). Основная масса воды соленая, содержит 11 — 13 г солей в одном литре. Верхний тонкий слой воды поступает из озер Черное,

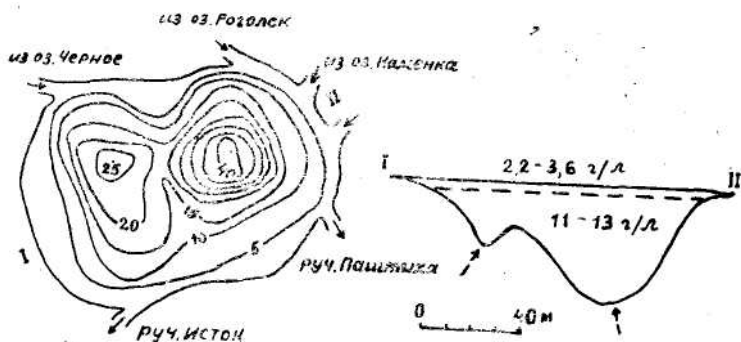


Рис. 6. План и профиль котловины озера-родника Белое (по К. Г. Бутыриной)

Каменка и Роголек и поэтому менее минерализован — около 2 г солей на литр. Двуслойным по минерализации и составу воды является озеро Среднеполазенское, расположенное в пойме правого

берега реки Полазна на 4 км западнее деревни Дивья Добрянского района. Озеро глубиной до 9,6 м, шириной 115 м и длиной 198 м состоит из трех слившихся воронок. Один берег его высокий с выходами гипса. В поверхностном слое озера вода мягкая, пресная. С глубины 3,5 м и до дна она холодная солоноватая, гипсового состава. Подобные многослойные озера — сравнительно редкое явление. Они отражают особые геологические условия местности.

НЕЗАМЕРЗАЮЩИЕ ОЗЕРА

Карстовые озера, на дне которых выходят мощные карстовые родники, не замерзают даже в сильные морозы. По наблюдениям К. Г. Бутыриной, в Дурнятской депрессии не покрывается льдом озеро Каменка. Над глубокой частью озера Роголек всю зиму остается полынья. Озеро Белое покрывается льдом только в самые сильные морозы. Препятствует образованию льда приток снизу подземных вод, которые в течение года имеют температуру 4—4,5°C. Озера, представляющие собой мощные выходы подземных вод, отличаются постоянной и сравнительно низкой (4—5°C) температурой всей массы воды.

Н. А. Прозорова описала озеро Оклина на правом берегу реки Оки в окрестностях города Дзержинска. На дне озера, котловина которого состоит из многочисленных воронок, выходят под напором подземные воды с постоянной температурой, равной 6°C. Вода гипсового состава имеет минерализацию 2,4 г на литр. Из озера вытекает ручей. Незамерзающие озера для гидрогеологов — надежный признак выхода подземных вод на земную поверхность.

ПЛАВАЮЩИЕ ОСТРОВА И ОЗЕРА-НЕВИДИМКИ

Многие озера, за исключением родниковых, проходят цикл развития от молодых до сильно заболоченных за сравнительно короткий отрезок времени. Заболачивание озера происходит двумя путями. Один путь — появление болотной растительности: осоки, тростника, водяных лилий — на берегах и в мелководье, а затем постепенное распространение ее к середине озера и сокращение водной поверхности. Второй путь — разрастание на поверхности воды сплавины, состоящей из плотного сплетения корневищ водных растений. Вначале она появляется у берегов, затем при колебании уровня воды отрывается от берега и переносится ветром по водной глади. На сплаvine растут березки высотой до 5—7 м, кустики ивы и угнетенные переувлажнением ели. Мягкий и зыбкий ковер в народе называют зыбуном. Такие озера встречаются в Пермской области. Остров-зыбун плавает на озере Сырник, которое находится в окрестностях деревни Загоскино. Он занимает более трети озера и меняет свое положение в зависимости от направления ветра.

Чаще всего сплавина на озерах неподвижна. Разрастаясь, она покрывает почти всю поверхность воды, и озеро становится невидимым. В рельефе оно предстает как блюдцеобразное понижение с ровным плоским дном, покрытым болотной растительностью. Глубина под сплавинной на некоторых озерах достигает 8—20 м. В Дурнятской депрессии озеро Малое глубиной 20 м почти полностью покрыто сплавинной, у берегов она заросла хвойным лесом, а ближе к центру — кустарником, луговой и болотной травой.

Сплавина на озере Савушкин Ложок (глубина 12 м) состоит в основном из водяных мхов, поэтому она тонкая и зыбкая. Озера со сплавинной есть и на Чусовской стрелке Камского водохранилища, например, два озера в деревне Кулигино диаметром 55 и 77 м имеют глубину под сплавинной соответственно 9,5 и 8 м.

На примере карстовых озер можно исследовать развитие водоема от

молодого провала, заполненного водой, до болота. На небольших участках в одной озерной группе прослеживаются все стадии заболачивания. В окрестностях деревни Мазуевка (рис. 7) озера Большое (160x57 м), Черная Яма (62x41 м), Светлая Яма (100x40 м) глубиной от 4 до 6 м слабо заболочены, озеро Карасье (400x70 м) — более чем на половину площади покрыто сплавиной, причем глубина воды у ее края достигает 8 м. Озера Южное (240x140 м) и Среднее (60 м) сплошь затянuty сплавиной, в которой видны небольшие окна воды.



Рис. 7. План расположения озер Мазуевской депрессии: 1 — озеро, 2 — сплавина, 3 — сухие воронки

В Пермской области есть озерные карстовые районы: территория села Усть-Кишерть, окрестности деревень Мазуевка, Дикое Озеро, Бурцево, бассейн нижнего течения реки Косью. В них озера, как синие задумчивые глаза, украшают лицо земли. Тихие маленькие водоемы придают неописуемую красоту местности. Озера являются разновидностью водных ресурсов и охраняются государством. Во многих населенных пунктах вода озер используется для хозяйственных целей. Живописные водоемы могут

быть объектом туризма. Но при их использовании необходимо всегда помнить, что они легко загрязняются, а поэтому нуждаются в охране.

НЕБОЛЬШИЕ ПОЛОСТИ И ПЕЩЕРЫ

При бурении скважин в карстовых районах часто наблюдаются случаи провала бурового инструмента. Обнаруживаются полости в карстующихся породах от небольших до имеющих поперечник в несколько метров. Например, при бурении скважин в период изысканий под одной из опор железнодорожного моста через реку Чусовую были вскрыты полости в гипсах, заполненные водой, с вертикальным поперечником до 7 м. Для предотвращения просадки опор моста в карстовые полости производилось инженерное укрепление пород. Полости под давлением заполнялись специальной смесью из цемента и глины.

Естественные полости, в которые может проникнуть человек, называются пещерами. Пещеры могут иметь один или несколько выходов на земную поверхность по берегам рек, морей, на склонах гор, на дне карстовых воронок и котловин. Некоторые пещеры обнаруживаются при проходке туннелей и горных выработок, вскрываются карьерами.

В Пермской области на северо-западной окраине города Кизела на правом берегу реки Кизел в декабре 1953 г. очередным взрывом в известняковом карьере была вскрыта пещера, названная Кизеловской Медвежьей. Рабочие карьера нашли в гроте большое количество черепов и костей животных. В Туркмении в 1973 г. при разработке Гаурдакского месторождения серы была найдена пещера в известняках, гипсах, ангидритах, и серных рудах. Гаурдакская пещера, протяженность которой в результате дальнейших исследований достигла 7 км, представляла собой естественный минералогический музей. При добыче серы пещера частично была

затоплена.

Другая известная не только в СССР, но и за рубежом пещера — Золушка — обнаружена в гипсовом карьере на территории Молдавии. Основные подземные ходы и гроты ее расположены в Черновицкой области на юго-западе Украины. Большая часть пещеры была заполнена водой. Благодаря откачке воды в карьере она была осушена и стала доступной для исследователей. Черновицкие спелеологи, продвигаясь все глубже в массив, открыли сложную систему полостей общей протяженностью более 80 км.

К пещерам относятся как небольшие полости, в которые может проникнуть человек, так и лабиринты полостей разных размеров общей протяженностью до сотен километров. Узкие более или менее прямолинейные участки пещер называют коридорами, расширенные пространства — гrotами, залами, галереями, а соединяющие их более узкие короткие участки — проходами. Трудно преодолимые проходы спелеологи относят к лазам, а проходы с крутыми изгибами — к меандрам. В пещерах встречаются узкие вертикальные каналы, или внутренние колодцы, и более глубокие — шахты, а также коленообразные каналы, заполненные водой, или сифоны.

Полости и их части различно ориентированы в пространстве. Это преимущественно вертикальные полости или шахты, состоящие из нескольких повторяющихся нисходящих участков, разделенных короткими более пологими участками; сложные пещеры, представляющие собой сочетание колодцев, шахт, горизонтальных и наклонных участков; наклонные нисходящие пещеры, обычно постепенно выполаживающиеся с глубиной, и горизонтальные пещеры. Вертикальные пещеры характерны для горных районов, испытывающих в современный период поднятие, а горизонтальные — типичны для равнин и плато. Последние встречаются и в горах, в некоторых случаях они образуют многоэтажные пещерные системы.

ШАХТЫ И СЛОЖНЫЕ ВОДОНОСНЫЕ СИСТЕМЫ

Вертикальные полости возникают в зоне нисходящей вертикальной циркуляции карстовых вод, которая имеет большую мощность в молодых высокогорных областях, испытывающих поднятие. В древних горных сооружениях, таких как Урал, нет условий для образования глубоких пещер. В Пермской области, по данным С. В. Валуйского, С. С. Евдокимова, В. В. Родионова, только пять пещер имеют глубину более 65 м. Самая глубокая из них — Геологов-2 — погружается на глубину 135 м при протяженности гrotов и ходов 3,4 км. В окрестностях города Губахи находится другая глубокая пещера — Темная — длиной 1,3 км. Она исследована до глубины 130 м (рис. 3). Изучены колодцы, шахты, сложные водоносные системы в Крыму, на Кавказе, плато Кырктау в Средней Азии. Известный ученый — спелеолог В. Ы. Дублянский описал

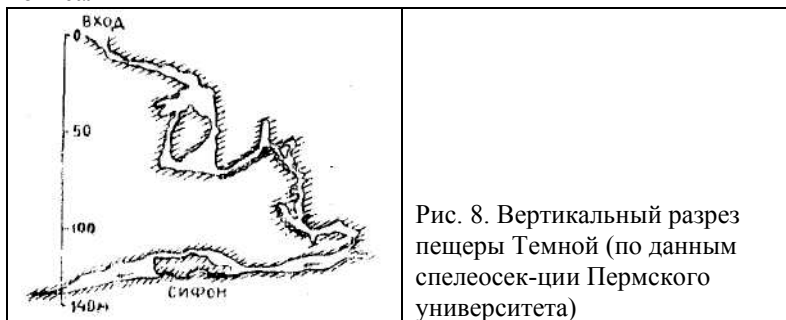


Рис. 8. Вертикальный разрез пещеры Темной (по данным спелеосек-ции Пермского университета)

136 пещер Чатырдагского массива в Крыму, причем более половины их представлены вертикальными колодцами и шахтами. Например, шахта Ход Конем длиной 95 м погружается на глубину более 200 м (рис. 9, А). Она состоит из внутренних колодцев и шахт глубиной от 10 до 35 м, соединенных узкими круто наклоненными ходами.

Полость образовалась в трещинах известняка. В плане она имеет вид сложной спирали.

Конусообразной формой отличается шахта Курюч-Агач на Карабийском массиве. Здесь же расположена шахта Гвоздецкого глубиной 180 м, заложённая также по крупной трещине в известняках. Узкие лазы и колодцы ее местами расширяются, образуя залы (рис. 9 Б, В). Примером глубокой сложной полости является пещера Парящая птица в массиве Фишт на Западном Кавказе протяженностью 1290 м и глубиной 535 м (рис. 9, Г). Она начинается несколькими отверстиями, которые ведут в колодцы и шахты. За ними простирается извилистый ход с уступами по 6—8 м и 40-метровая внутренняя шахта с водопадом. На дне ее начинается 200-метровая галерея, по которой течет поток. И далее снова следуют шахты глубиной 20—60 м, приводящие к обводненному сифону на глубине 515 м. В 1983 г. красноярские спелеологи преодолели этот сифон и вышли в галерею.

В горных районах сложные пещерные системы достигают в глубину сотен и даже тысяч метров (рис. 10 А, Б, В). В верхних частях горных массивов преимущественно вертикальные поноры, колодцы и шахты поглощают атмосферные осадки, талые воды, поверхностные водотоки. На более низких уровнях в толще пород подземные потоки соединяются в водоносные системы, которые питают родники, реки или разгружаются в море.

Одной из наиболее изученных является водоносная карстовая система массива Алек на Западном Кавказе

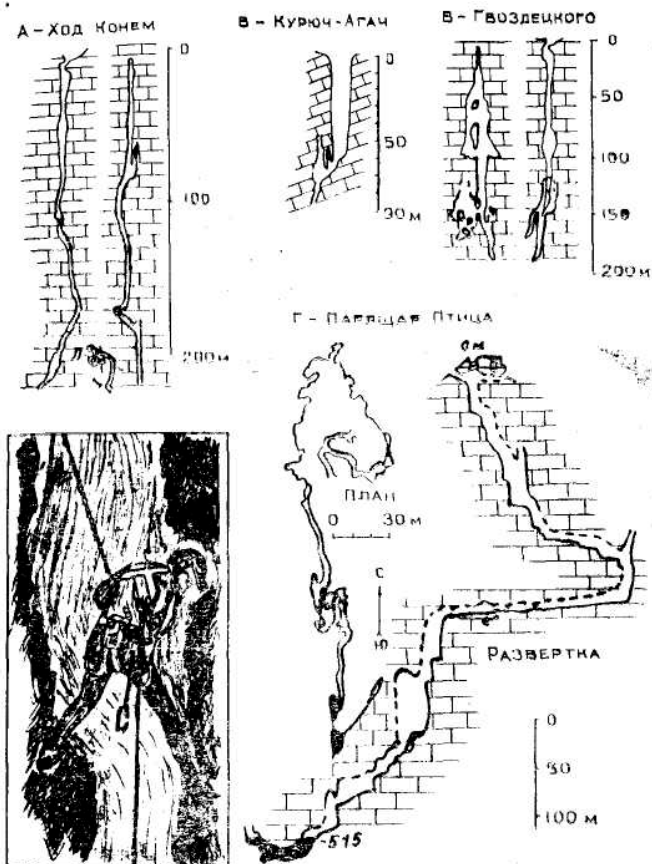


Рис. 9. Вертикальные пещеры: А, Б, В — шахты Ход Конем, Курюч-Дгмч. Гвоздеикого (по В. И. Дублянскому и А. Л. Ломаеву); Г — шахта Парящая птица (по материалам Центральной и Свердловской комиссий спелеотуризма)

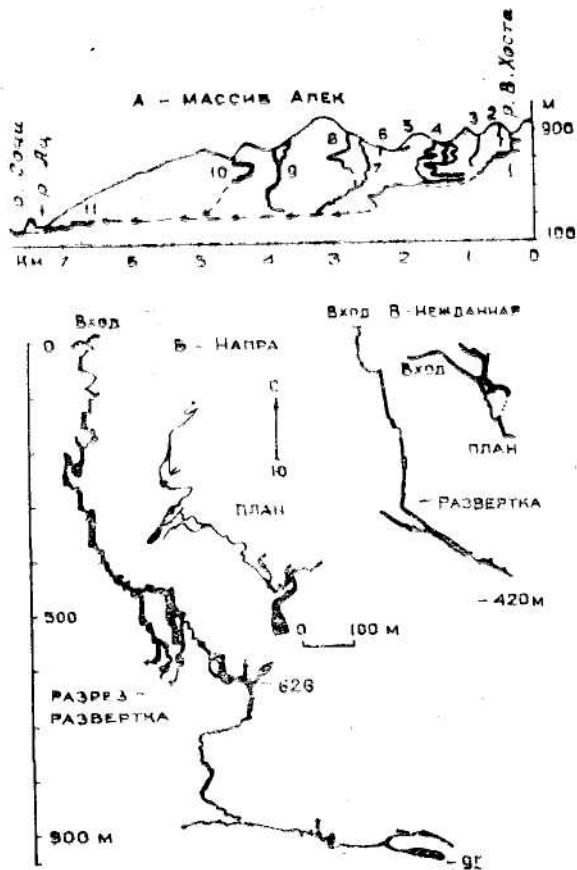


Рис. 10. Пещеры горных областей. А — схематический профиль шахт-пещер массива Алек на Кавказе: 1 — Географическая, 2 — Девичья, 3 — Величественная, 4 — Назаровская-Осенняя, 5 — Барибана 6 — Федорова, 7 — Заблудших, 8 — Ручейная, 9 — Октябрьская,

10—Медвежья (по В. Н. Дублянскому и В. В. Илюхину); 11—пещера-источник Соколова; Б — план и вертикальный разрез развертка пещеры Напра на Бзыбском массиве Западного Кавказа (по материалам Красноярского клуба спелеологов 1982—1988 гг.); В — план и вертикальный разрез-развертка пещеры Нежданная в районе Большого Сочи на Кавказе (по М. А. Котцову)

(рис. 10, А). Верхняя ее часть включает шахты Географическую, Величественную, Назаровскую, Школьную, ручейную — Заблудших, в нижней части располагается пещера-источник Соколова, по которой течет река. В паводок уровень подземной реки поднимается на 20—30 м и она вытекает из пещеры мощным потоком в долину реки Ац. В межень пещерная река исчезает в сифоне, а затем выходит на поверхность двумя источниками на левом берегу реки Сочи.

Как показывают примеры, каждая пещера состоит из отдельных элементов, различно ориентированных в пространстве — вертикальных, наклонных, горизонтальных. Разнообразные случаи сочетания этих элементов показаны на рис. 11, А: 1—простые вертикальные шахты, состоящие из одного элемента; 2—четковидные с чередованием расширенных участков и узких вертикальных лазов; 3 — ступенчатые с однообразным повторением вертикальных элементов, соединяющихся короткими горизонтальными или наклонными; 4 — наклонные с преобладанием повторяющихся наклонных участков; 5 — вертикально-наклонные; 6, 7, 8, 9 — коленообразные, включающие несколько повторяющихся разнонаправленных элементов, например, такие шахты, как Ноктюрн, Юбилейная, Вахушти, Куйбышевская, Напра на Кавказе; 10, 11, 12, 13, 14 — сложные пещерные системы, состоящие из взаимосвязанных шахт, наклонных и горизонтальных полостей;

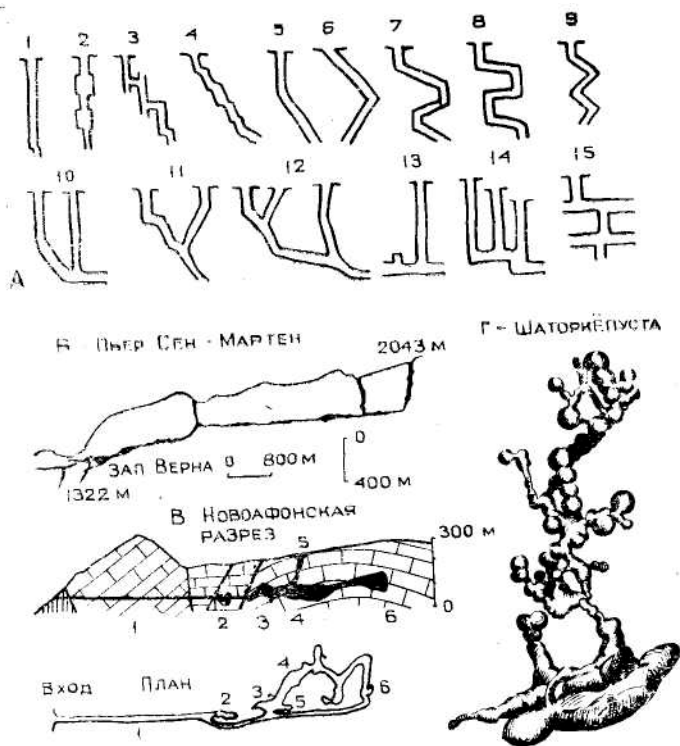


Рис 11 Вертикальные разрезы пещер. А — положение фрагментов пещер в вертикальном разрезе (цифры объяснены в тексте); Б — глубочайшая подземная система в Пиренеях Пьер Сен-Мартен (Франция-Испания); В — план и вертикальный разрез Новоафонской пещеры (по В. Н. Дублянскому); Г - макет гидротермальной пещеры (по Л. Якучу)

15 — многоэтажные, включающие пещерные горизонты, расположенные на разных уровнях. Спроектированные на план полости имеют разный рисунок: прямолинейный, спиральный, древовидный, перистый, сложный.

Вертикальные разрезы-развертки не дают полного представления о пространственном положении отдельных элементов пещеры. Поэтому венгерский исследователь пещер Л. Якуч использует для показа гидротермокарстовых полостей объемную модель. Гидротермокарстовые полости образуются горячими водами, поднимающимися по разломам с большой глубины. Для них характерны гроты с округлыми сводами (рис. 11, Г).

На 1 января 1990 г. в различных странах исследовано 37 пещер глубиной более 1000 м, среди них пять находятся на территории СССР (табл. 1).

Таблица 1

Глубочайшие пещеры мира, м (по данным В. Э. Киселева)

Жан-Бернар (Франция)	1602
В. Пантюхина (СССР)	1508
Траве (Испания)	1441
Иламинако Атеак — БУ 56 (Испания)	1408
Снежная — Меженного (СССР)	1370
Уаутла (Мексика)	1353
Пьер Сен-Мартен (Франция—Испания)	1342
Бой-Булок (СССР)	1310
Берже (Франция)	1241
В. Илюхина (СССР)	1240
Олдивифер (Италия)	1220
Шверсистем (Австрия)	1219
Мирольда (Франция)	1211
Фигьера-Коркия (Италия)	1190
Козаностралох (Австрия)	1186
Дахштейн-Мамутхеле (Австрия)	1180

Араноньера (Испания)	1179
Юбилаумшахт (Австрия)	1173
Сима 56 де Андара (Испания)	1169
Брака де Тюрунь (БТ 6) (Франция)	1166
Ану Ифлис (Алжир)	1159
Б-15 Фуэнте де Эскуэйн (Испания)	1150
Акемати (Мексика)	1135
Шиту (Испания)	1135
Куйбышевская (СССР)	1110
Состояние на 1 января 1990 г.	

Значительных успехов в изучении глубочайших пещер советская спелеология достигла в последние 20 лет. В 1972 г. в пещере Снежной спелеологи Московского университета под руководством М. М. Зверева достигли глубины 700 м. В 1979 г. в этой же пещере был преодолен рубеж 1000 м. Темпы исследования глубочайших пещер в последующий период возросли (рис. 12).

Первое место в мире по глубине—1602 м — занимает система Жан-Бернар (Франция) протяженностью более 10 км. Она имеет шесть естественных входов, которые ведут в наклонные галереи, местами разделенные колодцами глубиной 20—30 м. По дну этой пещерной системы протекает постоянный водоток с озерами и сифонами. На втором месте пещера Бзыбского хребта на Кавказе, названная в память о В. Пантюхине—1508 м. В ее прохождении принимали участие украинские (под руководством Г. С. Пантюхина) и пермские (под руководством С. С. Евдокимова) спелеологи.

К глубочайшим относится пещера Снежная-Меженного, открытая и исследованная московскими спелеологами. Она находится в известняках хребта Раздельный отрога Бзыбского массива на Кавказе. Протяженность ее около 20 км, глубина 1370 м. Шахты Снежная и Меженного, имеющие в верхней части преимущественно вертикальное развитие, глубже 400—460 м

переходят в наклонные галереи. На дне главной из них обнаружен поток. В пропасти Снежной до глубины 230 м встречается снег и лед. В этой глубочайшей системе много обвальных масс, имеются натёки, гипсовые и арагонитовые цветы.

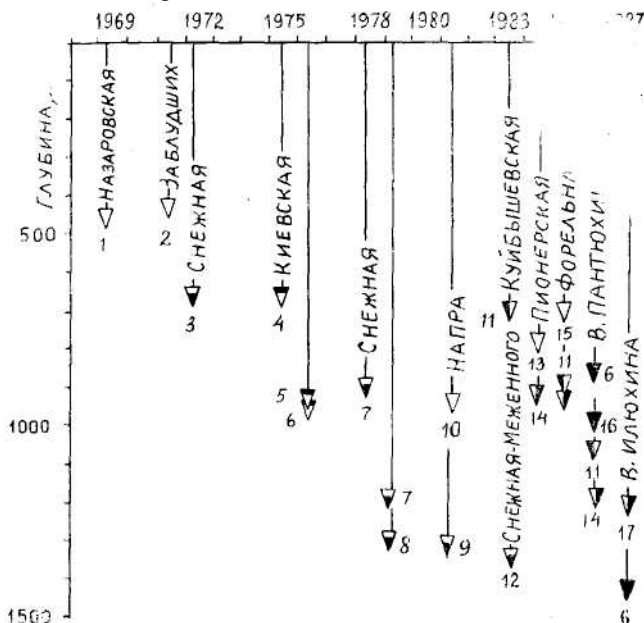


Рис. 12. Календарь исследования глубочайших пещер в СССР в 1969—1987 гг. (по данным А. В. Вятчина и В. Д. Резвана). Руководители спелеологических секций экспедиций, клубов: 1 — В. Д. Бобрии 2 — М. В. Эйгель, 3 — М. М. Зверев, 4 — Т. И. Крапивников, 5 — В. Д. Чуйков, 6 — Г. С. Пантюхип 7 — Д. А. Усиков, 8 — А. И. Морозов, 9 — Т. А. Немченко, 10 — С. П. Мусяиченко, 11 — А. Б. Климчук, 12 — В. Я. Деченко, 13 — В. П. Плотников, 14 — О. В. Падалко, 15 — Е. Ю. Снетков, 16 — С. С.

Евдокимов, 17 — В. Э. Киселев

Глубочайшей системой, состоящей из шахт, горизонтальных и наклонных полостей, является Пьер Сен-Мартен, расположенная во Франции и Испании. Ее глубина 1342 м, протяженность более 50 км (рис. 11, Б).

ГРАНДИОЗНЫЕ ПОДЗЕМНЫЕ ЗАЛЫ

Подземные пространства могут достигать огромных размеров. Кунгурская пещера в Пермской области, занимающая по протяженности 25-е место среди пещер нашей страны, превосходит многие из них по объему отдельных гротов. Самый большой грот — Географов — простирается на 150 м при ширине более 50 м и высоте от поверхности осыпи до потолка 8 м. Только одно озеро в этом гроте имеет площадь 750 м². По самым приближенным подсчетам объем всех полостей пещеры более 0,5 млн м³. Значительными объемами отличаются пещеры Западного Кавказа, такие как Куйбышевская — 1,1 млн м³, Снежная-Меженного — 1,6 млн м³ и Новоафонская — 1,7 млн м³.

Самый большой подземный зал находится в Новоафонской пещере, расположенной на южном склоне Кавказа. В июле 1961 г. сотрудники Института географии им. Вахушти Грузинской Академии наук А. Окроджанашвили, Б. Гергедава, Г. Смыр, З. Тинтилозов, спустившись в пропасть в окрестностях черноморского курорта Новый Афон, обнаружили на глубине 139 м огромные гроты, поразившие исследователей своим величием. В 1964 г. принято решение оборудовать пещеру как туристскую. В 1967—1975 гг. в Иверской горе был пробит 1175-метровый транспортный тоннель (рис. 11, В), по которому миниатюрные электропоезда доставляют туристов в гроты. Сейчас это самая посещаемая пещера в мире.

Новоафонская пещера известна гигантскими объемами залов. Как указывает З. К. Тинтилозов, она могла бы вместить 800 карстовых полостей, известных в Горном Крыму. Суммарная длина

ее исследованной части более 3 км.

Самый большой зал — Грузинских спелеологов — вытянут на 260 м при ширине до 75 м. Его свод уходит ввысь на 50 м. Объем этого грандиозного зала равен 0,9 млн. м³. Над воронкообразной котловиной в нем перекинут мост, самый длинный из подземных — 110 м. Гроты пещеры украшены трубчатыми, конусовидными, пагодообразными, каскадными натеками, кристаллами кальцита и гипса. В пещере несколько озер. В паводок уровень их повышается на 45 м в результате обильного поступления воды с поверхности. На полу некоторых гротов залегают мощные, толщиной до 30 м, скопления глины.

Зимой 1989 г. советско-французская экспедиция обнаружила соединение между пещерами Новоафонской и Мчиштой. Как сообщает В. Э. Киселев, в результате погружения в озеро Новоафонской пещеры Бернара Ле Бияна на глубине 15—20 м был открыт девятистометровый подводный тоннель, который вывел в огромный подводный зал. Спелеолог опустился на глубину 35 м, так и не увидев дна полости.

В мире известны еще более грандиозные пещеры. Например, объем пещеры Торка-дель-Карлиста в Испании превосходит 4 млн. м³. Зал Верна в пещере Пьер Сен-Мартен (Франция) имеет высоту 150 м при длине 230 м и ширине 150 м. Его объем 3,4 млн. м³.

ОТ НЕСКОЛЬКИХ МЕТРОВ ДО СОТЕН КИЛОМЕТРОВ ПОД ЗЕМЛЕЙ

Трудно представить, что есть пещера, протяженность которой превышает расстояние от Перми до Свердловска. На десятки и даже сотни километров простираются темные подземные залы и коридоры. Наибольшую длину имеют горизонтальные одноэтажные и многоэтажные пещеры. На 1 января 1990 г. в мире известно 33 пещеры протяженностью более 40 км (табл. 2).

Таблица 2

Длинейшие пещеры мира, м (по данным В. Э. Киселева)

Флинт— Мамонтова (США)	556000
Оптимистическая (СССР)	173407
Хельлох (Швейцария)	148260
Джюэл (США)	127203
Зибенэнгте-Хохгант (Швейцария)	110000
Озерная (СССР)	107300
Кум Уарнед (Франция)	90000
ОХО Гуаренья (Испания)	89070
Уинд (США)	82559
Золушка (СССР)	82000
Фишер Ридж (США)	77248
Пурификасьон (Мексика)	71575
Фрайзс хоул (США)	69234
Оргэн (США)	60510
Клизуотер (Малайзия)	60000
Мамо Кэнэнда (Папуа — Новая Гвинея)	54800
Изгилл (Великобритания)	54679
Дан де Кроль (Франция)	53800
Альп (Франция)	53680
Ред дель Рио Силенсио (Испания)	53000
Кап-Кутан — Промежуточная (СССР)	53000
Состояние на 1 января 1990 г.	

Самая протяженная пещера — Флинт-Мамонтова (556 км)— расположена на левобережье реки Грин-Ривер (см. рис. 14, В) в США. В ней галереи разных уровней соединяются вертикальными колодцами и шахтами. По пещере протекает несколько рек с водопадами, имеются в ней и озера. Один из залов вытянут в длину на 163 м при ширине 87 и высоте 38 м. Пещера оборудована для посещения туристов.

Второе место по длине занимает Оптимистическая пещера в гипсах, расположенная на юге Украины. К длинейшим относятся

также гипсовые пещеры Озерная и Золушка.

В Пермской области, по данным С. В. Валуйского, В. В. Родионова и С. С. Евдокимова, закартировано около 350 пещер общей протяженностью более 50 км. Самая длинная из них — Дивья. Десять пещер имеют длину 1 км и более (табл. 3).

Таблица 3

Длинейшие пещеры Пермской области, м (по данным С. В. Валуйского, С. С. Евдокимова, В. В. Родионова)

Название	Карстовый район	Протяженность
Дивья	Ныробский	9720
Виашерская	Кизеловский	7370
Кунгурская	Нижнесылвинский	5600
Геологов-2	Кизеловский	3400
Российская	Кизеловский	1450
Зуятская	Нижнесылвинский	1410
Темная	Кизеловский	1300
Н. Михайловская-2	Иренский	1028
Мариинская	Кизеловский	1000
Малая Дивья	Полазненский	1000

Состояние на 1 января 1990 г.

Положение гротов и ходов пологонаклонных и горизонтальных пещер зависит от ориентации и густоты трещин в породе, направления стока карстовых вод, возраста полости. В некоторых случаях рисунок пещеры в плане напоминает речную систему, но, как правило, более сложную, что определяется трещиноватостью пород. На рис. 13, А показаны некоторые виды пещер в плане в зависимости от сочетания их элементов, имеющих близкое направление.

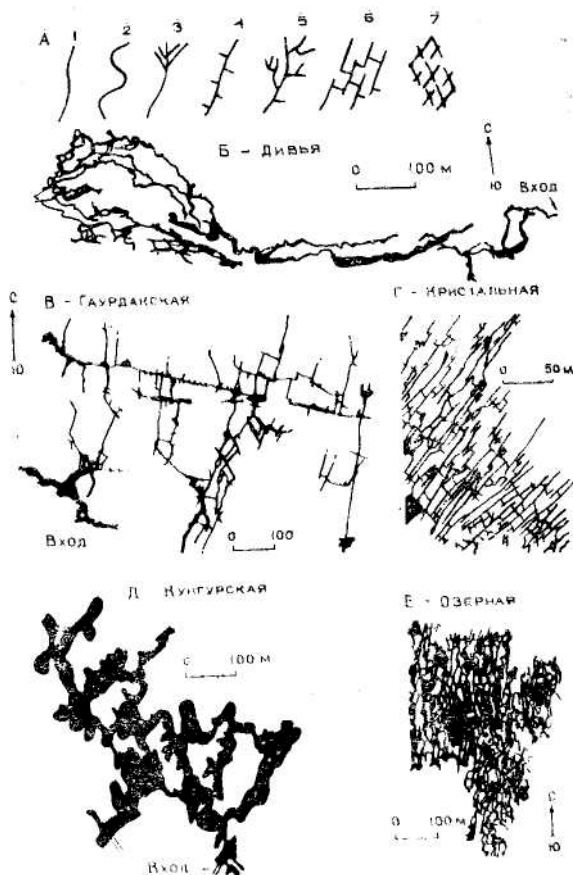


Рис 13 Пещеры на планах. А - сочетание фрагментов пещер в плане (цифры объяснены в тексте Б-план Дивьей пещеры (по данным спелеосекций городов Березники и Свердловска); В, Г, Д, Е - планы пещер или их частей

Линейные, обычно коридорные или тоннельные, пещеры состоят в основном из одного вытянутого хода, у коридорно-гrotтовых ходы на отдельных участках сменяются гrotтами. Таковы пещеры Пермской области: Дырихинская в окрестностях деревни Городище в бассейне нижнего течения реки Сылвы протяженностью 60 м, Иренская (50 м) на левобережье реки Ирени в окрестностях города Кунгура, Холодная (50 м) на левобережье реки Березовой. Типично линейной коридорной является речная пещера-источник Главный Калибр протяженностью 580 м, заложенная и,) тектоническому нарушению в известняках Скалистого хребта на северном склоне Большого Кавказа (рис. 13, А1).

Меандровые пещеры отличаются изгибами основного хода, подобными излучинам рек. Восточная часть Б. Махневской пещеры (длина 584 м), расположенной в междуречье Яйвы и Чаньвы в горной части Пермской области, напоминает крутые изгибы русла. Пещера Большого Цирка в соляном куполе Ходжа-Мумын на территории Таджикистана делает крутые изгибы и петли на протяжении более 1 км. К этому типу относится и Фанагорийская пещера в бассейне реки Псекупс на территории Краснодарского края (рис. 13, А2).

Виргирующие пещеры состоят из основного хода или параллельных ходов и пучков веерообразно расходящихся от них полостей. Виргация наблюдается в пещере Дивьей, приуроченной к известнякам правого крутого берега реки Колвы на севере Пермской области (рис. 13, Б). В 1979 г. Березниковская спелеосекция открыла новые гrotты протяженностью более 6 км. Длина пещеры достигла 9,7 км. Будучи расположенной на высоте 90 м над руслом реки Колвы, она является как бы реликтом древнего подземного потока. Гrotты Дивьей поражали посетителей красотой натечных форм.

Перистые пещеры имеют главный ход, от которого начинаются почти под прямым углом боковые. Такова Гаурдакская пещера в Туркмении, где наиболее длинные галереи приурочены к

трещинам в гипсах и известняках северо-западного направления, из этих галерей ведут ходы на север и северо-восток. Гроты образовались в месте пересечения трещин (рис. 13, А4, В).

Древовидные пещеры с ветвящейся системой гротов и проходов напоминают речные системы или дерево. Такое расположение полостей отчетливо прослеживается в Кунгурской ледяной пещере (рис. 13, А5, Д). Исследованная ее часть имеет протяженность 5,6 км, благоустроенная— 1,9 км. В пещере 58 гротов, из которых самым большим является грот Географов. Высокие своды гротов формируются в результате обвала блоков пород с потолка, скопления которых на полу достигают в высоту 15 м. В потолке некоторых гротов зияют цилиндрические каналы, называемые органными трубами. Передние привходовые гроты поражают туристов красотой ледяных образований.

Пещера Российская, расположенная в горной части Урала вблизи города Губаха, напоминает в плане реку с притоками протяженностью, по данным свердловских спелеологов, 1450 м. Пол пещеры, местами осложненный уступами и колодцами глубиной до 9 м, погружается в глубь массива. В гротах обитают летучие мыши. Особую прелесть пещере придают натеки, озерцо, ручей в дальней части, кальцитовые плотинки с пещерным жемчугом.

Решетчатые пещеры представляют собой системы преобладающих параллельных продольных ходов и перпендикулярных им поперечных. Такой рисунок характерен для гипсовых пещер Млынки и Кристальная, расположенных в Тернопольской области. Пещера Кристальная состоит из длинных узких галерей северо-восточного направления, соединенных каналами и щелями северо-западного простирания протяженностью более 20 км (рис. 13, А6, Г). Наименование пещеры отражает наличие в ней разнообразных кристаллов гипса, украшающих стены и потолок.

Сетчатые пещеры характеризуются более или менее

одинаковым развитием двух пересекающихся систем ходов и гротов. Большая часть гипсовых пещер Золушка и Озерная имеет сложный рисунок. Озерная заложена по двум системам трещин северо-восточного и северо-западного направлений (рис. 13, А7, Е). Ее протяженность более 100 км. В ряде галерей отмечено обводнение, другие участки подтапливаются после сильных ливней. Галереи украшены гипсовыми кристаллами.

Отдельные части одной и той же пещеры могут иметь разный рисунок в плане, относиться к переходным типам. Например, древовидно-меандровый рисунок характерен для пещеры Красная на Долгоруковском массиве Горного Крыма, древовидно-решетчатый — для Орешной в Саянах.

ОБРАЗОВАНИЕ ПЕЩЕР

Пещеры возникают разным путем. Полости могут появиться одновременно с возникновением самой породы, например, газовые пузыри и туннели в лаве, излившейся из вулкана, или полости в коралловых рифах, развивающихся на дне морей, а также небольшие пещеры в известковых туфах, отлагаемых рекой или источником. Перечисленные полости называют первичными.

К вторичным относят пещеры, которые возникают в уже сформировавшейся породе в результате различных геологических процессов. Это пещеры выветривания, т. е. разрушения менее устойчивой породы под влиянием колебаний температуры, замерзания воды в трещинах, воздействия газов и воды атмосферы; эоловые — как следствие деятельности ветра; абразионные на морских побережьях, обусловленные воздействием на породы волн прибоя; гидротермальные, выработанные горячими подземными водами, поднимающимися по разломам с больших глубин.

Наиболее распространенными среди вторичных являются карстовые пещеры в известняках, гипсах, мраморах, солях, в развитии которых основную роль играют подземные воды. Процесс пещерообразования протекает тысячи и даже миллионы лет в

определенных геологических и физико-географических условиях. Карстовые пещеры возникают в зонах вертикальной (шахты), сезонной и горизонтальной (горизонтальные полости) циркуляции карстовых вод. На рис. 14, А рассмотрен случай эволюции горизонтальной пещеры. В начальную, трещинную, стадию происходит в основном растворение стенок трещин, заполненных водой. Расширенные трещины-щели собирают большое количество воды, которая при движении начинает оказывать и механическое воздействие на породу. Щели расширяются и превращаются в каналы с неровным сводом. В периоды обильного поступления поверхностных вод каналы заполняются напорными водами. В эту стадию под влиянием колебаний уровня карстовых вод начинается активное сводообразование — обрушение пластов пород под действием силы тяжести на менее устойчивых участках потолка канала.

Пещеры формируются обычно в условиях поднятия земной коры. При поднятии местности река углубляет свою долину и вскрывает пещерный горизонт. Пещера, которая находилась в зоне горизонтальной циркуляции, где трещины и каналы были заполнены водой, осушается. Пещерный поток получает выход на поверхность в виде мощного источника, или воклюза. В новых условиях существования активизируется процесс отложения натеков. Местами на дне полостей сохраняются озера. Пещера оказывается вначале в зоне сезонных колебаний уровня карстовых вод,

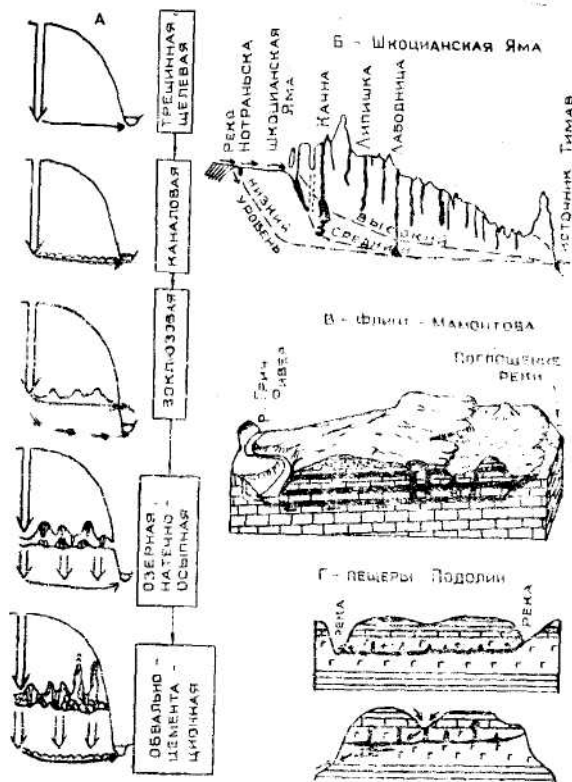


Рис. 14. Происхождение пещер: А — стадии развития пещер; Б - поглощение реки Нотраньска в пещере Шкоцианской на плато Карст Пунктиром показаны высокий, средний, низкий уровни карстовых вод (по П. Хабичу); В - блокдиаг рамма района длиннейшей пещеры мира — Флинт-Мамонтовой (из работы Д. Ф. Квинлэна); Г — схема развития пещер Приднестровской По долии (по В. Н. Дублянскому)

а затем в зоне вертикальной циркуляции, где трещины и полости заполнены воздухом. Периодическое поступление атмосферных вод в пещеру по трещинам создает условия для роста натеков, а процессы выветривания пород в своде сопровождаются обрушением глыб, накоплением осыпей. Натечные и обвальные образования заполняют полости. Ниже отмирающей пещеры в зоне карстовых вод формируется новый пещерный горизонт.

Разновозрастные этажи пещер отражают этапы геологического развития данного участка земной коры, обусловленные неоднократными поднятиями. К многоэтажным относится длинейшая пещера мира — Флинт-Мамонтова (рис. 14, В), а также одна из красивейших пещер Европы — Деменовская Слободы, расположенная в Низких Татрах. Ее пять этажей общей протяженностью около 9 км зафиксировали этапы поднятия местности и углубления реки Деменовки.

Пещеры образуются в зонах концентрированного стока карстовых вод вдоль разрывных нарушений (крупных трещин) или систем трещин. Карстовые воды питаются как атмосферными осадками, так и временными или постоянными водотоками, которые часто начинаются на участках, сложенных некарстующимися породами, и исчезают в карстующихся.

Следы довольно мощного исчезнувшего водотока выявлены в Дивьей пещере. Он питался, по-видимому, временными водотоками, возникавшими в логу, которые поглощались понорами на границе карстующихся и не карстующихся пород. Другим примером является исчезновение реки Нотраньской в Шкоцианской пещере на плато Карст (рис. 14, Б). Подземный водоток прослеживается в пещерах Качна, Лабодница и затем выходит на берегу моря мощным источником Тимав. В Динарском карсте река Пивка, начинающаяся на площади, сложенной некарстующимися породами, исчезает в пещере Постойнская Яма. Уровень реки весной

и осенью резко поднимается, достигая иногда 9 м. В сентябре 1965 г. перед входом в пещеру разлилось озеро с объемом воды более 4 млн. м³. Река течет по западной части пещеры, затем исчезает в подземных понорах. Она снова появляется в пещере Планинской, где сливается с другой подземной рекой — Рак — и вытекает на поверхность под названием реки Уница. Отдельные части одной и той же пещерной системы могут находиться в разных стадиях развития.

В карстующихся породах, покрытых некарстующимися, пещеры часто возникают в местах подземного перетока речных вод из вышерасположенных долин в нижерасположенные. Подобным путем, по мнению В. Н. Дублянского, образовались полости Приднестровской Подолии, такие как Кристальная, Млынки, Озерная, Оптимистическая (рис. 14, Г). Таким образом, крупные карстовые пещеры фиксируют зоны бывшего концентрированного стока подземных карстовых вод.

ОТЛОЖЕНИЯ ПЕЩЕР

Процесс образования пещер не сводится только к растворению породы. Это и перенос растворенных веществ водой, и последующее отложение их в виде химических осадков в трещинах и полостях. Как было показано, на определенной стадии развития подземных каналов и гротов начинается механическое разрушение породы водотоками, обрушение пород сводов и стен. Появляются обломочные осадки подземных рек и обвальные осыпи. При заселении пещеры живыми организмами на отдельных участках накапливаются органогенные отложения, а при освоении ее человеком — антропогенные. В холодных пещерах вода и водяные пары превращаются в лед (рис. 15, А). Все многообразие пещерных отложений было показано Д. С. Соколовым и Г. А. Максимовичем.

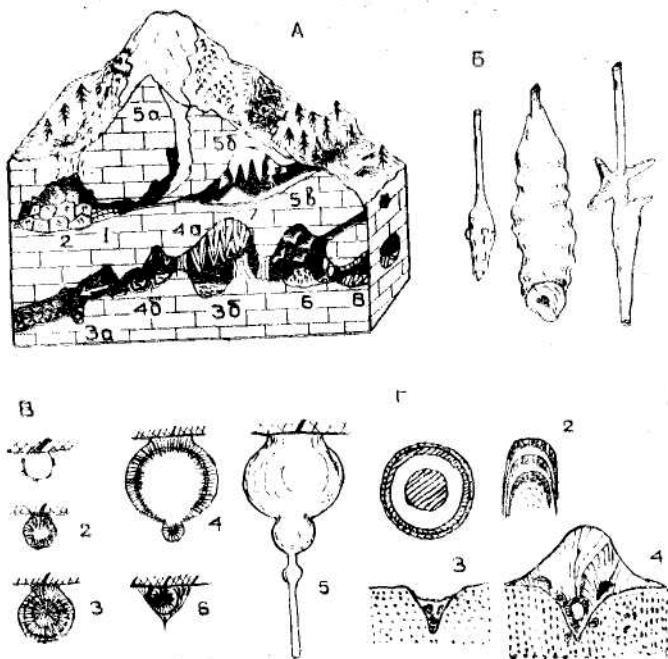


Рис 15 Отложения пещер. А — типы пещерных отложений: 1 — пещерная глина; 2 — обвально-осыпные; 3а — отложения подземных рек 3б — отложения озер; 4а, 7 — сталактиты, сталагмиты; 4б — гуау; 5а — снег, кристаллы; 5б — ледяные сталактиты, сталагмиты; 5с — подземный ледник; 6 — гуано летучих мышей; 8 — культурный слой; Б — утолщения трубчатых сталактитов (по И. Кунскому); В — сферические луковичеобразные сталактиты: 1—образование кристаллов кальцита на поверхности капли; 2, 3 - рост сферического сталактита; 4 — растворение сталактита внутри, образование в его нижней части отверстия и

второго, меньшего, сферического сталактита; 5 — возникновение сложного сталактита с брчком (кальцитовая трубочка); 6 — превращение сферического сталактита в конический (по Я. Кашпару и И. Кунскому); Г — сталагмиты: 1 — поперечный разрез; 2 — продольный разрез; 3 — ямка, выдолбленная водой, с жемчужинами; 4 — цементация жемчуга и возникновение зачаточного сталагмита (по И. Кунскому)

КЛАССИФИКАЦИЯ ОТЛОЖЕНИЙ ПЕЩЕР

1. Остаточные: пещерная глина.
2. Обвальные: глыбы и другие обломочные продукты обрушения сводов и стен пещер.
3. Водные механические:
 - а) отложения пещерных рек;
 - б) отложения пещерных озер;
 - в) отложения, принесенные в пещеру водой через трещины, карстовые воронки, колодцы, шахты.
4. Водные хемогенные:
 - а) натечные образования: сталактиты, сталагмиты, колонны, покровные на стенах и полу пещер и т. д.;
 - б) кальцитовые образования в пещерных озерах: обрамления, выделения на выступах дна, оторочки на сталагмитах, пленки, оолиты, пизолиты, конкреции, плотины озер и др.
 - в) кристаллы вторичных минералов: кальцит, арагонит в карбонатных отложениях, гипс — в гипсовых и, реже, карбонатных породах, галит в солях.
5. Пещерный лед:
 - а) атмосферный (снег, кристаллы);
 - б) гидрогенный: сталактиты, сталагмиты, колонны, покровный на полу, лед озер;
 - в) гетерогенный: кора обледенения, покровный лед на полу.

6. Органогенные: гуано, скопления костей, костяная брекчия, фосфориты, фосфоритовые земли, селитра и др.

7. Гидротермальные и другие принесенные извне отложения: сульфиды (пирит, марказит, галенит, сфалерит), барит и многие другие.

8. Антропогенные: культурный слой.

ПЕЩЕРНЫЕ ГЛИНЫ И ОБВАЛЬНЫЕ ГЛЫБЫ

В известняках, гипсах и других растворимых породах Есегда содержится то или иное количество глинистых частиц. При растворении породы они освобождаются. Часть таких частиц уносится водой, а часть — накапливается в виде пещерной глины. Исследование образцов глины из Кунгурской пещеры показало, что все они представляют собой нерастворимую или недорастворенную часть сульфатных и карбонатных пород. В чистом виде остаточные глины встречаются редко. К ним примешиваются глинистые частички, поступающие через трещины с поверхности земли или из песчано-глинистых отложений, залегающих на карстующейся породе. Чаще всего пещерные глины являются смешанным осадком. Мощные слои пластичных глин накапливаются на периодически затопляемых пониженных участках гротов. Здесь во временных водоемах взвешенные глинистые частички оседают на дно.

По подсчетам З. К. Тинтилозова, площадь, занятая глинами в Новоафонской пещере, превышает 10 тыс. м². Как установлено А. Б. Климчуком, глины заполняют $\frac{1}{3}$ объема пещеры Атлантида, суммарная длина которой 2,5 км, площадь 4,4 тыс. м², объем 11 тыс. м³. Одна из гипсовых пещер Украины — Золушка — поражает обилием глины, на поверхности которой местами отмечается ярко-красный налет, состоящий из гидроокиси железа. В. Н. Андрейчук и С. Н. Волков обнаружили в подземных лабиринтах редкий для карстовых полостей минерал — бернессит, представляющий собой гидроокись марганца. Он залегает в виде черного сажистого порошка на поверхности глины или образует сосулевидные,

гроздевидные агрегаты на стенах. В понижениях дна гротов Золушки толщина глин превышает 8 м. Неогеновые гипсы и ангидриты, пронизанные гротами и ходами, залегают под известняками, песчаниками, глинами и суглинками мощностью до 30 м. Пещера, заполненная карстовыми водами, была вскрыта карьером. При откачке воды значительная часть пещеры из обводненной превратилась в сухую. Смена обстановки активизировала в глинах такие процессы, как течение, скольжение, просадка, усыхание, которые сопровождались образованием трещин.

Местами глиняный пол пещеры превратился в подземные такры, напоминающие такры пустынь. Полигональные трещины усыхания имеют ширину 3 см и глубину до 50 см (рис. 16, А). Иногда глины проседают над полостями. Овальные понижения осложнены радиальными и концентрическими трещинами шириной 2—4 см (рис. 16, Б). На перегибах дна узких ходов глину пересекают глубокие (до 70 см) поперечные трещины течения (рис. 16, В). На куполообразных выступах дна появляются глубокие (до 1 м) трещины шириной до 5 см, ориентированные вниз и разграничивающие участки с поперечными трещинами (рис. 16, Г). При соскальзываниях глин с нижних частей стенок ходов образуются системы трещин, среди которых преобладают продольные (рис. 16, Д). Самые зияющие (до 20 см шириной) и глубокие трещины отрыва развиваются в глинах на границе с коренными породами (рис. 16, Е).

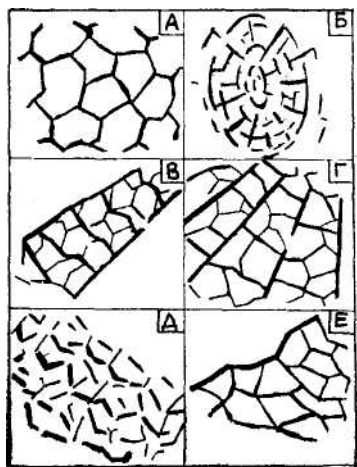


Рис. 16. Пещерные такыры (по В. Н. Андрейчуку)

Оригинальные глиняные образования были обнаружены С. В. Валуйским и Ю. Е. Лобановым в пещере Геологов-2, расположенной вблизи поселка Юбилейный (Пермская область). Это или тонкие столбики высотой 20—30 см при диаметре 4—8 см, или конусы высотой до 40 см и диаметром основания до 60 см. У многих из них на вершине имеется углубление, переходящее в канал. Спелеологи назвали описанные формы глиняными сталагмитами, так как они образуются на полу в результате привноса водой глинистого материала с потолка в местах капеза. По-видимому, частички глины цементируются кальцитом, выделяющимся из воды.

Для гротов, в которых активно идет сводообразование в результате обрушения под действием силы тяжести блоков пород с потолка и стен, характерны обвальные или гравитационные отложения. Они образуют хаотические скопления обломочного материала на полу гротов. Среди глыб в том или ином количестве обнаруживается материал, принесенный водой по трещинам и каналам с поверхности. Из таких смешанных обвально-

водномеханических осадков состоят осыпи под органическими трубами — цилиндрическими каналами в потолке, уходящими ввысь.

Большие площади занимают нагромождения глыб гипса и ангидрита в Кунгурской пещере, придавая фантастический вид некоторым гротам. Отдельные глыбы достигают в поперечнике 10—15 м. В гроте Метеорном конусовидная глыбовая осыпь упирается в куполовидный свод. В осыпи грота Длинный обнаружен материал, принесенный с поверхности: ствол березы, речная галька. Установлено, что на поверхности над гротами с осыпями располагаются крупные карстовые воронки. Исследователь пещеры Е. П. Дорофеев вычислил объем осыпей: в гроте Великан он составил 3,5 тыс. м³, в гроте Смелых — 3,0 тыс. м³, а в гроте Западном — 11 тыс. м³.

ПОДЗЕМНЫЕ РЕКИ И ИХ ОТЛОЖЕНИЯ

Осадки на дне рек, текущих по поверхности земли, называются аллювием. Они представлены песком, гравием, галькой, валунами. Подобные отложения встречаются и в руслах подземных рек. Подземный аллювий состоит как из местного материала — обломков пород, слагающих пещеру, так и из инородного, принесенного с поверхности. Галька из местных пород обычно плохо окатана.

Подземные потоки, чаще всего небольшие, имеются в пещерах Пермской области: Пашийской, Пономаревской, Ключиковской и др. Пашийская пещера расположена в известняках левобережья реки Вижай в окрестностях Пашийского завода. Протяженность ее более 500 м. По дну пещеры течет ручей, русло которого выложено песком и галькой. Ручей низвергается водопадом высотой 12 м в озеро.

Одним из интереснейших спелеообъектов в Крыму, на Долгоруковском карстовом массиве, является Красная пещера-источник длиной немногим более 13 км. Река, протекающая в ней, в сухие периоды превращается в 70 проточных озер, в паводок

уровень ее повышается на 6—8 м. В русле отлагаются смешанные озерно-речные осадки. Подземный аллювий развит в пещерах Кавказа со сравнительно многоводными реками, таких как Цкварская, Нижнешакурнская, Джорцку, Дзедзви. Глубокий каньон с текущей по его дну бурной рекой напоминает Шкоцианская пещера на плато Карст. Река Нотраньска начинается на поверхности, а затем исчезает в пещере. Во влажные периоды сток речной воды достигает 200 м³ в секунду. В паводки уровень реки резко повышается. В сентябре 1965 г. он был выше обычного на 89 м. Обломочный материал в русле реки состоит как из аллювия, принесенного с поверхности, так и из пород, слагающих стенки и свод подземного каньона. Пещерные реки выходят на поверхность в виде мощных источников, называемых воклюзами. Воды их используются для водоснабжения близко расположенных населенных пунктов.

КАМЕННЫЕ ЦВЕТЫ, ЛЕСА И ГОРНОЕ МОЛОКО

Даже самая смелая фантазия талантливого архитектора не позволяет представить все разнообразие форм натечных образований в пещерах, создаваемых водой. Это свисающие с потолка тысячи тонких просвечивающих кальцитовых трубок, сосуллек, балдахинов, занавесей, поднимающихся с пола бамбуковых палочек, пагод, конусовидных построек, кристаллов, растущих в виде стеблей, листьев и цветов, каменных кружев по берегам подземных озер. А какая цветовая гамма — белые, кремовые, красные, черные натеки!

Так как же они образуются? Натечные формы характерны для пещер в известняках. Главным условием их возникновения является поступление в полость по трещине воды, насыщенной карбонатом кальция. При небольшом количестве вода повисает под трещиной в виде капли, частично испаряется, теряет растворенный в ней углекислый газ, который удерживал часть карбоната в растворе. Это приводит к выделению карбоната кальция из воды в виде минерала кальцита. Начинается кристаллизация кальцита на боковой

поверхности капли, и образуется маленькая трубочка. При последующем медленном поступлении воды кальцитовая трубочка диаметром 4—8 мм «растет» вниз. В пещере Гомбасецкой на Силицком плато (Словацкий карст) они достигают в длину 2—3 м. Один из участков потолка в пещере Снежана, расположенной на юге Болгарии, покрыт тысячами белоснежных трубочек, производящих впечатление окаменевшего дождя.

На поверхности кальцитовых трубочек могут возникать наросты в местах микроскопических отверстий в стенках или при закупоривании нижнего отверстия (см. рис. 15, Б).

В том случае, когда нижнее отверстие первичной сталактитовой трубочки закрывается в результате кристаллизации кальцита, вода, поступающая из трещин в потолке, стекает по ее наружной поверхности. При испарении воды минеральное вещество кристаллизуется концентрическими слоями и трубочка превращается в конусовидный сталактит. В пещерах Крыма конусовидные формы натеков достигают в длину 6—8 м при поперечнике до 60—70 см.

Своеобразны сферические и луковичеобразные сталактиты, имеющие диаметр 5—10 см (рис. 15, В). Если на своде пещеры долго задерживается капля воды, то благодаря выделению карбоната кальция она покрывается кристаллической кальцитовой пленкой. Вода проникает между кристаллами кальцита на поверхность этого первичного шарика. Периодическое изменение состава воды в зимний и теплый периоды года обуславливает концентрическое строение образующейся луковицы. Пути, по которым вода просачивается на поверхность сталактита, обычно обнаруживается под лупой в виде жилок.

Шаровые сталактиты вследствие вторичного растворения кальцита пустотелы. Растворение обычно происходит весной, при поступлении с земной поверхности воды, не насыщенной карбонатом кальция. Под влиянием скопившихся в шаре

агрессивных вод внизу может образоваться отверстие. При дальнейшем просачивании воды под отверстием появляется новый шар. Повторение подобного процесса приводит к образованию сталактита, состоящего из нескольких луковиц, причем наибольшими размерами обладает верхняя. Некоторые луковицы заканчиваются цилиндрическим стержнем.

Все формы натеков, появляющихся на потолке пещер в результате отложения минерального вещества при испарении воды, просачивающейся по трещинам, называются сталактитами (рис. 17).

Бахрома, занавеси и каскады, свисающие с потолка и стен, возникают из воды, которая просачивается по длинной трещине или стекает вдоль выступа известняка. Нижний конец занавеси обрамляют сталактиты. При периодическом отложении окрашивающих примесей бахрома и занавеси приобретают концентрическое строение.

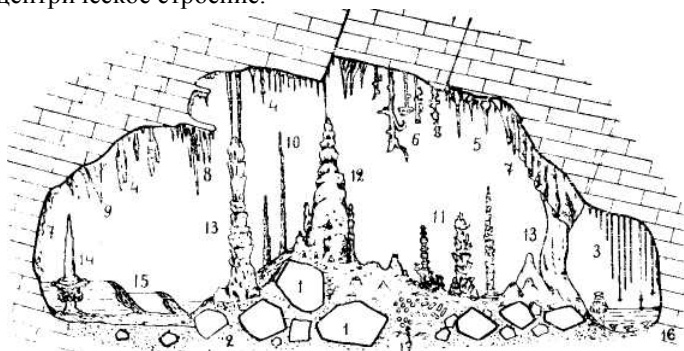


Рис. 17. Разнообразие отложений пещер: 1 — глыбы; 2 — песчано глинистые отложения; 3 — сталактиты-брочки, некоторые с оторочками; 4 — сталактиты с различными утолщениями и разветвлениями; 5 — луковичеобразные сталактиты; 6 — геликтиты; 7 — бахрома и занавеси; 8 — конусообразные сталактиты; 9 — ребристые сталактиты; 10 — сталагмиты-палки; 11 — различные

формы сталагмитов; 12— сложный сталагмит; 13 — столбы и колонны (сталагматы); 14 — сталагмит-Подсвечник; 15 — кальцитовые плотники (гуры); 16 — озерко с кальцитовыми обрамлением и наростами на дне; 17 — пещерный жемчуг (по К. А. Горбуновой)

Многометровые кальцитовые занавеси низвергаются с потолка и стен в зале Тбилиси Новоафонской пещеры. Кальцитовые каскады высотой 25 м есть в гроте Водопадный пещеры Беланска, расположенной в Беланских Татрах. В поперечном разрезе сталактиты и другие формы натеков полосатые. Более светлые полосы чередуются с окрашенными примесями (желтыми, коричневыми), что отражает сезонные изменения условий отложения минерального вещества.

При выделении кальцита из капель воды, падающих с потолка, выступов стен или кончиков сталактитов, на полу полостей образуются сталагмиты. Под действием воды на полу выдалбливается небольшая ямка, часто конической формы. В ямках глубиной до 15 см благодаря вращательному движению воды при падении капель появляются кальцитовые шарики, или оолиты. Дальнейшее отложение кальцита приводит к цементации оолитов и росту натека вверх. Сталагмиты в продольном разрезе имеют слоистое строение. Наростовые слои как бы вложены друг в друга в виде колпачков. На поперечном разрезе видны кольца, напоминающие годовичные кольца среза ствола дерева (см. рис. 15, Г).

В высоту сталагмиты могут достигать несколько метров. В Дивьей пещере, которая известна красотой натеков, в 600 м от входа среди многочисленных мелких сталагмитов возвышаются два великана высотой более 3,5 м и диаметром около 1,5 м. Один из них расколот наклонной трещиной, по которой верхняя часть несколько сместилась относительно нижней. Сталагмиты — палочные, цилиндрические, пальмовые, конические, сложные высотой от нескольких сантиметров до 12 м — украшают пещеры Крыма.

Гигантские сталагмиты в Карлсбадской пещере (США) имеют высоту до 19 м при поперечнике около 5 м. В пещере Аггтелек-Барадла в Венгрии в зале Гигантов сталагмит Астрономическая обсерватория возвышается на 25 м. В этой пещере поражают величием гроты Черный, Концертный, Тигровый, Колонный с каменным лесом сложных массивных сталагмитов высотой в несколько метров. Оригинальны сталагмиты с оторочками, напоминающие подсвечники. Оторочки нарастают в период затопления сталагмита до определенного уровня. Подобные сталагмиты украшают зал Тбилиси в Новоафонской пещере. При слиянии сталагмитов и сталактитов образуются колонны или сталагнаты. Богатством и разнообразием натечных форм славятся пещеры в известняках горной части Пермской области, такие как Дивья в долине реки Колвы, Большая Пашийская на левом берегу реки Вижай, Вишерская в долине реки Вишер и Российская в бассейне реки Косьвы.

В гротах, где длительное время сохраняется постоянный микроклимат, а влага поступает медленно, появляются сложные, изогнутые, с отростками сталактитоподобные формы, называемые геликтитами, гроздьевидные и коралловидные образования, лучистые сростки игольчатых кристаллов, или антодиты, пучки кристаллов в форме цветов. Сложно устроенные белоснежные кристаллические цветы из минерала арагонита описывает В. В. Морошкин в одной из пещер хребта Кугитангтау на юге Средней Азии. Их ветви толщиной примерно от одного до 16 мм и длиной до 10 см изогнуты, часто закручены, разветвлены, имеют тонколучистое внутреннее строение и блестящую поверхность. Исследователь отмечает, что в некоторых крупных залах пещер этой области встречаются редкие по сравнению с кальцитовыми гипсовые образования. Это сотни больших сталагмитов, обросших блестящими кристаллами гипса. Некоторые из них достигают

шестиметровой высоты. На многие километры своды и стены лабиринтов покрыты корой гипсовых кристаллов. Полутораметровые сростки просвечивающих гипсовых кристаллов свисают с потолка. Это ценнейшая природная лаборатория для изучения процессов современного минералообразования.

Спелеологи давно обратили внимание на влажную пастообразную массу, покрывающую стены и пол некоторых пещер. Внешне твердые налеты и покровы этой массы при механическом воздействии легко разжижаются до состояния жидкости, напоминающей молоко. Благодаря этому сходству появились названия «горное молоко», «лунное молоко», «каменное молоко», «известковое тесто». Строением и составом этого вещества заинтересовались грузинские ученые. Оказалось, что оно включает воду, карбонат кальция и небольшое количество примесей, не превышающих 1%. Ученый Харьковского университета С. И. Шумейко, исследовав несколько образцов горного молока из пещер Крыма, установил, что его карбонатная часть состоит из кальцита. С помощью электронного микроскопа, увеличивающего в несколько тысяч раз, он обнаружил в твердой части «молока» удлиненные пластинки, волокнистые, часто изогнутые иглообразные кристаллы, изометричные частицы кальцита. Эти мельчайшие кристаллики выделились из перенасыщенного карбонатом кальция раствора, увлажняющего своды и пол пещер.

Горное молоко было найдено в Дивьей, Геологов-1, Геологов-2, Чудеснице и других пещерах Пермской области, в пещерах Крыма, Кавказа. В одном из гротов пещеры Геологов-2 натек горного молока на стене имеет длину 160 см, ширину 60 см, толщину до 30 см. В дальней части грота тестообразная известковая масса покрывает площадь в несколько квадратных метров при мощности до 40 см. Известный грузинский географ З. К. Тинтилов описывает наряду с горным молоком его гипсовую разновидность. Она обнаружена в Подземном ущелье Новоафонской пещеры,

Каменная архитектура пещер поражает наше воображение гармонией композиций, изысканностью и разнообразием форм. Она создавалась водой в течение десятков, сотен, тысяч и даже сотен тысяч лет. В одном из английских спелеологических журналов опубликована статья М. Гэскоуна и Д. К. Форда о возрасте натеков в пещере Крейвен, расположенной на северо-западе Англии. Он определялся ураново-ториевым методом. Установлено, что возраст отдельных натеков превышает 350 тыс. лет. Открывая и посещая пещеры, мы должны сохранить этих древнейших каменных свидетелей изменений, происходивших на Земле в прошлом.

КАЛЬЦИТОВЫЕ ПЛОТИНЫ И ОБРАМЛЕНИЯ ПОДЗЕМНЫХ ОЗЕР

Особую прелесть гротам пещер в известняках придают подземные озера со спокойной, иногда медленно текущей водой, кальцитовыми оторочками берегов, кружевными обрамлениями сталагмитов, поднимающихся среди водной глади, коралловидными наростами на дне. Кальцитовые образования озер восхищают туристов в Розовом зале пещеры Деменовская Слободы.

В некоторых пещерах обращают на себя внимание кальцитовые плотники, которые называют гурами. Они появляются на слабопроточных маловодных водотоках или пологих участках дна пещер, подверженных воздействию постоянных или временных струйчатых мелких потоков. Из медленно движущегося насыщенного известью потока в местах препятствий отлагается кальцит. Так зарождается основание будущей плотники. По мере увеличения ее высоты поток разделяется на отдельные бассейны. Плотники обычно дугообразно изогнуты, местами они образуют каскады.

В 1960 г. В. М. Шумков в труднодоступном проходе Мариинской пещеры, расположенной в поселке Верхняя Губаха, обнаружил 4 кальцитовых плотники высотой от 5 до 20 см. Они перегородывали наклонный проход и были частично разрушены

(рис. 18, А). В 1972 г. в дальней части вновь открытых ходов Мариинской пещеры, названной галереей Гуров, С. В. Валуйский и В. В. Родионов установили девять кальцитовых плотинки. Они находились по обе стороны кальцитового натека под органной трубой. Пологая сторона его осложнена шестью гурами высотой до 25 см, с расстоянием между гребешками 20—50 см. С внутренней стороны плотинки украшены кристаллами кальцита. Два гура почти полностью занесены глиной. На противоположной крутой стороне натека выросли три плотники высотой 10—15 см на расстоянии 30 и 10 см друг от друга. Частично они занесены глиной.

В 1973 г. спелеологи проникли в глубь Мариинской пещеры еще на 300 м, где им открылся подземный мир с натеками, гурами и пещерным жемчугом, каменными цветами и ажурными заберегами. Дно и стенки сухой ванночки в гроте Жемчужном покрыты кристаллами кальцита белого цвета. Каменные забереги, или оторочки берегов ванночки, напоминающие намерзающий с берегов лед на озере, имеют толщину до 5 см и выступают на 20—30 см. На пологом участке дна небольшой ниши этого же грота насчитывается более 100 сухих туров белого и желтого цвета высотой до 3 см. В плане они сильно изогнуты. Среди них местами залегают белые жемчужины шаровидной, уплощенной, бобовидной и неправильной формы с поперечником от 4 мм до 3 см. В потолке над гурами видна органная труба.

В Кизеловской Медвежьей пещере спелеологи обнаружили два участка с гурами — на одном из них шесть плотинки высотой до 10 см, на другом около 30 высотой 2—3 см с жемчужинами. Два гура в пещере Обвальная высотой 2—4 см почти наполовину затекли, кальцитом. Описанные гуры пещер Пермской области сухие, то есть как бы законсервированные.

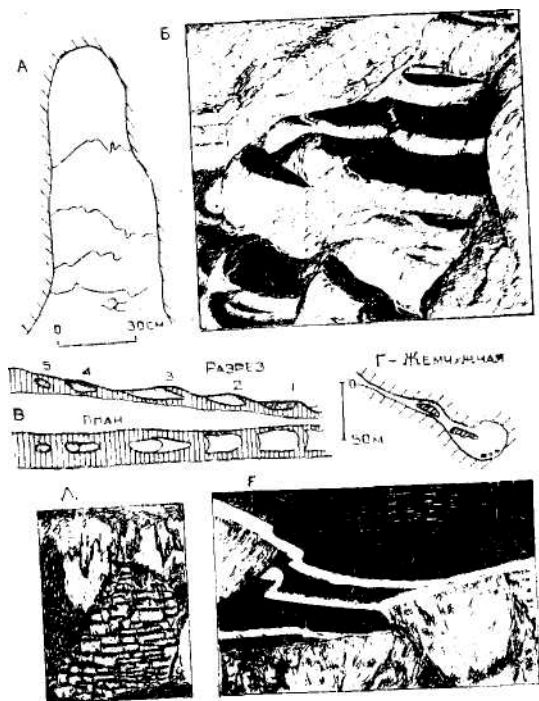


Рис 18 Гуры пещер. А — сухие гуры Мариинской пещеры в плане (по В. М Шумкову); Б — «золотая лестница» в пещере Крезус (Тасмания). Рисунок с фотографии; В - схема развития гуров (по Г. А. Максимовичу), 1-зачаточная плотника, 2 - гур с водой, 3 — гур с кальцитовыми заберегами, 4-гур с окном воды 5-запечатанный гур; Г — положение гуров в разрезе пещеры Жемчужная (по М Н Добровольскому и Р. А. Цыкину); Д-гуровый каскад в Шкоцианской пещере; Е — озера между гуровыми плотниками в пещере Крижна Яма (Югославия). Рисунки с фотографий

Разнообразны гурь Четвертой Кутукской пещеры в Башкирии. По данным И. К. Кудряшова и Е. Д. Богдановича, плотины развиты здесь на выступах дна русла пещерного потока или перегораживают пещерную галерею. В плане они дугообразно изогнуты, в сечении имеют вид треугольника или трапеции. Плотники сложены кальцитом различного цвета: желтым, коричневым, красноватым, розовым, серовато-белым. Окраска зависит от примеси глинистых частиц, соединений железа, гумуса. В галерее Больших гуров на верхнем этаже пещеры течет ручей с 34 плотниками из молочно-белого кальцита.

Гуры известны и в других пещерах Башкирии — Каповой, Жемчужной, Сумган-Кутук, Максимовича, более чем в 30 пещерах Грузии — Нижнешакуранской, Ахалшенской, Новоафонской, крымских пещерах, в Майской, Жемчужной, Кубинской пещерах Сибири (рис. 18, Г).

Знаменитый каскад из более чем 50 плотин восхищает туристов в сухом рукаве Тихой Ямы Шкоцианской пещеры в Югославии. В пещере Домица в Словацком Карсте на Силицком плато каскад гуров разделяет небольшие водные бассейны. Вода медленно переливается из верхних озер в нижние. Подобные же гуры встречены в пещере Крижна Яма в Югославии и Акиоси в Японии (рис. 18, Д, Е). В результате отложения кальцита гуры развиваются от зачаточного выступа до плотинки, кальцитового кармана и запечатанного гура (рис. 18, В). Кальцитовые плотники — один из интереснейших объектов пещер. Они являются достопримечательностями многих туристских пещер мира, привлекая туристов необычностью и архитектурным совершенством,

ПЕЩЕРНЫЙ ЖЕМЧУГ

Жемчуг — драгоценный камень — один из красивейших самоцветов, обладающий нежными переливами и загадочным внутренним светом. Жемчужины, шарообразные или неправильной формы, развиваются в теле морских и пресноводных моллюсков —

жемчужниц. Они состоят из перламутра (минерала арагонита), откладывающегося концентрическими слоями вокруг инородных тел (паразит, песчинка, газовый пузырек), попадающих между створками раковины и тканями моллюска. Добывается жемчуг как из морских, так и из пресноводных жемчужниц.

Наряду с драгоценным жемчугом, используемым для изготовления украшений, существует подземный жемчуг, который состоит из карбоната кальция, но не арагонита, а преимущественно кальцита. Он уступает по красоте арагониту.

Для пещерных жемчужин, как и для обычных, характерно наличие ядра из обломка породы (глинистой или песчаной частицы), минерала или другого вещества и окружающих его светлых и более темных концентрических слоев кальцита. Количество слоев достигает 200. Такие минеральные образования с концентрическим радиально-лучистым строением называют конкрециями. При диаметре менее 2 мм их относят к оолитам, при больших размерах — к пизолитам.

Форма пещерных жемчужин сферическая, почковидная, линзовидная, дисковидная, неправильная. Поперечник составляет от долей до первых десятков миллиметров. Как отмечает В. Н. Дублянский, из обследованных в крымской пещере Бездонная 16185 жемчужин половина имела диаметр менее 0,5 мм. Наиболее характерные размеры конкреций 26 крымских пещер — от 5 до 13 мм. Одни жемчужины имеют гладкую поверхность, другие, благодаря наростам кристаллов — ежевидную.

Пещерный жемчуг обычно залегает в небольших углублениях на полу пещер, образованных каплями, воды, падающими со сталактитов или из трещин на потолке, а также в небольших слабопроточных озерцах. Иногда на месте углубления образуется сталагмит, в этом случае жемчужины оказываются погребенными в его корне.

В пещере Деменовская Слободы капли выдалбливают ямки

глубиной 20—30 см. В случае, если стенки и дно ямок покрываются кальцитом, в них скапливается вода, насыщенная карбонатом кальция. В периоды, когда концентрация воды увеличивается, карбонаты кальция отлагаются вокруг песчинок или других частиц. Падающие с потолка капли придают зарождающимся маленьким конкрециям вращательное движение, переворачивая их.

Как отмечает Б. И. Сребродольский, основным условием образования пещерного жемчуга является капез воды и ее движение в мелких водоемчиках, что способствует перемещению в них зародышей будущих жемчужин и отложению на их поверхности выделяющегося из раствора карбоната кальция.

Пещерный жемчуг — сравнительно редкое образование. Так, в Крыму из 800 обследованных пещер жемчуг обнаружен в 26. В Болгарии, по данным А. Е. Близнакова и М. Т. Токмакчиевой, оолиты и пизолиты имеются только в 90 из 3000 пещер. Богатством и разнообразием пизолитов известен зал Тбилиси в Новоафонской пещере. Жемчуг обнаружен более чем в 10 уральских пещерах, таких как Сумган-Кутук, Канова, Максимовича, Кизеловская, Дивья, Тайн, Виашерская, Чудесница.

В Пермской области пещерный жемчуг был найден в 1948 г. Ю. К. Митюниным и В. М. Армишевым в Кизеловской пещере. Из 50 кизеловских горошин почти половина имела поперечник 5—8 мм. Более чем на 90% они состояли из карбоната кальция. В разрезе чередовались светлые и темные слойки. В Дивьей пещере есть грот Жемчужный, где были найдены пизолиты. В пещерах встречается и ложный «жемчуг». Это окатанные, обработанные водой, обломки сталактитов. В них не наблюдается радиально-лучистых концентрических слоев.

Пешерный жемчуг, имея много общего с обычным, не представляет никакой ювелирной ценности. Он красив только тогда, когда лежит в маленьких кальцитовых ванночках на дне пещер. Здесь эти миниатюрные известковые горошины наряду с другими натеками восхищают нас разнообразием и изяществом.

ЛЕД ПОД ЗЕМЛЕЙ

Огромные площади суши: материк Антарктида, острова Гренландия, Новая Земля и другие, расположенные в полярных областях, — покрыты мощными ледниками. Они венчают и вершины высоких гор. Это поверхностное оледенение Земли, причиной которого является холодный климат.

Есть области, где породы на некоторой глубине имеют отрицательную температуру и содержат в трещинах, порах чистый лед. Такие мерзлые толщи называют многолетнемерзлыми горными породами, или вечной мерзлотой. Они существуют тысячи лет и являются реликтом холодной ледниковой эпохи, предшествовавшей современному периоду. На территории нашей страны почти вся Восточная Сибирь находится в зоне многолетней мерзлоты, мощность которой местами достигает 300—400 м. В районах с более теплым климатом вечный холод и лед господствуют в некоторых пещерах.

Накопление и сохранение снега и льда в пещерах контролируется климатическими условиями и формой полости. Лед образуется в тех пещерах, которые в зимний период сильно охлаждаются. Среднегодовая температура воздуха близка к 0° или ниже. Чаще, всего лед накапливается в мешкообразных полостях, погружающихся в глубь массива, а также в горизонтальных или наклонных пещерах с сезонной сменой направления движения воздуха и вертикальных шахтах с расширенным устьем (рис. 19, Б). Лед и снег бывают как сезонными, так и многолетними.

Что же является источником льда в пещерах? Это снег, попадающий в пещеру через входное отверстие. Постепенно он преобразуется в зернистый фирн, а затем — в лед. Другой источник — вода, проникающая с поверхности по трещинам, в некоторых случаях — паводковая речная вода, внедряющаяся в полость. В условиях отрицательной температуры вода застывает ледяными «натеками». В холодных пещерах водяные пары влажного подземного воздуха намерзают на сводах и стенах в виде инея — игольчатых и пластинчатых кристалликов льда, изморози, ледяных нитей, а также крупных кристаллов льда прямоугольно-пластинчатой, пирамидальной, игольчатой и другой формы. Встречаются как одиночные кристаллы, так и их сростки, спускающиеся со сводов гирляндами и цепями длиной до 0,5 м. При освещении их вспыхивают многочисленные алмазные блики. В. А. Варсанюфьева, одна из выдающихся женщин-геологов, заметила в 1915 г. после посещения Кунгурской ледяной пещеры, что никакое описание не может передать то чарующее впечатление, которое оставляет ее знаменитый «бриллиантовый» грот с искрящимися снежными облаками.

Во многих ледяных пещерах с потолка гротов и выступов стен спускаются сосульки — ледяные сталактиты конической, пилообразной, килевидной формы, занавеси длиной до 10 м. От пола поднимаются ледяные сталагмиты в виде сахарных голов, грибов, барабанных и бамбуковых палочек, массивных столбов высотой до 6 м.

При слиянии сталагмитов и сталактитов или «припаивании» сталактитов к полу образуются колонны, которые могут достигать в высоту 10 м при диаметре основания 6 м. В результате намерзания воды они приобретают причудливые формы: конусообразные или куполообразные в нижней части, перехваченные или раздутые в средней части, суживающиеся книзу, с массивным основанием, усложненным сталагмитами.

Кора обледенения сводов и стен, как правило, имеет толщину от 1 мм до 15 см. Основную массу в пещерах составляет покровный лед, залегающий на полу или низвергающийся с уступов ледопадами, и лед, скапливающийся в виде подземных ледников. В некоторых пещерах лед сковывает подземные озера.

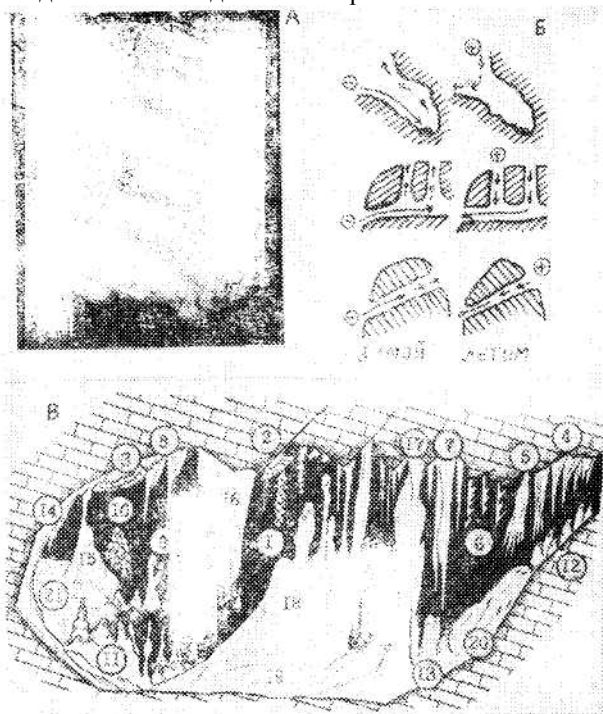


Рис. 19. Лед пещер. А — ледяные кристаллы Кунгур ской пещеры (фото Е. П. Дорофеева); Б — движение холодного (длинная стрелка) п теплого (короткие стрелки) воздуха в пещерах зимой и летом; В — обобщенная схема пещерных ледяных образований: / — гирлянды

кристаллов; 2 — кристаллы-гребешки; 3—бахрома; 4—8—сталактиты: 4 — конические, 5 — наклонные, 6 — пилообразные, 7 — сложные, 8 — Килевидные; 9—13—сталагмиты: 9 — барабанные палочки и палицы, 10 — жемчужные, 11 — сложные, 12 — кающиеся, 13—массивные под сталактитами; 14 — кора обледенения; 15—18 — колонны: 15 — коническая внизу, 16 — сужающаяся книзу, 17 — раздутая в средней части, 18 — с массивным основанием и сталагмитами; 19 — покровный лед; 20 — ледопад; 21 — озерный лед

Одна из известных в нашей стране пещер — Кунгурская — отличается разнообразием ледяных образований. В ней есть все виды льда, представленные на рис. 19, В. В Пермской области известно более 20 ледяных пещер. Многолетний ледник пещеры Мариинской имел длину 60 м при мощности до 2 м.

Самое большое скопление пещерного снега, фирна и льда в нашей стране обнаружено в пропасти Снежная на Бзыбском хребте, которая относится к глубочайшим полостям мира. Объем ледяных масс превышает 60 тыс. м³. Скоплению снега благоприятствует форма полости. Она начинается воронкообразно расширенным входным колодцем, который переходит в систему крутонаклонных щелей, открывающихся в огромный зал. Ледник в Большом ледяном зале на глубине 230 м от входа — самый глубокий ледник на земле.

Ледяные отложения изучены и во многих других полостях Кавказа. В шахте Вахушти Багратиони снежный конус простирается на глубину 46 м от входного отверстия. В средней части снег преобразуется в зернистый снег — фирн, а в нижней — в кристаллический лед сине-голубоватого цвета. По подсчетам З. К. Тинтилозова, общий объем снега более 1 тыс. м³. В Снежном зале стены покрыты корой обледенения, ледяными кристаллами, на карнизах весной бурно растут ледяные сталактиты.

Постоянное скопление снега и льда обнаружено в 36 полостях Горного Крыма, расположенных на высоте 700—1400 м.

Офирнованный снег обычно скапливается на дне или промежуточных уступах колодцев и шахт. В суженных участках шахт местами возникают снежные мосты или пробки. Как отмечает В. Н. Дублянский и А. А. Ломаев, мощность снега в шахте Водопойная достигает 12 м. В шахте Бездонная на Чатырдаге конус снега обнаружен на глубине 145 м от поверхности. Ледяные пещеры существуют почти во всех спелеологических районах СССР.

Некоторые подземные ледники простираются на сотни метров. Площадь льда в пещере Айсризенвельт (Австрия), протяженность которой 40 км, составляет 30 тыс. м². Передняя ее часть длиной 1 км покрыта льдом. Замечательным природным объектом является Добшинская ледяная пещера в Словацком Рае. Это настоящий ледяной мешок длиной 1386 м. Площадь, покрытая льдом, составляет 11 тыс. м², объем льда — 125 тыс. м³, а мощность его на отдельных участках достигает 20 м. Одна из стен переднего грота сложена слоистым голубоватым льдом. В леднике пробит туннель, по которому туристы попадают в Большой грот с ледяным «Ниагарским водопадом». В дальней части пещеры лед отсутствует. Пещеру посещает более 100 тыс. туристов в год.

Подземные ледники уступают по мощности и площади ледникам на поверхности, но в пещерах на небольшом участке представлены различные формы ледяных образований, что позволяет изучить условия их возникновения, динамику оледенения, влияние на нее отдельных природных факторов. Только в ледяных пещерах исследователь найдет ответ на вопрос о том, как образуются огромные ледяные кристаллы.

ЖИЗНЬ В ПЕЩЕРАХ

Пещеры — это особая среда обитания организмов: в условиях полной темноты, высокой влажности, постоянных температур. Из-за отсутствия света в пещерах не представлены фотосинтезирующие растения, но часто встречаются микроскопические организмы — бактерии, также низшие растения, лишённые хлорофилла, — грибы. Необычный гриб найден пермскими спелеологами в Мариинской пещере. В верхней части одного из ходов Воронцовской пещеры на Кавказе Ю. С. Ляхницкий обнаружил 4 гриба. Как он предполагает, это новый вид трутовика. Грибы имели форму цилиндра радиусом около 4 см при высоте до 1 см. Внутри их видны радиальные пластинчатые перегородки.

Более разнообразны животные, населяющие пещеры, то есть спелеофауна. Она представлена в основном беспозвоночными организмами, реже — рыбами, земноводными, млекопитающими. В пещерах карстовых районов описано более 400 видов беспозвоночных.

Пещерная фауна по составу значительно отличается от наземной. Есть виды, обитающие только под землей, а также организмы, встречающиеся в сходных условиях и на поверхности земли. Часть животных использует пещеры как места зимовок, сна, как временные убежища. Некоторые животные попадают в пещеру случайно и там погибают.

Обстановка пещер, в частности, постоянная темнота, накладывает печать на организмы, что проявляется в слепоте, обесцвечивании покровов, развитии органов осязания и обоняния. Среди обитателей пещер преобладают ракообразные и насекомые, менее многочисленны многоножки, паукообразные, моллюски и черви, коловратки, единичные виды простейших. В Большом озере Кунгурской пещеры плавает маленький бесцветный рачок крангоникс Хлебникова (рис. 20, А).

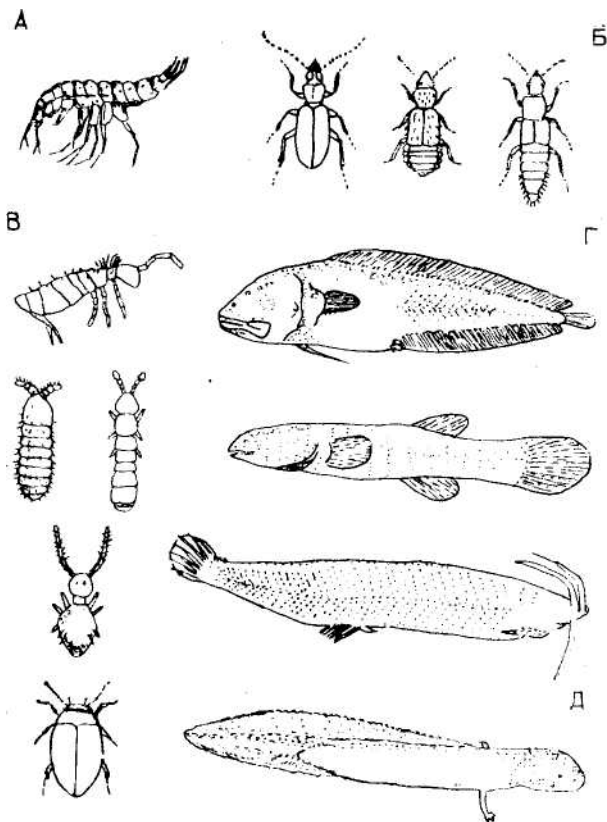


Рис. 20. Жизнь в пещерах: А —рачок крангоникс Хлебникова из Кунгурской пещеры; Б, В — жуки и ного хвостки из пещер Англии (по Ф. Чэпмену); Г — пещерные рыбы (по П. Х. Гринвуду); Д— протей

В английском журнале «Пещеры и их образование» публикуется серия статей под рубрикой «Жизнь в пещерах». Одна из статей Ф. Чэпмена посвящена жукам, многоножкам и ногохвосткам, живущим в пещерах (рис. 20, Б, В).

Необычное явление в пещере Вайтомо в Новой Зеландии описал в 1965 г. Д. Стивенс. Свод этой пещеры усеян многочисленными мерцающими голубовато-зеленым светом звездочками. Источником света являются личинки грибной мушки. Самка мушки откладывает яички на своде, приклеивая их выделяемой слизью. Тело развивающейся личинки состоит из сегментов. Хвостовой сегмент излучает свет. Личинка выпускает до 20 нитей, усеянных клейкими бусинками, длиной от 15 до 60 см. Поймав приклеившееся насекомое, она сматывает и проглатывает «удилище» вместе с жертвой. Спустя несколько месяцев личинка плетет шелковый кокон, который повисает на нити, а через несколько дней появляется мушка. После оплодотворения самка поднимается к потолку, чтобы отложить там яички. Этим удивительным «звездным небом» под землей восхищаются ежегодно более 50 тыс. человек, посещающих грот светлячков.

Трудно представить, что есть рыбы, существующие в полной темноте. Это пещерные рыбы с частично или полностью утраченным зрением (рис. 20, Г). У них нет сплошного серебристого покрова чешуи, они имеют необычный розоватый цвет тела. По данным Н. В. Парина и В. Ю. Должанского, в пещерах обитает около 50 видов из 12 семейств рыб. Обычная длина их не более 9 см. Крупные особи длиной до 15 см встречаются в пещерах Кубы. «Гигантом» является кентукская слепая рыба — ее длина 20 см.

Замечательное исследование об особенностях пещерных рыб, условиях их обитания, географии принадлежит П. Х. Гринвуду. Результаты его были опубликованы в английском журнале «Исследования в области спелеологии». Ученый установил, что наибольшее число видов пещерных рыб отмечено в Америке: в

Северной — 5, Центральной — 8, Южной — 8. Имеются они и в Африке — 5 видов, Японии (2), Иране, Ираке, Австралии (по 1 виду).

В 1979 г. В. А. Мальцев поймал в карстовом провале близ поселка Карлюк (предгорья юго-западных отрогов Гиссарского хребта) несколько маленьких слепых рыбок. В конце 1981 г. он возглавил спелеологическую экспедицию, в состав которой входил зоолог В. Ю. Дол-жанский. Отловленные 10 экземпляров рыб были изучены Н. В. Лариным. Он отнес их к роду гольцов семейства выюновых, близкому к подроду гребенчатых гольцов. Пещерный кугитангский голец — это новый для науки вид. От наземных гребенчатых гольцов его отличает не только отсутствие глаз и пигментации, но и полное отсутствие чешуйчатого покрова и многие пропорции тела. Кугитангский слепой голец, известный пока по единственному местонахождению, по мнению ученых Н. В. Ларина и В. Ю. Должанского, должен быть включен в «Красную книгу СССР». Пещерные места его обитания заслуживают тщательной охраны.

В Европе слепые пещерные рыбки неизвестны. Здесь, как и на других континентах, в подземных реках встречаются рыбы из поверхностных водотоков, исчезающих в пещерах.

И еще один обитатель поражает своим видом исследователя пещер. Это протей из семейства хвостатых земноводных, живущий в пещерах Европы. Сильно вытянутое туловище с очень слабыми конечностями переходит в хвост, окаймленный кожной складкой. Некоторые особи имеют длину до 28 см. Глаза скрыты под кожей. Кожа обесцвечена. Из-за просвечивающих тканей и кровеносных сосудов окраска тела меняется от бледно-розовой до лиловой. Питается протей различными беспозвоночными. Небольшой бассейн с протеем демонстрируют туристам в Постойнской Яме (рис. 20, Д).

Наиболее удивительным млекопитающим, использующим пещеры как временные пристанища, являются летучие мыши.

Пещеры привлекают и крупных зверей. Н. Д. Оводов нашел следы посещения их бурыми медведями, в том числе берлоги, в десяти пещерах по реке Бирюсе, впадающей в реку Енисей выше города Красноярска. Свойственная бурым медведям приенисейской Сибири привычка при случае наведываться в пещеры и устраивать там берлоги менее характерна для этих животных в других районах Сибири, Урала и Кавказа. Медведи иногда случайно, проявляя любопытство или по оплошности, попадают в вертикальные пещеры. Интересный случай постоянного посещения куницей пещеры Аггтелек в Венгрии описывает Г. Шаламон.

Несмотря на безмолвие, полную темноту, пещеры — не безжизненны. Жизнь их разнообразна, хотя и беднее по видовому составу наземной и морской. Организмы, постоянно обитающие в пещерах, называются троглобионтами, но наряду с ними есть и гости пещер, которые проводят в них только часть времени. В условиях более или менее постоянной среды сохранились древние виды, которые жили на земле при ином климате.

Эти бесцветные слепые обитатели пещер могут многое поведать ученым — какой климат был тысячи лет назад, какие растения и животные жили в те далекие времена, как приспосабливается организм к экстремальным условиям подземелья.

ПЕЩЕРЫ — УБЕЖИЩА УДИВИТЕЛЬНЫХ ЗВЕРЬКОВ

Невежество, варварское отношение к природе приводят к сокращению численности или даже исчезновению целых видов животных. Такая судьба ожидает летучую мышь, проводящую часть своей жизни в пещерах.

Летучие мыши — это подотряд рукокрылых млекопитающих. В нашей стране насчитывается 39 видов, относящихся к 3 семействам. Живут они стадами от 2—3 до нескольких десятков тысяч, реже — миллионов, особей в одном убежище. Зимние убежища находятся вдали от летних или же в тропических странах. Дальние сезонные перелеты имеют протяженность более тысячи километров. В умеренной зоне летучие мыши питаются насекомыми, среди которых преобладают вредители растений, переносчики болезней.

Летучие мыши часто в качестве дневных убежищ летом и зимовок используют пещеры с постоянной температурой и влажностью. По данным С. П. Чашина и других, в Пермской области рукокрылые, их гуано и костные остатки обнаружены в 22 пещерах — Дивьей, Б. Пашийской, Кизеловской Медвежьей, Подземных охотников и др. Н. П. Рычков, посетивший Дивью пещеру в 1770 г., писал, что в ней обитает великое множество летучих мышей. Большое количество зверьков сохранялось до весны 1956 г. В 1963 г. было учтено 120 особей, которые в начале октября разместились на зимнюю спячку в гротах Круглый, Ветлан, Девы, а затем переместились в гроты с более устойчивой температурой. Число зимующих летучих мышей в 1964 г. сократилось до 40.

В 1951 г. массовое скопление летучих мышей обнаружено в одной из пещер в долине реки Чарыш на Алтае. Позднее П. П. Стрелков установил, что в ней обитает колония остроухих ночниц численностью 3000—4000 особей. Пещера служила им убежищем как летом, так и зимой. Зверьки висели вниз головой, покрывая потолок в несколько слоев. Местоположение колонии находили по сильному аммиачному запаху, шелесту крыльев, крикам сотен зверьков. Пол пещеры был покрыт пометом толщиной до 0,5 м.

Весной 1966 г. зоологи А. Д. Базыкин, Н. Н. Воронцов и Е. А. Ляпунова изучили большую колонию летучих мышей в

Бахарденской пещере. Пещера находится у подножья северного склона хребта Коу в Копет-Даге, на 100 км западнее Ашхабада. Она представляет собой опускающийся вниз зал в известняках протяженностью 250 м, глубиной 69 м (рис. 21, А). Его неровный свод соединяется пятью отверстиями с поверхностью.

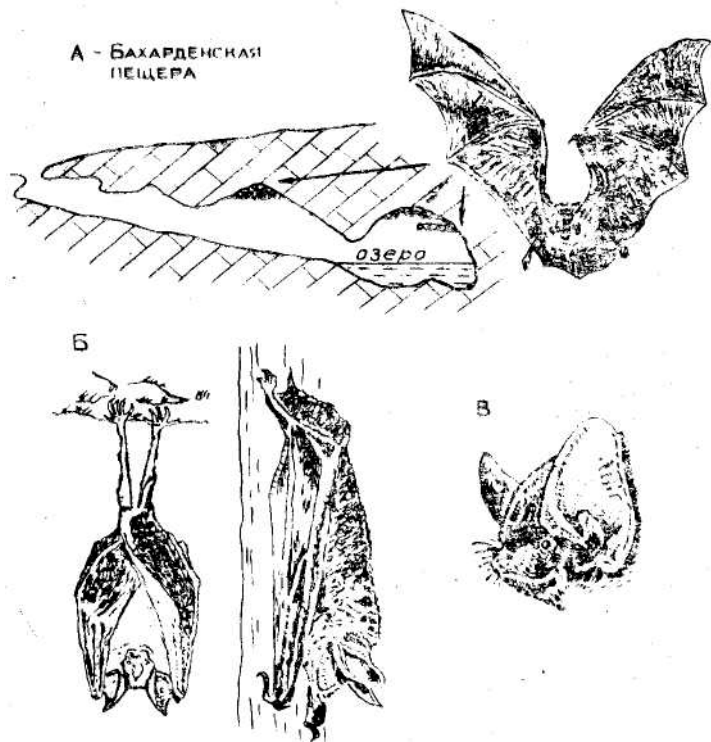


Рис. 21. Летучие мыши — обитатели пещер: А — разрез Бахарденской пещеры; Б — положение летучих мышей во время спячки (по Б. К. Криштуфеку); В — один из видов летучих мышей

Зал заканчивается озером Коу с теплой минерализованной водой, его глубина достигает 12 м. Высокая температура воздуха и постоянная влажность благоприятствуют обитанию летучих мышей. Основные дневки их расположены на потолке над теплым озером и близ соединения вертикальной стены со сводом. Вылеты зверьков осуществляются вечером через верхние отверстия, а возвращение в пещеру — через нижнее. В пещере обитает 5 видов летучих мышей, которые строго соблюдают сроки вылета: в первые 20 минут летят подковоносы, в следующие 30—35 минут — длиннокрылые, последними появляются гигантские остроухие ночницы с размахом крыльев до 54 см.

В мае 1966 г. в пещере учтено около 12 тысяч летучих мышей, летом их количество, возможно, возросло до 20 тысяч. В предыдущие годы их обитало здесь до 40 тысяч. Сокращение численности колонии объясняется частым посещением гротов туристами и местным населением. Летучие мыши Бахарденской пещеры за весенне-летний период уничтожают около 12—15 тонн вредных насекомых.

Одна из самых многочисленных колоний летучих мышей в пещере Бракенской описана А. Кршановским. Пещера находится в 32 км от города Сан-Антонио в США. В ней в отдельные годы обитало около 20 млн. летучих мышей. По числу населяющих ее особей полость занимает второе место после Новой пещеры в Техасе, где насчитывалось до 30 млн. зверьков. Пещера состоит из двух залов длиной 300 м, шириной 30 м и высотой 3 м. Потолки и стены покрыты плотным слоем летучих мышей. Влажный воздух пропитан испарениями аммиака, гуано, разлагающихся трупов зверьков. Вылет мышей начинается в 4 часа дня и продолжается до 10 часов вечера в строгом порядке. Первые особи возвращаются в 12 часов ночи, а последние — лишь к полудню.

Осенью мыши улетают, как предполагают ученые, в Колумбию, мигрируя на расстояние 1300 км. Весной они

возвращаются — самцы задерживаются в Мексике, а самки долетают до пещеры и приносят потомство. Каждую зиму в пещеру приходят сборщики гуано, которое используется как удобрение. Этот промысел обеспечивает охрану пещеры — фермер, на чьих землях она находится, не разрешает ее посещение.

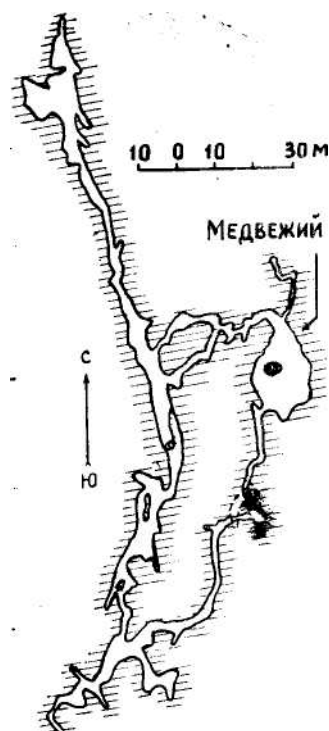
В связи с развитием подземного туризма сокращаются и даже исчезают колонии летучих мышей в пещерах. Каждый, кто посещает пещеры, должен помнить, что летучие мыши — полезные животные. Они уничтожают насекомых — вредителей растений и кровососущих, являются ценным объектом научного исследования в области физиологии, медицины, техники. Система эхолокации летучих мышей гораздо совершеннее изобретенного человеком радара. Важна охрана не только самих зверьков, но и мест их обитания — пещер. П. П. Стрелков писал, что невозможно предугадать, какие открытия будут связаны с этой группой животных.

ОРГАНОГЕННЫЕ ОТЛОЖЕНИЯ ПЕЩЕР

Органогенные отложения — это скопления продуктов жизнедеятельности организмов и костей животных, погибших в пещере или занесенных в нее человеком. К ним относится также растительный мусор — ветки, иногда даже стволы деревьев, приносимые с поверхности в пещеру водными потоками и попадающие в гроты при обрушении их сводов. Например, стволы деревьев обнаружены в осыпях Кунгурской пещеры.

Скопления костей птиц и таких животных, как пещерный медведь, соболь, куница, лисица, заяц, грызуны, летучие мыши, найдены во многих пещерах Пермской области: Тайн, Подземных охотников, Чудеснице, Динамитной и др. Замечательная костеносная пещера, названная Кизеловской Медвежьей, была открыта в 1953 г. на окраине города Кизела при разработке известняка. Вход в нее

находится на склоне горы Камень, сложенной каменноугольными известняками. Вертикальный колодец глубиной 8 м ведет в грот Медвежий. Летом 1956 г. студенты Пермского университета под руководством Л. С. Кузнецовой произвели съемку пещеры. В 1971 — 1973 гг. другая группа студентов открыла новые гроты, длина которых вместе с протяженностью известных составила 710 м (рис. 22).



Повсюду в пещере наблюдаются крупные и мелкие обломки пород, глина. В ней есть и кальцитовые натеки — сталактиты, сталагмиты, колонны, кальцитовые коры, гребешки, гуры с пещерным жемчугом. Зимой и весной в привходовой части намерзают кристаллы льда, а в гроте Медвежьем снег и лед накапливаются в виде конуса. Сразу же после открытия пещеру посетили археологи Пермского университета О. Н. Бадер и В. А. Оборин. Позднее, в 1956 г. палеонтологический отряд Зоологического института Академии наук СССР под руководством Н. К. Верещагина провел специальные раскопки. Был собран богатейший остеологический материал — пять

Рис. 22. План пещеры Ки-зеловской Медвежьей (по С. В. Валуysкому)

тысяч костей, принадлежавших 307 особям, прежде всего карликовому пещерному медведю. Найдены кости волков, росомых, выдр, скелеты соболей, белок, ласок, горностаев, зайцев, кротов, землероек, водяных крыс, летучих мышей.

Скопление 1200 костей и черепов растенияядного карликового пещерного медведя является уникальным. Предполагают, что медведи обитали в этом районе много столетий в период наступления ледника, соответствующий мустьерской археологической эпохе. Вымерли они 12—15 тыс. лет назад. Впервые в мире Н. К. Верещагиным обнаружено шесть ископаемых черепов и несколько скелетов соболей плейстоценового возраста.

В 1988 г. пермские спелеологи открыли пещеру в бассейне реки Усьвы. Как сообщают Е. П. Близначев и И. А. Лавров, в одном из ее гротов, площадь которого 250 м², огромное количество костей пещерного медведя залегает среди обвальных и глинистых отложений. По приблизительным подсчетам они принадлежат более чем 100 особям. Эта находка ставит Усьвинскую Медвежью пещеру в ряд с уникальными медвежьими пещерами Урала, такими как Медвежья на реке Печоре, Кизеловская Медвежья и пещера Тайн.

Костеносные пещеры — настоящий клад для ученых, исследующих животный мир прошлого и настоящего, изменение его видового состава. Костные остатки из Ки-зеловской Медвежьей пещеры дополнили коллекции Зоологического института АН СССР и других научных организаций.

Костеносные пещеры Алтая, долин рек Чарыша и Ханхары, привлекли внимание ученых еще в начале XIX века. Кости млекопитающих в этих пещерах изучали выдающиеся русские геологи — академик Г. П. Гельмерсен, член-корреспондент Петербургской Академии наук Э. И. Эйхвальд. Во второй половине XIX века известный исследователь Восточной Сибири и Байкала И. Д. Черский написал ряд работ о Нижнеудинской пещере и обнаруженных в ней ископаемых остатках костей млекопитающих

животных.

Сохранившиеся ископаемые остатки, отпечатки и следы жизнедеятельности вымерших животных и растений изучает наука палеонтология. Пещеры являются ценными палеонтологическими объектами, исследование которых позволяет восстановить животный и растительный мир прошлых эпох. Подобная реконструкция была осуществлена Н. К. Верещагиным и Н. Д. Оводовым для территории Приморья. Изучив костные остатки из слоев различного возраста в пещерах Тигровая, Летучая мышь, Географического общества в долине реки Сучан и пещере Малой Пенсау в ущелье речки того же названия, ученые установили, как менялись видовой состав животных, растительность и климат за последние 20—25 тыс. лет. В пещерах, которые были временными убежищами первобытных людей, как бы их охотничьими сторожками, накапливались кости промысловых, шедших в пищу, животных. Так, в одном слое пещеры Географического общества найдены фрагменты костей лисицы, волка, бурого медведя, гиены, соболя, россомахи, пещерного льва, барса, мамонта, лошади, носорога, кабарги, косули, оленя мелкого, изюбра, лося, горала, бизона. Анализ спор и пыльцы растений, извлеченных из этого же слоя, показал, что 15—20 тыс. лет тому назад в эпоху, когда существовали лошади, мамонты и бизоны, местность представляла собой разнотравную степь с березовыми колками (рис. 23).

В пещерах, где обитают летучие мыши или птицы, накапливается гуано, содержащее азот и фосфор. Отложения гуано отмечены в пещере Кизеловской Медвежьей, видимо, они есть и в других пещерах Пермской области, в которых живут летучие мыши: Дивьей, Тайн, Тихого камня, Подземных охотников, Большой Пашийской, Чудеснице и др.

Большие скопления гуано характерны для теплых пещер. В Бахарденской пещере занимаемая ими площадь составляет 1,3 тыс. м². Другая пещера — Летучая мышь — со значительными

скоплениями гуано находится в Грузии. Здесь же известна пещера Мтискалта, натеки в которой изъедены растворами, вымываемыми из гуано.

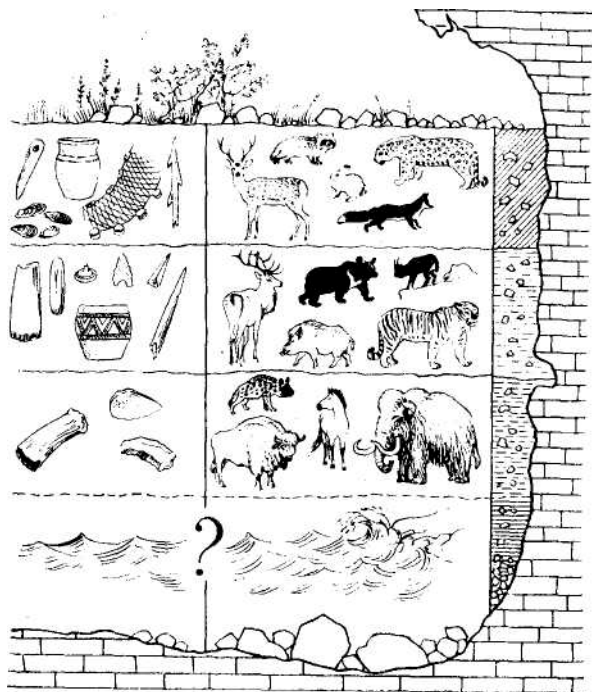


Рис. 23. Смена культур и фаун в Южном Приморье по данным раскопок в пещерах в 1966—1967 гг. (по Н. К. Верещагину и Н. Д. Оводову)

При взаимодействии гуано и глины образуются фосфоритовые земли и фосфориты. Фосфориты — осадочные горные породы, насыщенные фосфатами. Они используются для производства удобрений. Большая часть месторождений фосфатных руд имеет морское происхождение. Пещерные фосфориты встречаются реже.

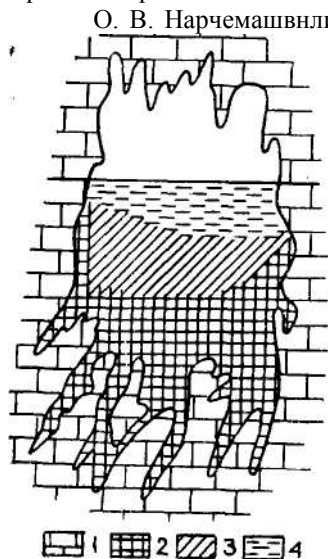


Рис. 24. Схематический разрез залежи пещерных фосфоритов острова Ява: 1 — известняк, 2 — кальциевый фосфат, 3 — алюмофосфат, 4 — слабофосфатизированная глина (по О. В. Нарчешавили и А. С. Соколову)

О. В. Нарчешавили и А. С. Соколов описали фосфориты известняковых пещер на острове Ява (рис. 24). Мощность залежей их в некоторых пещерах достигает 10 м. Образование пещерных фосфоритов связано с жизнедеятельностью летучих мышей. Экскременты и моча, содержащие фосфатные соединения, в условиях теплого тропического климата вступали в химическое соединение с глинами и известняками на дне пещеры. При взаимодействии фосфорсодержащих растворов с известняками возникали кальциевые фосфаты, с глинами, богатыми алюминием и железом, — алюмо фосфаты и железо-фосфаты. В пещерах, населенных летучими мышами, фосфориты образуются и в настоящее время. Гуано и фосфориты разрабатывались в пещерах Австрии, Румынии, Вьетнама, США, Кубы и других стран.

На территории нашей страны много пещер в известняках, есть и населенные летучими мышами, поэтому при обследовании пещер необходимо помнить о возможности нахождения в них фосфоритов, изучение которых поможет получить новые данные о процессах их формирования.

ПЕЩЕРЫ НА ЗАРЕ ЧЕЛОВЕЧЕСТВА

Примерно с 800-го по 40-е тысячелетие до нашей эры длился древнейший этап человеческой истории, который называют нижним, или ранним, палеолитом. Основным занятием людей были коллективная охота и собирательство. Первые орудия труда древнего человека представляли собой необработанные камни с острыми краями и простые палки. Со временем люди начали изготавливать орудия труда из камней, применяя приемы их дробления и раскалывания.

В шелльскую археологическую эпоху, названную по наименованию селения во Франции (Шелль), человек использовал ручные зубила, а также острия, скребло-видные орудия. Люди жили небольшими группами и вели бродячую жизнь. Это был теплый доледниковый период. В следующую — ашельскую — эпоху (от местности Сент-Ашель во Франции) дальнейшее развитие труда привело к усовершенствованию каменных орудий и техники их изготовления. В это время возникают охотничьи лагеря, появляются постоянные поселения. Человек осваивает готовые природные жилища — навесы и гроты пещер.

Ашельская эпоха сменяется мустьерской. Мустье — пещера на берегу реки Везер во Франции, где была найдена стоянка древних людей, называемых неандертальцами. Они были более развитыми по сравнению с древнейшими людьми начала нижнего палеолита.

Мустьерская эпоха совпадает с периодом похолодания климата и наступления ледников. Центрами оледенения были

Британские острова, Скандинавия и Северный Урал. Отсюда ледники двигались на юг, спускаясь по долинам Дона и Днепра двумя языками. Ледники уничтожали все живое. Исчезла теплолюбивая растительность. Изменился животный мир. Появились мамонт, шерстистый носорог, северный олень, песец и другие животные.

Начиная с ашельской эпохи пещеры служили жилищами, укрытиями, местами совершения ритуальных обрядов, захоронений, древнейшими мастерскими живописи. В горных районах исследованы многочисленные палеолитические пещеры. В пещерах Крыма выявлены культурные слои, костяки взрослых и детей с позднеашельского времени до позднего средневековья. Грот Кинк-Коба содержит два культурных слоя (позднеашельский и мустьерский), в нем обнаружены остатки скелета неандертальца, захороненного в яме, выдолбленной в известняке. Во многих пещерах Кавказа найдены следы обитания человека ашельского, мустьерского и более позднего времени. В культурных слоях пещеры Ква-Чара череп пещерного медведя захоронен в нише, как предполагает Н. И. Бурчак-Абрамович, в ритуальных целях. В Цуцхватской пещерной системе обнаружены следы обитания человека, начиная с раннего каменного века и кончая поздним средневековьем.

Много палеолитических местонахождений установлено в пещерах Урала. Самой северной из них является Медвежья на Печоре. О. Н. Бадер и В. А. Оборин утверждают, что Прикамье впервые было заселено человеком в ашельскую эпоху. Позднепалеолитические люди проникают дальше на север по сравнению с раннепалеолитическими.

Е. П. Близначев обнаружил в пещере Подземных охотников (Пермская область) в песке на глубине 8—15 см древесные остатки и кости животных со следами ударов несовершенным орудием в виде борозд и проломов. В 1988 г. пермские спелеологи исследовали

вновь открытую пещеру в бассейне реки Усьвы, названную Нагорнской. На одном из ее участков пол покрыт щебнем, перемешанным с остеологическим материалом: обломками костей северного оленя, пещерного и бурого медведя, песка и других зверей. В слое глины на глубине 1 — 1,3 м найдены расщепленные берцовые и плечевые кости бизона, мамонта и северного оленя. Этот факт свидетельствует о посещении пещеры людьми в эпоху палеолита,

В бассейне Белой, на реках Юрюзани и Катаве, пещеры служили временным убежищем для позднепалеолитических охотников. В пещерах Ключевой и Бурановской найдены единичные кремневые осколки со следами обработки. Сохранились кострища. Многие кости животных обожжены или расколоты.

В пещерах Средней Азии имеются стоянки, относящиеся к различным периодам палеолита. На территории Узбекистана находится многослойная пещерная стоянка Сель-Унгур, в нижней части которой встречены ашельские каменные орудия.

В гроте Тешик-Таш обнаружено погребение неандертальского ребенка. Скелет найден в верхнем культурном слое на небольшой глубине. Он сохранился не полностью. По уцелевшим 150 фрагментам черепа М. М. Герасимов реконструировал физический облик ребенка (рис. 25).

Палеолитические местонахождения имеются и в пещерах Алтая, Сибири. На юге Дальнего Востока в карстовых полостях, особенно в пещере Географического общества, собраны уникальные археологические находки, относящиеся к разным периодам, от позднего палеолита до средневековья. Пещерные стоянки древнего человека описаны и отражены на картах в монографии «Палеолит СССР» (1984).

По мере совершенствования орудий труда и развития домостроения в мезолите, неолите и позднейшем времени пещеры утрачивают функцию жилищ и используются как укрытия для людей

и домашних животных, мастерские, хранилища, крепости, места культовых и религиозных обрядов, склады, убежища.

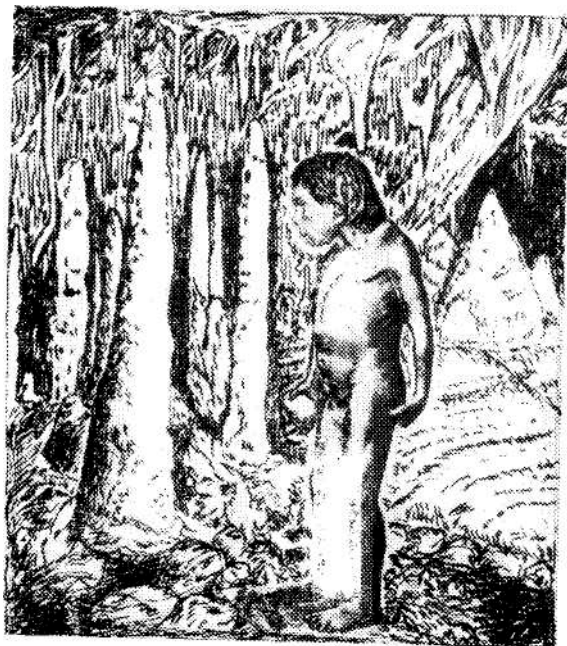


Рис. 25. Реконструированный М. М. Герасимовым облик ребенка-неандертальца из пещеры Тешик-Таш на фоне натечков. Композиция

ДРЕВНИЕ ЖИВОПИСЦЫ И СКУЛЬПТОРЫ

В поздний (верхний) древнекаменный век неандертальского человека сменяет человек современного типа. В верхнем палеолите усложняется техника охотничьего хозяйства, совершенствуются орудия труда и способы их изготовления. Зарождается домостроительство, формируется новый уклад жизни, крепнет первобытная община. Расширяется кругозор человека и обогащается его духовный мир. В труде человек развил речь и мышление, научился производить нужные ему предметы, что явилось основным условием творческой деятельности, выразившейся в возникновении первобытного искусства. Памятники палеолитического изобразительного искусства дают представление о взаимодействии древних людей, живших 40—10 тыс. лет назад, с окружающей их природой.

Известный археолог А. П. Окладников, на материале открытий в Европе и Азии знакомит читателей в книге «Утро искусства» с древнейшими произведениями изобразительного творчества людей: рисунками, росписями, скульптурными работами. Первые образцы палеолитического искусства были найдены в пещерах Франции в 40-х годах XIX века. В 1864 г. в пещере Ламадлен (Франция) было обнаружено изображение мамонта на костяной пластинке. Спустя 11 лет, в 1875 г., были открыты росписи Альтамиры. Пещера Альтамира находится в Испании, в провинции Сантандер. В 1875 г. археолог-любитель Марселен Саутуола увидел на ее стенах рисунки черной краской, но не придал им значения. В 1878—1879 гг. археологом были найдены в пещере каменные орудия. Во время раскопок Саутуола взял с собой маленькую дочь. Пройдя в глубь пещеры, она закричала: «Быки, нарисованные быки!». На своде пещеры археолог увидел многокрасочные фигуры живот ных — они выглядели как живые. Рисунки были выполнены минеральной краской — охрой.

В 1880 г. выходит в свет книга Саутуолы, в которой он доказывает, что росписи Альтамиры принадлежат людям эпохи палеолита. Далее начинается период непризнания подлинности рисунков, и только спустя несколько лет после сенсационных открытий в пещерах Франции Ла-Мут, Пэр-нон-Пэр, Марсула, Комбарель, Фон де Гом и Мае д'Азиль принадлежность росписей уже не вызвала сомнений.

В 1902 г. французские археологи едут в Испанию, чтобы увидеть росписи Альтамиры. Один из них писал: «В этом месте сконцентрирована, как в фокусе, великая художественная сила того времени. Это капелла Сикстина того времени — высшее, на что способна та эпоха! Это — королева всех расписанных пещер». Изящнейшие рисунки расположены на стенах и потолке первого зала — Зала быков. Площадь потолка в Альтамире, заполненная фигурами животных, равна 18х9 м.

Б. А. Фролов разделяет памятники изобразительной деятельности людей, живших в эпоху верхнего палеолита, на две группы. Одну группу составляют знаково-символические и условно-геометрические начертания (отдельные знаки, группы знаков, орнаменты). В них обнаруживаются следы математико-астрономических наблюдений. Вторая, основная, группа — это конкретные, нередко исполненные огромной художественной силы образы людей и животных (рис. 26). Среди изображений млекопитающих преобладают лошади, бизоны, мамонты, олени, козлы, туры, лани, медведи, львы, носороги.

Реалистический характер искусства палеолита не ограничивается мастерством статической обрисовки тела животных. Наиболее полно природа этого искусства проявилась в умении схватить движение. Кабан из Альтамиры страшен в своей ярости: он несет с оскаленными клыками и вздыбленной щетиной. На рисунках изображены звери с вонзенными в них дротиками или гарпунами, звери, покрытые ранами, умирающие хищники. Рядом с

животными условно обозначены копьеметалки, охотничьи изгороди и сети.



Рис. 26. Роспись эпохи палеолита на стенах пещеры Ляско (Франция)

Б. А. Фролов отмечает, что рисунки отличаются поразительной точностью изображений внешнего облика, анатомического строения, повадок животных. Образы животных находятся в сложных взаимоотношениях. В пещерах Западной Европы около 90% всех фигур бизонов, туров и лошадей занимают центральные части панно. Здесь же сосредоточено почти 100% знаков, называемых женскими символами, или знаками плодородия. Совместное нахождение изображений быков и женских символов

ученый объясняет их общностью — замеченным древними людьми одинаковым календарным сроком беременности самок этих животных и женщин (10 лунных месяцев). Третий персонаж древних композиций — лошадь отражает солнечный год (срок беременности лошади) и циклы смены сезонов. В счетно-календарных нарезках на вещах из палеолитических стоянок записаны дни (28—29) лунных месяцев, составляющих лунный год (10 лунных месяцев). Первобытное времяисчисление отражало видимое движение небесных тел, прежде всего Солнца и Луны, и соотнесенные с этим движением циклы жизнедеятельности млекопитающих и их размножения.

Палеолитические изображения животных изучал художник-анималист В. А. Ватагин. Английские исследователи Р. Пауэре и К. Б. Стрингер обобщили сведения о живописи в пещерах Европы (рис. 27): рисунки дают представление о животном мире времени обитания позднепалеолитического человека. Кроме рисунков млекопитающих встречаются изображения рыб, птиц, змей.

Широко известна наскальная живопись Каповой пещеры на реке Белой в Башкирии. Она была открыта в 1959 г. зоологом А. В. Рюминым, а затем исследовалась в течение многих лет археологом О. Н. Бадером. На обоих этажах пещеры, часто в труднодоступных местах, выявлено около 40 изображений мамонтов, лошадей, носорога, бизона и различных символических знаков геометрической формы. Рисунки выполнены красной, коричневой и черной минеральными красками.

В 1982 г. в Каповой пещере работала экспедиция Ленинградского отделения Института археологии АН СССР под руководством В. Е. Щелинского. В результате исследований в одном из отдаленных залов с па стенной живописью была открыта стоянка первобытных людей. В культурном слое найдены каменные орудия

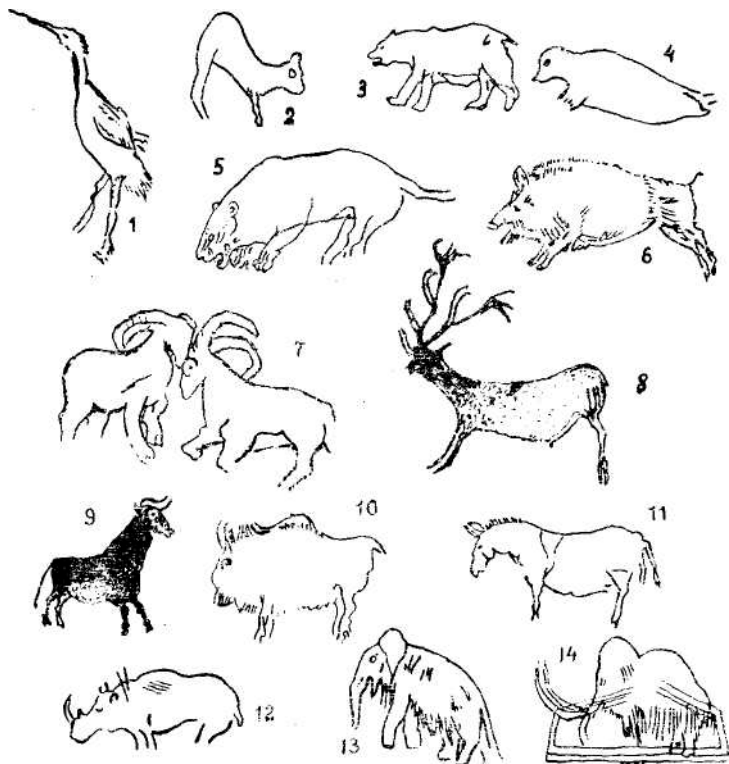


Рис. 27. Пещерная живопись (по Р. Пауэрсу и К. Б. Стрингеру): 1 — птица (Абри Монтаструк, Франция), 2 — молодой олень (Аль тамира, Испания), 3 — медведь (Лимель, Франция), 4 — тюлень (Дарати, Франция), 5 — животное из семейства кошек (Ля Марш, Франция), 6 — дикая свинья (Альтамира, Испания), 7 — рогатые козлы (Рок де Сер, Франция), 8 — самец оленя (Ляско, Франция), 9 — бык (Фон де Гом, Франция), 10 — бизон (Нпо, Франция), 11 — лошадь (Комбарель, Франция), 12 — шерстистый носорог (Алдеи, Франция), 13 — шерстистый мамонт (Арси на Кюре, Франция), 14 — мамонт (Бернифаль, Франция)

труда, украшения, минеральная краска, древесный уголь, костные остатки пещерного медведя, зайца, лисицы, песка, копытного лемминга. Радиоуглеродным методом определен возраст культурного слоя. Он составляет 14080 ± 150 лет. По мнению В. Е. Щелинского, наскальная живопись Каповой пещеры создана первобытными охотниками в конце позднего палеолита.

В 1980 г., через 20 с лишним лет после открытия Каповой пещеры, на Урале было обнаружено 12 групп рисунков древнекаменного века в Игпatieвской пещере, которая расположена на правом берегу реки Сим в Челябинской области. Протяженность ее 540 м. На стенах труднодоступной дальней части пещеры красной охрой изображены животные, змея, антропоморфное существо, линии и пятна. А. П. Окладников и В. Т. Петрип предполагают, что рисунки Игпatieвской пещеры моложе рисунков Каповой пещеры на тысячу лет, а может быть, и больше (рис. 28).

Представляют интерес геометрические рисунки, отражающие астрономические познания древних людей. Например, на Кубинском архипелаге стены и своды пещер в известняках и мраморах сохраняют древнейшие изображения, выполненные коренными обитателями (рис. 29, Л). А. Н. Хименес описал пещеры на острове Пинос. Наиболее интересна из них Куэва де Пела, или пещера № I в Пунта дель Эсте. В центре ее свода расположена основная композиция из 56 фигур эллипсовидной и округлой формы, а также стрелы красного цвета, указывающие на восток. Предполагают, что в совокупности 28 черных (ночь) и 28 красных (день) линий олицетворяют лунный месяц. Главную композицию окружают десятки рисунков меньшего размера иероглифического характера, зооморфные изображения, крестовидная фигура, рисунок змеевидной формы. В некоторых пещерах сохранились листовидные изображения, лабиринтные рисунки, состоящие из сложных фигур, соединенных прямыми и спиралевидными линиями и окружностями (рис. 29, Б).

Люди эпохи палеолита наблюдали не только за движением Солнца и Луны. В длительных переходах в поисках дичи они ориентировались по звездам. В Папоротниковой пещере (Калифорния, США) на скальной плите высечена «карта звездного неба». Как сообщает Ю. П. Псковский, древний художник почти без искажения показал расположение самых ярких звезд участка неба (рис 30, А, Б).

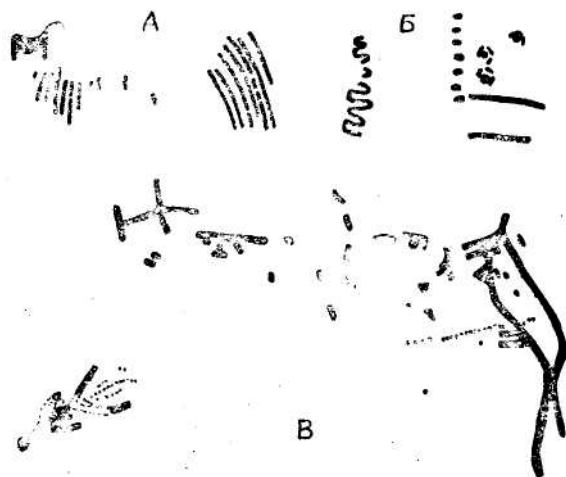


Рис. 28. Палеолитические рисунки в Игнatieвской пещере на Урале: А — композиция с изображением лошади и вертикальными линиями; Б — вертикальное изображение змеи и остатки композиции в виде линии и пятен краски; В — композиция с двумя фигурами: антропоморфного существа и массивного животного (по А. П. Окладникову и В. Т. Петрину).

Памятники первобытного искусства свидетельствуют о верованиях человека, зарождении культа зверя и охотничьего колдовства, что было обусловлено значением охоты, как главного источника существования людей.

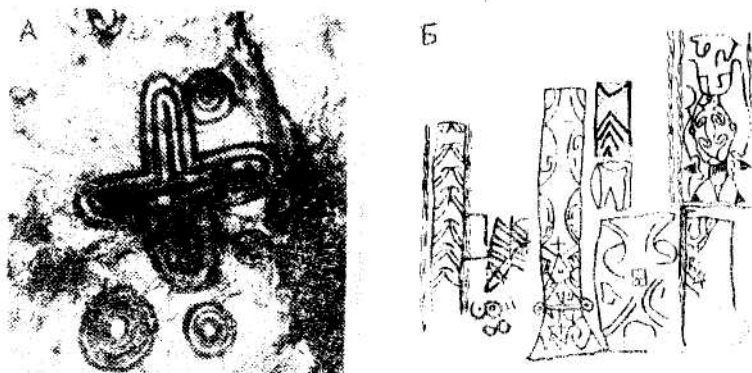


Рис. 29. Изображения в пещерах Кубинского архипелага: А — изображение в форме креста, олицетворяющего четыре стороны Света; Б — доисторическая живопись в пещере Куэва Гарсия Робьоу в провинции Гавана (по А. Хименесу)

Звери занимали важное место в сознании человека. Выразительные лепные фигуры животных, в том числе медведя, в глубине пещеры Монтеспан (Франция), вокруг которых на глиняном полу уцелели покрытые кальцитовый коркой отпечатки босых человеческих ног. Голова у медведя отсутствовала, на ее месте находилось глубокое отверстие, а между лапами лежал череп медвежонка, возможно, прикрепленный прежде к глиняной фигуре деревянным стержнем. Отпечатки босых ног вблизи двух вылепленных из глины фигур бизонов в пещере Тюк д'Одюбер (Франция), вероятно, принадлежали

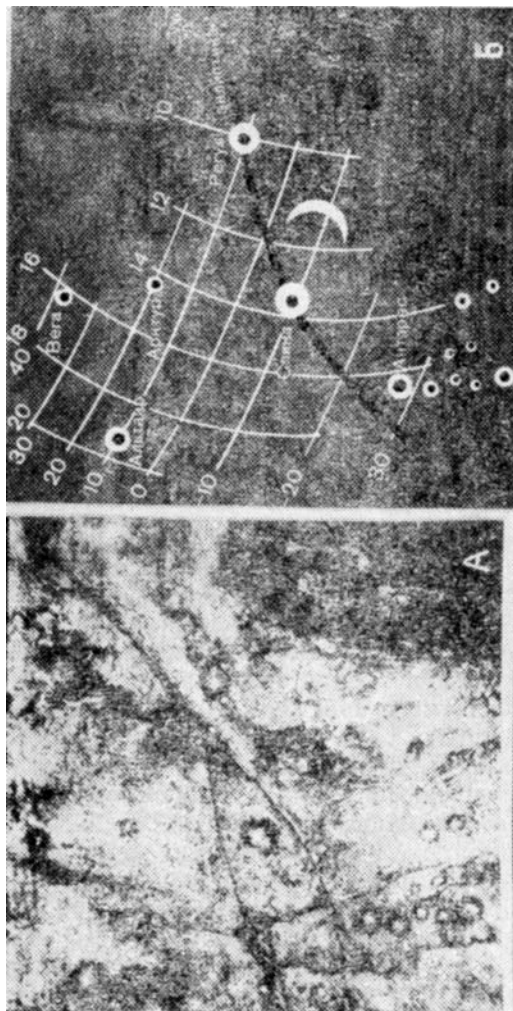


Рис. 30. Наскальный рисунок астрономического характера а пещере Папоротниковой (СШАЗ: А — изображение звезд и Луны древним художником (неолит); Б — расшифровка звезд на рисунке (по Ю. П. Псковскому)

превобытным охотникам, исполнявшим обрядовый танец с целью околдовать живых бизонов, сделать их легкой добычей на охоте.

Сохранение пещерных рисунков и «скульптурных» работ древнего человека обеспечивалось устойчивым микроклиматом и изолированностью гротов от внешнего мира. Рисунки обычно находятся на значительном расстоянии от входа в пещеру, например, в Нио (Франция) — на расстоянии 800 м. Постоянная жизнь человека в таких условиях невозможна. Чтобы попасть в эти хранилища пещерного искусства, приходится преодолевать узкие ходы и колодцы, подземные реки и озера. Приведенные данные убедительно свидетельствуют, что пещеры содержат ценную информацию о животном мире прошлого, быте, орудиях труда, способах охоты, культуре, биологических и астрономических познаниях наших далеких предков.

С ДРЕВНЕЙШИХ ВРЕМЕН ДО НАШИХ ДНЕЙ

Многие тысячелетия пещеры привлекают человека. На раннем этапе развития человеческого общества они служили жилищем и укрытием. Изменение общества влекло за собой смену характера использования пещер (рис. 31). Их подземное пространство, отложения и карстовые воды используются для различных целей. В пещере Чертовы Ворота (Приморье) раскопана мастерская древнего человека, возраст которой около 7 тыс. лет. Культовые святилища и языческие капища, создававшиеся начиная с VI—VII веков до н. э. и кончая ранним средневековьем обнаружены в пещерах Крыма. Одним из почитаемых жертвенных мест Северного Урала была Канинская пещера (медно-бронзовый век — средневековье). В средние века в пещерных городах наряду с искусственными полостями использовались в качестве подсобных помещений и естественные. Около 56% карстовых пещер

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ	ПАЛЕОЛИТ, НЕОЛИТ	СРЕДНИЕ ВЕКА	XIX ВЕК	XX ВЕК
ПРОСТРАНСТВА				
ТУРИЗМ				
ЛЕЧЕБНИЦЫ				
РЕСТОРАНЫ И СТОЛОВЫЕ				
ЗАГОНЫ СКОТА				
МУЗЕИ, ЛАБОРАТОРИИ				
ШАМПИНАРИИ				
ТЕАТРЫ, КОНЦЕРТНЫЕ И ТАНЦЕВАЛЬНЫЕ ЗАЛЫ				
ЖИЛИЩА				
КАРТИННЫЕ ГАЛЕРЕИ				
СЫРОДЕЛИЕ				
МЕСТА МАГИЧЕСКИХ ОБРЯДОВ, ХРАМЫ				
ЗАТВОРНИЧЕСТВО				
ПУТИ СООБЩЕНИЯ				
ПОГРЕБЕНИЯ				
БРАКОСОЧЕТАНИЯ				
СКЛАДЫ ПРОДУКТОВ				
ТЮРЬМЫ				
МАСТЕРСКИЕ ФАЛЬШИ ВОМОНЕТЧИКОВ				
ВИНОДЕЛИЕ				
ЦВЕТОВОДСТВО				
ОТЛОЖЕНИЙ				
СТАЛАКТИТЫ-СТРЕЛЫ				
ПЕЩЕРНЫЙ ОНИКС				
ФОСФОРИТЫ				
СЕЛИТРА				
МУМИЁ				
ЛЕД				
ГАЛМЕЙ (NIX)				
КАЛЬЦИТ ОПТИЧЕСКИЙ				
ГИПС ОПТИЧЕСКИЙ				
В О Д				
ВОДОСНАБЖЕНИЕ				
ЭНЕРГЕТИЧЕСКОЕ				
ЛЕЧЕБНОЕ				
ВОДНЫЙ ПУТЬ ТУРИСТОВ				

Рис. 31. Виды использования пещер (по Г. А. Максимовичу)

в пещерном городе Мангуп-Кале в Крыму (VI—XV века) без изменения или после перестройки входили в единые оборонительные, жилищно-хозяйственные и церковные комплексы.

В связи с развитием горного дела, металлургии и медицины в средние века возник интерес к минеральным богатствам пещер. В пещерах горного обрамления Ферганской депрессии в IX—XI веках трудились древние рудокопы (рудники Канджол, Капсай, Хайдаркап и др.). Из пещер извлекали мумие, которое использовали в качестве медицинского сырья. Воды пещер, особенно в засушливых районах, использовались для водоснабжения, лечения болезней. Например, источники Мацесты (Кавказ) были известны начиная со средневековья. Издавна население Средней Азии считало целебными сероводородные воды пещер Бахарденской, Ходжаипак, Аманхопа и др. Это был период потребительского использования пещерных ресурсов.

В первой половине XVIII века природные условия страны изучаются в связи с поисками полезных ископаемых, выбором мест для новых предприятий. Пещеры рассматриваются как естественно-исторические достопримечательности и описываются участниками экспедиций в соответствии с пунктом 18 инструкции Петербургской Академии наук. Начинается период использования пещер в научно-познавательных целях. Во второй половине XVIII века происходит становление геологии как науки. К этому времени относятся работа М. В. Ломоносова «О слоях земных» (1763) и другие, в которых он объясняет происхождение натеков и причины движения воздуха в искусственных полостях.

Исследование пещер И. И. Лепехиным, Н. П. Рычковым, П. С. Палласом и другими участниками экспедиций, организованных Российской Академией наук во второй половине XVIII века, способствовало утверждению теории водного происхождения карстовых полостей. Н. П. Рычков в 1769—1770 гг. совершил несколько маршрутов по Заволожью и Приуралью. Путешественник

описал пещеры на берегах рек Ик и Колва. Он указывал: «Изыскивал причины от чего б могли быть сделаны сии чудные подземные здания, принужден я был больше соглашаться, что творительницею оных есть никто иной, как вода, которой течение сокрыто в недрах земли».

В 1770 г. Н. П. Рычков побывал в Дивьей пещере на Урале. В книге «Продолжение журнала, или дневных записок путешествия капитана Рычкова по разным провинциям Российского государства», опубликованной в 1772 г., исследователь объясняет происхождение натечков— «известняк приемлет различные виды от истекающих с поверхности его водяных капель, которые, садясь на твердый камень, превращаются в горный жир и, окаменев, составляют различные удивления достойные вещи. Инде слились они наподобие искусством сделанного столба, инде висят наверху храмины, как свечи из белого воска, нарочно будто поставленные для освещения храмины».

Выдающийся русский путешественник и натуралист И. И. Лепехин во время путешествий по Поволжью и Уралу исследовал пещеры Курманаевскую, Вельскую, называемую сейчас Каповой, Кунгурскую, а также пещеры в бассейне реки Яйвы и др.

В августе 1770 г. И. И. Лепехин посетил Кунгурскую пещеру и осмотрел воронки на Ледяной горе. Он дошел до Большого озера (более 1 км), определил размеры гротов (длину, ширину, высоту), их ориентировку, указал на наличие глыбово-обвальных масс, осыпей, труб, ледяных образований, озер. Судя по его данным оледенение пещеры было значительнее современного: «Отверстие в оную весьма малое... заплыло толстым льдом, и совсем в пещеру проход сделало невозможным». В Полярном гроте Лепехиным отмечен ледяной столб, существующий и ныне. Лед в пещере встречен значительно дальше современной границы оледенения. И. И. Лепехин предполагает, что пещера была гораздо больше, но дальние проходы оказались засыпаны в результате провалов.

В XIX веке в связи с развитием промышленного производства возрастает потребность в полезных ископаемых. Геологические исследования развертываются на Х-рале, Кавказе, Алтае, в Средней Азии, Сибири. Пещеры в этот период рассматриваются как геологические объекты, доступные для изучения процессов, протекающих в недрах земной коры.

В работах П. И. Кротова, А. П. Иванова, А. А. Штукенберга, А. А. Краснопольского и других по геологии Предуралья и Урала содержатся данные о карстовых воронках, котловинах и пещерах. П. И. Кротов в работе, опубликованной в 1888 г., описал многие пещеры в бассейнах рек Вишеры, Колвы и Яйвы, среди которых были и ранее не упоминавшиеся в литературе. Важное направление в исследовании уральских пещер намечено А. П. Ивановым, верно оценившим значение фаунистических находок. Им описано несколько костепосных пещер на Северном Урале, в том числе две в бассейне реки Яйвы и одна в окрестностях города Кизела, открытая еще в 1850 г. во время дорожных работ.

В XIX веке, особенно с начала второй половины его, пещеры стали объектом изучения археологов, в результате которого были сделаны важные открытия в области древнейшей истории человечества. Археологические раскопки ведутся в пещерах Украины, Кавказа, Урала, Алтая и Приморья. В 1879 г. в Кунгурской пещере работал известный археолог И. С. Поляков, он пришел к выводу, что пещера не служила убежищем древнему человеку.

В начале XX века появляются крупные обобщающие работы по карсту и пещерам Крыма — А. А. Крубера, Средней Азии — К. А. Кастанье, Приуралья — В. А. Варсанофьевой. Наряду с научным сохраняются исторически сложившиеся виды использования пещер населением: в качестве укрытий, складов, холодильников, убежищ, источников питьевой воды и минералов. Из некоторых пещер Крыма, Грузии и Сибири (Селитряная) извлекается селитра для приготовления пороха, в них добываются природные

пигменты, гуано, фосфориты. В гражданскую войну часть полостей Приморья была превращена в укрытия и склады. В пещере Партизанский Заряд была организована мастерская по изготовлению гранат. По данным Л. М. Соцковой, пещеры Горного Крыма функционировали в годы Великой Отечественной войны в качестве складов продовольствия и боеприпасов (пещеры Басмана), госпиталей (Партизанская на Ай-Петри), типографий (Партизанская на Долгоруковском массиве).

Вторая половина XX века — начало интенсивного вовлечения пещер в сферу деятельности человека. Намечается несколько направлений в использовании пещер.

1. Осуществление на базе пещер спортивной работы многочисленными молодежными спелеологическими организациями. Благодаря их деятельности в стране открыты и закартированы длиннейшие пещеры, такие как Оптимистическая, Озерная, Золушка на Украине, глубочайшие полости, среди которых пещера В. Пантюхи на Бзыбском хребте (Кавказ), пройденная до глубины 1508 м. Только за десять лет, с 1979 по 1989 гг., советскими спелеологами установлено девять рекордов по преодолению глубины 1000 м. В 1986 г. члены пермской комиссии спелеотуризма под руководством С. С. Евдокимова достигли в пещере В. Пантюхина глубины 1025 м.

Спелеотуризм получил широкое развитие в Пермской области. Спелеосекции при клубе туристов «Компас» города Перми и Пермского университета, городов Березники, Кизел, Губаха, Чусовой, Александровен и других исследовали около 350 пещер общей протяженностью более 59 км. В 1988 г. С. В. Валуйский, С. С. Евдокимов и В. В. Родионов обобщили результаты спелеологических исследований в работе «Пещеры Пермской области».

2. Создание туристско-экскурсионных комплексов, таких как при пещере Новоафонской и Сатаплии на Кавказе, Кристальной на Украине, Кунгурской в Предуралье.

Кунгурская ледяная пещера открыта для экскурсий с давних пор. Одним из первых ее хранителей был А. Т. Хлебников, родственник известного путешественника XIX века К. Т. Хлебникова. Любитель путешествий, он восемь лет провел в Америке, неоднократно посещал знаменитую Мамонтову пещеру. В 1914 г., вернувшись в Кунгур, А. Т. Хлебников арендовал участок земли с пещерой, оборудовал известный в то время естественный вход, благоустроил подземные тропы, начал издавать плакаты и альбомы с видами пещеры. Он был проводником-экскурсоводом по подземным залам тридцать семь лет.

В 1934—1935 гг. экспедиция Гидростройпроекта составила план пещеры. С 1948 г. экскурсионную работу в пещере организуют сотрудники карстово-спелеологической станции, а затем стационара. В 1964 г. появляется новый план пещеры и надпещерного поля воронок. С 1969 г. экскурсионная база пещеры принадлежит Пермскому областному совету по туризму, который оборудовал на берегу реки Сылвы туристский комплекс «Сталагмит». Сейчас пещеру посещает около 200 тыс. человек в год.

3. Организация в пещерах с благоприятным климатом спелеолечебниц. С 1968 г. успешно функционирует подземный санатории в соляных рудниках поселка Со лотвино в Закарпатье. В 1977 г. в городе Березники в действующем калийном руднике была оборудована вторая в СССР подземная лечебница. На курорте Цхалтубо в карстовой пещере Белая лечат бронхиальную астму и хроническую пневмонию.

4. Размещение в пещерах концертных залов, минералогических, антропологических, краеведческих музеев. В Новоафонской пещере прекрасная акустика огромных залов Москва и Иверия, украшенных натеками, усиливает воздействие музыки на слушателей во время организуемых здесь концертов.

5. Оборудование в пещерах научных лабораторий и станций. Более сорока лет ведутся научные исследования в Кунгурской ледяной пещере. В 1948 г. в городе Кунгуре был организован Уральский филиал карстово-спелеологической станции Московского университета. В 1952 г. его преобразовали в Кунгурский стационар и передали Уральскому филиалу (позже — Уральскому научному центру) Академии наук СССР. В настоящее время лаборатория-стационар находится в ведении горного института Уральского отделения Академии наук.

Сотрудники стационара ведут наблюдения за температурой, влажностью, движением воздуха, состоянием оледенения гротов. По их рекомендации был осуществлен ряд мероприятий по восстановлению естественного режима пещеры и ее ледяного наряда. В 1983 г. стационаром совместно с Пермским университетом поставлен эксперимент по изучению процесса растворения гипса и ангидрита в карстовой воде. Начиная с 1985 г. сотрудники стационара осуществляют наблюдения с помощью специальных реперов за растворением гипса и ангидрита на горизонтальных, наклонных и вертикальных поверхностях в зонах сезонных колебаний уровня карстовых вод и самом водоносном горизонте. Предварительные результаты эксперимента позволяют сделать вывод, что пещера находится в активной стадии формирования. Газовый состав воздуха, химический состав воды, скорость растворения гипса в пещерах Украины изучает карстово-спелеологический отряд Института геологических наук Академии наук Украины.

Данные научных экспериментов, проводимых в пещерах, учитываются при инженерно-геологических изысканиях, предшествующих различным видам строительства в карстовых районах. Они представляют интерес для гидрогеологов, исследующих подземные воды, их состав, возможность использования для водоснабжения и в лечебных целях.

6. Использование водных и минеральных ресурсов (оникса, мумие, фосфатных удобрений и др.) без ущерба для пещер. На пещерных водотоках базируется водоснабжение ряда населенных пунктов Грузии и Узбекистана, функционируют гидростанции местного значения, созданы форелевые хозяйства. Начиная с 50-х гг. возрос интерес к мумие как лечебному средству. Мумие встречается в пещерах Кавказа, Средней Азии, Сибири.

Мраморный оникс — прекрасный поделочный камень, в коренном залегании он подлежит охране. Добывается только тот материал, который обрушился естественным путем с потолка и стен полостей. Запасы оникса в обвальных осыпях отдельных пещер оцениваются тоннами. По данным Р. А. Цыкина, в пещере Бородинской (Кузнецкий Алатау) его не менее 100 т. Славился своими декоративными свойствами мраморный оникс Кар-люкской пещеры в Средней Азии, но он уже выработан. Выявлены новые залежи сырья в других пещерах Средней Азии. Микроклиматические условия некоторых пещер благоприятны для создания промышленных шам-пинариев и оранжерей.

В ряде случаев возможно многоцелевое использование пещер: экскурсионно-туристское, культурно-просветительное, научно-исследовательское. Примером его является использование Новоафонской и Кунгурской пещер.

В связи с ростом числа посетителей пещер возникает угроза утраты редких спелеообъектов, археологических и палеонтологических находок. Поэтому в основе рекомендаций по использованию каждой пещеры должно лежать определение ее объективной ценности. Обнаружение в пещере уникальной достопримечательности предполагает введение заповедного режима и изъятие ее из сферы хозяйственной деятельности и туризма.

ПЕЩЕРЫ И КОСМОС

Человек успешно изучает космическое пространство, планирует длительные космические экспедиции на другие планеты Солнечной системы. Он проникает в Мировой океан, преодолевает сотни километров под землей. Казалось бы, условия жизни и работы в космосе, на дне океана и в пещерах несравнимы, не имеют ничего общего. Но космический корабль или станция, глубоководный обитаемый аппарат и пещера являются для исследователя «замкнутым пространством», изолированным от внешнего мира, местом обитания «вне времени». Поэтому эксперименты по длительному пребыванию человека в пещерах приобретают все большее значение в связи с освоением космоса и Мирового океана.

В 1961 г. группа итальянских спелеологов впервые пробыла в подземном заточении в течение месяца. В 1962 г. французский спелеолог Мишель Сифр провел 63 дня на дне 130-метровой пропасти с ледником Скарассен в Альпах. Два месяца исследователь изучал ритм бодрствования и сна вне ориентиров времени в экстремальных условиях (одиночество, холод, темнота, частые обвалы пород с потолка пропасти). Он доказал существование у человека «внутренних часов», регулирующих его биологический ритм.

В последующие годы Сифр по договоренности с Национальным управлением по аэронавтике и исследованию

космического пространства США расширил программу медико-биологических исследований. Он организовал ряд смелых экспериментов в пещерах: в 1964—1965 гг. пребывание в двух соседних пропастьях на маг сине Одиберг (Франция) Жози Лорсе и Аптуана Сенни; в 1960 г.— Жана Пьера Мерсте; в 1968—1969 гг.— Жака Шабера и Филиппа Энглендера. Спелеонавт Жан Пьер Мерете свыше тысячи часов «проносил» на теле многочисленные датчики-электроды, которые регистрировали электрическую активность его мозга, движения глаз, тонус мышц, а также специальный аппарат, который записывал ритмы сердца и дыхания в подземных условиях.

Эксперименты по длительному пребыванию в пещерах были организованы в Австралии, Англии, Венгрии, Югославии, Болгарии. В 1969—1970 гг. белградский спелеолог Милутин Велькович провел под землей в обществе собаки, кошки, овцы, курицы и утки 463 суток.

Через десять лет после своего первого эксперимента Мишель Сифр в течение 205 дней, с 4 февраля по 5 сентября 1972 г., находился в пещере Миднайт (штат Техас, США) и осуществил комплекс медико-биологических наблюдений. Своими впечатлениями о жизни в условиях полной изоляции, абсолютной тишины и мрака он поделился в книге «В безднах Земли» (1982). В эксперименте «вне времени» применялся физиологический тест, предложенный руководителем одного из отделов Центра пилотируемых космических кораблей в Хьюстоне. Результаты исследований использованы в космической медицине.

В 1987 г. в газетах появилось сообщение о новом рекорде итальянца Маурицио Моптальбини: в пещере итальянской области Марке он находился в одиночестве 210 дней. Среди отважных спелеонавтов есть и женщины: австралийка Дороти Вильяме, француженки Жози Лорес, Вероника Ле Гуеп, итальянка Стефания Фоллини и др. В 1988 г. Стефаиня Фоллини по договоренности с Национальным управлением по аэронавтике и исследованию

космического пространства США приступила к пятимесячному эксперименту в одной из пещер Мексики. Она собрала данные, необходимые для изучения возможностей организма человека, прежде всего женщины, в специфических условиях, схожих с условиями долгосрочной космической экспедиции. Результаты эксперимента будут использованы при подготовке экспедиции на Марс.

В нашей стране медико-биологические исследования в пещерах осуществляются начиная с 1966 г. Спелеологи, врачи, физиологи были участниками экспериментов по изучению влияния среды пещер на организм человека во время одиночного и группового пребывания под землей от 1 до 30 дней, результаты которых позволили установить влияние экстремальных факторов на организм человека.

СПЕЛЕОЛОГИЯ — НАУКА О ПЕЩЕРАХ

Пещеры — уникальное природное явление. Каждая из них неповторима. Одни пещеры украшены изваяниями, которые медленно растут в результате отложения водой минералов в течение тысячелетий. Другие поражают грандиозностью объемов полостей и обвальных масс, красотой подземных рек и озер, сказочностью ледяных кристаллов и гирлянд, огромных сосулек и подземных ледников. В пещерах первобытный человек создавал свои первые живописные произведения. В ледниковый период некоторые представители животного мира укрывались в пещерах, приспосабливались к их условиям и благодаря этому сохранились как виды.

Пещеры изучают специалисты разных областей науки (геологии, географии, археологии, палеонтологии, биологии, медицины и др.). Большая роль в открытии пещер принадлежит спелеологам-спортсменам, численность которых в нашей стране

достигает 7000. Они объединяются в секции, где осваивают технические приемы исследования и картирования полостей. Пещеры доступны только смелым, хорошо подготовленным, оснащенным специальным оборудованием, дисциплинированным спелеологам. Малейшее несоблюдение правил обследования подземных лабиринтов может закончиться трагически. В спелеологических журналах разных стран часто сообщается о гибели спелеологов вследствие падения с обрывов, переохлаждения, отказа оборудования и др. По данным В. Д. Резвана и В. Э. Киселева, с 1962 по 1989 г. произошло 200 негативных происшествий, связанных с посещением пещер на территории нашей страны, из них 55 с необратимыми последствиями. Пещеры открывают свои тайны спелеологам, в совершенстве овладевшим техникой и тактикой их прохождения. Достижения ученых и открытия спелеологов создали предпосылки успешного развития науки о пещерах — спелеологии.

Спелеология изучает происхождение пещер, геологические (состав пород, их трещиноватость) и гидрогеологические (подземные карстовые воды) условия их развития, форму и размеры полостей, отложения и полезные ископаемые, условия обитания в них организмов, историю освоения и возможности практического использования. Соответственно главным объектам исследования в спелеологии существуют следующие разделы (рис. 32).

Геоспелеология изучает состав пород, условия их залегания, разрывные нарушения и трещиноватость, новейшие движения земной коры в районе пещеры, форму полостей; микроклимат (температуру, влажность движение и состав воздуха); подземные воды и льды; геологические процессы в полостях (выщелачивание, размыв, обрушение пород), пещерные отложения и полезные ископаемые; эволюцию пещерных систем. Региональная спелеология определяет пространственные закономерности распространения пещер, разрабатывает принципы спелеологического районирования. Биоспелеология рассматривает

пещеры как среду обитания растений и животных. Антропоспелеология восстанавливает историю освоения и использования пещер человеком по материальным памятникам, таким как орудия труда, утварь, оружие, местам погребений, а также древней живописи, следам ног первобытного человека.

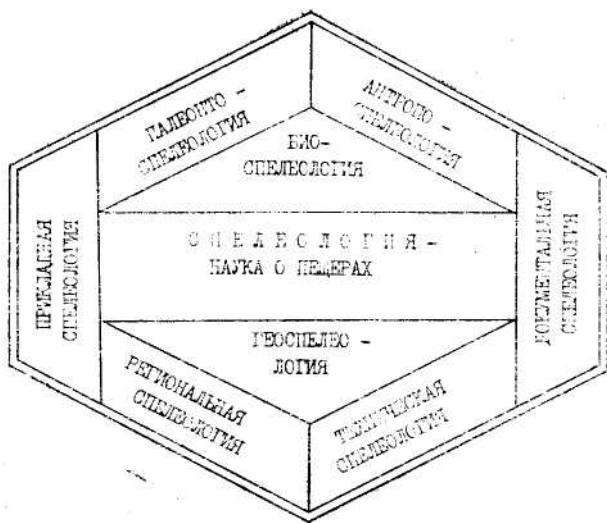


Рис. 32. Структура спелеологии

Палеонтоспелеология изучает ископаемые остатки древних животных и растений в пещерах. Прикладная спелеология охватывает вопросы использования подземного пространства в качестве лечебниц, картинных галерей, музеев, концертных залов, научных лабораторий, туристских объектов, с целью добычи воды, полезных ископаемых пещер, а также вопросы, связанные с

правовыми аспектами и охраной спелеообъектов. Техническая и документальная спелеология разрабатывает виды снаряжения, методику прохождения, картирования и документации пещер, ведения спасательных работ в них.

Во многих странах существуют специальные организации по изучению пещер. В нашей стране деятельность спортивных спелеосекций объединяет Ассоциация советских спелеологов (г. Москва). Научные исследования в области спелеологии координируют Всесоюзный институт карстоведения и спелеологии, основанный в 1964 г. (г. Пермь), комиссия по карсту и спелеологии Научного совета по инженерной геологии и гидрогеологии Академии наук СССР (г. Москва), Академии наук Украины, Грузии (рис. 33).

За рубежом разведыванием, изучением пещер занимаются многочисленные клубы, группы, общества, ассоциации,

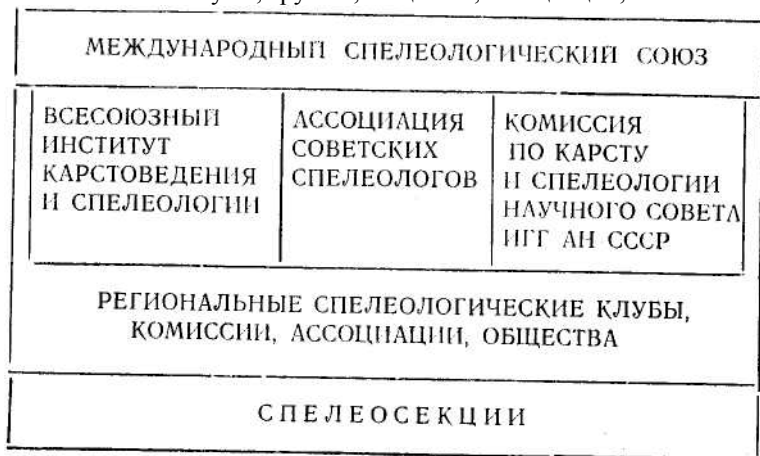


Рис. 33. Схема связи спортивных спелеологических и научных карстово-спелеологических организаций

такие как Национальное спелеологическое общество США, Британская ассоциация исследования пещер, Венгерское спелеологическое общество, Федерация французских спелеологов. Институты спелеологии и карста существуют в Румынии, Австрии, Венгрии, Италии, США, Югославии, Китае и других странах. Международное сотрудничество в области спелеологии координирует Международный спелеологический союз, который созывает конгрессы. Состоялось десять конгрессов: во Франции (1953), Италии (1958), Австрии (1961), Югославии (1965), ФРГ (1969), СССР (1973), Англии (1977), США (1981), Испании (1986), Венгрии (1989). Следующий конгресс состоится в Китае (1993). В мире издается более 200 журналов по спелеологии. В нашей стране популярны сборники «Пещеры» (г. Пермь) и «Пещеры Грузии» (г. Тбилиси). В 1990 г. Ассоциация советских спелеологов подготовила первые выпуски информационного вестника «Бездна».

КАРСТ—ПЛЮСЫ И МИНУСЫ

Карст оказывает влияние на хозяйственную деятельность человека. Во многих районах СССР и других стран строительство городов, промышленных предприятий, дорог, нефте- и газопроводов, гидроэлектростанций приходится вести на закарстованных породах. Такими городами являются Дзержинск (Нижегородская область), Уфа, Казань, Кунгур (Пермская область) и др. На исследование карста, ликвидацию обнаруженных полостей, а иногда и аварий, вызванных провалами, затрачиваются значительные средства. Дорого обходится и добыча полезных ископаемых, залегающих под обводненными закарстованными породами. Иногда происходит прорыв карстовых вод и затопление шахт. Такие случаи были в истории эксплуатации шахт Кизеловского каменноугольного бассейна на Урале.

Вместе с тем закарстованные известняки содержат большие

запасы подземных вод хорошего качества. Областью распространения пресных, пригодных для питьевого водоснабжения карстовых вод является Уфимское плато.

В древних карстовых воронках, котловинах, депрессиях и полях залегают различные полезные ископаемые: огнеупорные глины, торф, уголь, железные руды, фосфориты, бокситы, россыпное золото, алмазы и др. К закарстованным породам часто приурочены месторождения нефти, минеральных вод.

Карстовые области с их своеобразными ландшафтами— живописными скалами, глубокими долинами-каньонами, мощными родниками-включениями, голубыми озерами и исчезающими реками — служат прекрасными объектами туризма. Именно поэтому в районе Кунгурской пещеры Пермским советом по туризму и экскурсиям создан туристский комплекс «Сталагмит». Но использование таких территории невозможно без решения главной задачи — сохранения их первозданной красоты.

Во многих странах мира пещеры охраняются государством. Например, Конгресс США принял в 1988 г. закон об охране пещер, который регулирует использование пещер и устанавливает ответственность органов власти, включая уголовную, за состояние пещерных ресурсов и нанесение им ущерба. А. Б. Климчук, ознакомившийся с опытом охраны спелеоресурсов в США, отмечает, что этот закон предусматривает за нанесение ущерба пещерам тюремное заключение до одного, а при повторном преступлении — до трех лет или штраф до 10 тыс. долларов.

В Венгрии, территория которой немногим более половины площади Пермской области, государством охраняются 108 пещер и другие карстовые объекты. По венгерским законам организации, деятельность которых приводит к повреждению пещер и их окрестностей, наказываются денежным штрафом. В стране несколько национальных парков, в том числе и карстовых. Аналогично организована охрана пещер в других европейских

странах. На базе пещер функционируют крупные центры туристской индустрии, приносящие странам существенную прибыль.

Пещерные ресурсы не восстанавливаются и не восполняются. Решение проблемы их сохранения заключается в организации эффективной системы рационального использования подземного пространства.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

- Бадер О. И.* Капова пещера. М., 1965.
- Бездна: Информационный выпуск: Приложение к журналу «Турист». М., 1990. № 1.
- Берсенева Ю. И.* Карст Дальнего Востока. М., 1989.
- Всемирная история. М., 1956. Т. 1, гл. 2.
- Гвоздецкий Н. А.* Карст. М., 1981.
- Гергедава Б. А.* Подземные ландшафты. Тбилиси, 1983.
- Горбунова К. А.* Карстование: Вопросы типологии и морфологии карста. Пермь, 1985.
- Гуслицер Б. И., Канивец В. И.* Пещеры Печорского Урала М ; Л., 1965.
- Дорофеев Е. П., Лукин В. С.* Купгурская ледяная пещера Пермь, 1970.
- Дублянский В. Н., Вахрушев Б. А., Климчук А. Б., Киселев В. Э.* Крупные карстовые полости СССР: II. Крымская спелеологическая провинция. Киев, 1987.
- Дублянский В. Н., Илюхин В. В.* Крупнейшие пещеры и шахты СССР. М., 1982.
- Дублянский В. И., Климчук А. Б., Киселев В. Э. и др.* Крупные карстовые полости СССР: III. Спелеологические провинции Большого и Малого Кавказа. Киев, 1987.
- Дублянский В. П., Ломаев А. А.* Карстовые пещеры Украины. Киев, 1980.
- Комплексные карстолого-спелеологические исследования и охрана геологической среды Западного Кавказа. Сочи, 1987.
- Кунгурская ледяная пещера: Фотоальбом / *В. Н. Андрейчук, Е. П. Дорофеев, Л. И. Вейсман* и др. Пермь, 1990.
- Максимович Г. А.* Основы карстования. Пермь, 1963. Т. I.
- Максимович Г. А., Горбунова К. А.* Карст Пермской области. Пермь, 1958.
- Михайлев В. И.* Карст Киргизии. Фрунзе, 1989.
- Окладников А. П.* Утро искусства. Л., 1907.
- Окладников А. П., Петрин В. Т.* Новая пещера на Урале с палеолитическими росписями//Природа. 1982. № 1. Палеолит СССР. М, 1984.
- Ларин Н. В., Должанский В. Ю.* Кугитагский слепой голец — первая слепая пещерная рыба в фауне СССР//Природа. 1982. № 8.
- Пещеры. Пермь, 1961 — 1990. Вып. 1—22.
- Пещеры Грузии. Тбилиси, 1963—1987. Вып. 1 —11.
- Пославская О., Атаджанов И.* По подземному царству Узбекистана. Ташкент, 1987.
- Рекомендации по выявлению, учету, оформлению и организации охраны пещер и карстовых объектов в качестве государственных памятников природы. М., 1984.
- Сифр М. В.* Безднах Земли. М., 1982.

- Тинтилов З. К. Карстовые пещеры Грузии. Тбилиси, 1976.
- Уайт У. Б. Минералы пещер // Минералогическая энциклопедия. Л., 1985.
- Фролов Б. А. К истокам первобытной астрономии // Природа. 1977 № 8
- Фролов Б. А. Биологические знания в палеолите // Природа. 1980 № 6
- Хименес А. Н. Изображения в пещерах Кубинского архипелага
- Цыкин Р. А. Отложения и полезные ископаемые карста. Новосибирск 1985 „п. 1
- Чащин С. П., Панарина Т. П., Тиунов М. П. Новые данные по спелеофауне Пермской области // Пещеры. Пермь, 1971. Вып. 10-11.
- Щепинский А. А. Красные пещеры. Симферополь 1987.
- Якуч Л. Морфогенез карстовых областей. М 1979.
- Chapman Ph. Cave life. Part 4: Spiders and Flies // Caves and Caving 1982 N. 17
- Chapman Ph. Cave life. Part 6: Beetles, Millipedes and Springtails // Caves and Caving. 1983. N 19.
- Ford D. and Williams P. Karst Geomorphology and Hydrology. London, 1989.
- Gams I. Kras. Ljubljana, 1974.
- Gascoigne M. Ford D. Uranium Series dating of speleothems, part 2: results from the Yorkshire Dales and Implications for Cave Development and Quaternary Climates // Cave Science. 1984. V. 11. N 2.
- Geze B. La speleologie scientifique. Paris, 1965.
- Greenwood P. H. Blind Cave Fishes // Studies in Speleology. 1967. V. I. P. 5. .
- Karszt es Barlajfj: Special issue on the occasion of the 10th Int. Speleol. Congress held in Hungary. 1989.
- Krystufer B. Ohranimo neopirje na prezimovaliscih // Nase jame. Ljubljana, 1986. N 28.
- v/
- Kucera B., Hromas J., Skrivaneck F. Jeskyně a propasli v Československu. Praha, 1981.
- Kunsky J. Kras a jeskyne. Praha, 1950.
- Nas KrsT 1984. V. 10, N 16-17.
- Powers R., Stringer C. B. Palaeolithic cave art fauna // Studies in Speleology. 1975 V-2 P 7—8
- Quintan J. F. Central Kentucky Karst // Mediterranean. 1970. N 7. Slebbings B. Cave life. Part 7: Bats // Caves and Caving. 1983. Triinmel H. Hohlenkunde. Braunschweig. 1968,

ОГЛАВЛЕНИЕ

Введение	3
Что такое карст?	5
Условия проявления карста	7
Поверхности, «изъеденные» каррами и воронками	13
Образование карстовых воронок	16
Удивительные озера	19
Возникновение и исчезновение озер	21
Озера-родники	21
Солоноватые и соленые озера	23
Незамерзающие озера	24
Плавающие острова и озера-невидимки	25
Небольшие полости и пещеры	27
Шахты и сложные водоносные системы	29
Грандиозные подземные залы	38
От нескольких метров до сотен километров под землей	39
Образование пещер	45
Отложения пещер	49
Классификация отложений пещер	51
Пещерные глины и обвальные глыбы	52
Подземные реки и их отложения	55
Каменные цветы, леса и горное молоко	56
Кальцитовые плотины и обрамления подземных озер	62
Пещерный жемчуг	65
Лед под землей	68
Жизнь в пещерах	73
Пещеры — убежища удивительных зверьков	77
Органогенные отложения пещер	81
Пещеры на заре человечества	87
Древние живописцы и скульпторы	91
С древнейших времен до наших дней	100
Пещеры и космос	109
Спелеология — наука о пещерах	111
Карст — плюсы и минусы	115
Библиографический список	118

Научно-популярное издание

Редактор *Е. А. Огиенко* Технический редактор *Л. Г. Подорова* Корректоры *Е. Е. Покровская, В. А. Игашева*

ИБ № 7

Сдано в набор 14.02.91. Подписано в печать 11.06.91. Формат 70X108^{1/32}. Бум. тип. № 2. Печать высокая. Гарнитура литературная. Уел. печ. л. 5,5 Уч.-изд. л. 5,5. Усл. кр.-отг. 5,25. Тираж 10 000 экз. Заказ 193. Цена 1 р. 90 к.

Издательство Томского университета. Пермское отделение 614600, г. Пермь, ул. Букирева, 15

Типография Пермского университета. 614600, г. Пермь, ул. Букирева, 15