

А. Г. ЧИКИШЕВ

# ПЕЩЕРЫ НА ТЕРРИТОРИИ СССР



ИЗДАТЕЛЬСТВО НАУКА



**АКАДЕМИЯ НАУК СССР**

**Серия «Настоящее и будущее Земли и человечества»**

**А. Г. ЧИКИШЕВ**

**ПЕЩЕРЫ  
НА ТЕРРИТОРИИ  
СССР**



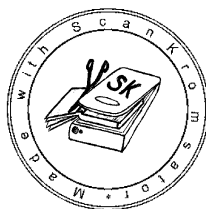
**ИЗДАТЕЛЬСТВО «НАУКА»**

**Москва 1973**

Во многих районах Советского Союза встречаются пещеры, ниши и гроты, имеющие самое различное происхождение. Наибольший интерес среди них представляют карстовые пещеры, нередко образующие сложные подземные лабиринты. О том, как формируются эти пещеры, какие природные факторы определяют особенности их размещения на территории нашей страны, и о многом другом рассказывается в книге, являющейся первым научным обобщением результатов спелеологических исследований в Советском Союзе.

Книга рассчитана на широкий круг читателей.

Ответственный редактор  
профессор Э. М. МУФЗАЕВ



Scan AAW



Во многих районах Советского Союза, особенно в горных, широко распространены пещеры и ниши самого различного происхождения. Одни из них выдуты ветром в скальных породах, другие образовались в лавовых потоках, а третьи возникли в результате растворяющей и динамической деятельности речных, озерных и морских вод. Пещеры встречаются также в толще ледников. В настоящей работе рассматриваются лишь карстовые пещеры, приуроченные к легкорастворимым карбонатным (известняки, доломиты, писчий мел) и галогенным (гипсы, ангидриты, каменная соль) породам.

Изучением пещер занимается спелеология (от латинского слова *spelunca* — пещера). Это название было предложено в 1890 г. французским исследователем Е. Ривера. Спелеология как комплексная наука возникла и развивается на стыке географических и геологических наук. Она изучает подземные формы, процессы, определяющие их образование, особенности морфоскульптуры, пещерные отложения, микроклимат, гидрологию, растительность и животный мир пещер, а также подземные ландшафты.

Пещеры издавна привлекали к себе внимание человека. На заре его жизни пещеры являлись первыми естественными убежищами, в которых древние люди укрывались от неблагоприятных условий внешней среды. Нередко пещеры доставались нашим далеким предкам после упорной борьбы с гигантскими хищниками — пещерным львом, медведем и гиеной, устраивавшими в них свое логово. Найденные во многих пещерах орудия труда и предметы быта каменного, бронзового и железного веков свидетельствуют о том, что доисторический человек весьма длительное время пользовался пещерами. Здесь начала зарождаться и первая культура.

Позже, когда люди научились строить жилища, пещеры для этой цели стали не нужны. Теперь они скорее

возбуждали любопытство, манили к себе неизвестностью и вместе с тем порождали суеверный страх. Немногие отваживались проникнуть в холодное и мрачное подземелье. Смертельный ужас охватывал смельчака, когда зловещее безмолвие пещеры внезапно нарушалось грохотом упавшего где-то камня или мелодичным шлепаньем капли. В холодном поту человек покидал пещеру, сохранив яркие и глубокие впечатления от виденного и пережитого. Его пылкое воображение рисовало удивительные картины, обычно далекие от действительности. Так затем складывались легенды и предания, нередко красивые и поэтические. Богатая человеческая фантазия населяла подземный мир могущественными и таинственными существами, которые живут в окружении сказочных богатств. И только тот может добыть их, кто обладает чистым сердцем, бескорыстием, мужеством и беспредельной любовью к людям.

У многих народов пещеры считались священными. У входа в них устраивались молельни. «Хозяину пещеры» приносили богатые дары — предметы домашнего обихода, продукты питания, медные и серебряные деньги. Иногда в честь «духа» пещеры устраивались кровавые жертвоприношения.

В прошлом происхождение пещер люди связывали с таинственными силами. Эту версию всячески поддерживали жрецы и церковники. Лишь в XVIII в., исследовав особенности строения, условия формирования и характер размещения пещер по земной поверхности, ученые доказали их естественное происхождение. Карстовые пещеры образовались в результате длительного многовекового растворения карбонатных и галогенных пород водами, циркулирующими по трещинам этих отложений. Подвергаясь выщелачиванию и механическому воздействию вод, известняки и гипсы постепенно разрушаются, и маленькие незаметные трещинки превращаются в подземные полости. По мере развития пещеры в ней образуются крупные гроты-залы, соединяющиеся между собой узкими и широкими проходами, нередко расположенными на разных гипсометрических уровнях.

Но вода не только строит великолепные подземные дворцы и гигантские полости, встречающиеся иногда на большой глубине от поверхности, она является еще и замечательным скульптором. Вода украшает подземные залы причудливыми кальцитовыми, соляными и ледяны-

ми колоннами, канделябрами, каменными фонтанами, тяжелыми драпировками, прозрачными занавесями, нежными гипсовыми цветами, кристаллами и другими образованиями, делающими гроты и галереи сказочно красивыми. Иногда кальцитовые натеки образуют ярусные занавеси, создающие полную иллюзию застывшего северного сияния. Особенно интересен пещерный жемчуг, имеющий тот же химический состав, что и настоящий.

В двойственной деятельности природных вод — непрерывном разрушении горных пород и создании подземных полостей, а также в накоплении растворенного вещества в других местах — и заключается сущность карстового процесса. Наиболее широко карстовые процессы и образованные ими карстовые формы развиты на известняковом плато Карст (Крас) в Словении (Югославия), откуда они и получили свое название.

Подземный мир пещер — это царство холода, мрака и таинственной тишины. В некоторых гротах, особенно северных пещер, круглый год господствует суровая зима. При свете фонаря все здесь переливается мириадами разноцветных искр и завораживает наблюдателя. От легкого прикосновения к своду нежные ледяные кружева и кристаллы рассыпаются в мельчайшую пыль, которая долго кружится в воздухе алмазными брызгами. Однако в большей части пещер ледяные образования отсутствуют, так как в них сохраняется хотя и низкая, но положительная температура в течение всего года. Стены и потолки гротов таких пещер украшены кальцитовыми натечками.

По дну многих пещер текут стремительные и говорливые потоки; формирующие свои долины в рыхлых отложениях или коренных породах. На склонах этих долин иногда развиты миниатюрные террасы. Подземные реки производят большую работу. Особенно интересны озера, отличающиеся повышенной минерализацией и высокой прозрачностью воды. От стальной глади вод веет холодом. На поверхности озер иногда образуется кальцитовая или гипсовая корочка белого цвета, которая, словно тонкий ледок, покрывает озеро. Если уровень озера опускается, то между поверхностью воды и кальцитовой корочкой возникает пространство. В зимнее время часть озер, расположенных недалеко от входа, покрывается настоящим чистым и гладким льдом. Замечательны застывшие водопады из голубовато-зеленого льда.

Может сложиться представление, что в пещерах, где царствует вечная ночь и господствуют низкие температуры, нет органической жизни. Однако это не так. В пещерах обитают самые разнообразные животные и растительные организмы. Здесь встречаются летучие мыши, некоторые виды земноводных, различные насекомые, пауки, многоножки, а в реках и озерах — некоторые виды рыб и рачков. В пещерах Советского Союза сейчас известно более 180 видов троглобионтов, т. е. типичных подземных обитателей. Из растительных организмов в пещерах находят несколько видов грибов, вырастающих на помете летучих мышей, а также гниющих деревянных предметах. Подземные организмы приспособились к особым экологическим условиям. Прежде всего многие из них совершенно лишены органов зрения, но зато отличаются сильно развитым обонянием. Другой их особенностью является слабая пигментация — многие организмы совершенно бесцветны.

Исследование пещер связано с большими трудностями, а иногда и с опасностью для жизни. Зато масса замечательных сюрпризов и ценных научных открытий ждет исследователей пещер. Изучение пещер проводится специалистами разных отраслей знаний с применением геологических, геоморфологических, топографических, геофизических, минералогических, биоспелеологических, палеонтологических, археологических и других методов. В настоящее время при исследовании пещер стали применять специальную технику, что значительно расширило возможности преодоления трудных проходов, пропастей и сифонов и позволило проникать в ранее совершенно недоступные дальние части пещер, представляющие особый научный интерес.

В исследовании карстовых полостей в последние годы достигнуты большие успехи. В 1963 г., по данным Г. А. Максимовича, в Советском Союзе было известно всего 15 пещер длиной более 1 км, причем общая протяженность их составляла 70 120 м. В настоящее время на территории нашей страны насчитывается уже 61 пещера длиной более 1 км, суммарная длина которых — 344 457 м.

Подавляющее большинство карстовых пещер имеет небольшие размеры и представляет собой неглубокие ниши и туннели, расположенные в береговых обрывах обычно

на разных высотных уровнях. Крупные пещеры встречаются реже. Среди них в Советском Союзе выделяется Оптимистическая (Подолія), длина которой достигает 92 000 м. Особый интерес представляют вертикальные пещеры или шахты. Самая большая естественная шахта в СССР — Снежная (Кавказ) глубиной 770 м.

Пещеры существуют не вечно. В определенных условиях они зарождаются, развиваются и затем разрушаются, заполняясь глинистым материалом, натечными образованиями и каменными глыбами, обвалившимися со сводов. Процесс заполнения подземных полостей идет параллельно с их формированием. Однако в начальный период он проявляется менее энергично, чем процесс разрушения пород, поэтому подземные полости постепенно увеличиваются. По мере развития пещер активизируются процессы аккумуляции, и подземные полости, заполняясь различными материалами, могут вообще исчезнуть.

Изучение подземных карстовых полостей представляет большой научный интерес и имеет важное прикладное значение. Оно дает ценный материал для всестороннего исследования сложного и противоречивого карстового процесса, позволяет выявить основные закономерности и особенности карста, без учета которых в районах распространения легкорастворимых карбонатных и сульфатных пород не может быть осуществлено ни одно хозяйственное мероприятие, поскольку влияние карста проявляется в самых разнообразных сферах человеческой деятельности.

## ОБРАЗОВАНИЕ И РАЗВИТИЕ ПЕЩЕР

Карстовые пещеры — это подземные полости, образовавшиеся в толще земной коры, в районах распространения легкорастворимых карбонатных и галогенных горных пород. Подвергаясь выщелачиванию и механическому воздействию, эти породы постепенно разрушаются, что приводит к образованию различных карстовых форм. Среди них наибольший интерес вызывают подземные карстовые формы — пещеры, шахты и колодцы, характеризующиеся иногда весьма сложным строением.

Одним из основных условий развития карстовых пещер является наличие карстующихся горных пород, отличающихся значительным литологическим разнообразием. Среди них выделяются карбонатные породы (известняки, доломиты, писчий мел, мраморы), сульфатные (гипсы, ангидриты) и галоидные (каменная, калийная соли). Карстующиеся породы имеют весьма широкое распространение. Во многих местах они перекрываются маломощным чехлом песчано-глинистых отложений или непосредственно выходят на поверхность, что благоприятствует активному развитию карстовых процессов и образованию различных карстовых форм. На интенсивность карстообразования значительное влияние оказывает также мощность пород, их химический состав и особенности залегания.

Как уже говорилось, строителем карстовых пещер является вода. Однако чтобы вода могла растворять горные породы, они должны быть водопроницаемы, т. е. трещиноваты. Трещиноватость пород является одним из основных условий развития карста. Если карбонатный или сульфатный массив монолитен и состоит из твердых разностей пород, лишенных трещиноватости, то он не подвергается воздействию карстовых процессов. Однако такое явление встречается редко, так как известняки, доломиты

и гипсы трещиноваты по своей природе. Трещины, рассекающие известняковые массивы, имеют различное происхождение. Выделяют трещины литогенетические, тектонические, механической разгрузки и выветривания. Наиболее распространены тектонические трещины, которые обычно секут различные слои осадочных пород, не преломляясь при переходе из одного слоя в другой и не меняя своей ширины. Тектоническая трещиноватость отличается развитием сложных взаимно перпендикулярных трещин шириной 1—2 мм. Наибольшей раздробленностью и трещиноватостью горные породы характеризуются в зонах тектонических нарушений.

Выпадая на поверхность карстующегося массива, атмосферные осадки по трещинам различного происхождения проникают в глубь этого массива. Циркулируя по подземным каналам, вода выщелачивает горную породу, постепенно расширяет подземные проходы и образует иногда громадные гrotы. Движущаяся вода является третьим обязательным условием развития карстовых процессов. Без воды, растворяющей и разрушающей горные породы, не было бы карстовых пещер. Вот почему особенности гидрографической сети и своеобразие гидрогеологического режима в значительной мере определяют степень кавернозности карстующихся толщ, интенсивность процессов выщелачивания и условия развития подземных полостей.

Основную роль в формировании многих карстовых полостей играют инфильтрационные и инфлюационные дождевые и талые снеговые воды. Такие пещеры — коррозионно-эрозионного происхождения, поскольку разрушение породы происходит как за счет ее химического выщелачивания, так и путем механического размыва. Однако не следует думать, что эти процессы протекают одновременно и непрерывно. На разных стадиях развития пещер и на разных их участках доминирует обычно один из указанных процессов. Образование некоторых пещер целиком связано или с коррозионными, или с эрозионными процессами. Встречаются также нивально-коррозионные пещеры, своим происхождением обязанные деятельности талых снеговых вод в зоне контакта снежной толщи с карстующейся породой. К ним относятся, например, сравнительно неглубокие (до 70 м) вертикальные полости Крыма и Кавказа. Многие пещеры возникли в ре-

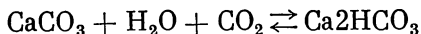
зультате обвала кровли над подземными коррозионно-эрозийными пустотами. Некоторые естественные полости образовались путем выщелачивания горных пород восходящими по трещинам артезианскими, минеральными и термальными водами. Таким образом, карстовые пещеры могут иметь коррозионное, коррозионно-эрозийное, эрозийное, нивально-коррозионное, коррозионно-гравитационное (провальное), гидротермальное и гетерогенное происхождение.

Помимо инфильтрационных, инфилюационных и напорных вод в образовании пещер определенную роль играют также конденсационные воды, которые, собираясь на стенках и потолке пещер, разъедают их, создавая причудливые узоры. В отличие от подземных ручьев конденсационные воды воздействуют на всю поверхность полости, в связи с чем оказывают наибольшее влияние на морфологию пещер. Особенно благоприятными условиями для конденсации влаги характеризуются небольшие полости, расположенные на значительной глубине от поверхности, поскольку количество конденсационной влаги находится в прямой зависимости от интенсивности воздухообмена и в обратной от объема полости. Наблюдения, проведенные в Горном Крыму, показали, что в исследованных карстовых пещерах в течение года конденсируется 3201,6 м<sup>3</sup> воды (Дублянский, Илюхин, 1971), а в подземных полостях всей главной гряды в 2500 раз больше (т. е. 0,008004 км<sup>3</sup>). Эти воды отличаются большой агрессивностью. Жесткость их превышает 6 мг-экв (300 мг/л). Таким образом, за счет инфильтрационных вод пещеры Горного Крыма, как показывают несложные расчеты, увеличиваются по сравнению с общим объемом примерно на 5,3%. Средняя минерализация конденсационных вод около 300 мг/л, следовательно, они выносят в течение года 2401,2 т ( $8004 \cdot 10^6 \text{ л} \times 300 \text{ мг/л}$ ) углекислого кальция. Суммарный вынос карбоната кальция карстовыми источниками Горного Крыма составляет около 45 000 т/год (Родионов, 1958). Следовательно, роль конденсационных вод в формировании подземных полостей сравнительно невелика, причем воздействие их на горную породу как агента денудации ограничивается в основном теплым периодом.

Как же идет процесс выщелачивания карстующихся пород? Рассмотрим этот вопрос в общем плане на при-



мере карбонатных образований. Природные воды всегда содержат углекислоту, а также различные органические кислоты, которыми они обогащаются при контакте с растительностью и просачивании через почвенный покров. Под действием углекислоты карбонат кальция переходит в бикарбонат, который значительно легче растворяется в воде, чем карбонат



Эта реакция обратима. Увеличение содержания углекислоты в воде вызывает переход кальцита в раствор, а при уменьшении ее происходит выпадение из водного раствора бикарбоната кальция (известкового осадка), который накапливается в некоторых местах в значительном количестве. Между содержанием углекислоты и температурой воды существует обратная связь.

Резко возрастает растворимость известняков, когда подземные воды обогащены кислотами и солями. Так, при обогащении подземных вод серной кислотой реакция идет по уравнению



Выделившаяся в результате этой реакции углекислота оказывается дополнительным источником образования гидрокарбонатов.

Степень растворимости гипса и ангидрита также зависит от наличия тех или иных кислот и солей. Так, например, присутствие в воде  $\text{CaCl}_2$  значительно снижает растворимость гипса, напротив, наличие в воде  $\text{NaCl}$  и  $\text{MgCl}_2$  увеличивает растворимость сульфата кальция. Растворение гипса в принципе может происходить и в химически чистой воде.

Хотя мы и называем карбонатные и сульфатные породы легкорастворимыми, однако растворяются они чрезвычайно медленно. Для образования подземных пустот требуются многие и многие тысячи лет. При этом карстующиеся породы растворяются и разрушаются только по трещинам, вне трещин они остаются по-прежнему очень прочными и твердыми.

Проникающие в карстовые массивы по трещинам и тектоническим нарушениям атмосферные воды характеризуются сначала преимущественно вертикальным движением. Достигнув водоупора или местного базиса эро-

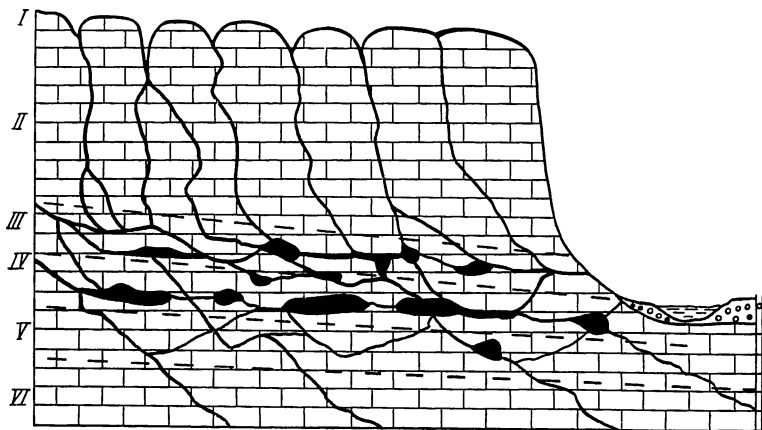


Рис. 1. Схема гидродинамических зон карстового массива

*I* — поверхностная; *II* — вертикальная; *III* — сезонная; *IV* — горизонтальная; *V* — сифонная; *VI* — глубинная

зии, они приобретают горизонтальное движение и текут обычно по падению пластов горных пород. Часть воды просачивается в глубокие горизонты и формирует региональный сток. В этой связи в карстующемся массиве выделяется несколько гидродинамических зон, а именно — зона поверхностной, вертикальной, сезонной, горизонтальной, сифонной и глубинной циркуляции карстовых вод (рис. 1). Каждая из указанных гидродинамических зон характеризуется определенным набором карстовых форм. Так, к зоне вертикальной циркуляции вод или к зоне аэрации приурочены в основном вертикальные подземные полости — карстовые колодцы и шахты. Они развиваются вдоль вертикальных или пологонаклонных трещин в результате периодического выщелачивания горных пород талыми снеговыми и дождевыми водами. В зоне горизонтальной циркуляции, где происходит свободный сток безнапорных вод к речным долинам или периферии карстующегося массива, формируются горизонтальные пещеры. Наклонные и горизонтальные полости отмечаются в зоне сифонной циркуляции, характеризующейся напорными водами, которые движутся в подрусловых каналах нередко ниже местного базиса эрозии.

На развитие пещер, кроме морфоструктурных и гидрогеологических особенностей, существенно влияют также климат, почвы, растительность, животный мир, а также хозяйственная деятельность человека. К сожалению, роль этих факторов в пещерообразовании изучена в настоящее время далеко не достаточно. Хочется надеяться, что этот пробел в ближайшем будущем будет ликвидирован.

Теория происхождения известняковых карстовых пещер, развивающихся в породах с горизонтальным залеганием слоев, была разработана У. М. Девисом (1930). В эволюции так называемых двучикловых пещер, образовавшихся при двукратном поднятии известнякового массива, он различал пять основных этапов: а) зачаточные каналы, формирующиеся в зоне полного насыщения медленно движущихся фреатических вод, находящихся под давлением; б) зрелые галереи, когда в условиях распространения безнапорных вадозных потоков начинает доминировать механический размыв (коррозия); в) сухие галереи, возникшие в результате ухода воды в глубь массива вследствие местного поднятия территории; г) натечно-аккумулятивная, характеризующаяся заполнением галерей натечно-капельными и другими пещерными отложениями; д) разрушение подземных галерей (пенепленизация).

На основе развития взглядов Девиса было создано представление о фреатической (пещерные галереи разрабатываются грунтовыми водами, находящимися под давлением) и вадозной (подземные воды свободно, не под напором, движутся по галереям в сторону дренирующих систем) стадиях развития пещер (Бретц, 1942).

Наиболее полно вопросы эволюции подземных полостей разработаны советскими исследователями Г. А. Максимовичем (1963, 1969) и Л. И. Маруашвили (1969), которые выделили несколько стадий формирования горизонтальных карстовых пещер. Первая стадия — трещинная, затем щелевая. По мере увеличения ширины трещин и щелей в них проникает все большее количество воды. Это активизирует карстовые процессы особенно на участках чистых разностей пород. Пещера переходит в каналовую стадию. При расширении каналов подземные потоки приобретают турбулентное движение, что благоприятствует еще большему усилению процессов коррозии и эрозии. Это стадия подземной реки, или воклюзовая. Она

характеризуется значительным заполнением подземного канала водным потоком и выходом его в виде воклюзного источника на дневную поверхность, а также образованием органных труб, обвалом сводов, ростом гротов.

В связи с размывом дна подземного канала вода просачивается по трещинам в глубь карбонатных и галогенных толщ, где на более низком уровне разрабатывает новые полости, формируя более низкий этаж пещеры (рис. 2). Постепенно подземные каналы расширяются. Водный поток частично, а затем полностью уходит в нижние горизонты массива, и пещера становится сухой. В нее проникают по трещинам в кровле лишь инфильтрационные воды. Это коридорно-гrotовая натечно-осыпная (водно-галерейная, по Л. И. Маруашвили) стадия развития пещеры. Она отличается широким распространением химической и механической аккумуляции (в гипсовых пещерах стадия натечной аккумуляции отсутствует). Потолок и стены пещеры покрываются разнообразными кальцитовыми натечками. Образуются каменные и земляные осыпи, последние располагаются преимущественно под органными трубами. Накапливаются также отложения рек и озер. С уходом водотока дальнейшее увеличение подземной полости резко замедляется, хотя коррозионная деятельность продолжается за счет инфильтрационных и конденсационных вод.

По мере развития пещеры она переходит в коридорно-гrotовую обвальную-цементационную (сухо-галерейную, по Л. И. Маруашвили) стадию. На этой стадии в результате обрушения кровли над подземными полостями возможно вскрытие некоторых частей пещеры. Постепенное обрушение свода пещеры приводит к полному ее уничтожению, что особенно характерно для верхних частей с небольшой мощностью кровли. На уцелевших участках остаются лишь карстовые мосты и узкие арки. При полном разрушении пещеры образуется карстовая долина.

Если толщина кровли превышает 100—200 м, то провалов в ней, как правило, не образуется, а подземные полости заполняются обрушившимися с потолка глыбами породы и принесенными песчано-глинистыми отложениями, которые разбивают пещеру на отдельные изолированные полости. В этом случае развитие пещеры заканчивается коридорно-гrotовой обвальную-цементационной стадией (гrotо-камерная стадия, по Л. И. Маруашвили).

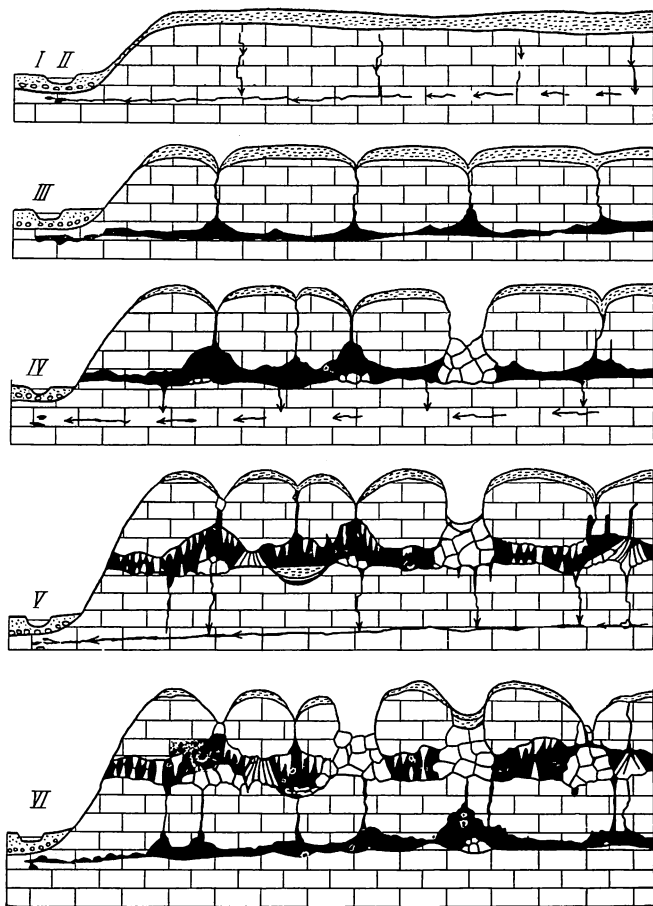


Рис. 2. Стадии развития пещер (по Г. А. Максимовичу)

*I, II* — трещинная и щелевая; *III* — канальная; *IV* — воклюзовая; *V* — на-  
течно-осыпная; *VI* — обвально-цементационная. Прерывистой линией со  
стрелками показана трещинная стадия, сплошной линией — щелевая

Продолжительность отдельных стадий пещерообразо-  
вательного цикла, отличающихся своими гидродинамиче-  
скими и морфологическими особенностями, спецификой  
физико-химических процессов и своеобразием биоклимати-  
ческих условий, измеряется десятками и сотнями тысяче-

# Стадии эволюции горизонтальных карстовых пещер

По У. М. Девису (1930)	По А. Г. Максимовичу (1963)	По А. Г. Максимовичу (1969)	По Л. И. Маруашвили (1969)
Зачаточных каналов	Трещинная	Трещинная	Трещинная
Зрелых галерей	Щелевая	Щелевая	Щелевая
Сухих галерей	Каналовая	Каналовая	Каналовая
Заполнения галерей	Воклюзовая	Коридорно-воклюзовая	Воклюзовая водно-галерейная
Разрушения галерей	Натечно-осыпная обвальнo-цементационная	Коридорно-озерная Коридорно-гrotовая натечно-осыпная Коридорно-гrotовая обвальнo-цементационная Пещерно-провальная Карстовый мост Карстовая арка Карстовая долина	Сухо-галерейная Гrotо-камерная

летий. Так, сухо-галерейная стадия пещеры Кударо на Кавказе продолжается уже 200—300 тыс. лет (Маруашвили, 1969). Что касается ранних стадий развития пещер (трещинная, щелевая, каналовая и воклюзовая), то их продолжительность значительно короче. Пещеры «могут достигать зрелого водно-галерейного состояния за несколько тысячелетий от начального момента своего развития»<sup>1</sup>. В этом отношении интересны экспериментальные исследования Е. М. Абашидзе (1967) по растворению стенок трещин глауконитовых известняков Шаорского водохранилища (Кавказ). Опыты показали, что за 25 лет непрерывной фильтрации в зависимости от скорости потока волосные трещины размером 0,1—0,25 мм могут увеличиваться до 5—23 мм.

Таким образом, карстовые пещеры характеризуются сложной эволюцией, особенности которой зависят от сочетания самых различных факторов, определяющих нередко значительные отклонения от рассмотренной схемы. Развитие пещер в силу тех или иных причин может прекратиться или вновь начаться на любой морфолого-гидрологической стадии. Сложные пещерные системы состоят

<sup>1</sup> Л. И. Маруашвили. Морфологический анализ карстовых пещер. В кн.: «Очерки по физической географии Грузии». Тбилиси, 1969, стр. 59.

обычно из участков, находящихся на разных стадиях развития. Так, в Ишеевской пещере на Южном Урале в настоящее время встречаются участки от канальной стадии до карстовой долины.

Особенностью многих пещер является их многоярусность, причем верхние ярусы всегда значительно старше нижележащих. Количество этажей у разных пещер изменяется от 2 до 11

Цуцхватская, Кавказ	11 — по Л. И. Маруашвили
Воронцовская, Кавказ	8 — по Л. Н. Соловьеву
Красная, Крым	6 — по В. Н. Дублянскому
Кунгурская, Русская равнина	4 — по Г. А. Максимовичу
Капова, Урал	4 — по Г. А. Максимовичу
Балаганская, Средняя Сибирь	4 — по Г. П. Вологодскому
Кизеловская, Урал	3 — по Е. В. Ястребову
Темная, Урал	3 — по В. М. Шумкову
Оптимистическая, Подолия	2 — по М. П. Савчину

Расстояние между двумя смежными уровнями многоэтажных пещер колеблется от нескольких метров до нескольких десятков. Обрушение сводов, разделяющих пещерные этажи, приводит к образованию гигантских гротов, достигающих иногда высоты 50—60 м (пещеры Красная и Анакопийская).

Появление нового этажа Г. А. Максимович связывает с тектоническим поднятием района, где находится пещера. Н. А. Гвоздецкий основную роль в развитии многоэтажных пещер в условиях большой мощности карстующихся пород отводит восходящим движениям, которые рассматривает не как нарушающий фактор, а как общий фон эволюции карста. По мнению Л. И. Маруашвили, многоярусность пещер может быть определена не только тектоническим поднятием карстового массива, но и общим понижением уровня океана (эвстазия), что вызывает интенсивное углубление речных долин и быстрое снижение уровня горизонтальной циркуляции карстовых вод.

Ярусность лучше всего выражена у пещер равнинных и предгорных территорий, отличающихся сравнительно медленными тектоническими поднятиями. В процессе формирования пещер иногда наблюдается смещение оси пещерных галерей от первоначальной вертикальной плоскости. Интересна в этом отношении пещера Цуцхватская. Каждый более молодой (из четырех нижних) ярус этой пещеры сдвинут по отношению к предыду-

щему к востоку, в связи с чем подземный отрезок реки Шапатагеле в настоящее время находится значительно восточнее, чем в период формирования более высоких этажей пещеры. Смещение оси пещерных галерей связано с наклоном тектонических трещин, к которым приурочены подземные полости.

Каков же возраст карстовых пещер и по каким признакам можно судить о начале формирования пещеры? По мнению Л. И. Маруашвили, за начало формирования пещеры следует принимать период перехода ее в натечно-осыпную (водно-галерейную) стадию, поскольку на более ранних стадиях своего развития пещера еще не является в обычном понимании пещерой: она плохо разработана, полностью заполнена водой и совершенно непроницаема.

Для определения возраста пещер применяются различные методы исследования, в том числе палеозоологический, археологический, радиоуглеродный и геоморфологический. В последнем случае сопоставляется гипсометрический уровень пещер с уровнями поверхностных форм. К сожалению, многие из этих методов позволяют определить лишь верхний предел возраста пещеры. Прямыми и косвенными данными доказывается весьма длительное существование карстовых пещер, определяемое иногда многими миллионами лет. Разумеется, возраст пещер в значительной мере зависит от литологического состава пород, в которых они формируются, и общей физико-географической обстановки. Однако даже в легкорастворимых сульфатных (гипс, ангидрит) образованиях пещеры сохраняются весьма длительное время. Интересны в этом отношении гипсовые пещеры Подолии, начало формирования которых относится к верхнему миоцену. И. М. Гуневский, исходя из особенностей геологического строения территории, степени трещиноватости пород, характера рельефа, морфологии подземных полостей и строения натечных образований, выделяет следующие этапы формирования подольских пещер: верхнесарматский (начало интенсивной глубинной эрозии), раннеплиоценовый (характеризующийся интенсификацией процессов вертикального направления), позднеплиоценовый (процессы горизонтальной циркуляции подземных вод преобладают над вертикальными), раннеплейстоценовый (процессы образования пещер достигают максимальной интенсивности), средне-



плейстоценовый (процессы подземного карстообразования начинают затухать), позднплейстоценовый (аккумуляция минеральных и хемогенных образований), голоценовый (аккумуляция глыбовых отложений). Таким образом, возраст самых крупных в мире гипсовых пещер Оптимистической, Озерной и Крывченской в Подолии превышает, по-видимому, 10 млн. лет. Возраст известняковых пещер может быть еще более значительным. Так, некоторые древние карстовые пещеры Алайского хребта (Средняя Азия), имеющие гидротермальное происхождение, по мнению З. С. Султанова, образовались в верхнепалеозойское время, т. е. более 200 млн. лет назад.

Древние пещеры встречаются, однако, сравнительно редко, сохраняясь длительное время лишь в наиболее благоприятных природных условиях. Большинство карстовых пещер, особенно в сильно обводненных сульфатных породах, имеет молодой, преимущественно четвертичный или даже голоценовый возраст. Разумеется, отдельные галереи сложно построенных многоярусных пещер образовались в разное время и возраст их может изменяться в значительных пределах.

Для количественной оценки карстовых полостей Г. А. Максимович (1963) предлагает два показателя: плотность и густоту карстовых пещер. Под плотностью понимается количество пещер, отнесенных к площади 1000 км<sup>2</sup>, а под густотой — общая протяженность всех полостей в пределах той же условной площади.

Ж. Корбель предложил характеризовать величину карстовых пещер показателем пустотности, вычисляемым по формуле

$$V = LJH,$$

где  $V$  — объем растворимой породы, в которой развита пещера, в 0,1 км<sup>3</sup>;  $L$  — расстояние (на плане) между крайними точками по основной оси системы полостей — 0,1 км;  $J$  — расстояние между двумя наиболее удаленными точками по перпендикуляру к основной оси — 0,1 км;  $H$  — разница отметок между самой высокой и самой низкой точками пещерной системы — 0,1 км.

Для определения крупности пещер существует также и другой способ, который связан с подсчетом объема полостей. Если полость имеет сложную форму, то ее следует представить в виде совокупности различных геомет-

рических фигур (призмы, цилиндра, полного и усеченного конуса, полной и усеченной пирамиды с любым по форме основанием, шара и т. д), объем которых вычисляется по формуле Симпсона

$$v = \frac{h}{6}(s_1 + 4s_2 + s_3),$$

где  $v$  — объем геометрической фигуры,  $\text{м}^3$ ;  $h$  — высота фигуры,  $\text{м}$ ;  $s_1$ ,  $s_2$ ,  $s_3$  — площади нижнего, среднего и верхнего сечения фигуры,  $\text{м}^2$ . Проверка этого метода крымскими спелеологами показала, что ошибки при подсчете объема полостей по формуле Симпсона не превышают 5—6%.

## ПЕЩЕРНЫЕ ОТЛОЖЕНИЯ

Вода не только создает пещеры, но и украшает их. Хемогенные образования, делающие пещеры удивительно красивыми и неповторимыми, крайне разнообразны. Они формируются тысячелетиями. Основную роль в их образовании играют инфильтрационные воды, просачивающиеся через толщу карбонатных пород и капающие с потолка карстовых пещер. В прошлом эти формы называли капельниками, причем различали «капь верхнюю» и «капь нижнюю».

Впервые происхождение натечных образований было объяснено великим русским ученым М. В. Ломоносовым: «Капь верхняя подобна во всем ледяным сосулькам. Висит на сводах штольны натуральных. Сквозь сосульки, коих иногда много разной длины и толщины вместе срослись, проходят сверху вертикальные скважины разной ширины, из коих горная вода каплет, долготу их наращает и производит капь нижнюю, которая растет от падающих капель из верхних сосулек. Цвет капи, а особливо верхней, бывает по большей части, как и накипи, белой, сероватой; иногда, как хорошая ярь, зеленой, или совсем вохряной»<sup>1</sup>.

Натечные образования формируются обычно после возникновения подземных полостей (эпигенетические) и очень редко одновременно с ними (сингенетические). Последние в карстовых пещерах, очевидно, не наблюдаются.

**Хемогенные отложения** пещер издавна привлекали к себе внимание исследователей. Между тем вопросы классификации и типизации их до последнего времени разработаны крайне слабо. Среди специальных исследований выделяется работа В. И. Степанова (1971), который подразделяет минеральные агрегаты пещер на три типа:

---

<sup>1</sup> М. В. Ломоносов, О слоях земных. М., Изд-во АН СССР, 1949, стр. 43.

сталактит-сталагмитовая кора (сюда включаются продукты кристаллизации из свободно стекающих растворов, т. е. сталактиты, сталагмиты, сталагматы, драпировки, натеки на стенах и полу пещер), кораллиты (к этому типу относятся минеральные агрегаты, возникшие из капиллярных водных пленок на поверхности подземных полостей и натечных форм) и антолиты (этот тип представлен скручивающимися и расщепляющимися при росте параллельно-волокнистыми агрегатами легкорастворимых минералов — гипса, галита и др.). Хотя в основу этой типизации положен генетический классификационный признак, теоретически она недостаточно обоснована.

Наибольший интерес представляют классификации хемогенных форм, предложенные Г. А. Максимовичем (1963) и З. К. Тинтиловым (1968). На основе учета этих исследований хемогенные образования могут быть подразделены на следующие основные типы: натечные, коломорфные и кристаллитовые.

*Натечные образования*<sup>1</sup>, имеющие широкое распространение в пещерах, по форме и способу происхождения подразделяются на две большие группы: сталактитовые, образующиеся за счет известкового вещества, выделяющегося из капель, висящих на потолке, и сталагмитовые, формирующиеся за счет вещества, выделяющегося из упавших капель.

Среди натечных сталактитовых<sup>2</sup> образований выделяют гравитационные (тонкотрубчатые, конусообразные, пластинчатые, занавесообразные и др.) и аномальные (в основном геликтиты).

Особенно интересны тонкотрубчатые сталактиты, образующие иногда целые кальцитовые заросли. Их формирование связано с выделением карбоната кальция или галита из инфильтрационных вод. Просочившись в пещеру и попав в новые термодинамические условия, инфильтрационные воды теряют часть углекислого газа. Это приводит к выделению из насыщенного раствора коллоидного карбоната кальция, который отлагается вдоль периметра падающей с потолка капли в виде тонкого валика

<sup>1</sup> Г. Т. Уарвик (1953) выделяет этот тип под названием «натечная формация».

<sup>2</sup> Название «сталактит» происходит от греческого слова «сталляктос — текущий по капле. В русской специальной литературе натечные образования первоначально назывались капельниками.



**Рис. 3. Конусообразные сталактиты, развивающиеся в озерном гроте Дивьей пещеры (Урал)**

(Максимович, 1963). Постепенно наращиваясь, валики превращаются в цилиндр, образуя тонкотрубчатые, нередко прозрачные сталактиты. Внутренний диаметр трубчатых сталактитов составляет 3—4 мм, толщина стенок обычно не превышает 1—2 мм. В отдельных случаях они достигают 2—3 и даже 4,5 м длины.

Среди сталактитов наиболее распространены конусообразные сталактиты (рис. 3). Рост их определяется за счет вод, стекающих по тонкой полости, расположенной внутри сталактита, а также за счет поступления кальцитового материала по поверхности натека. Нередко внутренняя полость располагается эксцентрично (рис. 4). Из отверстия этих трубочек через каждые 2—3 мин. капает прозрачная вода. Размеры конусообразных сталактитов, располагающихся преимущественно вдоль трещин и хорошо их индицирующих, определяются условиями поступления карбоната кальция и величиной подземной полости. Обычно сталактиты не превышают 0,1—0,5 м длины и 0,05 м в диаметре. Иногда они могут достигать 2—3, даже 10 м длины (Анакопийская пещера) и 0,5 м в диаметре.



Рис. 4. Продольный разрез верхней части сталактита из Дивьей пещеры. Внутренняя питательная полость значительно сдвинута к краю сталактита

Интересны сферические (луковицеобразные) сталактиты, образующиеся в результате закупорки отверстия трубки. На поверхности сталактита возникают аберрационные утолщения и узорчатые наросты. Сферические сталактиты из-за вторичного растворения кальция водами, поступающими в пещеру, нередко пустотелы.

В некоторых пещерах, где наблюдается значительное движение воздуха, встречаются изогнутые сталактиты — анемолиты, ось которых отклонена от вертикали. Образование анемолитов определяется испарением свисающих капель воды на подветренной стороне сталактита, что вызывает изгибание его в направлении движения воздушного потока. Угол изгиба у отдельных сталактитов может достигать  $45^\circ$ . Если направление движения воздуха периодически изменяется, то формируются зигзагообразные анемолиты.

Аналогичное происхождение со сталактитами имеют занавеси и драпировки, свисающие с потолка пещер. Они связаны с инфильтрационными водами, просачивающимися вдоль длинной трещины. Некоторые занавеси, состоящие из чистого кристаллического кальцита, совершенно прозрачны. В нижних частях их нередко располагаются сталактиты с тонкими трубочками, на концах которых висят капельки воды. Кальцитовые натеки могут иметь вид окаменевших водопадов. Один из таких водопадов отмечен в гроте Тбилиси Анакопийской пещеры. Высота его около 20 м, а ширина 15 м.

Геликтиты — это сложно построенные эксцентрические сталактиты, входящие в подгруппу аномальных сталакти-товых образований. Они встречаются в различных частях карстовых пещер (на потолке, стенах, занавесях, сталактитах) и имеют самую разнообразную, нередко фантастическую форму: в виде изогнутой иглы, сложной спирали, скрученного эллипса, круга, треугольника и т. д. Игольчатые геликтиты достигают 30 мм в длину и 2—3 мм в диаметре. Они представляют собой монокристалл, который в результате неравномерного роста меняет ориентацию в пространстве. Встречаются также поликристаллы, выросшие один в другой. В разрезе игольчатых геликтитов, растущих в основном на стенах и потолке пещер, не прослеживается центральная полость. Они бесцветны или прозрачны, конец их заострен. Спиралеобразные геликтиты развиваются преимущественно на сталактитах, особенно тонкотрубчатых. Они состоят из множества кристаллов. Внутри этих геликтитов обнаруживается тонкий капилляр, через который раствор достигает внешнего края агрегата. Образующиеся на концах геликтитов капельки воды, в отличие от трубчатых и конических сталактитов, длительное время (многие часы) не отрываются. Это определяет крайне медленный рост геликтитов. Большинство их относится к типу сложных образований, имеющих причудливо-замысловатую форму.

Сложнейший механизм возникновения геликтитов в настоящее время еще недостаточно изучен. Многие исследователи (Н. И. Кригер, Б. Жезе, Г. Триммель) формирование геликтитов связывают с закупоркой канала роста тонкотрубчатых и других сталактитов. Поступающая внутрь сталактита вода проникает в трещины между кристаллами и выходит на поверхность. Так начинается рост геликтитов, обусловленный преобладанием капиллярных сил и сил кристаллизации над силой тяжести. Капиллярность является, по-видимому, главным фактором образования сложных и спиралеобразных геликтитов, направление роста которых первоначально в значительной мере зависит от направления межкристаллических трещин.

Ф. Чера и Л. Муча (1961) экспериментальными физико-химическими исследованиями доказали возможность осаждения кальцита из воздуха пещер, что и вызывает образование геликтитов. Воздух с относительной влаж-

ностью 90—95 %, перенасыщенный мельчайшими капельками воды с бикарбонатом кальция, оказывается аэрозолем. Выпадающие на уступы стен и кальцитовых образований капельки воды быстро испаряются, а карбонат кальция выпадает в виде осадка. Наибольшая скорость роста кристалла кальцита идет вдоль главной оси, обуславливая формирование игольчатых геликтитов. Следовательно, в условиях, когда дисперсионной средой является вещество, находящееся в газообразном состоянии, геликтиты могут расти за счет диффузии растворенного вещества из окружающего их аэрозоля. Созданные таким путем («аэрозольный эффект») геликтиты получили название «пещерного инея».

Наряду с кольматажем питательного канала отдельных тонкотрубчатых сталактитов и «аэрозольного эффекта» на формирование геликтитов, по мнению некоторых исследователей, влияют также гидростатическое давление карстовых вод (Л. Якуч), особенности циркуляции воздуха (А. Вихман) и микроорганизмы. Эти положения, однако, недостаточно аргументированы и, как показали исследования последних лет, в значительной мере дискуссионны. Таким образом, морфологические и кристаллографические особенности эксцентричных натечных форм могут объясняться либо капиллярностью, либо влиянием аэрозоля, а также комбинацией этих двух факторов.

Наибольший интерес представляют вопросы о строении сталактитов, особенностях их формирования и скорости роста. Этими вопросами занимались А. Н. Чураков (1911), Н. М. Шерстюков (1940), Г. А. Максимович (1963) и З. К. Тинтилов (1968).

Сталактиты состоят в основном из кальцита, на долю которого приходится 92—100 %. Кристаллы кальцита имеют таблитчатую, призматическую и другие формы. В продольном и поперечном разрезах сталактита под микроскопом прослеживаются веретенообразные зерна кальцита длиной до 3—4 мм. Они расположены перпендикулярно к зонам парастания сталактита. Промежутки между веретенообразными зернами заполнены мелкозернистым (до 0,03 мм в диаметре) кальцитом. При сильном увеличении отдельные зерна мелкозернистого кальцита обнаруживают тонкокристаллическое зернистое строение (рис. 5). Иногда в них встречается значительное количество аморфного и глинисто-известкового материала. Загрязнение



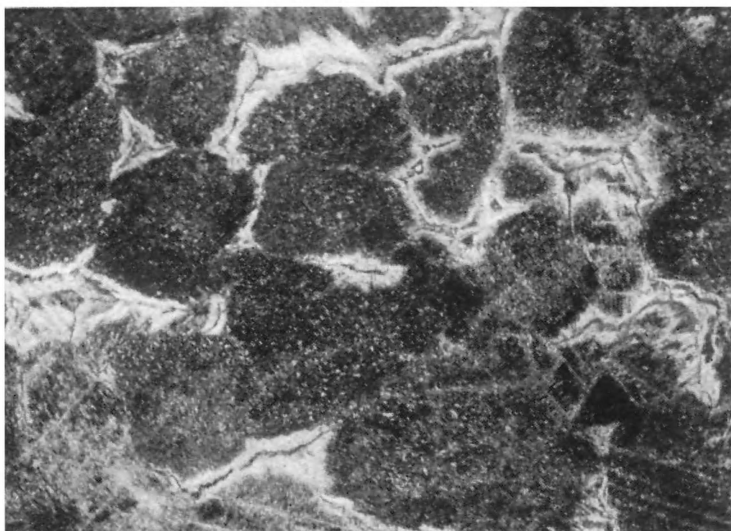


Рис. 5. Продольный разрез сталактита из Шатрового грота Дивьей пещеры (увеличено в 46 раз). Хорошо прослеживается зернистое строение кальцита

сталактита глинистым пелитовым материалом, прослеживающимся в виде тонких параллельных прослоек, определяет его полосчатое сложение. Полосчатость идет вкрест простираения кристаллов. Она связана с изменением содержания примесей в поступающем растворе во время роста сталактита.

Скорость роста сталактитов определяется быстротой притока (частотой скапывания) и степенью насыщенности раствора, характером испарения и особенно парциальным давлением углекислого газа. Частота падения капель со сталактитов изменяется от нескольких секунд до многих часов. Иногда падения капель, висящих на концах сталактита, вообще не наблюдается. В этом случае, по-видимому, вода удаляется только за счет испарения, что обуславливает крайне медленный рост сталактитов. Специальные исследования, проведенные венгерскими спелеологами, показали, что жесткость воды капель, свисающих со сталактита, больше, чем падающих, на 0,036—0,108 мг-экв. Следовательно, рост сталактита сопро-

вождается уменьшением в воде содержания кальция и выделением углекислоты. Этими исследованиями установлено также значительное изменение жесткости сталактитовых вод в течение года (до 3,6 мг-экв), причем наименьшая жесткость отмечается зимой, когда содержание углекислоты в воде в связи с ослаблением жизнедеятельности микроорганизмов понижается. Естественно, это влияет на темпы роста и форму сталактитов в разные сезоны года.

Особый интерес вызывают непосредственные наблюдения (пока немногочисленные) за скоростью роста сталактитов. Благодаря им удалось установить, что интенсивность роста кальцитовых сталактитов в разных подземных полостях и в различных природных условиях, по данным Г. А. Максимовича (1965), изменяется от 0,03 до 35 мм в год. Особенно быстро растут галитовые сталактиты. В условиях притока сильно минерализованных хлоридно-натриевых вод скорость роста сталактитов на Шорсуйском руднике (Средняя Азия, Алайский хребет), согласно исследованиям Н. П. Юшкина (1972), изменяется от 0,001 до 0,4 мм в сутки: достигая в отдельных случаях 3,66 мм в сутки, или 1,336 м в год.

Сталагмиты составляют вторую большую группу натечных образований. Они формируются на полу карстовых пещер и обычно растут навстречу сталактитам. Падающие с потолка капли выдалбливают в отложениях пола пещер небольшую (до 0,15 м) ямку конической формы. Эта ямка постепенно заполняется кальцитом, образующим своеобразный корень, и начинается рост сталагмита вверх.

Сталагмиты обычно имеют небольшие размеры<sup>1</sup>. Лишь в отдельных случаях они достигают высоты 6—8 м при диаметре нижней части 1—2 м. На участках, где они соединяются со сталактитами, возникают кальцитовые колонны, или сталагнаты, самой разнообразной формы. Особенно красивы узорчатые или витые колонны.

В зависимости от формы сталагмиты имеют множество названий. Выделяются конические сталагмиты, па-

---

<sup>1</sup> Самый крупный в мире сталагмит высотой 63,2 м найден в пещере Мартин (Куба). Второе место занимает сталагмит в Красногорской пещере (Чехословакия), высота его 32,7 м. Широко известен также сталагмит Карлсбадской пещеры (США), достигающий 18,9 м высоты и 4,9 м в поперечнике.

годаобразные, пальмовые, сталагмиты-палки, кораллиты (сталагмиты древовидной формы, имеющие вид коралловых кустов) и др. Форма сталагмитов определяется условиями их образования и прежде всего степенью обводненности пещеры.

Весьма оригинальны сталагмиты, имеющие вид каменных лилий в гроте Иверия Анакопийской пещеры. Высота их достигает 0,3 м. Верхние края таких сталагмитов раскрыты, что связано с разбрызгиванием водяных капель, падающих с большой высоты, и аккумуляцией карбоната кальция по стенкам образовавшейся ямки. Интересны сталагмиты с оторочками, напоминающие подсвечники (грот Тбилиси Анакопийской пещеры). Оторочки образуются вокруг периодически затопляемых сталагмитов (Тинтилозов, 1968).

Встречаются эксцентричные сталагмиты. Искривление их нередко вызывается медленным движением осыпи, на которой они формируются. Основание сталагмита в этом случае постепенно перемещается вниз, а падающие на одно и то же место капли искривляют сталагмит в направлении вершины осыпи. Такие сталагмиты наблюдаются, например, в Анакопийской пещере.

Для сталагмитов характерно слоистое строение (рис. 6). В поперечном разрезе чередуются концентрически расположенные белые и темные слои, толщина которых изменяется от 0,02 до 0,07 мм. Толщина слоя по окружности неодинакова, так как падающая на сталагмит вода растекается по его поверхности неравномерно.

Исследования Ф. Витасека (1951) показали, что нарастающие сталагмитовые слои представляют собой полугодовой продукт, причем белые слои отвечают зимнему периоду, а темные — летнему, поскольку теплые летние воды отличаются повышенным содержанием по сравнению с водами зимнего периода гидроокисей металлов и органических соединений. Белые слои характеризуются кристаллической структурой и перпендикулярным расположением зерен кальцита к поверхности слоев. Темные же слои аморфны, их кристаллизации препятствует наличие коллоидного гидрата окиси железа.

При сильном увеличении в темных слоях выявлено чередование многих белых и темных очень тонких слоев, что указывает на многократное изменение в течение года условий просачивания инфильтрационных вод.

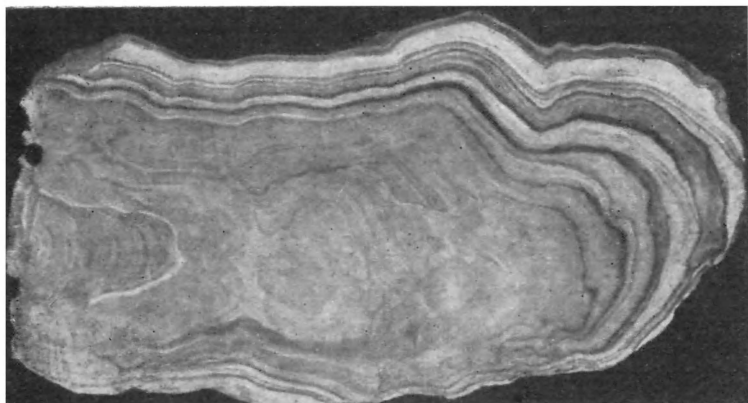


Рис. 6. Продольный разрез сталагмита из Дивьей пещеры

Строгое чередование в поперечном разрезе белых и темных слоев используется для определения абсолютного возраста сталагмитов, а также подземных полостей, в которых они формируются. Подсчеты дают интересные результаты. Так, возраст сталагмита из Кизеловской пещеры (Средний Урал), достигающего в поперечнике 68 см, был определен в 2500 лет (Максимович, 1963). Возраст сталагмитов некоторых зарубежных пещер, определенный по полугодовым кольцам, составил 600 тыс. лет. (По исследованиям Ф. Витасека, в Деменовских пещерах в Чехословакии сталагмит в 1 мм образуется за 10 лет, а в 10 мм — за 500 лет.) Этот интересный метод, получающий все более широкое распространение, однако еще далеко не совершенен и нуждается в уточнении.

В продольном разрезе сталагмит состоит как бы из множества тонких колпачков, надетых друг на друга. В центральной части сталагмита горизонтальные кальцитовые слои резко падают вниз, по направлению к его краям (см. рис. 6),

Скорость роста сталагмитов весьма различна. Она зависит от влажности воздуха в пещере, особенностей его циркуляции, величины притока раствора, степени его концентрации и температурного режима. Как показали наблюдения, скорость роста сталагмитов изменяется от десятых долей до нескольких миллиметров в год. Особый

интерес в этом отношении представляют работы чехословацких исследователей, применивших для определения возраста карстовых образований радиоуглеродный метод. Установлено, что скорость роста сталагмитов в пещерах Чехословакии составляет 0,5—4,5 см за 100 лет (Г. Франке). В длительной и сложной истории формирования натечных образований эпохи аккумуляции материала могут чередоваться с периодами его растворения.

Для кальцитовых натечных образований характерно явление люминесценции, что связано с присутствием в них активирующих примесей. Облученные импульсной лампой натечные образования светятся желтым, нежно-зеленым, лазорево-голубым и синим светом. Иногда они излучают ослепительно белый ровный свет, который как будто струится из этих сказочно красивых форм. Наиболее яркое свечение имеют натечи с примесью марганца.

К *коломорфным образованиям* относятся кальцитовые плотины (гуры), кальцитовая кора, кальцитовые пленки, пещерный жемчуг (оолиты) и каменное молоко. Гуры и пещерные оолиты, сложенные преимущественно туфом, по структуре, пористости и объемному весу несколько отличаются от других натечных образований, что позволяет выделить их в особую группу. Впрочем, это деление в значительной мере условно.

Кальцитовые плотины, или гуры, подпруживающие подземные озера, довольно широко распространены. В Советском Союзе они отмечены в 54 пещерах. Гуры встречаются преимущественно в известняковых и значительно реже в доломитовых полостях. Они образуются в горизонтальных и наклонных проходах в результате выпадения из раствора карбоната кальция, что связано с выделением углекислоты вследствие изменения температуры водного потока при его движении по подземной галерее. Очертания плотин, имеющих обычно вид правильной или изогнутой дуги, определяются главным образом первоначальной формой выступов пола пещеры. Высота барражей изменяется от 0,05 до 7 м<sup>1</sup>, а длина достигает 15 м. По морфологическим признакам гуры подразделяются на площадные и линейные. Последние развиты в основном в узких проходах с подземными ручьями, которые они раз-

---

<sup>1</sup> Самый крупный гур в мире найден в пропасти Пети Сен-Кассиен (Франция, Вар) на глубине 229 м. Высота его 13 м.

деляют на отдельные водоемы площадью до 1000 м<sup>2</sup> и более.

Водный поток не только создает кальцитовые плотины, но и разрушает их. При изменении расхода потока и минерализации подземных вод под действием эрозии и коррозии в горах образуются отверстия, проломы и пропилы. Это приводит к формированию сухих гуров, не способных удерживать воду. В результате дальнейшего растворения и размыва на месте кальцитовых плотин остаются лишь сильно корродированные выступы, отмечаемые на полу и стенах полости. По толщине сезонного полуслойка (0,1 мм) В. Н. Дублянским был определен возраст гуров в Красной пещере. Он оказался равным примерно 9—10 тыс. лет.

Кальцитовые плотины особенно интересны в пещерах Красной, Шакуранской и Кутукской IV. В дальней части Красной пещеры на протяжении 340 м отмечено 36 кальцитовых каскадов высотой от 2 до 7 м и длиной до 13 м. Ширина их достигает иногда 6 м. В галерее Больших гуров, расположенной в верхнем этаже пещеры Кутукская IV и имеющей длину 102 м, русло подземного ручья перегорожено 34 плотинами из молочно-белого кальцита. Высота их достигает 2 м, а длина — 15 м. Здесь найдены так называемые запечатанные гурь (кальцитовые камеры). Подпруживаемые ими водоемы полностью покрыты кальцитовой пленкой. Один из проходов Шакуранской пещеры (Кавказ), длина которого достигает 400 м, разделен кальцитовыми плотинами на 18 озер глубиной от 0,5 до 2 м.

Кальцитовая кора обычно образуется у основания стен, по которым стекает просочившаяся в пещеру вода. Поверхность ее, как правило, неровная, бугристая, иногда напоминает волновую рябь. Мощность кальцитовой коры в отдельных случаях превышает 0,5 м.

На поверхности подземных озер, имеющих высокоминерализованную воду, иногда отмечаются кальцитовые пленки белого цвета. Они образуются из кристалликов кальцита, которые свободно плавают на поверхности воды. Сплаваясь друг с другом, эти кристаллики формируют сначала тоненькую пленку, плавающую на поверхности воды в виде отдельных пятен, а затем сплошную пленку кальцита, покрывающую все озеро, подобно ледяному покрову. На озерах, подпруженных гурами, обра-

зование пленки начинается от берегов. Постепенно разрастаясь, пленка занимает всю водную поверхность. Толщина пленок небольшая. Она изменяется от нескольких десятых долей миллиметра до 0,5 см и более. Если уровень озера понижается, то между поверхностью воды и пленкой может образоваться пространство. Кальцитовые пленки имеют преимущественно сезонный характер. Они возникают в сухие периоды, когда в озерной воде наблюдается высокая концентрация кальциевого и гидрокарбонатного ионов. При поступлении в пещеру обильных дождевых и талых снеговых вод кальцитовые пленки на поверхности подземных озер разрушаются.

По данным Л. С. Кузнецовой и П. Н. Чирвинского (1951), кальцитовая пленка представляет собой мозаику зернышек размером 0,05—0,1 мм в поперечнике. Ориентировка зернышек беспорядочная. По характеру окраски они делятся на две группы. Одни, буроватые и мутные, слабо просвечиваются, а другие, бесцветные, более прозрачные, кажутся волокнистыми. Что касается минералогического состава, то обе группы зернышек представлены чистым карбонатом кальция. Верхняя поверхность корочки под микроскопом бугристая, а нижняя — совершенно гладкая.

Наряду с кальцитовыми пленками на поверхности озер встречаются также гипсовые. Они словно прозрачный ледок покрывают не только водную гладь озера, но и глинистые его берега. Такую пленку можно видеть, в частности, на поверхности озер Кунгурской ледяной пещеры.

Во многих пещерах, развитых в карбонатных породах, встречаются небольшие кальцитовые шарики, которые называются оолитами<sup>1</sup>, или пещерным жемчугом. Жемчужины имеют овальную, эллиптическую, сферическую, полиэдрическую или неправильную формы. Длина их обычно изменяется от 5 до 14 мм, а ширина — от 5 до 11 мм. Самый крупный оолит в Советском Союзе был найден в Мааникварской шахте, входящей в систему Анакопийской пещеры. Длина его 59 мм. По форме и размерам он напоминал куриное яйцо. Преобладают приплюснутые жемчужины. Иногда они сцементированы по нескольку

---

<sup>1</sup> Д. В. Наливкин (1956), на наш взгляд, правильно все сферические концентрически слоистые образования называет оолитами, не подразделяя их по размеру на оолиты и пизолиты.

штук (10—20) и образуют оолитовый конгломерат. Цвет оолитов белый или желтоватый. Поверхность их матовая, гладкая или шероховатая.

Пещерный жемчуг сложен в основном (до 93%) кальцитом. В разрезе он имеет концентрическое строение, причем чередуются светлые и темные слои. Толщина слоев может быть различной. В центральной части жемчужины отмечаются зерна кварца, кальцита или комочки глины, вокруг которых и нарастают оболочки коллоидного карбоната кальция. Интересно, что кристаллические оболочки оолитов отделены друг от друга тонкими прослоями пелитоморфного известняка.

Пещерный жемчуг образуется в неглубоких подземных озерах, которые питаются капаящими с потолка каплями воды, насыщенными карбонатом кальция. Важным условием формирования оолитов является их непрерывное вращение. По мере роста агрегатов вращение их замедляется, а затем вообще прекращается, так как они полностью заполняют ванночку, в которой образуются.

Рост оолитов зависит от многих факторов. При благоприятных условиях они формируются очень быстро (в Постоинской пещере в Югославии примерно за 50 лет). В пещере Хралупа (Болгария) были найдены оолиты поперечником 5—6 мм, которые состояли всего лишь из 3—4 концентрических слоев. Следовательно, их возраст может быть определен в 3—4 года. Однако к возможности использования кальцитовых слоистостей для определения возраста хемогенных образований следует относиться с большой осторожностью, поскольку «...периодичность отложения карбоната кальция не совпадает с временами года, а определяется только изменениями количества поступающей воды, температурой ее и окружающего воздуха»<sup>1</sup>.

Пещерный жемчуг, найденный в Советском Союзе в пещерах Дивьей, Кизеловской, Красной, Анакопийской, Шакуранской, Вахушти, Макрушинской и в некоторых других, по химическому составу не отличается от биогенного жемчуга морских моллюсков, поскольку тот и другой сложены углекислым кальцием. Между тем настоя-

---

<sup>1</sup> Н. Т. Чолаков. Пещерный жемчуг Болгарии.— Сб. «Пещеры», вып. 4(5). Пермь, стр. 75.



щий жемчуг отличается от пещерного ярко выраженным перламутровым блеском, характерным для арагонита, которым представлен биогенный жемчуг<sup>1</sup>. Арагонит, однако, является неустойчивой модификацией карбоната кальция и самопроизвольно переходит в кальцит. Правда, при обычной температуре это превращение идет довольно медленно.

Среди известковых образований особенно интересно лунное, или каменное, молоко, представляющее собой типичный коллоид. Оно покрывает своды и стены пещер на участках, где вода выступает из узких трещин и в условиях слабого испарения сильно разжижает породу, которая по внешнему виду напоминает известковое тесто, сметанообразную массу или каменное молоко белого цвета. Это очень редкое и пока еще не разгаданное явление природы отмечено в Красной (Крым), Кизеловской (Урал), Анакопийской (Кавказ) и некоторых других пещерах Советского Союза.

На стенах и потолке некоторых пещер встречаются кристаллы различных автохтонных минералов: кальцита, арагонита, гипса и галита. Среди *кристаллитовых образований* особенно интересны кальцитовые, арагонитовые и гипсовые цветы (антодиты) в виде пучков и розеток кристаллов, достигающих иногда нескольких сантиметров длины. В настоящее время они встречаются исключительно в сухих участках пещер. Их происхождение связано, очевидно, с одной стороны, с кристаллизацией карбоната конденсационных капель, а с другой — с коррозией карстующихся пород конденсационными водами. Как показали исследования, это преимущественно древние образования. Они сформировались в иных, отличных от настоящих, гидрологических и микроклиматических условиях. Встречаются также и современные формы.

Наряду с антодитами интересны щетки кристаллов кальцита, арагонита, гипса и галита, покрывающие значительные участки стен и потолка пещер. Такие кри-

<sup>1</sup> Биогенный жемчуг имеет вид небольших шариков сферической или неправильной формы, развивающихся в раковинах некоторых моллюсков. Он сложен преимущественно углекислым кальцием и характеризуется концентрическим расположением тончайших слоев перламутра, который состоит из очень тонких пластинок особой разновидности углекислого кальция — арагонита. В состав морского жемчуга входят: углекислый кальций (арагонит) — 91%, органические вещества — 4, вода — 4 и другие вещества — 1%.

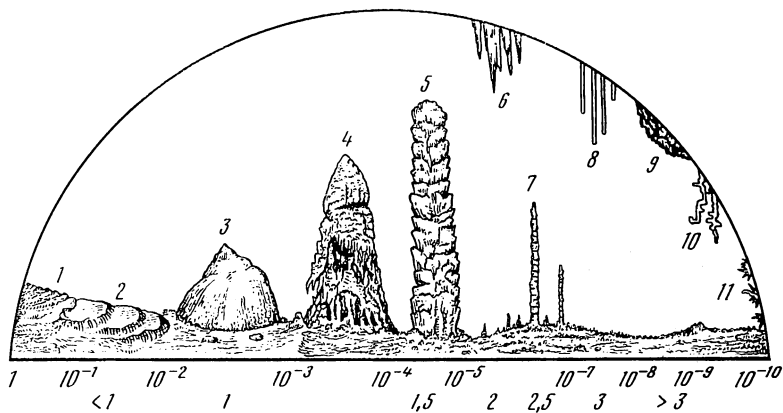


Рис. 7. Стадии эволюции карбонатного литогенеза пещер (по Г. А. Максимовичу)

1 — покровные натски; 2 — гуры; 3 — массивные сталагмиты; 4 — паладообразные сталагмиты; 5 — пальмовые сталагмиты; 6 — конические сталактиты; 7 — сталагмиты-палки; 8 — трубчатые сталактиты; 9 — уплощенные сталактиты; 10 — эксцентрические сталактиты; 11 — эксцентриские эксудаты. I — притоки, в л/сек;

II —  $\frac{\log \text{притока, л/сек}}{\log p \text{ CO}_2 \text{ атм}}$

сталловые галереи отмечены во многих подземных полостях СССР (Кривченская, Красная, Дивья и др.).

Основные закономерности формирования хемогенных отложений и особенности кристаллизационной аккумуляции пещер на примере Анакопийской пропасти изучались В. И. Степановым (1971). По его мнению, общий ход кристаллизации каждого отдельного участка этой пещеры идет по схеме: туфовая сталактит-сталагмитовая кора — кальцитовая сталактит-сталагмитовая кора — кораллиты — гипс.

Наиболее детальная схема спелеолитогенеза разработана Г. А. Максимовичем (1965). Он показал, что характер и морфология хемогенных образований зависят от величины притока воды и парциального давления углекислого газа, которые значительно изменяются на разных стадиях развития пещеры. При больших притоках воды (1—0,1 л/сек) выпадающий из раствора карбонат кальция образует на полу пещеры покровы и гуры (рис. 7).

Последние нередко располагаются каскадами. Когда приток воды из трещин и отверстий в потолке пещеры уменьшается, то создаются условия для формирования массивных (0,01—0,001 л/сек), пагодаобразных (0,001—0,005 л/сек) и пальмовых (0,005—0,0001 л/сек) сталагмитов. При дальнейшем уменьшении притока воды, насыщенной карбонатом кальция, возникают сначала конические сталактиты ( $10^{-4}$ — $10^{-5}$  л/сек), а затем — сталагмиты-палки ( $10^{-5}$ — $10^{-6}$  л/сек). Особый интерес представляет класс притоков с дебитом  $10^{-4}$ — $10^{-5}$  л/сек (или 0,1—0,01 см<sup>3</sup>/сек), определяющих переход от нижней литоаккумуляции к верхней, а также их совместное развитие. При ничтожно малых притоках воды образуются трубчатые сталактиты ( $10^{-3}$ — $10^{-5}$  см<sup>3</sup>/сек), сложные сталактиты с широким основанием ( $10^{-5}$ — $10^{-6}$  см<sup>3</sup>/сек) и эксцентрические сталактиты ( $10^{-6}$ — $10^{-7}$  см<sup>3</sup>/сек). В формировании эксцентрических сталагмитов принимают участие также конденсационные воды. На этом этапе спелеолито-генеза силы кристаллизации доминируют над силой тяжести, которая играла главную роль при более значительных притоках. Заключительным звеном генетического ряда хемогенных образований являются кристаллитовые формы, связанные с выпадением кальцита из конденсационных вод, которые на этой стадии представляют единственный источник поступления влаги.

Предложенная Г. А. Максимовичем (1965) схема образования спелеоформ имеет важное теоретическое и методическое значение. Она позволяет наметить стройный генетический ряд карбонатного литогенеза пещер, основанный на учете количественных показателей стока подземных вод и парциального давления углекислого газа, изменение которого во времени связано со стадийностью развития карстовых полостей. В этой схеме, к сожалению, не определено положение многих широко распространенных натечных форм (колонны, занавеси, драпировки и др.), что обусловлено, с одной стороны, ограниченностью материала экспериментальных наблюдений, а с другой — общей слабой разработанностью рассматриваемой проблемы.

Хемогенные или водно-хемогенные образования, делающие многие пещеры необыкновенно красивыми, являются лишь одним из типов пещерных отложений. Кроме них в пещерах (по классификации Д. С. Соколова и

Таблица 1

Гранулометрический и минералогический состав остаточных и пластичных глин Анакопийской пещеры (по Тинтилову, 1968)

Место взятия образца	№ образца	Гранулометрический состав, %				Карбонатность, %	Тяжелая фракция, %
		фракция, мм					
		>0,25	0,25—0,1	0,1—0,01	<0,01		
Остаточная глина (подземное ущелье)	1	—	3,79	63,53	32,68	1,0	1,70
Пластичная глина (зал Абхазия)	2	—	0,45	45,98	53,57	22,8	3,1

Г. А. Максимовича) встречаются также различные другие отложения, которые по происхождению подразделяются на остаточные, водно-механические, обвальные, гляциогенные, органогенные, гидротермальные и антропогенные.

**Остаточные отложения** образуются в результате выщелачивания карстующихся пород и аккумуляции на дне пещер нерастворимого остатка, представленного в основном глинистыми частицами. Пещерные глины лучше всего изучены в сухих галереях Анакопийской пещеры, где они достигают мощности 0,45 м. Верхняя часть толщи остаточных глин состоит преимущественно из тонкодисперсных частиц, а нижняя — из неравномернозернистых. В составе этих глин преобладают (более 63%) частицы размером от 0,1 до 0,01 мм (табл. 1).

**Водно-механические** отложения представлены аллювием подземных рек, осадками пещерных озер и аллохтонным материалом, принесенным в пещеры через трещины, органические трубы и колодцы. Они сложены песчано-глинистым материалом. Мощность этих отложений обычно невелика. Лишь под органическими трубами они образуют глинистые осыпи, иногда имеющие вид островерхих конусов высотой до 3 м и более.

Особенно интересны пластичные глины Анакопийской пещеры, занимающие площадь более 10 тыс. м<sup>2</sup>. Они покрывают пол Глинистого грота и большую часть гротов

Минералогический состав алевритовой фракции																
легкая фракция					тяжелая фракция											
кварц	полевые шпаты	мусковит	обломки раз- ных пород		магнетит, ильменит	гранат	циркон	турмалин	биотит	хлорит	роговая обманка	авгит, авгит-диоп- сид	эпидот цоизит	бур. железняк	нерудн. непрозр.	
35	15	2	48	10	<1	10	<1	15	18	2		1	2	50	<1	
8	15	1	77	10	<1		3	<1	8	15	2		5	2	50	3

Абхазии и Грузинских Спелеологов. Предположительно мощность этих глин достигает 30 м. Пластичные глины образованы преимущественно мельчайшими частицами диаметром меньше 0,01 мм, на которые приходится свыше 53%. Они имеют алеврито-пелитовую структуру и обычно окрашены водными окислами железа. Эти глины образовались в результате осаждения мелких частиц на дне временных водоемов, образовавшихся в южной части пещеры, вследствие проникновения сюда атмосферных осадков, отличающихся значительной мутностью. Периодичность и длительность накопления пластичных глин подтверждаются наличием в них различных горизонтов.

**Обвальные отложения** состоят обычно из крупных хаотически нагроможденных глыб горных пород, обрушившихся со сводов и стен подземных полостей. Интересные подсчеты в этом отношении проведены в Анакопийской пещере. Они показали, что объем обрушенного материала в гротах Храм, Абхазия и Грузинских Спелеологов составляет примерно 450 тыс. м<sup>3</sup> (т. е. более 1 млн. т породы), причем объем отдельных глыб достигает 8—12 м<sup>3</sup>. Мощные глыбовые навалы отмечены также во многих других пещерах (рис. 8).

Среди глыбово-обвальных отложений нередко встречаются обломки кальцитовых натечных образований (сталактиты, сталагмиты), связанные с обрушением сводов.



Рис. 8. Глыбовый навал в гроте Ветлан Дивьей пещеры

Чаще всего наблюдаются старые обвальные отложения, покрытые глиной и кальцитовыми натечками. Однако в некоторых пещерах можно встретить и совершенно свежие обвалы. Такие участки исследовались нами, в частности, в Дивьей (Урал) и Кулогорской (Кулойское плато) пещерах.

**Гляциогенные отложения.** Во многих пещерах Советского Союза, где в течение всего года преобладают отрицательные температуры, отмечаются ледяные образования. К наиболее известным ледяным пещерам относятся Кунгурская, Кулогорская, Балаганская и Абогидже.

Пещерные льды карстовых полостей — ледников, широко распространенных в Крыму, на Кавказе, Русской равнине, Урале и Средней Сибири, подразделяются на следующие основные типы: сублимационный, инфильтрационный, конжеляционный и гетерогенный.

Среди *сублимационных образований* наибольший интерес представляют ледяные кристаллы, формирующиеся в результате взаимодействия относительно теплого воздуха с охлажденными предметами. Они имеют самую разнообразную форму, которая определяется режимом температуры, влажностью, направлением и скоростью воздуш-

ных потоков (Дорофеев, 1969). Выделяют кристаллы листовидной формы (образуются при температуре  $-0,5-2^{\circ}$ ), пирамидальной ( $-2-5^{\circ}$ ), прямоугольно-пластинчатой ( $-5-7^{\circ}$ ), игольчатой ( $-10-15^{\circ}$ ) и папоротниковидной ( $-18-20^{\circ}$ ). Наиболее красивы пирамидальные кристаллы, представленные обычно сростками спиральных пирамид до 15 см в поперечнике. Изредка на сводах пещер появляются относительно правильные замкнутые шестигранные пирамиды, обращенные вершиной к потолку. Красивы также папоротниковидные кристаллы, образующиеся в сильные морозы и имеющие вид тонких (0,025 мм) пластинок до 5 см длиной, свисающих густой бахромой с потолка пещер. Эти кристаллы эфемерны; при незначительном повышении температуры они разрушаются. Срастаясь, кристаллы нередко образуют искрящиеся гирлянды, ажурные кружева и прозрачные занавеси. Ледяные кристаллы прозрачны и очень хрупки. При прикосновении они рассыпаются на мелкие кусочки, которые медленно падают на пол пещеры.

Ледяные кристаллы обычно появляются весной и существуют несколько месяцев. Лишь в некоторых пещерах, особенно расположенных в области вечной мерзлоты, встречаются многолетние кристаллы. Химический состав ледяных кристаллов зависит от состава горных пород. По данным Е. П. Дорофеева (1969), минерализация однолетних сублимационных ледяных кристаллов Кунгурской пещеры составляет 56—90 мг/л, а многолетних — 170 мг/л.

К *инфильтрационным формам* относятся ледяные сталактиты, сталагмиты и сталагнаты, имеющие гидрогенное происхождение. Они образуются в результате перехода воды в твердую фазу. Эти формы достигают 10 м высоты и 3 м в диаметре. Возраст их изменяется от 2—3 месяцев до нескольких лет. В Кунгурской пещере, например, имеется ледяной сталагмит, возраст которого превышает 100 лет. Однолетние формы прозрачны, а многолетние благодаря примесям имеют молочно-белый цвет с голубоватым или зеленоватым оттенком.

Однолетние и многолетние ледяные образования отличаются друг от друга и по структуре. Как показали исследования М. П. Головкова (1939), однолетние сталактиты в Кунгурской пещере представляют собой оптически одноосный монокристалл, тогда как многолетние

сталактиты состоят из многих, послойно расположенных, удлинённых, частично огранённых кристаллов, ориентированных оптическими осями параллельно длине сталактита.

По химическому составу лёд сталактитов, сталагмитов и сталагнатов может быть пресным с количеством растворимых веществ до 0,1% (1 г/л) или солоноватым, в котором растворимых веществ содержится от 0,1 до 1%. Пресные льды встречаются обычно в карбонатных пещерах, а солоноватые — в сульфатных.

На стенах и сводах в холодной части некоторых пещер отмечается кора обледенения, которая образуется, с одной стороны, за счёт застывания стекающей по трещинам воды, а с другой — за счёт сублимации водяных паров. Толщина её изменяется обычно от долей миллиметра до 10—15 см. Лёд прозрачный, иногда молочно-белый, пресный (растворимых веществ менее 1 г/л) или солоноватый. Возраст коры обледенения может быть самый различный, в отдельных случаях многолетний.

На полу гротов и проходов ледяных пещер нередко развит покровный лёд. Он имеет гидрогенное или гетерогенное происхождение. Мощность покровного льда изменяется от нескольких сантиметров до нескольких метров. Преобладает многолетний, часто слоистый лёд. На участках аккумуляции снега встречается фирн. Химический состав покровного льда зависит от состава карстующихся пород. Различают пресный и солоноватый лёд. Последний в гипсовых пещерах характеризуется сульфатно-кальциевым составом. Минерализация пещерных льдов достигает 0,21%. Особый интерес представляют ледяные кристаллы, образующиеся на полу пещер при застывании инфильтрационных вод. Они имеют вид сросшихся игл с наростами снизу пластинками.

*Конжеляционный* лёд представлен льдом подземных озёр и рек. Озерный лёд образуется на поверхности подземных озёр в холодное время или в течение всего года. Площадь озерного льда зависит от размеров озера. В отдельных случаях она достигает 500 м<sup>2</sup>, а толщина льда — 0,15 м (озеро Географического Общества в пещере Абогыдже, на реке Май). Лёд на подземных потоках имеет преимущественно локальное распространение. Площадь речного льда и мощность его обычно невелики. Происхождение озерного и речного льда гидрогенное.



При замерзании подземных водоемов иногда образуются кристаллы в виде шестиконечных звезд толщиной 1 мм и поперечником до 10 см.

Пещерные льды содержат различные микроэлементы. Спектральный анализ пещерного льда, взятого из коры обледенения в Бриллиантовом гроте Кунгурской пещеры, показал, что среди микроэлементов преобладает стронций, на долю которого приходится более 0,1%. Содержание марганца, титана, меди, алюминия и железа не превышает 0,001 %.

По условиям возникновения пещерного холода, накопления снега и льда Н. А. Гвоздецкий (1972) выделяет семь типов карстовых ледяных пещер Советского Союза: а) карстовые колодцы и пропасти со снегом и льдом, лед в которых образуется из попадающего в холодное время года через устьевое отверстие снега; б) холодные пещеры мешкообразной формы, лед в них может возникнуть путем замерзания воды, поступающей из трещин; в) сквозные, или продувные, холодные пещеры с меняющимся в теплое и холодное полугодия направлением тяги воздуха, с гидрогенным льдом и атмогенными, или сублимационными, ледяными кристаллами; г) сквозные горизонтальные пещеры-ледники с окном в потолке, через которое попадает снег, превращающийся в лед; д) сквозные, или продувные, пещеры — области вечной мерзлоты, где пещерный лед представляет собой ее особую форму; е) колодцеобразные полости — области вечной мерзлоты; ж) мешкообразные полости — области вечной мерзлоты.

**Органогенные отложения** — гуано и костяная брекчия встречаются во многих пещерах Советского Союза. Однако фосфоритовые залежи этих пещер отличаются значительной мощностью и занимают сравнительно небольшие площади. Крупные скопления гуано отмечены в Бахарденской пещере, где они занимают площадь 1320 м<sup>2</sup>. Мощность этих отложений достигает 1,5 м, а общий запас — 733 т. В результате взаимодействия фосфатов залежей гуано с карбонатными породами и кальцитовыми натечными образованиями формируются метасоматические фосфориты.

**Гидротермальные отложения** в карстовых пещерах встречаются сравнительно редко. Наибольший интерес в этом отношении представляют пещеры в верховьях реки

Магиан (Зеравшанский хребет), развитые в верхнесилурийских известняках. Они содержат исландский шпат, флюорит, кварц, антимонит, киноварь и барит. Происхождение этих пещер связывается с действием гидротермальных растворов, циркулировавших по тектоническим трещинам. Образование и накопление минеральных отложений в этих пещерах произошло на более поздних стадиях их развития.

**Антропогенные отложения** в пещерах представлены главным образом остатками древних материальных культур, находимых преимущественно в ближних частях пещер. В последнее время в связи с частым посещением пещер туристами и спелеологами в них накапливаются различные отложения антропогенного происхождения (остатки пищи, бумага, использованные электрические батареи и т. д.).

## КЛАССИФИКАЦИЯ ПЕЩЕР

Вопросы классификации и типизации карстовых пещер очень сложны и в настоящее время лишь разрабатываются. Наиболее интересны в этом отношении работы Г. А. Максимовича (1963), Л. И. Маруашвили (1969) и В. Н. Дублянского (1971). Существующие классификации пещер основываются преимущественно на учете морфологических особенностей подземных полостей. Они в известной мере условны, что связано, с одной стороны, с общей слабой изученностью пещер, а с другой — с недостаточной разработкой системы классификационных признаков.

К основным классификационным показателям наряду с морфологией пещер следует отнести их генезис. Это позволяет учесть влияние на возникновение и эволюцию подземных полостей всего комплекса природных факторов. Предлагаемая классификация представляет собой обобщенную схему основных генетико-морфологических типов пещер, определяемых своеобразным сочетанием морфоструктурных, гидрогеологических и биоклиматических условий.

Горизонтальные пещеры, как уже указывалось, формируются преимущественно в зоне горизонтальной циркуляции подземных карстовых вод. Они обычно не являются строго горизонтальными и имеют небольшой наклон в направлении течения создавших их водных потоков. По своему строению в плане они подразделяются на коридорные, разветвленные и лабиринтовые, которые в свою очередь делятся на прямолинейные, извилистые, ветвистые, параллельные, переплетающиеся и сетевидные. Различают два основных вида ветвления карстовых галерей: адьюнктивный (сходящийся) и бифуркационный (расходящийся).

Тип	Класс	Род	Вид
Горизонталь- ные	Коридорные	Прямолинейные Извилистые	Адьюнктив- ный Бифуркацион- ный
Наклонные	Разветвленные Лабиринтовые Восходящие Нисходящие	Ветвистые Параллельные Веерообразные Переплетающиеся Сетевидные Мешкообразные Наклонно-галерей- ные Наклонно-ступенча- тые	
Вертикаль- ные	Каскадные  Спиралеобразные Шахтообразные	Цилиндрические Конусовидные Щелевидные Комбинированные	
Комплексные	Вертикально-гори- зонтальные Горизонтально-вер- тикальные Сложные		

К наклонным пещерам относятся полости, имеющие значительный уклон (от 15 до 60°), но в то же время лишенные сколько-нибудь крупных вертикальных уступов. Они подразделяются на восходящие и нисходящие. Среди нисходящих и восходящих пещер выделяют мешкообразные, наклонно-галерейные и наклонно-ступенчатые.

Вертикальные пещеры в чистом виде встречаются сравнительно редко. Обычно это верхняя или нижняя части комплексной пещеры, имеющие каскадное, шахтообразное или спиралеобразное строение. К ним относятся колодцы (вертикальные полости глубиной до 50 м), естественные шахты (вертикальная полость или система вертикальных полостей глубиной от 50 до 200 м) и пропасти (система полостей глубиной более 200 м). По особенностям морфологического строения колодцы, шахты и пропасти подразделяются на цилиндрические, конусовидные, щелевидные и комбинированные. Протяженность строго вертикальных частей карстовых пещер Советского Союза, по имеющимся в настоящее время данным, изменяется от долей метра до 145 м (шахта Бездонная на Чатырдагском массиве Горного Крыма). Самой длинной

вертикальной полостью в мире является верхняя часть пропасти Пьер-Сен-Мартен (Пиренеи), протягивающаяся от входа до грота Лепине. Глубина ее 360 м.

Для комплексных пещер характерно сложное сочетание горизонтальных, наклонных и вертикальных участков. Горизонтальные и вертикальные части их нередко имеют различное происхождение и различный возраст. Интересны в этом отношении пещеры Тиссовая, Крубера и Мира в Горном Крыму. Горизонтальные галереи этих пещер имеют коррозийно-эрозионное происхождение, это остатки древних каналов стока, разобщенных в настоящее время обвалами и отложениями глины. Что касается вертикальных полостей, то это более молодые образования нивально-коррозийного или провального (шахта Крубера) происхождения. Комплексные пещеры могут быть подразделены на вертикально-горизонтальные — шахты с горизонтальным окончанием; горизонтально-вертикальные — горизонтальные галереи с шахтным окончанием; сложные, где сочетаются горизонтальные, наклонные и вертикальные полости.

Не менее трудной задачей представляется также выделение отдельных крупных частей пещер и их классификация. На основе учета генетических и морфологических показателей может быть предложена следующая классификация этих форм спелеорельефа:

Тип	Подтип
Галерея	Туннелеобразная Каньонообразная
Проход	Ход Лаз Расщелина
Грот (зал)	
Колодец	
Органная труба	
Воронка	

Галереи — это горизонтальные или наклонные отрезки пещер туннелеобразной или каньонообразной формы, имеющие ширину и высоту более 1 м, а длину — десятки (в отдельных случаях многие сотни) метров. Наибо-

лее типичны туннелеобразные галереи с плоским дном, вертикальными стенами и полукруглым или плоским сводом. В гипсовых пещерах нередко встречаются галереи готической формы со стрельчатыми сводами.

Проходы — это сравнительно короткие (меньше 20 м) и невысокие (до 1 м) отрезки пещер. Неширокие (менее 1 м) проходы называются ходами, а низкие горизонтальные или наклонные — лазами. Узкие (менее 0,5 м), но высокие или длинные (более 1 м) горизонтальные, наклонные и вертикальные проходы называются расщелинами. Они обычно приурочены к тектоническим трещинам или трещинам напластования.

Грот, или зал,— это значительно расширенная и повышенная часть пещеры. Гроты располагаются обычно в местах пересечения тектонических трещин или на участках интенсивной трещиноватости пород. Гроты имеют самые различные размеры и в общем представляют собой понятие относительное. Галерея, проход, органная труба крупной пещеры могут быть значительно шире и выше, чем грот небольшой полости, представляющий собой расширение узкой щели. В отдельных случаях гроты достигают громадных размеров. Крупнейшим в Советском Союзе является грот Грузинских Спелеологов в Анакопийской пещере. Длина его 260 м, ширина 75 м и высота 50 м. Грот Карлсбадской пещеры (США), самый большой в мире, имеет длину 1220 м, ширину 190 м и высоту 91,5 м.

Колодец — это вертикальная или наклонная, преимущественно округлая полость, соединяющая морфологически различные части пещеры.

Органными трубами называются вертикальные полости, замкнутые в верхней части и наиболее расширенные внизу.

В некоторых пещерах встречаются типичные карстовые воронки.

Галереи, гроты, органные трубы и другие крупные формы спелеорельефа, так же как и пещеры в целом, имеют гетерогенное происхождение. Они возникают в результате различных природных процессов (преимущественно коррозии, эрозии и гравитации). На начальных этапах их образования преобладает коррозия, а на более поздних существенную роль наряду с выщелачиванием играют механическое разрушение (эрозия) и обвалы.

Наконец, небольшие (скульптурные) формы подземного рельефа по особенностям происхождения и морфологическому строению подразделяются на следующие четыре основные группы:

Коррозионные	Эрозионные	Аккумулятивные	Гетерогенные
Карры	Микротеррасы	Хемогенные образования	Полки
Карнизы	Уступы		Мосты
	Эвразийские котлы	Глыбовые навалы	Травертиновые террасы
		Конусовидные холмы под органными трубами	
		Плоские днища бывших водоемов	
		Гляциогенные образования	
		Холмообразные поднятия, сложенные гуано	

Может быть выделена также пятая группа, включающая антропогенные формы, связанные с деятельностью первобытных людей, с добычей полезных ископаемых, археологическими раскопками и т. д.

Рассмотренные классификации, разумеется, не исчерпывают всего разнообразия карстовых пещер и их элементов, а сводят его лишь к некоторым основным типам.

## РАЙОНИРОВАНИЕ ПЕЩЕР

Карстовые пещеры на территории Советского Союза распространены крайне неравномерно. Наиболее широко они развиты в горных областях, отличающихся высокой тектонической активностью, большой мощностью и значительной трещиноватостью горных пород, глубокой расчлененностью поверхности, что создает благоприятные условия для интенсивного развития карстовых процессов. На равнинах карстовые формы приурочены главным образом к долинам рек и участкам тектонических нарушений, где в связи с маломощностью рыхлых отложений и сильной раздробленностью карбонатных и галогенных образований наблюдаются значительная инфильтрация и инфлюация поверхностных вод в глубь карстующегося массива. Это определяет формирование подземных полостей, достигающих иногда значительных размеров.

Спелеологическое районирование Советского Союза представляет собой трудную и в значительной мере новую задачу. Развернувшиеся в последние годы широкие спелеологические исследования позволили накопить большой фактический материал об особенностях распространения карстовых пещер, их морфологическом строении и фазах развития. Это явилось основой для выделения спелеологических регионов, а также установления закономерных связей между морфоструктурными и биоклиматическими факторами карстообразования и особенностями распространения пещер. Однако слабая разработка вопросов о критериях районирования и признаках таксономических единиц разного ранга затрудняет составление карт спелеологического районирования.

Вопросы районирования пещер рассматривались в работах Г. А. Максимовича, Н. А. Гвоздецкого, В. Н. Дублянского, Б. Н. Иванова, Д. А. Лилиенберга, Л. И. Маруаивили, А. Г. Чикишева и других исследователей. Од-



нако схема районирования пещер СССР до сих пор не разработана.

Спелеологическое районирование является одним из видов специального комплексного карстоведческого районирования. Специфику его составляет локальное развитие подземных карстовых полостей, что связано с прерывистым распространением карстующихся образований. В задачу районирования пещер входит выявление объективно существующих спелеологических регионов разной величины и сложности, а также установление их естественных границ. В основу районирования должны быть положены морфоструктурные факторы, поскольку характер распределения пещер определяется прежде всего геолого-тектоническими особенностями территории. Биоклиматические условия как бы накладываются на литоморфную основу, обуславливая своеобразие подземных карстовых форм, интенсивность и направленность карстовых процессов.

Основываясь на этом принципе, мы выделяем в пределах Советского Союза 12 спелеологических стран, 27 спелеологических областей и 39 спелеологических провинций (рис. 9). При более детальном районировании могут быть выделены спелеологические округа и районы (на нашей схеме из-за мелкого масштаба они не показаны).

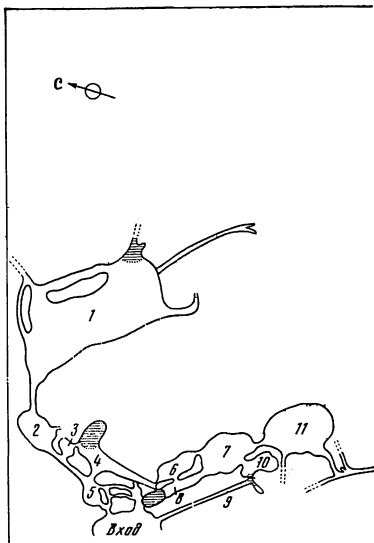
**Восточно-Европейская** спелеологическая страна, территориально совпадающая с Русской равниной, характеризуется значительным распространением карстовых пещер, приуроченных к карбонатным и галогенным породам палеозойского, мезозойского и кайнозойского возраста. Здесь располагаются самые крупные по протяженности пещеры в СССР. Наиболее широко карстовые пещеры распространены в Валдайско-Кулойской, Камско-Средневожской, Прикаспийской и Днестровско-Причерноморской спелеологической областях.

В пределах Валдайско-Кулойской области пещеры наиболее детально исследованы в Двинско-Мезеньской спелеологической провинции, расположенной в северной части Русской равнины на междуречье Северной Двины и Мезени. В Двинско-Мезеньской провинции исследовано 84 карстовые пещеры. Наиболее крупные из них Ленинградская (3100 м), Северянка (2500 м), Пинежская (2300 м), Голубинская (1150 м) и Кулогорская (1028 м).

Рис. 10. План Кулогорской пещеры (с указанием наиболее крупных гротов и проходов)

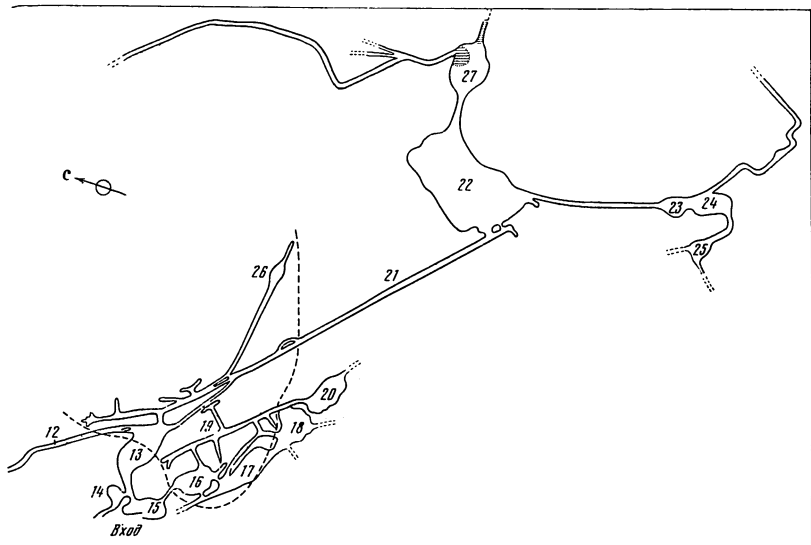
1 — грот Шренка; 2 — грот Рихтера; 4 — грот Спелеологов; 7 — грот Глыбовый; 9 — проход Трубный; 11 — грот Максимовича; 12 — проход Энтузиастов; 15 — грот Вестибюльный; 16 — грот Самойловича; 18 — грот Смелых; 19 — проход Сказка; 21 — проход Географов; 22 — грот Гвоздецкого; 24 — грот Руины; 25 — грот Низкий; 27 — грот Озерный (остальные номера даны для ориентира). Пунктирной линией обозначены южная и юго-западная границы области летних отрицательных температур

3



Пещера Ленинградская расположена на левом берегу реки Сотки. Она образовалась в толще сульфатных (гипсы и ангидриты) пород нижней перми и представляет собой русло подземной реки. Наиболее крупные гроты достигают высоты 18 м. Общая длина пещеры 3100 м, объем 73 000 м<sup>3</sup>.

Интересна Кулогорская пещера, расположенная в поселке Кулогоры, в 5 км к северо-востоку от города Пинеги. Она образовалась в гипсах и ангидритах нижней перми. Пещера представляет собой сложную систему подземных гротов и ходов, расположенных в общем на одном гипсометрическом уровне. Общая протяженность ее 1028 м. В пещере насчитываются 22 грота (рис. 10). Самый крупный из них грот Шренка имеет длину 30 м, ширину 20 м и высоту 4 м. Почти повсюду дно пещеры покрыто мощным слоем глины или завалено камнями. В результате быстрого выщелачивания сульфатных пород в условиях обильного увлажнения и маломощности кровли в пещере часты обвалы, меняющие конфигурацию подземных полостей. В западной и восточной частях пещеры температура воздуха в летнее время достигает 2°, а в средней части она опускается до —1°,2. В пещере отмечено семь озер, уровень



воды которых совпадает с уровнем грунтовых вод. Самое крупное озеро в гроте Спелеологов имеет длину 6 м. Пещера очень сырая. В холодной части Кулогорской пещеры широко распространены ледяные образования в виде сталактитов и сталагмитов, причудливых ледяных кристаллов и коры обледенения. Кора обледенения особенно широко распространена зимой, когда она образуется за счет сублимации водяных паров, а также застывания воды, стекающей по трещинам.

В Камско-Средневожской области выделяется три спелеологические провинции: Уфимско-Камская, Дема-Уфимская и Средневожская.

В Уфимско-Камской провинции исследовано около 90 карстовых пещер, приуроченных в основном к сульфатным породам пермского возраста. Наиболее крупные из них Кунгурская (длина 5600 м), Зуятская (900 м), Нижнемихайловская II (721 м), Кичменская (460 м), Уинская (400 м) и Большая Мечкинская (350 м).

Кунгурская ледяная пещера находится на правом берегу реки Сылвы близ города Кунгура. Она образовалась в гипсах и ангидритах пермской системы, которые чередуются с незначительными по мощности слоями известняков и доломитов. В пещере насчитывается 58 гротов,

достигающих высоты 20 м. Самый крупный из них грот Географов, расположен в Заозерной части пещеры. Длина его 155 м, ширина 32 м, площадь более 3000 м<sup>2</sup>. Общая длина всех гротов пещеры и соединяющих их проходов составляет 5600 м. Гроты и проходы Кунгурской пещеры вытянуты в двух основных направлениях, совпадающих с двумя взаимно перпендикулярными системами тектонической трещиноватости. Это свидетельствует о том, что подземные полости образовались в результате расширения карстовыми водами тектонических трещин, пересекающих гипсовый массив. Пол многих гротов завален глыбами гипса, обрушившимися с потолка. Кое-где встречаются глинистые отложения. В пещере насчитывается до 40 органных труб, наиболее значительные из них достигают в поперечнике 6 м. Под ними развиты глыбово-глинистые осыпи и обвалы. Некоторые органные трубы прорезают всю толщу гипсового массива и переходят в поноры на дне карстовых воронок, расположенных на вершине Ледяной горы. Органная труба в Метеорном гроте уходит вверх на 50 м. Буровыми работами и электро-разведочными исследованиями установлено четыре этажа Кунгурской пещеры. Температура воздуха летом нигде не превышает 9°, а зимой в ближней части пещеры опускается до —17°. Интересны озера пещеры, их насчитывается около 60. Самое крупное Большое подземное озеро находится в гроте Дружба Народов, площадь его около 1200 м<sup>2</sup>, а наибольшая глубина 3 м. Изменения уровня озер тесно связаны с сезонными колебаниями уровня воды в реке Сылве, поэтому наибольшая глубина и площадь озер наблюдаются весной в период половодья. Вода озер минерализована (до 2 г/л).

Замечательны ледяные образования Кунгурской пещеры — сталактиты, сталагмиты, сталагнаты, кора обледенения, покровный лед и ледяные кристаллы, делающие гроты Бриллиантовый, Полярный и Данте сказочно красивыми (рис. 11). Особенно красивы кристаллы, имеющие вид снежинки, размеры которой доходят до 10 см в поперечнике. В середине зимы, когда воздух становится сухим и морозным, стены гротов покрываются ледяными иглами до 15—20 см длиной. Рост кристаллов наблюдается до апреля, затем наступает период их таяния. Дальние гроты пещеры, где в течение всего года сохраняется температура около 5°, лишены ледяных образований.

Кунгурскую пещеру посещает большое число экскурсантов. Ближняя ее часть специально оборудована и электрифицирована.

Интересна также Зуятская гипсовая пещера, расположенная на правом берегу реки Сылвы. Она начинается небольшим отверстием (рис. 12). Пещера отличается сложным строением. Общая длина ее 900 м.

Дема-Уфимская провинция охватывает восточную окраину Русской равнины, примыкающую к Южному Уралу. Здесь описано около 70 карстовых пещер, приуроченных в основном к гипсам перми. Наиболее крупные из них Куэшта (длина 571 м), Большая Курманаевская (500 м), Охлебининская (200 м), Карламанская (198 м) и Малая Курманаевская (100 м).

Пещера Куэшта расположена на правом берегу реки Сим, в 1,5 км к западу от деревни Кузнецовки (в 6 км ниже по течению от Кальтовки). Она образовалась в гипсах и ангидритах пермской системы, которые слагают невысокий водораздельный увал, известный у местных жителей под названием горы Куэшты. Пещера сквозная. Длина основного коридора составляет 410 м, а общая протяженность всей пещеры 571 м. В пещере выделяется четыре грота, которые соединяются широкими (до 8 м) и высокими (до 4 м) проходами. Самый большой грот — Кружковцев — достигает 45 м длины, 21 м ширины и 6 м высоты. Пол пещеры покрыт вязкой глиной и во многих местах завален каменными обломками. Преодолевая хаотическое нагромождение камней, по дну пещеры медленно течет ручей, который в отдельных местах расширяется до 2,5 м и достигает глубины 0,7 м. В дальней части пещеры (грот Кружковцев), где температура воздуха даже в самые холодные зимы не опускается ниже 6°, ручей не замерзает. Летом температура воздуха в пещере поднимается до 11°, а зимой опускается до —3°.

Большая Курманаевская пещера находится в восточной окраине села Курманаево на правом берегу реки Аургазы (в 60 км к югу от города Уфы). Она образовалась в гипсах нижней перми. Пещера относится к коридорному типу. В ней выделяется несколько небольших гротов, соединенных неширокими ходами. Высота гротов до 2—3 м. Общая протяженность пещеры более 500 м. Мощность кровли не превышает 5—7 м. Имеются не-

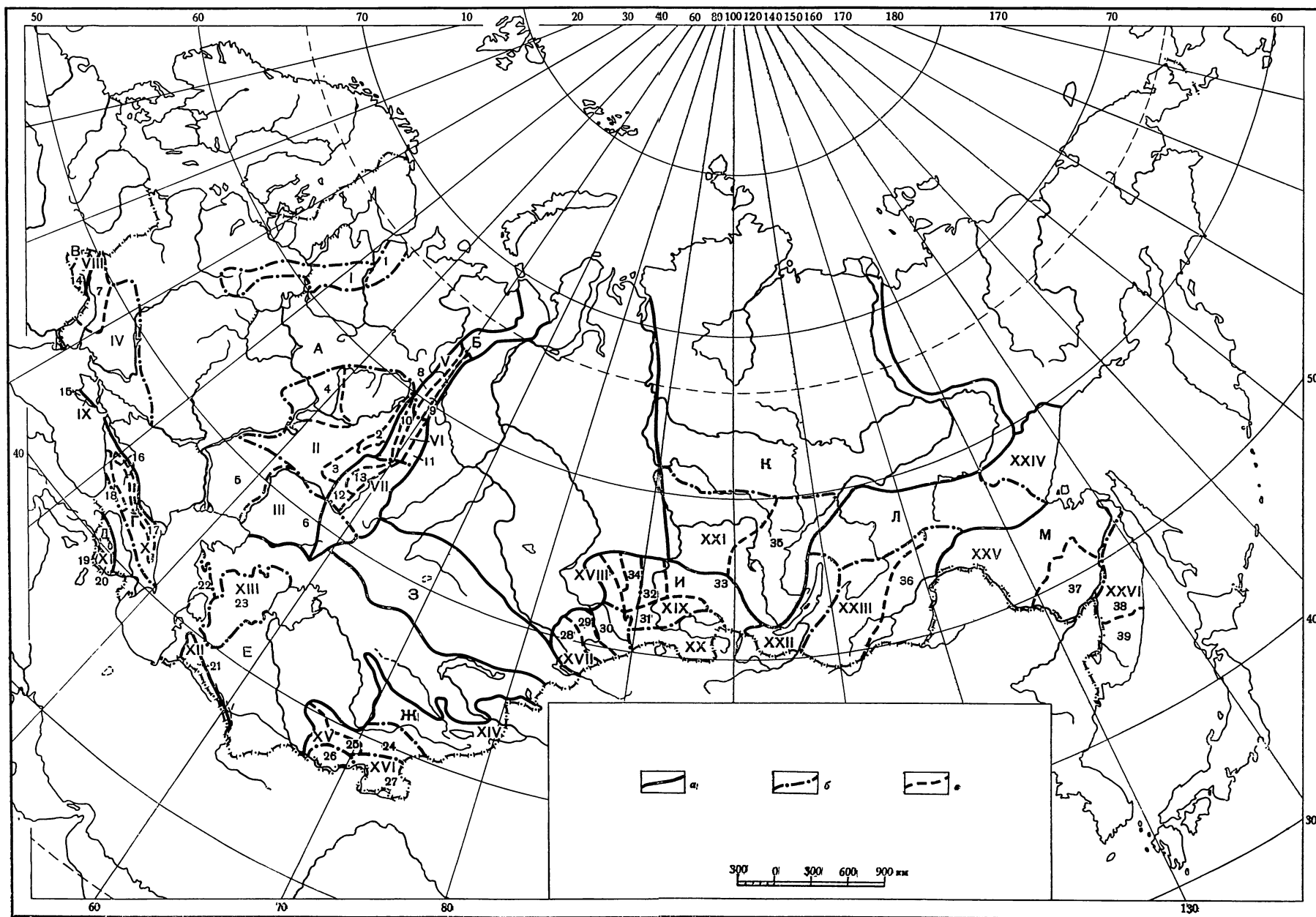


Рис. 9. Схема районирования пещер Советского Союза

**Спелеологические страны:**

А — Восточно-Европейская; Б — Уральская; В — Карпатская; Г — Крымско-Кавказская; Д — Переднеазиатская; Е — Туранская; Ж — Памиро-Тяньшанская; З — Тургайско-Казахстанская; И — Алтае-Саянская; К — Средне-Сибирская; Л — Байкало-Становая; М — Дальневосточная

**Спелеологические области:**

I — Валдайско-Кулойская; II — Камско-Средневожская; III — Прикаспийская; IV — Днестровско-Причерноморская; V — Северо-Уральская; VI — Средне-Уральская; VII — Южно-Уральская; VIII — Восточно-Карпатская; IX — Крымская; X — Большого Кавказа; XI — Нагорно-Армянская; XII — Туркмено-Хорасанская; XIII — Устьюртско-Мангышлакская; XIV — Тяньшанская; XV — Гиссаро-Алайская; XVI — Памиро-Таджикская; XVII — Алтайская; XVIII — Салаирско-Кузнецкая; XIX — Саянская; XX — Тувинская; XXI — Лено-Енисейская; XXII — Байкальская; XXIII — Забайкальская; XXIV — Джугджурская; XXV — Приамурская; XXVI — Приморская

**Спелеологические провинции:**

1 — Двинско-Мезеньская; 2 — Уфимско-Камская; 3 — Дема-Уфимская; 4 — Средневожская; 5 — Западно-Прикаспийская; 6 — Восточно-Прикаспийская; 7 — Приднестровская; 8 — Западно-Североуральская; 9 — Восточно-Североуральская; 10 — Западно-Среднеуральская; 11 — Средне-Зауральская; 12 — Западно-Южноуральская; 13 — Центрально-Южноуральская; 14 — Центрально-Карпатская; 15 — Горно-Крымская; 16 — Северо-Кавказская; 17 — Восточно-Кавказская; 18 — Горно-Колхидская; 19 — Нахичеванская; 20 — Зангезурская; 21 — Балхано-Копетдагская; 22 — Мангышлакская; 23 — Устьюртская; 24 — Туркестано-Алайская; 25 — Зеравшано-Гиссарская; 26 — Западно-Таджикская; 27 — Памирская; 28 — Западно-Алтайская; 29 — Центрально-Алтайская; 30 — Восточно-Алтайская; 31 — Западно-Саянская; 32 — Минусинская; 33 — Восточно-Саянская; 34 — Кузнецко-Алатауская; 35 — Ангара-Ленская; 36 — Олекмо-Шилкинская; 37 — Хингано-Бурейнская; 38 — Северо-Сихотэ-Алинская; 39 — Южно-Сихотэ-Алинская

а — границы спелеологических стран;

б — границы спелеологических областей

в — границы спелеологических провинций

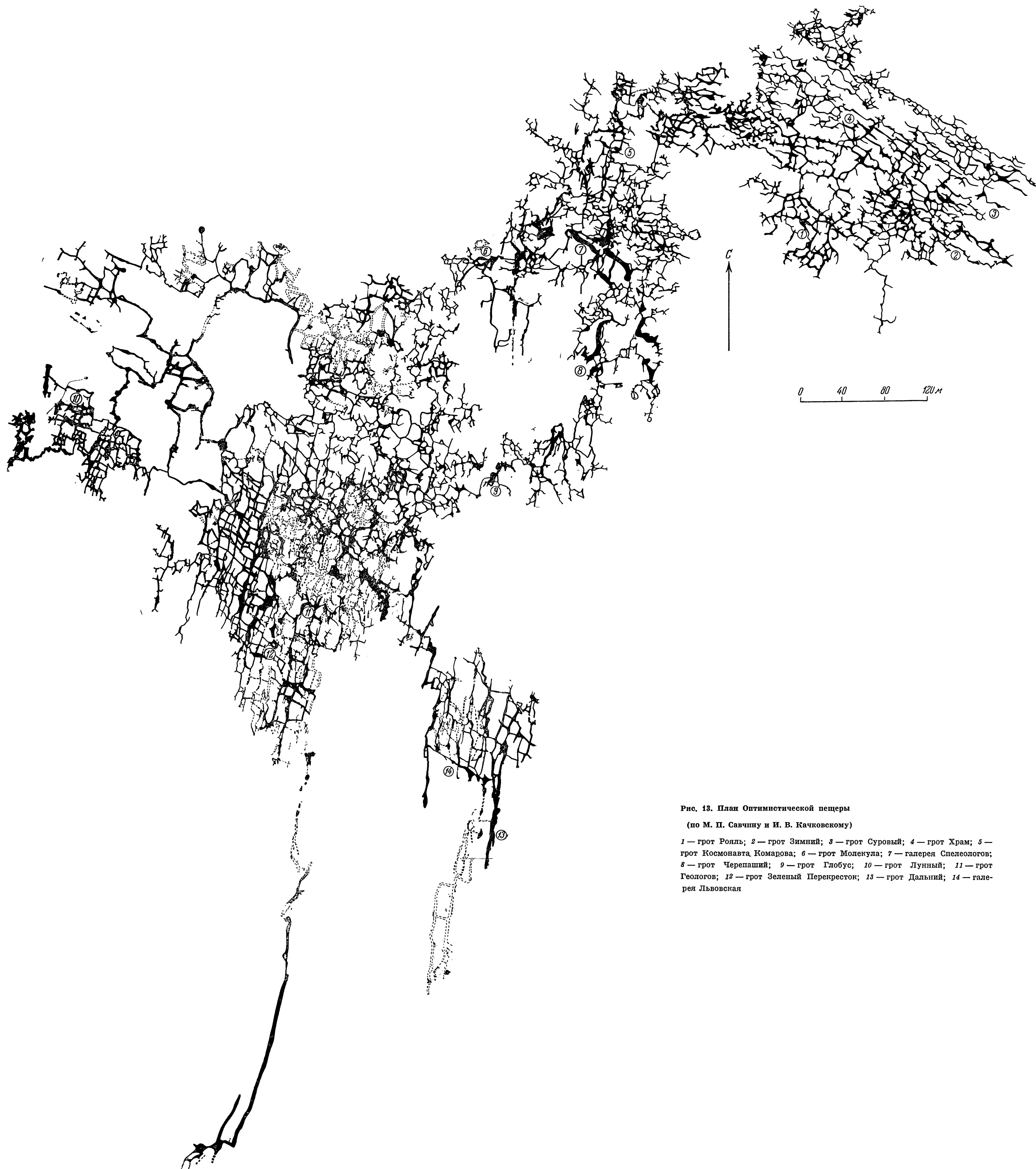


Рис. 13. План Оптимистической пещеры

(по М. П. Савчину и И. В. Качковскому)

1 — грот Рояль; 2 — грот Зимний; 3 — грот Суровый; 4 — грот Храм; 5 — грот Космонавта Комарова; 6 — грот Молекула; 7 — галерея Спелеологов; 8 — грот Черепаший; 9 — грот Глобус; 10 — грот Лунный; 11 — грот Геологов; 12 — грот Зеленый Перекресток; 13 — грот Дальний; 14 — галерея Львовская



**Рис. 11. Ледяные сталагмиты в гроте Крестовом Кунгурской ледяной пещеры**



**Рис. 12. Вход в пещеру Зуятскую**



большие озера глубиной до 1 м. Температура воздуха 5°. В Средневожжской провинции отмечено несколько карстовых пещер. Наиболее крупные Девичья (длина 250 м) и Сухая (70 м) в связи с созданием Куйбышевского водохранилища в настоящее время затоплены.

Прикаспийская область, охватывающая Прикаспийскую низменность, подразделяется на две спелеологические провинции: Западно-Прикаспийскую и Восточно-Прикаспийскую.

В Западно-Прикаспийской провинции исследовано несколько карстовых пещер. Наиболее крупная из них, Большая Баскунчакская, расположена на северо-западном берегу озера Баскунчак, в балке Ак-Джар. Она состоит из нескольких гротов и проходов, а также целого ряда боковых ответвлений, заканчивающихся узкими трещинами. Общая длина пещеры 350 м.

Пещеры Восточно-Прикаспийской провинции исследованы слабо. Небольшие полости отмечены на Индерском поднятии, где они развиваются в соляно-гипсовых отложениях пермского возраста.

В пределах Днестровско-Причерноморской области пещеры наиболее широко распространены в Приднестровской спелеологической провинции, которая охватывает юго-западную окраину Русской равнины. В настоящее время здесь исследовано 26 пещер, в том числе величайшие в мире гипсовые пещеры Оптимистическая (длина 92 000 м), Озерная (80 100 м), Крывченская (18 785 м), Млынки (14 120 м), Вертеба (7820 м) и Угрынь (2200 м), которые расположены в Подолии на междуречье левых притоков Днестра Серет и Збруч.

Характерной особенностью подольских гипсовых пещер является резкое преобладание узких, но высоких проходов над гротами. Последние образуются в местах пересечения различных систем тектонических трещин. Пещеры сухие. Они лишены постоянных водотоков. Исключение составляет лишь пещера Озерная, где найдены галереи, вскрывающие водоносный горизонт. Температура воздуха в пещерах изменяется от 8,2 до 12,5°, относительная влажность от 80 до 100%. Хотя пещеры образовались в гипсе, во многих из них встречаются кальцитовые натечные образования, приуроченные к зонам нарушения перекрывающих гипсы хемогенных известняков. В некоторых галереях пещер встречаются автохтонные

кристаллы гипса самых разнообразных форм, размеров и окраски.

Среди пещер Приднестровской провинции особое положение занимают пещеры Оптимистическая, Озерная, Крывченская и Млынки.

Оптимистическая пещера по общей длине подземных галерей находится на первом месте в СССР и на третьем в мире (после пещер Флинт Ридж длиной 121 000 м и Хёллох длиной 109 182 м). Вход в нее располагается в карстовой воронке в 1,5 км к западу от села Короливки. Пещера образовалась в верхнетортонских (неоген) гипсах по двум взаимно перпендикулярным системам тектонических трещин северо-западного и северо-восточного направлений (рис. 13). Мощность гипсов 30 м. В ней выделяются три этажа. Проходы характеризуются различным морфологическим строением. Вдоль трещин напластования обычно развиваются широкие (до 3 м) и невысокие (до 1,5 м) ходы, нередко с горизонтальным или слабонаклонным потолком. Галереи, приуроченные к тектоническим трещинам, имеют готическую или щелевидную форму и достигают высоты 10 м. На пересечении ходов в результате обрушения кровли формируются гроты иногда значительных размеров (гроты Геологов, Зеленый Перекресток). Самый крупный грот, расположенный в дальней, недавно исследованной части пещеры, имеет 80 м в длину и 25 м в ширину. Общая протяженность пещеры 92 000 м. Во многих местах встречаются карнизы. Пол покрыт глиной мощностью до 0,4 м. Обвальные отложения представлены глыбами гипса. В пещере развиты кальцитовые натечные образования — сталактиты и натёки (грот Рояль, галерея Львовская). Они образовались в результате растворения известняков, перекрывающих сульфатные породы. Особенно интересен пещерный жемчуг. На некоторых участках отмечены кристаллы и друзы гипса разной величины, формы и окраски (от прозрачных до черных). Черная окраска связана с окислами марганца. В западной, наиболее пониженной части пещеры, где толща кровли горных пород достигает 70 м, встречены постоянные озера. Средняя температура воздуха 8°,6.

Пещера Озерная, расположенная в 1 км к юго-западу от села Стрилковцы, образовалась в гипсах неогена мощностью 20 м. Вход в нее находится на дне крупной карстовой воронки глубиной около 14 м. Пещера

имеет лабиринтовое строение и приурочена к двум основным системам тектонических трещин северо-северо-восточного и западно-северо-западного направлений. Пещера двухэтажная, разность высот между этажами 10 м. Длина самого крупного грота Аллигатора 100 м, ширина 15 м и высота 6 м. Для пещеры характерны органнне трубы высотой до 18 м. Они приурочены к зонам интенсивной тектонической трещиноватости и иногда охватывают не только толщу гипсов, но и перекрывающих их ратинских известняков. В основании органннх труб развиты конусы осыпания мергелей, а на поверхности карстующегося массива им соответствуют пологие просадки. В пещере широко распространены озера, которые достигают 15 м длины и 1,5 м глубины. Вода в озерах сульфатно-кальциевая с минерализацией 2292 мг/л. Постоянные озера, расположенные в галереях, вскрывающих водоносный горизонт, проточны. Опытами с окрашиванием воды флюоресцеином установлено, что скорость движения подземных вод достигает 11 м/час. Температура воды 7—8°, а температура воздуха 9°, 8. Влажность 86—100%. Хемогенные отложения представлены кристаллами гипса, а также кальцитовыми сталактитами и сталагмитами. Последние имеют высоту до 0,3 м. В гроте Жемчужном найдены оолиты. Особенно интересны игольчатые кристаллы кальцита круглого и ромбического сечений длиной до 27 см. Суммарная длина пещеры 80 100 м, а объем ее полостей 515 700 м<sup>3</sup>.

Пещера Крывченская расположена у села Крывче Нижнее (в 6 км к юго-юго-востоку от села Борщова). Она образовалась в гипсах неогена, достигающих мощности 30 м, и трансгрессивно залегающих на силурийских сланцах и девонских песчаниках. Карстовый массив, в котором заложена пещера, ограничен долиной реки Цыганки (левого притока Ничлавы, впадающей в Днестр) и долиной ее левого притока — Семенова ручья. Глубина речного вреза в районе пещеры достигает 110 м. Проходы и гроты пещеры, достигающей общей длины 18 785 м, приурочены к двум системам взаимно перпендикулярных тектонических трещин, имеющих северо-западное и северо-восточное направления. Проходы преимущественно широкие и высокие, потолки их имеют «готическую» форму. К зонам наиболее интенсивной трещиноватости приурочены гроты. Самый крупный из них грот Глыб дости-

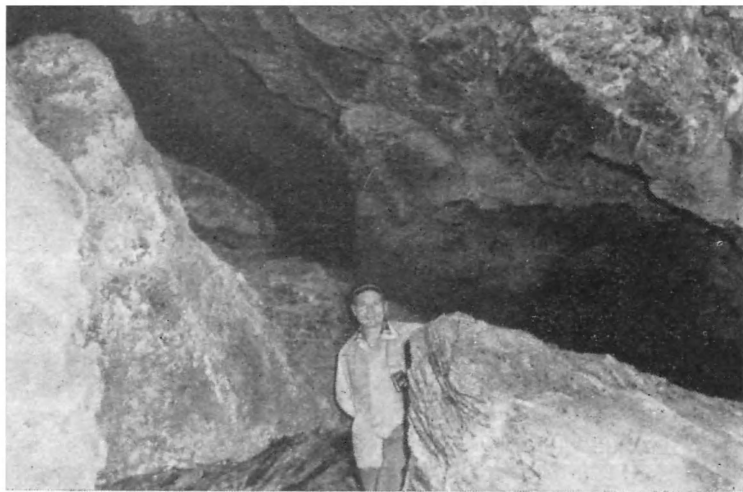


Рис. 14. Пещера Крывченская, грот Глыб

гает 70 м длины, 40 м ширины и 7 м высоты. Он завален громадными глыбами породы (рис. 14). Пещера сухая. Капающая со свода вода сульфатно-кальциевая с минерализацией 2390 мг/л. В некоторых гротах (Сталактитовый, Известняковый) имеются натечные кальцитовые образования в виде бахромы. Стены некоторых галерей покрыты вторичными кристаллами гипса разных цветов и размеров. Температура воздуха в пещере постоянная —  $10,5-10^{\circ},8$ . Относительная влажность 93—99%, скорость движения воздуха 0,152—0,183 м/сек, количество кислорода 22,3%, углекислого газа 0,045%.

Пещера Млынки находится близ села Млынки (в 8 км к юго-юго-востоку от города Чорткова). Она образовалась в гипсах неогена, которые перекрываются хемогенными известняками того же возраста. Длина пещеры 14 120 м. Два рядом расположенных входа в пещеру открываются среди обнажения известняков, венчающих вершину холма, и ведут в большой Вестибюльный грот. Отсюда по системе узких проходов можно попасть в восточную часть пещеры, отличающуюся крупными гротами и широкими галереями, а также в западную, узкие

проходы которой богато украшены причудливыми каменными цветами и разноцветными натеками вторичного гипса. Самый крупный грот — Большой, протяженностью до 130 м и высотой 7—8 м, располагается в восточной части пещеры. Он завален фантастически нагроможденными глыбами гипса. Интересен грот Серебряный Звон, потолок которого сложен карбонатными породами. Проходы пещеры частично заполнены лёссовидным суглинком с мелкими обломками вторичного гипса и кусочками известняка. Пещера сухая. Влажность воздуха 88—100 %, а температура 9—10°.

В последнее время в Северо-Крымской спелеологической провинции, на южном побережье Тарханкутского полуострова, близ бухты Отлеш исследовано 12 карстовых пещер длиной до 100 м. Они образовались в сарматских известняках примерно на уровне моря (в интервале от 2 до 10 м). В пещерах встречены водно-механические и водно-хемогенные образования. Некоторые пещеры полностью или частично затоплены морской водой.

**Уральская страна.** Уральские горы, протянувшиеся сравнительно узкой полосой от холодных берегов Карского моря на севере до жарких полупустынь на юге, характеризуются значительным распространением подземных карстовых полостей, что позволяет рассматривать Урал в качестве крупной единицы районирования — спелеологической страны.

Карстовые пещеры и шахты на территории Урала распространены весьма неравномерно. Наиболее широко распространены они в западных предгорьях, где приурочены к палеозойским известнякам и гипсам, участвующим в строении синклинальных структур. На восточном склоне Урала и в Зауралье подземные карстовые формы выражены слабее, а в центральных наиболее приподнятых частях Урала они почти не встречаются.

В спелеологическом отношении лучше всего изучены Северный, Средний и Южный Урал, которые по комплексу карстообразующих факторов, характеру распространения пещер и особенностям морфологии выделяются в качестве отдельных областей.

Североуральская спелеологическая область, протянувшаяся от среднего течения реки Щугор до верховьев Коссы, подразделяется на две провинции: Западно-Североуральскую и Восточно-Североуральскую.

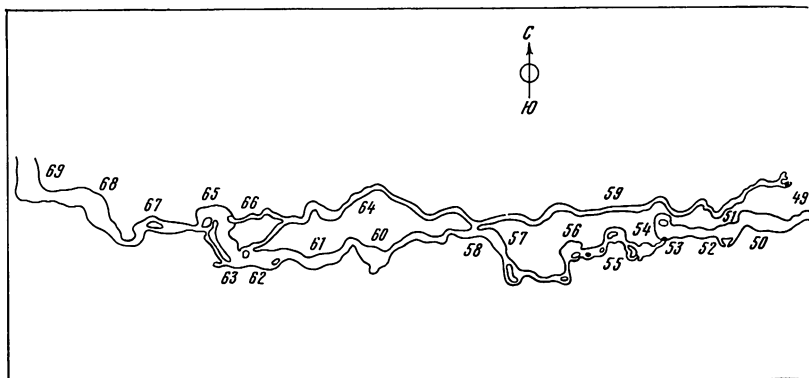
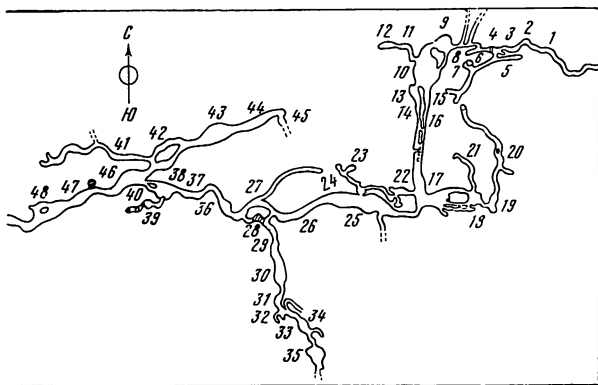


Рис. 15. План Дивьей пещеры (с указанием наиболее крупных гротов и проходов)

1 — проход Лукина; 6 — грот Искателей; 9 — грот Круглый; 10 — грот Рычкова; 11 — грот Коралловый; 12 — грот Кристалловый; 13 — грот Завал; 14 — проход Энтузиастов; 17 — грот Ветлан; 18 — грот Мамонтова; 19 — грот Каптерева; 22 — грот Истомина; 25 — грот Девы; 27 — грот Угловой; 30 — грот Максимовича; 34 — грот Географов; 35 — грот Руины; 44 — грот Индийский; 55 — проход Спелеологов; 61 — грот Долгушина; 62 — грот Испытателей Природы; 68 — грот Гвоздецкого; 69 — грот Уходящий

Западно-Североуральская спелеологическая провинция характеризуется значительным распространением карстовых пещер. Здесь описано около 110 пещер. Наиболее крупные из них — Дивья (длина 3240 м), Большая Медвежья (480 м), Уньинская (390 м) и Велсовская (170 м).

Самой интересной пещерой является Дивья, исследованная на протяжении 3240 м. Она находится в 10 км к северу от города Ныроба, в крутосклонном увале, расположенном на правом берегу реки Колвы. Пещера образовалась в известняках нижнепермского возраста и приурочена к двум системам тектонических трещин, имеющим северное и западное направления (рис. 15). В пещере зарегистрировано 59 гротов. Наиболее крупные из них Ветлан, Девы и Гвоздецкого, которые достигают 50 м длины, 15 м ширины и 15 м высоты. Температура воздуха в пещере около  $4^{\circ}$ , причем она постоянна в течение всего года. В Дивьей пещере имеется девять озер, самое большое из них находится в Озерном гроте: длина его 6 м, а глубина 2 м. Пещера богато



украшена натечными образованиями — сталактитами, сталагмитами, сталагматами, геликтитами, кораллитами, драпировками.

Интересна также Большая Медвежья пещера (общая длина 480 м), расположенная на правом берегу Печоры, в 12 км выше устья реки Большой Шажим, в логу Иорданского. В ней имеется несколько гротов, которые соединены низкими и тесными проходами северо-западного и северо-восточного простирания. Пещера сухая, натечные образования развиты слабо. У входа в нее открыта самая северная в мире стоянка верхнепалеолитического человека. Большая Медвежья пещера является наиболее северным местоположением костей пещерного медведя.

Восточно-Североуральская спелеологическая провинция размещается на восточном склоне Северного Урала. В долинах рек Лозьвы, Ивделя и Каквы описано около десяти небольших пещер, приуроченных к известнякам среднего палеозоя. Наиболее крупная из них — трехэтажная пещера Светлая, суммарной длиной 110 м и глубиной 20 м, — близ поселка Всеволодо-Благодатского. В одном из гротов ее в течение всего года сохраняются ледяные образования.

Среднеуральская спелеологическая область, занимающая среднюю, наиболее пониженную часть горного Урала, характеризуется широким распространением подземных карстовых полостей, развитых в карбонатных породах палеозоя. В пределах области выделяются две спеле-

ологические провинции: Западно-Среднеуральская и Средне-Зауральская.

Западно-Среднеуральская провинция располагается на западном склоне Среднего Урала. Здесь описано 148 карстовых пещер. Наиболее крупные из них — Шемахинская (длина 1660 м), Шемахинская II (более 1200 м), Кизеловская (800 м), Большая Махневская (570 м), Дружба (500 м), Кизеловская Медвежья (390 м), Пашийская (377 м), Аракаевская (345 м), Темная (300 м) и Мариинская (270 м).

Самая крупная на Среднем Урале Шемахинская пещера находится на правом берегу реки Шемахи (приток Уфы), близ поселка Сказ. Она образовалась на склоне Бардымского хребта в массивных рифовых известняках девонского возраста. Вход в пещеру расположен на высоте 3 м над урезом воды и представляет собой вертикальную трещину шириной до 1,5 м. Пещера характеризуется сложным строением (рис. 16). Общая длина ее составляет 1660 м. Весной пещера наполняется водой, и с конца апреля до середины июня из нее вырывается стремительный поток, расход которого достигает 4000 л/сек. Во второй половине лета и зимой вода в пещере содержится лишь в небольших ручьях и озерах глубиной до 5—6 м. Температура воздуха в средней и дальней частях пещеры около 4,5°. Зимой в ближней части Шемахинской пещеры формируются разнообразные ледяные образования. Очень красивы цилиндрические сталагмиты, удлинненные сталактиты и тонкие прозрачные занавеси.

Интересна Кизеловская пещера на северной окраине города Кизела. Она образовалась в визейских известняках нижнего карбона и представляет собой сложный подземный лабиринт общей протяженностью около 800 м. Пещера трехэтажная. В ней насчитывается 20 гротов, соединенных системой ходов и узких коридоров. Самый крупный грот Исполин, расположенный в дальней части пещеры, достигает 25 м длины и высоты. Температура воздуха в большинстве гротов постоянная, около 4°. Потолок и стены пещеры во многих местах украшены кальцитовыми натечными образованиями. Найдены пещерный жемчуг. Зимой в ближней части пещеры, где температура падает ниже 0°, формируются ледяные прозрачные сталактиты и сталагмиты. Здесь же находится ледопад высотой 3 м и шириной 1 м.



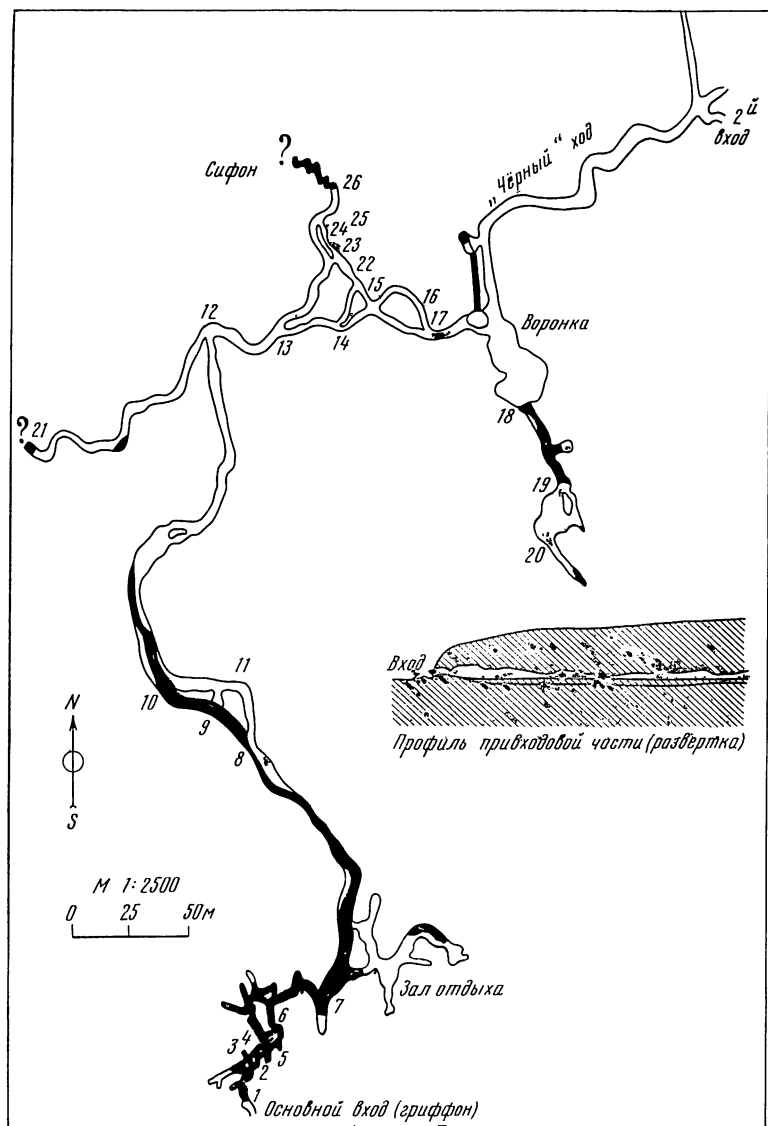


Рис. 16. План Шемахинской пещеры (по Ю. Е. Лобанову и В. О. Шепетову). Цифрами указаны гроты и проходы

В Средне-Зауральской спелеологической провинции, на склонах долин Нейвы, Режа, Пышмы, Кунары, Исети, Каменки и Багаряка, отмечено более 70 пещер. Самая крупная из них — Смолинская — находится на правом берегу Исети, в 18 км выше города Каменска-Уральского. Пещера двухэтажная. Общая длина ее 500 м. Высота некоторых гротов достигает 8,5 м, а ширина — 15 м.

В пределах Южноуральской спелеологической области, между верховьями реки Уфы и широтным отрезком реки Урал, выделяются две спелеологические провинции — Западно-Южноуральская и Центрально-Южноуральская.

Для Западно-Южноуральской провинции характерно широкое распространение карстовых пещер, приуроченных к карбонатным и сульфатным породам палеозоя. Среди них выделяются Сумганская (длина 8000 м), Кутукская IV (1500 м), Сухоатинская (1150 м), Чабаетского (1000 м), Новомурадымовская (903 м), Кутукская-Сталактитовая (800 м), Игнатовская (545 м), Лаклинская (350 м), Соколиная (340 м), Минкская (295 м), Муйнак-Таш (250 м), Икинская (225 м) и Усть-Катавская (220 м). Самой глубокой карстовой шахтой является Миньярская, представляющая собой вертикальную полость диаметром 1,5 м и глубиной 90 м. К глубоким естественным шахтам относится также Кутукская III. Глубина ее 80 м.

Особое положение занимает крупнейшая на Урале Сумганская пещера на западном склоне хребта Кибиз, в 12 км к западу от Максютова. Она начинается шахтой глубиной 70 м (рис. 17). Пещера представляет сложный лабиринт горизонтальных и наклонных галерей и гротов, приуроченных в основном к двум уровням, расположенным на глубине 75 и 110 м от поверхности. Верхний и нижний ярусы соединены между собой двумя колодцами глубиной 30—35 м. По центральной галерее нижнего этажа течет подземная река шириной 5 м и глубиной 2 м. Пещера отличается большими размерами гротов и обилием натечных образований. Своеобразен температурный режим пещеры, определяемый особенностями ее строения. Стекающий по стволу шахты в зимнее время года холодный воздух сильно переохлаждает нижние галереи. В феврале температура воздуха в некоторых местах понижается до 10°, при этом разница между наиболее холодными и теплыми частями пещеры достигает



Рис. 17. Вход в Сумганскую пещеру

15,5°. Значительное переохлаждение пещеры обуславливает накопление больших масс льда. В одной из галерей, спускающейся к реке, образуется мощный ледник протяженностью 160 м. В гроте Наклонном ледник сохраняется в течение всего года. На многих участках появляются крупные ледяные сталагмиты, а на стенах шахты в связи с вытеснением из пещеры теплого воздуха формируются сказочно красивые кристаллы, имеющие атмосферное происхождение. Летом температура воздуха несколько поднимается и в августе в разных частях пещеры изменяется от 1 до 5°,8. Особенностью пещеры является интенсивная циркуляция воздуха во все сезоны года. Суммарная длина пещеры 8000 м, глубина 135 м, объем 200 тыс. м<sup>3</sup>.

Пещера Сухоатинская расположена на правом берегу реки Атя у деревни Сухая Атя. Она образовалась в силурийских известняках. Вход в пещеру представляет собой горизонтальную щель длиной 15 м и высотой 2,5 м. В пещере выделяется несколько гротов, которые соединены горизонтальными и наклонными проходами. Наиболее крупный грот Резонансный достигает 120 м длины и 80 м

ширины. Пещера трехэтажная. Верхний этаж приурочен к первой надпойменной террасе реки Атя. Большая часть пещеры находится ниже современного уровня реки. В гроте Резонансном протекает ручей. Пол пещеры завален глыбами известняка, а местами покрыт мощным слоем глины. Встречаются натечные образования. Общая длина пещеры 1150 м.

Пещера Чабаевского находится на левом берегу ручья Киселевского, впадающего в реку Сим, в нескольких километрах от города Аша. Она образовалась в известняках верхнего девона. Пещера имеет вид коридора, идущего в меридиональном направлении, от которого отходят боковые ответвления. В дальней части основного хода на протяжении 150 м течет ручей. Наиболее крупный грот достигает 70 м длины, 45 м ширины и 8 м высоты. Пол грота завален глыбами известняка. В некоторых местах встречаются гуры и небольшие сталагмиты. Общая длина пещеры 1000 м, глубина 40 м.

В Центрально-Южноуральской провинции пещеры развиваются в сильно дислоцированных и метаморфизованных породах нижнего палеозоя и докембрия. Здесь исследовано 38 пещер, в том числе Хлебодаровская (длина 2854 м), Капова (1900 м), Максимовича (1250 м), Темировская (1200 м), Жемчужина (260 м) и Космонавтов (230 м).

Пещера Хлебодаровская расположена в передовых хребтах Южного Урала. Она приурочена к известнякам девона и карбона. Вход находится на дне карстовой воронки. Гроты и проходы пещеры вытянуты вдоль тектонических трещин северо-западного и северо-восточного направлений. Пещера сухая. Натечные образования развиты слабо. Общая длина пещеры (по Е. С. Шарову) 2854 м.

Большой интерес представляет Капова пещера на правом берегу реки Белой, в 12 км от села Иргизла. Она приурочена к контакту верхнедевонских и нижнекаменноугольных известняков, формирующих небольшую антиклинальную складку. Вход в пещеру размещается на уровне первой надпойменной террасы Белой, расположенной на высоте 10 м над уровнем реки. Он представляет собой огромный аркообразный грот шириной около 40 м и высотой 20 м. Пещера двухэтажная. Для нее характерны крупные гроты и широкие проходы. Общая длина пещеры

1900 м. Пещера богато украшена кальцитовыми натечными образованиями. Зимой в ближней ее части формируются ледяные сталактиты и сталагмиты. В Каповой пещере были найдены древние рисунки лошади, мамонта и носорога, относящиеся к верхнему палеолиту (20 тыс. лет назад).

Пещера Максимовича образовалась в известняках нижнего палеозоя на правом берегу реки Инзер, близ деревни Кызыл-Яр. Она приурочена к тектоническим трещинам северо-западного и северо-восточного простирания. Пещера состоит из горизонтальных и вертикальных полостей общей протяженностью 1250 м. В ней выделяется 16 гrotов. К самым крупным относится грот Космопавтов — длина его 50 м, ширина 10 м и высота 10 м. Встречаются озера, которые находятся примерно на одном уровне с рекой Инзер. Площадь наибольшего из них составляет 220 м<sup>2</sup>. Температура воздуха около 6°. Широко распространены натечные кальцитовые образования. В гроте Провальном найден пещерный жемчуг.

**Карпатская страна.** Восточные, или Лесистые, Карпаты, расположенные на территории Советского Союза, выделяются в качестве спелеологической области, которая подразделяется на три провинции. Наиболее широко карстовые пещеры и шахты распространены в Центрально-Карпатской спелеологической провинции, охватывающей горную гряду, простирающуюся в юго-восточном направлении на 250 км. Лучше всего пещеры изучены в южных предгорьях Карпат, в районе горы Драговский Менчул. Здесь в верховьях рек Малой и Великой Угольки в высоких скалах, сложенных серыми плотными мраморизованными известняками верхней юры, открыто 23 пещеры, богато украшенные натечными образованиями. Особый интерес представляет вертикальная карстовая шахта, известная под названием пещера Дружба. Она начинается провалом глубиной 21 м, который ведет в сложную систему вертикальных и горизонтальных ходов. Общая длина горизонтальных галерей пещеры превышает 220 м, а ее глубина 46 м. Среди других пещер выделяются пещеры Белых Стен (длина 101 м), Молочный Камень (92 м) и Гребень (71 м).

В пределах **Крымско-Кавказской** спелеологической страны выделяются две области: Крымская и Большого Кавказа.

Крымская спелеологическая область, охватывающая горную часть Крыма, представлена провинцией Горного Крыма. Горный Крым характеризуется широким распространением разнообразных карстовых пещер, шахт и колодцев. Они развиваются в карбонатных породах верхней юры, участвующих в строении Главной гряды Крымских гор, называемой Яйлой. Здесь в настоящее время исследовано более 700 подземных карстовых форм, в том числе 53 пещеры длиной более 100 м и 18 естественных шахт глубже 100 м.

Среди пещер выделяются Красная (длина 13 100 м), Узунджинская (1500 м), Эмине-Баир (длина 1158 м, глубина 125 м), Джур-Джур (750 м), Скельская (570 м), Аянская (550 м), Ени-Сала III (410 м), Висячая (401 м), Змеиная (310 м), Эгиз-Тинах I (255 м) и Мангупская (230 м).

Красная пещера расположена на западном склоне Долгоруковского массива у села Перевальное, в 23 км от Симферополя. Она образовалась в верхнеюрских известняках. Основная часть пещеры от Второго до Пятого обвального зала имеет северо-западное направление и заложена по падению пластов известняка, однако главная роль в формировании подземных полостей и в распределении карстового стока принадлежит тектонической трещиноватости.

В ближней части Красной пещеры выделяются Верхняя, Средняя (Ветровая — Иель-Коба) и Нижняя (Темная — Харанлых-Коба) пещеры, которые раньше считались самостоятельными. Средняя часть (Ветровая) впервые была описана и заснята в первой половине XIX в. Дюбуа де Монпере. Довольно полное описание Красной пещеры, иллюстрированное планами ее основных ходов на протяжении более 400 м, было дано в начале XX в. П. Петровым. В 1915 г. А. Н. Стаховский и Н. Сухорук-ов открыли проход из Ветровой пещеры в Темную и доказали, что они являются единой подземной системой. В 1950—1955 гг. в Красной пещере работали алуштинские краеведы В. Смирнов и И. Кириллов, которые составили разрез ближней части пещеры. С 1958 по 1966 г. пещера исследовалась Комплексной карстовой экспедицией Института минеральных ресурсов Министерства геологии СССР. Было проведено детальное изучение этой сложной подземной полости и установлено, что она

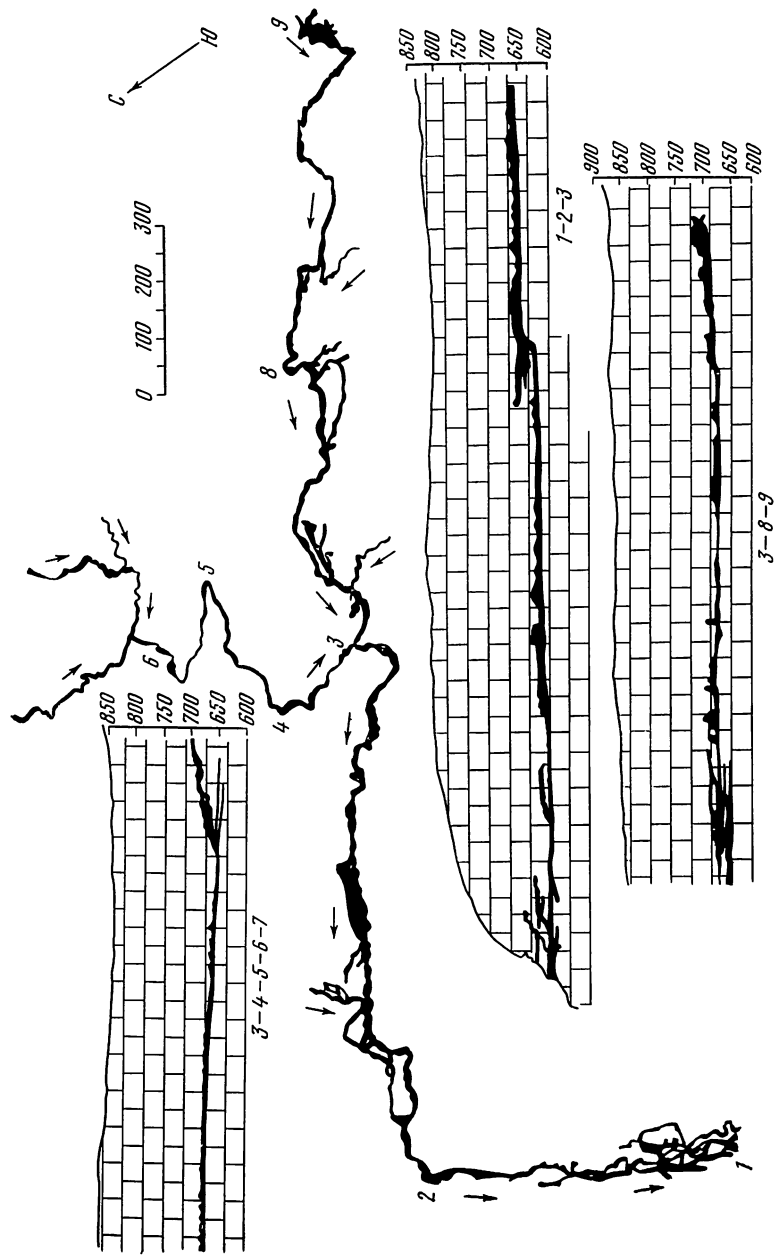


Рис. 18. План и разрез Красной пещеры (по В. И. Дублянскому)

1 — вход; 2 — Второй Обвалный грот; 3 — Развилка; 4, 5, 6 — галереи Нависающих Сводов; 7 — грот Первого Весовозного Слега Спелеологов; 8 — Пятый Сифон; 9 — Большой Обвалный грот. Стрелками показаны направления подземных водотоков

является самой значительной в СССР по протяженности пещерой в карбонатных породах.

Общая длина подземных галерей Красной пещеры составляет 13 100 м (рис. 18). В пещере выделяется шесть разновозрастных этажей, которые особенно четко выражены в ближней части пещеры (до Первого Сифона). В засифонной части пещеры шестой этаж не прослеживается, а второй — пятый этажи встречаются лишь на отдельных участках. Местами огромные обвальные гроты охватывают несколько этажей пещеры. Во время формирования шестого этажа Красной пещеры вода реки Суботхан поглощалась шахтой Аверкиева, а четвертого — первого этажей — шахтой Провал. Галереи Красной пещеры гипсометрически не совпадают с террасами реки Салгир, что затрудняет определение их возраста. По данным геоморфологических и палеозоологических исследований, шестой этаж пещеры начал формироваться в позднем плиocene, четвертый — в нижнем плейстоцене, третий — в среднем плейстоцене, второй — в верхнем плейстоцене, а первый — в раннем голоцене.

Для Красной пещеры характерны крупные гроты и длинные широкие галереи, которые иногда имеют вид подземного каньона, размытого водой вдоль огромной трещины. Формирование наиболее крупных гротов связано с обвалом полов верхних этажей в зонах интенсивной тектонической трещиноватости. Одним из таких гротов является Пятый Обвальный грот, которым заканчивается основной ход Красной пещеры. Длина его около 80 м, ширина около 30 м. Этот грот завален гигантскими глыбами известняка. Очень интересен зал Голубой Капели, высота которого достигает 60 м.

По дну пещеры почти на всем ее протяжении течет подземная река, которая в меженный период образует систему подземных проточных озер длиной до 100 м, шириной 5—8 м и глубиной 2—4 м. Средний годовой расход подземной реки составляет 0,1 м<sup>3</sup>/сек. Меженный расход Краснопещерной реки не превышает 7—8 л/сек, тогда как весной в период снеготаяния он увеличивается почти в 750 раз. При этом уровень воды в некоторых гротах поднимается по сравнению с межнным на 8—10 м. С изменением расхода воды в реке связано количество и дебит карстовых источников на туфовой площадке, расположенной на 17 м ниже входа в Темную пещеру. Осенью на



туфовой площадке отмечается лишь пять нисходящих карстовых источников, а весной их насчитывается 30, в том числе семь грифонов, т. е. восходящих источников.

Вода подземной реки имеет карбонатно-хлоридно-кальциево-натриевый состав. Минерализация 320—360 мг/л. Температура воды подземной реки и основных источников изменяется в течение года от 9,2 до 9,8°.

Началом Краснопещерной реки является река Суботхан, которая уходит в шахту Провал, расположенную в южной части Долгоруковского массива в 5 км по прямой от входа в пещеру. От шахты Провал в сторону Красной пещеры идет довольно широкая наклонная галерея. Она промыта вдоль пласта песчаника между двумя плитами известняка. Общая длина этой галереи 1265 м. Между окончанием галереи и Пятым Обвальным гротом по прямой 1700 м. Питание подземной реки происходит также из водосборов западной котловины Долгоруковского плато, где расположена крупная Аверкиева шахта глубиной 145 м и общей длиной горизонтально наклонных ходов 405 м. Кроме того, боковые притоки Краснопещерной реки (галерея Нависающих Сводов) дренируют Безаробинскую котловину, расположенную к северу от системы Красной пещеры.

Окрашивание воды флюоресцеином показало, что вода от шахты Провал до туфовой площадки, где Краснопещерная река выходит на поверхность, течет в межень 39 дней, а в половодье — менее двух суток.

Температура воздуха в пещере 9,8—11,6°. В некоторых привходовых галереях она поднимается летом до 18°, зимой же опускается до —5° и на их сводах появляются гирлянды ледяных сталактитов.

Галереи верхних этажей пещеры (выше второго) богато украшены причудливыми натечными образованиями молочно-белого, розового и ярко-красного цветов. Большой интерес представляют кальцитовые каскады высотой 2—8 м, расположенные за Сталактитовым (Пятым) Сифоном. Они встречаются примерно через каждые 60 м; эта периодичность нарушается лишь в зонах интенсивной тектонической трещиноватости. Развитие кальцитовых каскадов связано с выпадением карбоната кальция вследствие изменения температуры подземного потока. Всего в этой части пещеры отмечено 36 каскадов. В галерее Нависающих Сводов найдено лунное молоко. Другой минера-

логической редкостью являются оригинальные гипсовые цветы, растущие на поверхности известняковых глыб в одной из галерей, расположенной около Первого Сифона.

В Красной пещере были найдены кости пещерного медведя, зайца, хомяка, а также альпийской галки и клушицы. На туфовой площадке у входа в Красную пещеру найдены остатки кизил-кобинской культуры, относящейся к периоду поздней бронзы и началу эпохи железа. Кизил-кобинцы, жившие в VII—VI вв. до н. э., по мнению некоторых исследователей, являются потомками киммерийцев и предками тавров.

Интересна также Скульская пещера, расположенная на западной окраине Ай-Петринского горного массива, на склоне небольшого меридионального отрога горы Карадаг. Пещера приурочена к тектоническому разлому северо-западного направления. В верхней части пещеры располагается главный грот, пол которого загромажден глыбами известняка, перекрытыми мощными кальцитовыми натечками. Среди натечных образований выделяется огромная колонна диаметром 8 м и высотой 12 м, делящая грот на две части. На северо-востоке главный грот переходит в огромный колодец, сложенный обвалившимися глыбами известняка. В нижней, обводненной части пещеры, расположенной на 45 м ниже входа, находится несколько небольших гротов, соединенных между собой и с верхними галереями пещеры системой узких горизонтальных и крутонаклонных проходов и колодцев. Общая длина пещеры 570 м. В Скульской пещере найден типичный троглобионт — бокоплав.

К наиболее крупным вертикальным полостям относятся шахты Солдатская (глубина 470 м), Молодежная (261 м), Каскадная (246 м), Ход Конем (213 м), Севастопольская (196 м), Гвоздецкого (191 м), Бездонная (161 м).

Самая глубокая из них шахта Солдатская находится на массиве Караби, в 10 км от села Красноселовки. Ее ближняя часть имеет вид наклонной галереи, которая в титонских рифовых известняках переходит в каскад колодцев и шахт глубиной от 10 до 85 м, чередующихся с узкими горизонтальными ходами и гротами. Высота отдельных гротов достигает 23 м. С глубины 435 м по дну пещеры постоянно течет ручей. Встречаются озера. Широко распространены натечные образования. Общая длина

пещеры 1700 м, а глубина 470 м.

Шахта Молодежная расположена на дне карстовой воронки на массиве Караби. Она образовалась в массивных верхнеюрских известняках вдоль тектонического разлома. Шахта имеет эрозивно-коррозионное происхождение и представляет собой систему вертикальных полостей, разделенных небольшими площадками. Общая глубина шахты 261 м (рис. 19). На стенах развиты карры. В нижней части встречаются небольшие натёки. Температура воздуха 8°.

Интересна также шахта Каскадная, расположенная на дне огромной провальной воронки, в центральной части массива Ай-Петри. Она образовалась в верхнеюрских известняках. Шахта состоит как бы из системы каскадов глубиной от 17 до 53 м, между которыми располагаются наклонные галереи с более мелкими (2—3 м) уступами. Общая глубина шахты 246 м. Стены ее до глубины 100 м корродированы, а ниже покрыты тонкой кальцитово-натечной корой. На глубине 213 и 233 м от поверхности имеются небольшие озёрки. В паводок нижняя часть пещеры заполняется инфильтрационными водами на высоту 8—13 м. Температура

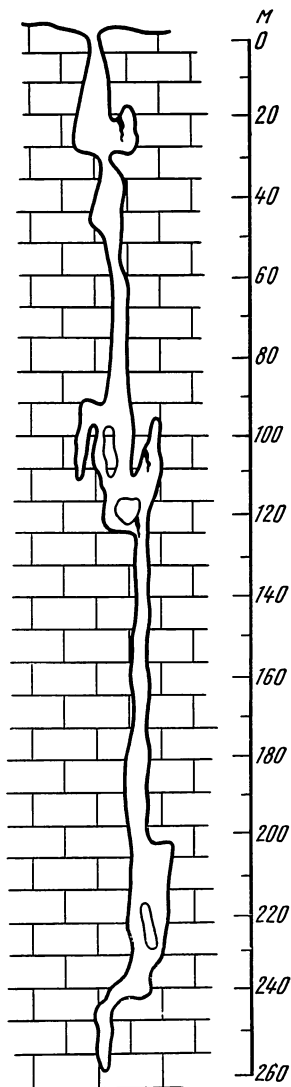


Рис. 19. Шахта Молодежная на Караби-Яйле (Крым)

воздуха в шахте глубже 60 м — 5°,1. Каскадная — это реликтовое, уже покинутое водой образование. Своим происхождением она обязана преимущественно эрозионно-коррозионному воздействию древних водных потоков. Роль современных потоков в формировании шахты сравнительно невелика.

В пределах спелеологической области Большого Кавказа выделяются три провинции: Северо-Кавказская, Восточно-Кавказская и Горно-Колхидская.

Северо-Кавказская спелеологическая провинция располагается на северном склоне Большого Кавказа между верховьями реки Пшехи (левый приток Белой) и средним течением Ардона (левый приток Терека). Карстовые пещеры, приуроченные к юрским гипсам и известнякам, имеют довольно широкое распространение. В настоящее время здесь описано 142 пещеры, в том числе 38 пещер длиной более 100 м. К наиболее крупным относятся Буткова I (длина 7000 м), Дезова (473 м), Баговская VI (1900 м), Беслинеевская I (1800 м), Аммонитная (1669 м), Азишская (1280 м) и Нейзма (1235 м).

Особое положение занимает пещера Буткова I (общая длина около 7000 м), расположенная в 7 км к юго-востоку от станции Нововободной. Она образовалась в известняках юрского возраста. Пещера представляет сложный лабиринт узких и низких ходов, переходящих в некоторых местах в небольшие гроты.

Интересна Азишская пещера (общая длина 1280 м), расположенная на северо-западном склоне хребта Азиш-Тау, в 12 км от поселка Хамышки. Она образовалась в верхнеюрских доломитизированных известняках. Пещера состоит из нескольких гротов и соединяющих их проходов. Наиболее крупные гроты достигают 25 м длины и 25 м высоты. По дну основного хода течет ручей. Широко развиты натечные образования. Температура воздуха 10—12°.

Восточно-Кавказская спелеологическая провинция располагается в северо-восточной части Большого Кавказа восточнее реки Ардон. Здесь исследовано 35 пещер. Наиболее крупные из них Нывзжин-легет (длина 350 м), Чальдыбальская (150 м), Кара-будахкентская (135 м) и Усман-легет (100 м). Пещера Нывзжин-легет располагается на междуречье рек Фиогдон и Гизельдон, в 3 км к востоку от села Тагардон, на северном склоне отрога Хош-Харарог. Пещера образовалась в известняках. Вход

достигает 1,8 м высоты и 10 м длины. Длина пещеры 350 м, объем 1500 м<sup>3</sup>.

Горно-Колхидская спелеологическая провинция располагается на юго-западном склоне Большого Кавказа, между рекой Сочи и Сурамским хребтом. Она отличается весьма широким распространением карстовых пещер, многие из которых достигают значительных размеров. В настоящее время здесь исследовано более 420 карстовых полостей, из них 96 пещер длиной свыше 100 м и 10 шахт глубже 100 м.

К самым крупным пещерам относятся Воронцовская система (длина 8000 м), Анакопийская система (3285 м), Абрскила (2500 м), Ткибула-Дзеврула (длина 1800 м, глубина 280 м), Келасурская (длина 1380 м, глубина 100 м), Тароклде (1370 м), Шакуранская III (1300 м), Большая Ахунская (1200 м), Окроджанашвили (1150 м), Варсина (960 м), Сатаплиа (890 м) и Швилобиса (860 м).

Воронцовская система включает в основном пещеры Большую Воронцовскую, Долгую и Лабиринтовую, расположенные в верховьях реки Кудепсты. Большая Воронцовская пещера представляет собой сложный лабиринт подземных галерей и гротов общей длиной 2218 м. В полукилометре к северу от нее находится вход в Лабиринтовую пещеру, приуроченную к северо-западному периклинальному окончанию Воронцовской антиклинали, сложенной преимущественно верхнемеловыми известняками. Пещера длиной 1920 м состоит из серии ходов и гротов. В некоторых гротах встречаются колодцы глубиной до 15 м. По дну многих проходов текут ручьи. Имеется водопад высотой 2 м. В пещере отмечено три сифона, которые в сухое время года проходимы. Методом окрашивания флюоресцеином установлено, что вода попадает в пещеру из реки Кудепсты, которая поглощается понором на контакте верхнемеловых известняков и палеогеновых мергелей. Из Лабиринтовой пещеры она по трещинам попадает в Большую Воронцовскую, что также доказано с помощью флюоресцеина. Пещера Долгая (длинной 1560 м) расположена в километре к востоку от Большой Воронцовской. Вход в нее напоминает колодец, переходящий в винтообразный спуск длиной 20 м, который ведет в горизонтальные галереи. По дну пещеры течет ручей, имеются сифоны.

Особый интерес представляет Анакопийская пещера, расположенная близ Нового Афона. Она образовалась в мощных (до 300 м) толстослоистых известняках нижнего мела. Пещера приурочена к двум взаимно перпендикулярным системам тектонических трещин — меридиональной (падение 80—90°) и широтной (падение 30—60°), причем наиболее крупные полосы вытянуты в северном направлении. Общая длина собственно Анакопийской пещеры составляет 1515 м, а объем ее 1 006 600 м<sup>3</sup>. Что касается Анакопийской системы, в которую кроме Анакопийской пещеры включаются Ново-Афонская, Мааникварская и другие полости, то она достигает суммарной протяженности 3285 м.

Анакопийская пещера состоит из двух морфологически резко различных частей — вертикальной и горизонтальной (рис. 20). Первая из них, спиралеобразная, начинается на поверхности провальной воронкой глубиной 30 м и поперечником 55 м, которая постепенно сужается и переходит в систему вертикальных и наклонных колодцев, ведущих в грот Абхазия. Общая длина вертикальной части составляет 139 м. Горизонтальную часть пещеры образуют гроты Абхазия, Грузинских Спелеологов, Глиняный, Храм, Сухуми, Иверия, Тбилиси и Геликтитовый, соединенные между собой широкими и высокими проходами (рис. 21). Гроты характеризуются плоским или арочным сводом, почти отвесными стенами и неровным дном, покрытым мощным слоем глины и заваленным глыбами известняка. Самым крупным гротом является грот Грузинских Спелеологов. Длина его 260 м, ширина 75 м и высота 50 м.

Гроты Абхазии, Грузинских Спелеологов и Глиняный значительно обводнены. В них постоянно поступает вода, которая затем просачивается в глубь массива через многочисленные поноры, что указывает на интенсивное развитие в этой части пещеры современных карстовых процессов. Здесь же встречаются глубокие (более 8 м) озера. Остальные гроты пещеры сухие. Поступающая в них вода участвует преимущественно в формировании хемогенных образований.

Гроты дальней, слабообводненной части пещеры отличаются богатым внутренним убранством. Особенно обильны натечные образования в гротах Тбилиси и Геликтитовом, где широко развиты кальцитовые драпировки, во-

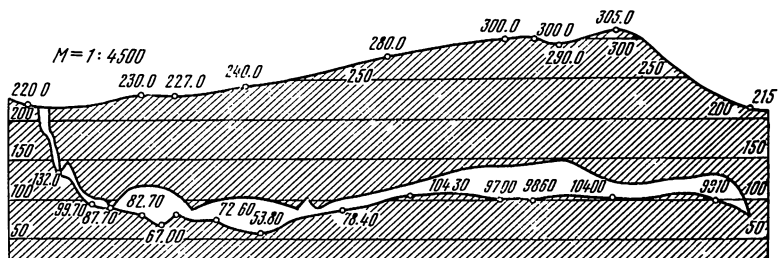


Рис. 20. Продольный разрез Анакопийской пещеры (по З. К. Тинтилову)

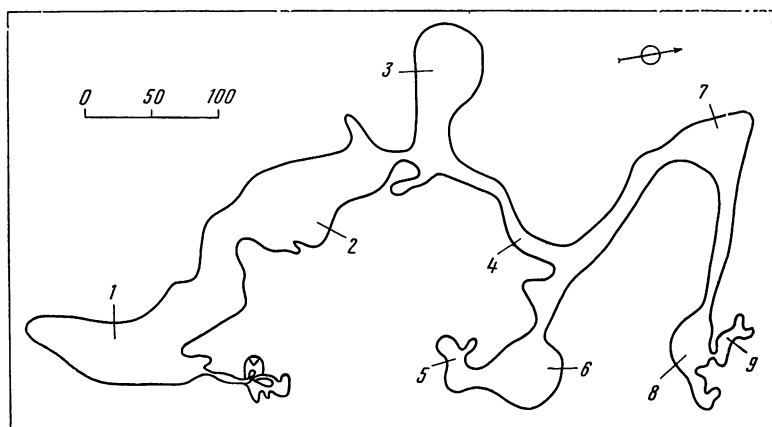


Рис. 21. План Анакопийской пещеры (по З. К. Тинтилову)

1 — грот Абхазия, 2 — грот Грузинских Спелеологов; 3 — грот Глиняный; 4 — проход Каньон; 5 — грот Сухуми; 6 — грот Храм; 7 — грот Иверия; 8 — грот Тбилиси; 9 — грот Геликтитовый

допады, сталактиты, сталагмиты и причудливые геликтиты. В миниатюрных ванночках найден пещерный жемчуг. Экзотичны кальцитовые и гипсовые цветы, которыми украшены гrotы дальней части пещеры. Температура воздуха в горизонтальной части пещеры изменяется от 11,8 до 12,8°, а относительная влажность составляет 93—98%.

К крупным пещерам относится также Абрскила (длина 2500 м), расположенная на западном склоне одного из южных отрогов Кодорского хребта, в 28 м к северо-

востоку от Очамчире. Пещера представлена основным извилистым коридором шириной 3—4 м и рядом гротов. Высота самого крупного — грота Гигантов — достигает 40—50 м. Почти повсюду на дне коридора и гротов залегают глинистые отложения, в которых подземная река Ачхитизго образовала три террасы. Потолок коридоров и гротов богато украшен сталактитами. В пещере несколько озер, обрамленных кальцитовой корочкой.

В Горно-Колхидской провинции располагаются самые глубокие карстовые полости Советского Союза. Среди них выделяются Снежная (глубина 770 м), Географическая (510 м), Назаровская (500 м), Октябрьская (400 м), Величественная (320 м) и Школьная (300 м). Почти все они находятся в верховьях реки Большой Хосты, где в связи со значительной высотой поверхности (до 1000 м) и обильными осадками (до 1800 мм) создаются благоприятные условия для развития в сильно трещиноватых известняках глубоких карстовых шахт и пропастей. Карстовые шахты имеют нередко спиралеобразное строение. Наклонные проходы их обычно сменяются вертикальными колодцами глубиной до 20—30 м. По дну проходов почти повсюду течет водный поток, образующий многочисленные водопады. У подножия водопадов в котлах вымывания располагаются эвормионные озера глубиной до 1,5 м. Нижние части карстовых шахт богато украшены натечными кальцитовыми образованиями — сталактитами, сталагмитами, сталагматами и драпировками.

Особое положение занимает самая глубокая в Советском Союзе карстовая пропасть Снежная, расположенная в Бзыбском хребте (Кавказ), близ перевала Дзина. Верхняя часть ее до глубины 230 м почти сплошь покрыта многолетним льдом и снегом, что и определило название пещеры. Снежная представляет собой систему вертикальных и наклонных колодцев и ходов общей длиной 2500 м и глубиной 770 м (рис. 22). В ней выделяется пять гротов. Самый крупный из них Большой, достигающий 120 м длины и 70 м ширины. В средней части его поднимается ледяной холм высотой 15 м. Натечные образования особенно красивы в Кораллитовом колодце. В Вертикальном лабиринте, состоящем из множества ходов, развитых вдоль тектонических трещин, появляется ручей, имеющий сначала прерывистое распространение. Ниже он превращается в значительный поток с дебитом



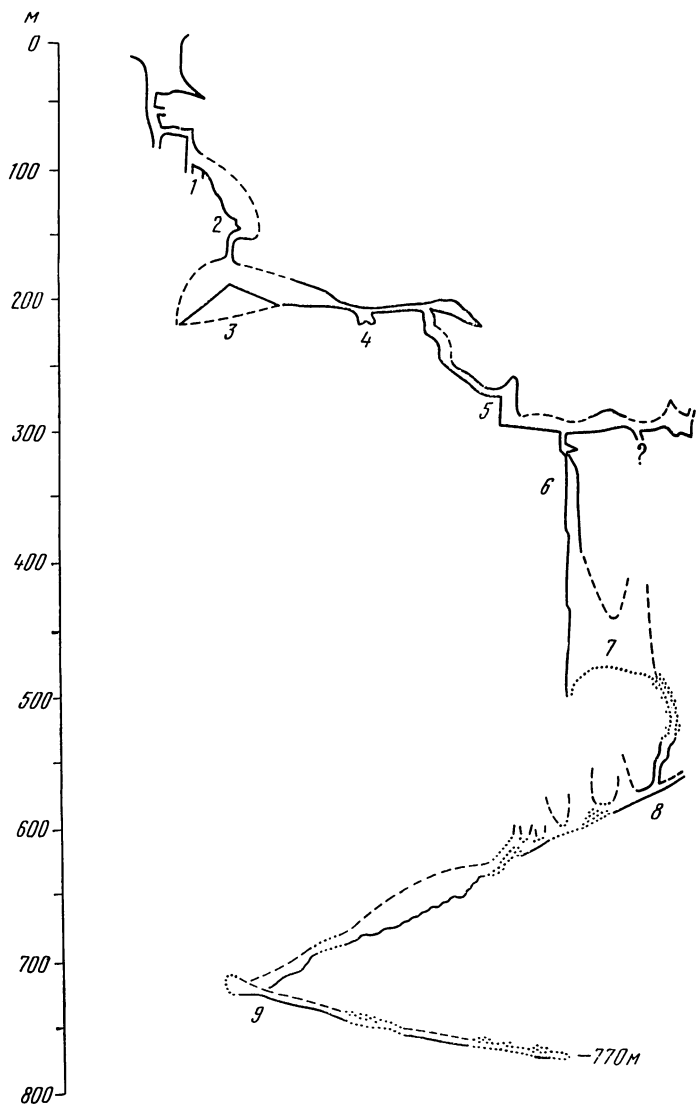


Рис. 22. Шахта Снежная (по М. М. Звереву и Б. Р. Мавлюдову)

1 — грот Ледяной; 2 — грот Обвальный; 3 — грот Большой; 4 — грот Малый; 5 — колодец Кораллитовый; 6 — колодец Большой; 7 — грот Университетский; 8 — ручей Водопадный; 9 — подземная река

20—30 л/сек, который местами образует причудливые водопады высотой до 8 м. На глубине 700 м при выходе из галереи Водопадной ручей впадает в крупную подземную реку, расход которой достигает 500 л/сек. Эта река по ступенчатому проходу шириной 2—6 м стремительно несется вниз и исчезает в каменном завале, который пока пройти не удалось.

**Переднеазиатская спелеологическая страна** охватывает Армянское нагорье, Туркмено-Хорасанские горы и Паропамиз. На территории Советского Союза она представлена частями двух спелеологических областей: Нагорно-Армянской и Туркмено-Хорасанской.

Нагорно-Армянская область подразделяется на две спелеологические провинции: Нахичеванскую и Зангезурскую. К крупным пещерам Нахичеванской провинции относятся Дашкалинская и Килитская.

Пещера Дашкалинская располагается в 4 км к северу от села Сираб. Она приурочена к известнякам верхнего мела. Пещера характеризуется сложным строением. В настоящее время она исследована на протяжении почти 2000 м. Объем ее около 50 тыс. м<sup>3</sup>.

Килитская пещера, длина которой, по-видимому, превышает 1000 м, находится на левом берегу Аракса. Образовалась она в кристаллических известняках.

Туркмено-Хорасанская область на территории Советского Союза представлена Балхано-Копетдагской спелеологической провинцией, где наиболее известны пещеры Бахарденская (длина 250 м) и Большая Сиримская (длина 250 м).

Бахарденская пещера находится на северном склоне Копетдага, в 15 км к юго-востоку от станции Бахарден. Она достаточно хорошо изучена и описана многими исследователями. Пещера выработана в сильно трещиноватых верхнеюрских известняках, содержащих прослойки гипса мощностью до 8 м. Образование ее, по мнению М. А. Ротко (1958), связано с воздействием на гипсы и известняки восходящих сернистых вод в зоне Копетдагской линии термальных источников, приуроченных к тектоническому разлому. Пещера начинается четырьмя входными отверстиями, нижнее из которых, самое большое, имеет вид арки высотой 6,5 м. Она представлена по существу двумя крупными гротами общей длиной около 230 м. Наклонный пол первого Главного грота, дости-

гающего 57 м ширины и 20 м высоты, покрыт глыбами известняка и накоплениями гуано. В дальней части его, в 90 м от входа, развиты карстовые воронки. Наиболее значительная из них достигает 25 м в диаметре и 6,5 м глубины. Второй грот пещеры почти полностью занят знаменитым озером Коу, которое характеризуется кристально чистой, слабоминерализованной водой, имеющей запах сероводорода. Длина озера 72 м, ширина 30 м, а наибольшая глубина 12 м. Берега его скалисты, стены поднимаются почти вертикально, переходя в неровный каменный свод высотой 6—8 м. Уровень воды в озере на 61,74 м ниже входа в пещеру. Температура воды 34—37°. Озеро проточное, изменение уровня в течение года незначительное. Оно имеет бальнеологическое значение.

Бахарденская пещера теплая. Температура воздуха здесь изменяется от 20—25° зимой до 27—32° летом. В связи с воздействием на известняки восходящих сернистых вод и выделяющегося из них сероводорода в пещере протекают сложные геохимические процессы. Наряду с выщелачиванием известняков наблюдается вытеснение сероводородом уголекислоты из карбонатов и взаимодействие сероводорода с кальцием, что приводит к образованию гипса, кристаллики которого покрывают отдельные участки стен и свода пещеры. Особенно активно эти процессы идут в летнее время, когда вследствие слабой циркуляции воздуха в пещере сероводородные испарения достигают наибольшей концентрации.

Своеобразен и интересен животный мир Бахарденской пещеры. Здесь обитают летучие мыши, грызуны, птицы, а также около 50 видов беспозвоночных. Среди летучих мышей встречаются обыкновенный длиннокрыл, остроухая ночница, подковонос большой, подковонос Блазиуса и подковонос южный. Численность их огромная. В летнее время количество летучих мышей в пещере достигает 150 тыс. особей. Очень интересен вылет летучих мышей из пещеры вечером после захода солнца. Сначала они вылетают поодиночке, а затем, по мере наступления темноты, — многими тысячами, образуя сплошной живой поток. На зиму мыши улетают. В пещере живут также грызуны (персидская песчанка, мышевидный хомячок), а в передней, освещаемой части гнездятся некоторые птицы (туркестанский сизый голубь, клушица, сизоворонка, полевой воробей).

Большая Сиримская пещера, расположенная на склоне горы Сирим, сформировалась в известняках среднего миоцена. Она имеет два входа высотой 8 и 15 м. Общая длина пещеры более 250 м.

**Туранская** спелеологическая страна охватывает равнины и плоские плато Средней Азии. Наибольшее количество пещер — в Устюртско-Мангышлакской карстовой области, которая подразделяется на две спелеологические провинции — Мангышлакскую и Устюртскую.

Мангышлакская провинция, включающая Южно-Мангышлакское плато, характеризуется значительным распространением подземных карстовых полостей в известняках и гипсах неогена. В настоящее время здесь исследовано 18 пещер. Наиболее крупная Омаратинская пещера, расположенная на берегу Каспийского моря, близ скалы Бекдаш, имеет длину 342 м. Она образовалась в сарматских известняках. Пещера начинается колодезобразным входом, который на глубине 6 м переходит в небольшой грот. От этого грота отходит несколько горизонтальных проходов. В исследованной части пещеры отмечено девять гротов высотой до 2 м, длиной до 13 м и шириной до 3 м.

Устюртская спелеологическая провинция охватывает плато Устюрт, ограниченное со всех сторон чинками. В пределах провинции выявлено 52 пещеры, которые приурочены к известнякам и гипсам неогена. К наиболее крупным пещерам относятся Сарыкамышская (длина 200 м) и Утебайская (длина 100 м).

Сарыкамышская пещера сквозная. Она соединяет две карстовые котловины. Пещера начинается большим гротом, расположенным на глубине 42—44 м. Длина грота около 120 м, ширина 25 м и высота 8 м. Потолки гротов сводчатые, неровные, пол завален обломками породы. Общая длина пещеры 200 м.

Утебайская пещера начинается на дне большого карстового провала глубиной около 22 м и в ближней части имеет вид наклонной трубы, которая на глубине 56 м переходит в горизонтальную полость длиной 52 м, шириной 20 м и высотой до 3 м. В дальней части пещеры в виде небольших воронок (диаметром и глубиной до 2 м), переходящих вниз в трещины, располагаются два понора, которые поглощают дождевые и талые снеговые воды, стекающие в пещеру со значительной площади.

Среди карстовых шахт наибольший интерес представляет Болоюкская шахта, достигающая глубины 120 м. На дне ее располагается крупный грот, большая часть которого занята озером глубиной до 5 м.

**Памиро-Тяньшанская** спелеологическая страна охватывает горные системы юго-востока и востока Средней Азии. В ее пределах выделяются три спелеологические области: Тяньшанская, Гиссаро-Алайская и Памиро-Таджикская.

Тяньшанская область в спелеологическом отношении исследована крайне слабо. В настоящее время здесь известно около 60 пещер. Наиболее крупная из них Карасайская, расположенная в хребте Каратау, имеет длину 200 м.

Гиссаро-Алайская область подразделяется на две спелеологические провинции Туркестано-Алайскую и Зеравшано-Гиссарскую. Туркестано-Алайская провинция включает в себя Туркестанский и Алайский горные хребты, а также их северные предгорья. В настоящее время здесь описано 44 пещеры. Среди них выделяются пещеры Кан-и-Гут (длина 3000 м), Бешунгур (315 м), Катранунгур (157 м), Чильустунская (140 м) и Баритовая (более 100 м).

Пещера Кан-и-Гут располагается в урочище Шодымир (хребет Сарытау). Она представляет собой сложное сочетание крупных гротов, вертикальных колодцев и извилистых коридоров. Пещера сквозная, общая длина ее 3 км. В пещере насчитывается 18 гротов, наиболее крупные из них достигают 50 м длины и 45 м высоты. Вход ее на 18 м ниже выхода и на 34 м выше самой низкой точки пещеры. Пещера сухая, температура воздуха 10°. Пещера Кан-и-Гут имеет карстовое происхождение. Однако ее конфигурация сильно изменена в связи с добычей здесь в прошлом железных и свинцово-серебряных руд, отложенных водными потоками. Кроме того, важную роль в растворении известняков и формировании пещеры сыграли химические реакции, связанные с окислением сульфидов.

Пещеры Бешунгур и Чильустунская расположены в Ошских горах, сложенных известняками палеозоя. Пещера Бешунгур (пять пещер) находится на северо-западном склоне хребта Чиль-Майрам в 14 км к западу от города Ош. Она отличается сложным строением. Узкий (1 × 1,5 м)

вход, приуроченный к тектонической трещине, ведет в конусообразный колодец, который на глубине 10 м расширяется и образует площадку длиной до 7 м. Отсюда вниз идет пять колодцев, переходящих местами в гроты. Общая протяженность пещеры 315 м. В колодцах и гротах развиты натечные образования. Чильустунская пещера (в 3 км к северо-востоку от Аравана) состоит из двух залов, соединенных проходами. Большой зал имеет длину 89 м, ширину 30 м и высоту 3 м. Пещера богато украшена кальцитовыми натечными образованиями. Общая длина ее 140 м.

Значительный интерес представляет Баритовая пещера, расположенная в северных предгорьях Алайского хребта в среднем течении реки Араван. Потолок и стены пещеры покрыты кристаллами кальцита и барита. Длина пещеры более 100 м.

В Зеравшано-Гиссарскую спелеологическую провинцию входят Зеравшанский, Гиссарский и Каратегинский хребты. Сюда же относятся и юго-западные отроги Гиссарского хребта, который западнее перевала Гава резко меняет широтное направление на юго-западное и разветвляется на ряд хребтов.

Пещеры имеют довольно широкое распространение. Они приурочены к карбонатным породам палеозоя, мезозоя и палеогена, а также к галогенным образованиям верхней юры. В пределах провинции описано 85 пещер и шахт. К крупным пещерам относятся Капкотан (длина 6000 м), Карлюкская (1050 м), Яккабагская (600 м) и Амир-Темир (350 м).

Пещера Капкотан выработана в юрских известняках. Строение ее определяется особенностями тектонической трещиноватости. Широко распространены гипсовые и кальцитовые образования. Температура воздуха 20°. Общая протяженность пещеры около 6000 м.

Карлюкская пещера расположена на юго-западном склоне хребта Кугитанг-Тау, в 7 км к востоку от поселка Карлюк. Она образовалась в верхнеюрских известняках, пронизанных жилами гипса шириной до 0,2 м. Вход в Карлюкскую пещеру представляет собой щель высотой 0,5 м и шириной около 3 м, которая ведет в главную галерею, имеющую вид широкого и высокого прохода. Эта галерея приурочена к тектонической трещине северо-восточного направления. В пещере имеется несколько гро-

тов. Самый крупный из них — Сталактитовый — достигает 190 м длины и 10 м высоты. Пещера сухая. Пол ее завален глыбами известняка, покрытыми слоем пылевой глины. Встречаются глубокие колодцы и органые трубы. Пещера украшена кальцитовыми и гипсовыми натечными образованиями. Сталагмиты достигают 6 м высоты и 1 м в диаметре. Интересны крупные прозрачные кристаллы гипса. Температура воздуха 20°. Длина заснятой части пещеры 1050 м.

Яккабагская пещера располагается на правом берегу реки Кала (левый приток Кызылдарьи), в 8 км южнее Ташкурмана. Она заложена в верхнеюрских известняках. Вход в нее находится на высоте 150 м над рекой. В пещере имеется несколько гротов. Самый крупный достигает 100 м длины, 20 м ширины и 30 м высоты. В дальней части пещеры располагается озеро. Длина его 30 м, ширина 14 м. Пещера украшена кальцитовыми натечными образованиями: сталактитами, геликтитами и сталагмитами. Общая длина ее около 600 м.

Пещера Амир-Темир находится на южном склоне хребта Каратюбе в пределах интрузивного массива Амир-Темир, содержащего линзы известняковых конгломератов. Она образовалась в результате выщелачивания пластов кристаллического битуминозного известняка, заключенного в толщу гранитов. Галереи пещеры расположены на трех уровнях. Разница по высоте между верхним и нижним этажами достигает 45 м. В пещере отмечены натечные образования в виде сталактитов и небольших сталагмитов. Общая длина пещеры 350 м.

Большой интерес вызывает шахта Комсомольская — самая глубокая карстовая полость горной части Средней Азии (рис. 23). Она расположена на плато Аманкутан и представляет собой систему вертикальных проходов общей глубиной 81 м.

Памяро-Таджикская область подразделяется на две спелеологические провинции: Западно-Таджикскую и Памирскую.

Западно-Таджикская провинция соответствует Западно-Таджикской депрессии, или Таджикскому низкогорью. Здесь исследовано около 20 небольших пещер. Наиболее крупная из них Ходжа-Мумынская располагается на северо-восточном склоне соляного купола Ходжа-Мумын, на высоте 300—400 м над рекой Яхсу. Она имеет вид ко-

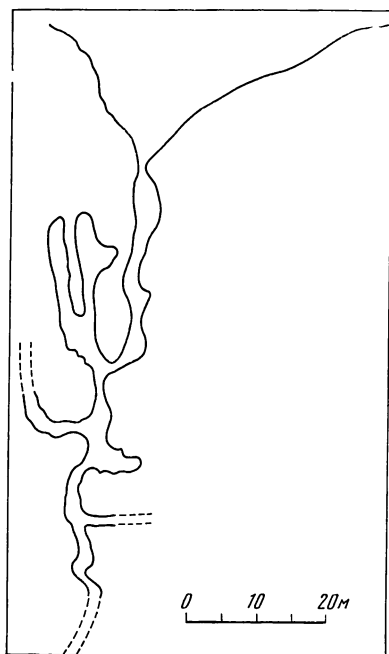


Рис. 23. Шахта Комсомольская  
(по М. А. Абдужабарову)

ридора шириной и высотой до 8 м, по дну которого между обломками и глыбами соли с шумом течет поток с расходом воды 15—20 л/сек. Длина пещеры 350 м.

Памирская провинция охватывает Памирское нагорье на юго-востоке Средней Азии, являющееся самым высоким горным поднятием Советского Союза. Карстовые пещеры на территории провинции изучены крайне слабо. Наибольший интерес представляет Рангульская пещера в ущелье Салакташ на абсолютной высоте 4400 м. Она состоит из четырех гротов, от которых отходят широкие и высокие проходы. Общая длина пещеры около 320 м, дальняя часть ее на 100 м ниже входа.

**Пещеры Тургайско-Казахстанской** спелеологической страны, охватывающей Тургай и Центральный Казах-

стан, исследованы крайне слабо. Среди них выделяется пещера Конураулие, расположенная на правом берегу реки Шаган. Она образовалась в мраморизованных известняках. Длина пещеры 120 м.

**Алтае-Саянская страна** подразделяется на четыре спелеологические области: Алтайскую, Салаиро-Кузнецкую, Саянскую и Тувинскую.

В пределах Алтайской области выявлено более 300 карстовых пещер и шахт, из них 203 закартированы. По характеру распространения и особенностям морфологии подземных полостей область делится на три спелеологические провинции: Западно-Алтайскую, Центрально-Алтайскую и Восточно-Алтайскую.

Западно-Алтайская провинция, включающая рудный Алтай и систему широтных водораздельных хребтов Южного Алтая, отличается довольно широким распростране-



нием карстовых пещер. Однако это в основном небольшие полости. К наиболее крупным пещерам относятся Прямухинская (длина 400 м), Тулатская (300 м), Ящурская (210 м) и Громотушенская (140 м).

Среди карстовых пещер Центрально-Алтайской провинции выделяются Музейная (длина 700 м), Большая Чуйская (547 м) и Каракольская (306 м).

Пещера Музейная находится на правом берегу реки Каракол (левый приток реки Ануя), в 3 км ниже деревни Каракол. Она развита в нижнесилурийских известняках. Пещера представлена несколькими гротами, соединенными узкими проходами и низкими лазами, приуроченными к тектоническим трещинам северо-восточного и северо-западного простирания. Широко развиты натечные образования, особенно интересны кораллиты — кустистые и древовидные сталагмиты, напоминающие по форме колонии кораллов. Общая длина пещеры 700 м.

Каракольская пещера расположена в 0,1 км к северу от Музейной. В ней выделяется несколько гротов. Наиболее крупный из них достигает 2 м длины, 10 м ширины и 7 м высоты. Пещера имеет несколько этажей, которые соединены между собой колодцами. В гротах нижнего этажа широко распространены натечные образования, представленные сталактитами, сталагмитами, колоннами и драпировками. Общая длина пещеры 306 м.

Среди карстовых шахт выделяются Ингурская (глубина 63 м) и Опасная (53 м).

К наиболее крупным пещерам Восточно-Алтайской провинции относятся Геофизическая (длина 500 м), Каракокшинская (260 м) и Большая Белобомская (146 м).

Пещера Геофизическая находится на водоразделе реки Устюба и ее левого притока ручья Светлый, в 3 км к северу от поселка Верхнего Устюба. Вход в пещеру расположен на дне карстовой воронки диаметром 80 м, глубиной 25 м. Она образовалась в нижнекембрийских сильно трещиноватых известняках. Пещера имеет несколько этажей, которые соединены между собой колодцами глубиной до 12 м. В ней выделяется два крупных грота. Наибольший из них Верхний, размещенный на глубине 65 м от дна воронки, достигает 50 м длины и 20 м высоты. Широко развиты натечные образования: колонны, драпировки и сталактиты. Общая длина пещеры около 500 м, глубина 130 м.

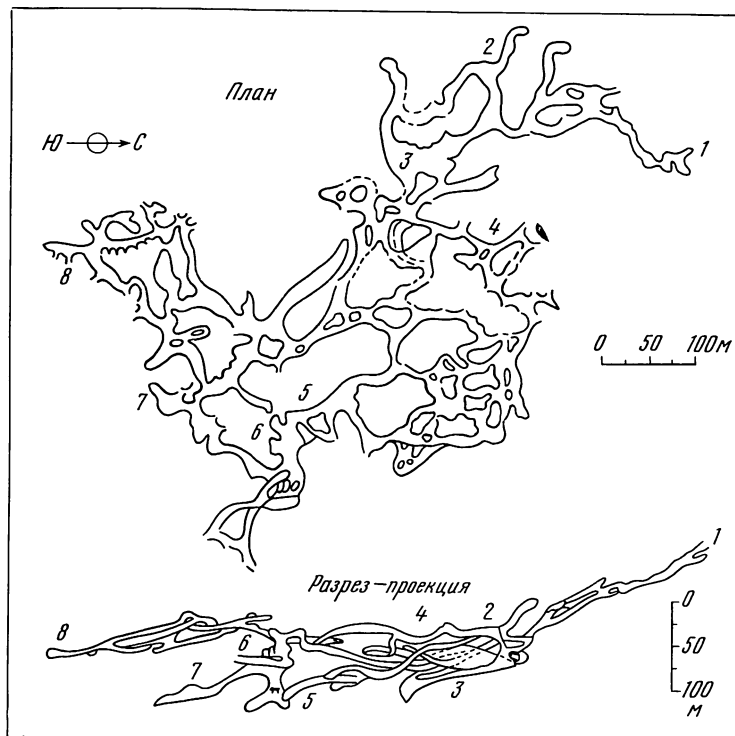


Рис. 24. План и разрез пещеры Большой Орешной (по Ж. Л. Цыкиной и Р. А. Цыкину)

1 — вход; 2 — грот Ручейный; 3 — грот Грандиозный; 4 — грот Колокольный; 5 — грот Озерный; 6 — грот Сказка; 7 — грот Колонный; 8 — грот Каменный

В Салаиро-Кузнецкой области карстовые пещеры наиболее широко распространены в Кузнецко-Алатауской спелеологической провинции, где исследовано семь пещер. Наиболее крупная из них Кашкулакская, развитая в известняках кембрия, достигает 600 м длины и 65 м глубины.

Саянская область подразделяется на три спелеологические провинции: Западно-Саянскую, Минусинскую и Восточно-Саянскую.

Лучше всего в спелеологическом отношении исследована Восточно-Саянская провинция, где выявлено и опи-

сано более 150 карстовых пещер, в том числе Большая Орешная (длина 11 000 м; глубина 160 м), Баджейская (5500 м; 170 м), Кубинская (2500 м; 274 м), Торгаши́нская (1500 м; 174 м), Белая (900 м; 100 м), Темная (650 м; 42 м), Дивногорская (515 м; 60 м), Первомайская (500 м; 55 м) и Караульная II (360 м; 38 м).

Пещера Большая Орешная расположена на левом берегу реки Таежный Баджей, в 3 км к юго-востоку от поселка Орешное. Она представляет собой сложную систему горизонтальных и наклонных ходов, развитых вдоль трещин в карбонатных конгломератах ордовика (рис. 24). Условно в пещере можно выделить три этажа. Гроты в основном небольшие, площадь наиболее крупного из них составляет 2400 м<sup>2</sup>. В гроте Каменном имеется ручей с дебитом 2,5 л/сек. В самых низких частях пещеры найдены небольшие озера. Пол гротов и проходов покрыт глиной, галькой и кусками породы. Мощность глинистых отложений местами превышает 1 м. В гротах Сказка, Театральный и Звездный отмечаются красивые сталактиты, сталагмиты и полупрозрачные драпировки. В привходовой части встречено лунное молоко. Пещера закартирована на протяжении 8500 м, хотя общая длина ее превышает, очевидно, 11 км. Максимальная глубина пещеры 160 м, а объем 120 тыс. м<sup>3</sup>.

Пещера Баджейская находится на правом берегу реки Степной Баджей, в 4 км к северо-востоку от поселка того же названия. Она образовалась в конгломератах ордовика. Пещера начинается вертикальным колодцем глубиной 20 м. Гроты и проходы ее приурочены к тектоническим трещинам северо-западного и северо-восточного направлений (рис. 25). Наиболее крупный грот Львиный достигает 40 м длины и 20 м ширины. В нем протекают два ручья, один из них (Фарфоровый) с дебитом 1,5 л/сек. Интересно озеро; длина его 35 м, ширина 12 м и глубина 3,5 м. Пол пещеры покрыт мощным слоем глины, галькой и глыбами породы. Натечные образования развиты слабо. Они представлены небольшими сталактитами, сталагмитами и бугристыми наростами. Общая протяженность пещеры 5500 м, глубина 170 м, объем 240 тыс. м<sup>3</sup>.

Кубинская пещера находится на левом берегу реки Бирюсы, в 2 км от ее устья. Она развита вдоль тектонических трещин в известняках нижнего кембрия. Вход в пещеру располагается на высоте 280 м над Енисеем.

Она начинается глубоким колодцем и представляет собой сложную систему вертикальных, горизонтальных и наклонных ходов. В пещере выделяется несколько гротов длиной до 100 и высотой до 40 м. Имеется несколько небольших озер, по дну одного из гротов течет ручей. Во многих местах развиты натечные образования самой разнообразной формы. Суммарная длина пещеры 2500 м, а глубина 274 м.

Торгашинская пещера находится в Давыдовом логу в 5 км от поселка Торгашино (в окрестностях Красноярска). Она развита в нижнекембрийских известняках и отличается сложным строением. Вход в пещеру представляет колодец глубиной 40 м. Самый крупный грот Мышинный достигает 85 м длины и 25 м ширины. Общая длина пещеры 1500 м, глубина 174 м.

Интересны также пещеры Белая и Темная, выработанные в конгломератах ордовика. Они расположены близ поселка Степной Баджей и характеризуются большой разветвленностью ходов. Наиболее крупная Белая пещера достигает 900 м длины и 100 м глубины.

В пределах Минусинской провинции карстовые пещеры отмечены в Солгонском и Батеневском краях, где описано более 50 подземных полостей. Наиболее крупные из них Бородинская (длина 1020 м), Таможенская (350 м), Октябрьская (длина более 200 м, глубина 71 м), Демидовская (160 м) и Биджинская (150 м).

Пещера Бородинская расположена в восточной части Батеневского края в бассейне реки Кокса (левый приток Енисея). Вход в нее находится на склоне узкого ущелья, пересекающего известняковую гряду. Он представляет собой колодец глубиной 6 м, который ведет в широкую и высокую (до 5 м) галерею, полого понижающуюся в глубь пещеры. Недалеко от входа располагается мощный ледник, спускающийся ледопадом по наклонному полу. В пещере выделяется восемь гротов (рис. 26). Наиболее крупные из них Грандиозный, Храмовый и Блужданий. Длина грота Грандиозного 160 м, ширина 50 м и высота до 20 м. Пол пещеры покрыт глиной и завален глыбами известняка, на которых располагаются сталагмиты. Самый крупный сталагмит Верхняя Пагода, расположенный в гроте Храмовом, достигает 5 м высоты и 1,5 м в диаметре. На потолке некоторых гротов развиты небольшие сталактиты. Ослепительной белизной сверкает

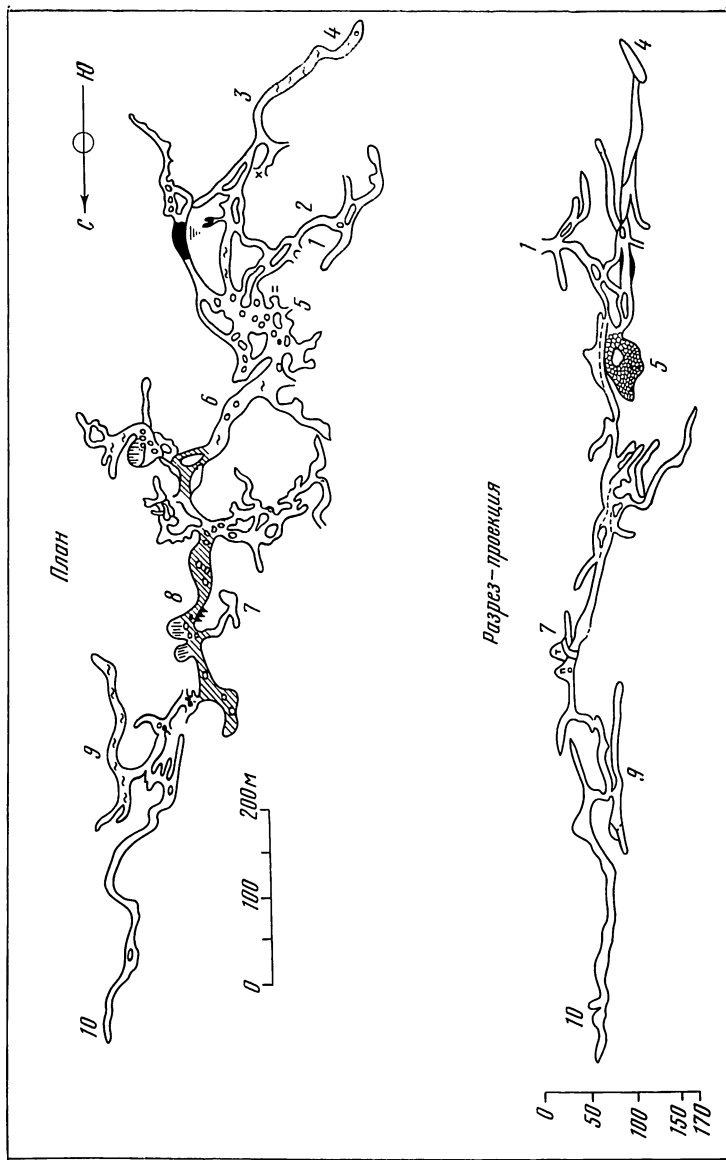


Рис. 25. Пещера Баджейская (по Ж. Л. Цыкной и Р. А. Цыкнуну)

1 — вход; 2 — грот Весны; 3 — грот Динозавра; 4 — грот Медвежий; 5 — грот Львиный; 6 — грот Бродвей; 7 — грот Экватор; 8 — грот Обвальный; 9 — грот Охотный Ряд; 10 — грот Большой Глыбы

натечная драпировка в северной части грота Грандиозного. Здесь же найден пещерный жемчуг. В некоторых гротах отмечены органнне трубы. Общая длина пещеры 1020 м, глубина 60 м, объем 12 тыс. м<sup>3</sup>.

**Среднесибирская** спелеологическая страна включает Среднесибирское плоскогорье, Северо-Сибирскую низменность, горы Быранга.

Карстовые пещеры наиболее широко развиты в южной части территории, которая выделяется в качестве Ангаро-Ленской спелеологической провинции, входящей в Лено-Енисейскую область. Здесь выявлено более 80 пещер. Наиболее крупные и известные среди них Худугунская (длина 3000 м), Балаганская (1200 м), Большая Нижнеудинская (550 м) и Малая Нижнеудинская (160 м).

Худугунская пещера находится на левом берегу реки Ангары, близ города Черемхово. Она сформировалась в известняках нижнего кембрия. Пещера имеет несколько небольших гротов, от которых в разные стороны отходят прямые и длинные коридоры. Все ходы и гроты этой пещеры приурочены к тектоническим трещинам северо-западного и северо-восточного простирания. Общая длина пещеры 3000 м (рис. 27).

Балаганская пещера размещается на левом берегу реки Ангары, в 10 км к юго-западу от Балаганска. Она образовалась в гипсах и ангидритах кембрийского возраста, содержащих прослой карбонатных пород. Общая длина подземных галерей пещеры, расположенных на четырех гипсометрических уровнях, составляет 1200 м. Разница по высоте между верхним и нижним этажами достигает 37 м. Гроты и проходы имеют преимущественно северо-западное и северо-восточное направления, что связано с особенностями тектонической трещиноватости горных пород (рис. 28). Наиболее крупный грот Большой, находящийся на уровне третьего этажа, достигает 60 м длины, 7 м ширины и 8 м высоты. По своему строению пещера относится к типу мешкообразных, поскольку большая часть ее находится ниже входа. Это определяет сильное переохлаждение пещеры в зимнее время года и широкое распространение ледяных образований. Последние представлены сталактитами, сталагмитами, кристаллами и покровным льдом. Особенно красивы кристаллы. Срастаясь, они образуют агрегаты шестигранной формы обычно со спиралеобразным завитком. Встречаются также

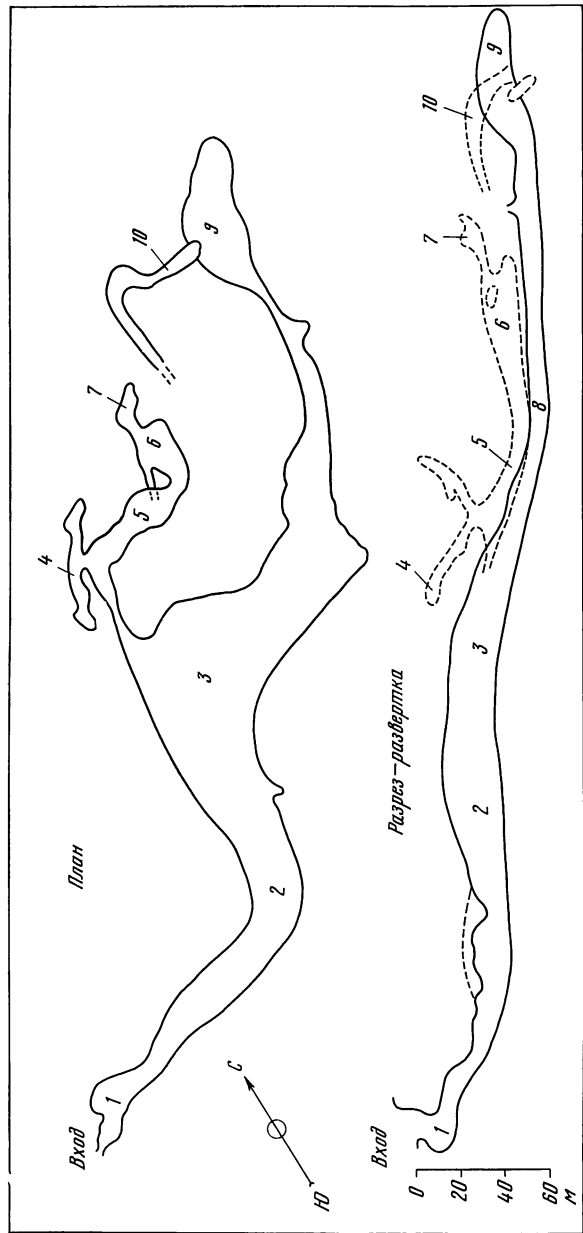
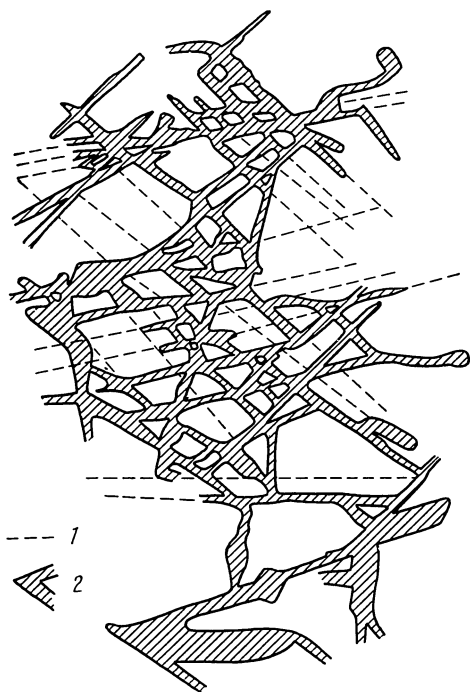


Рис. 28. Пещера Бородинская по (по Ж. Л. Цыкиной). Пунктиром показаны полости, расположенные за плоскостью чертежа

1 — грот Светлый; 2 — грот Храмовый; 3 — грот Грандиозный; 4 — грот Жаннм; 5 — грот Ожидания; 6 — грот Дальний; 8 — грот Сухого Древа; 8 — ход Поклонов; 9 — грот Блужданий; 10 — ход Встречный

Рис. 27. План Худугунской пещеры (по Н. И. Соколову)

1 — основные зияющие трещины; 2 — полости всех этажей



пирамидальные спирали-бокалы, основание которых в отдельных случаях достигает 15 см. Наиболее интенсивно кристаллы формируются в весенне-летний период, когда ими почти сплошь покрываются стены и потолок пещеры. Сталактиты и сталагмиты сравнительно небольшие. Длина их обычно не превышает 1 м, а толщина 0,15 м. Мощность покровного льда изменяется от 0,05 до 0,3 м. Температура воздуха в большей части пещеры колеблется от  $-1$  до  $-4^{\circ}$ . Лишь в некоторых галереях третьего этажа она положительная ( $2^{\circ},5$ ). Общий объем пещеры 4800 м<sup>3</sup>, причем объем грота Большого около 2000 м<sup>3</sup>.

Интересна Коршунихская естественная шахта, расположенная в долине реки Коршунихи (бассейн реки Илим). Глубина ее 133 м.

**Байкало-Становая** спелеологическая страна, охватывающая Прибайкалье, Забайкалье, Становой хребет и хребет Джугджур, подразделяется на несколько спелеологи-



ческих областей. Карстовые пещеры наиболее широко распространены в Байкальской, Забайкальской и Джугджурской областях.

В пределах Байкальской области описано свыше 50 карстовых пещер. Наиболее известна среди них пещера Института Географии Сибири, сравнительно недавно открытая Иркутскими спелеологами.

Пещера протяженностью 870 м расположена в западных предгорьях Приморского хребта в бассейне реки Анги. Она образовалась в дислоцированных мраморизованных известняках вдоль тектонических и литогенетических трещин. Вход в пещеру находится на дне карстовой воронки. Пещера представляет собой систему ходов и гrotов, приуроченных к двум гипсометрическим уровням, разность высот между которыми достигает 8—14 м. Наиболее крупный грот Центральный достигает 90 м длины и 20 м ширины. Натечные образования представлены сталактитами, сталагмитами и драпировками. Сталагмит в проходе Метрополитен имеет высоту около 3 м и диаметр 4,9 м. В ближней части пещеры отмечен фирновый лед и ледяные сталагмиты. Температура воздуха 4°, влажность 76—88%. Встречаются одиночные экземпляры рукокрылых: усатая ночница, северный кожан.

Среди карстовых пещер Забайкальской спелеологической области выделяются Лургиканская и Соктуйская в Олекмо-Шилкинской провинции.

Лургиканская пещера находится на левом берегу реки Лургикан (приток реки Шилки). Она образовалась в известняках, слагающих невысокое поднятие. Пещера состоит из двух больших гrotов. Один из них имеет длину 120 м, другой — 60 м. Ширина гrotов достигает 25 м, а высота — 15 м. Пол пещеры завален каменными глыбами. У входа в пещеру зимой появляются ледяные образования.

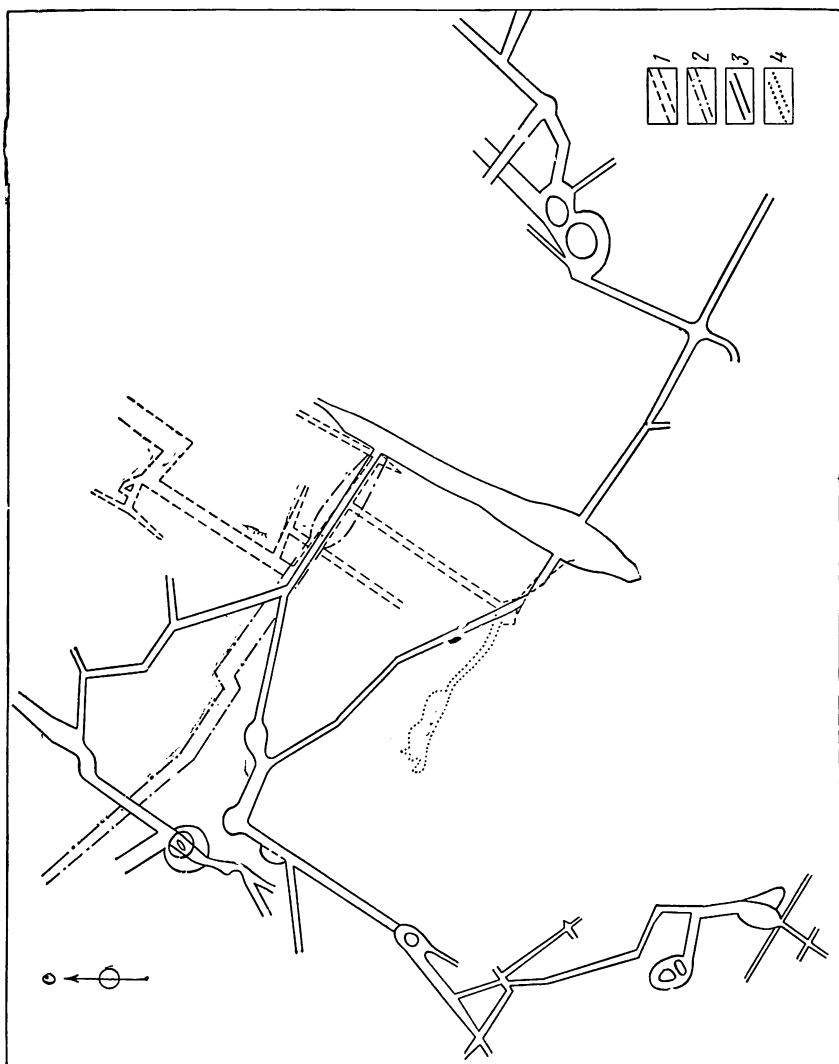
Соктуйская пещера, расположенная в северных отрогах Аргунских гор, в 16 км к югу от деревни Соктуй-Милозан, образовалась в мраморизованных известняках. Пещера представлена пятью гrotами, соединенными узкими проходами. Длина гrotов достигает 22 м, а высота 16 м. Пол во многих местах завален крупными глыбами породы. Пещера отличается относительной сухостью. Общая длина ее 130 м.

В Джугджурской спелеологической области описано

Рис. 28.  
План  
Балаганской  
пещеры  
(по Г. П. Во-  
логодскому)

Ходы:

- 1 — первого  
этажа;
- 2 — второго  
этажа;
- 3 — третьего  
этажа;
- 4 — подваль-  
ного этажа



шесть карстовых пещер. Наиболее крупная из них Абогдыже, находящаяся на левом берегу реки Май в кембрийских известняках. Она представлена пятью гротами, расположенными на различной высоте и соединенными невысокими проходами. Пол и потолок ее украшают ледяные сталактиты и сталагмиты. В пещере три озера, одно из которых незамерзающее.

Дальневосточная спелеологическая страна располагается на крайнем юго-востоке Советского Союза. В ее пределах выделяются две области: Приамурская и Приморская.

В Приамурской спелеологической области подземные карстовые полости особенно широко развиты в Хинганно-Буреинской провинции, где описано 32 пещеры, в том числе Ледяная (длина 120 м) и шахта Дитурская (глубина 75 м).

Приморская область подразделяется на две спелеологические провинции: Северо-Сихотэ Алинскую и Южно-Сихотэ-Алинскую, граница между которыми проходит по рекам Бикан и Нахтахе.

В Северо-Сихотэ-Алинской провинции, занимающей Северное Приморье, описано около 10 небольших карстовых пещер, которые находятся южнее города Вяземского и в бассейне реки Долми (правый приток реки Матай).

В Южно-Сихотэ-Алинской спелеологической провинции довольно широко распространены карстовые пещеры. В настоящее время здесь исследовано около 70 пещер и естественных шахт. Наиболее крупные из них Приморская (Приморский Великан, длина 800 м), Спасская (760 м), Мокрушинская (150 м) и Приисковая (120 м). Особый интерес представляет шахта Белая глубиной 100 м, расположенная недалеко от бухты Ольга.

Предлагаемую трехступенчатую схему районирования пещер Советского Союза, представляющую собой первый опыт такого рода исследований, необходимо рассматривать как предварительную, поскольку она не только не исчерпывает возможностей более подробного расчленения территории, но и нуждается в уточнении границ выделенных спелеологических регионов разного таксономического ранга.

## ПОДЗЕМНЫЕ ЛАНДШАФТЫ

Пещеры — это сложные подземные природные комплексы, особые географические ландшафты (Семенов-Тянь-Шанский, 1928; Гвоздецкий, 1954; Гергедава, 1968, 1973), развитые в земной коре и ограниченные естественными рубежами подземных полостей. Подземные природные комплексы тесно связаны с наземными. Между ними осуществляется постоянный обмен минеральными и органическими веществами. Важную роль в этом играют поступающие в пещеры карстовые воды и циркуляция воздуха. Изучение подземных ландшафтов и отдельных их компонентов позволяет с наибольшей глубиной восстановить историю эволюции современных природных комплексов.

Своеобразие подземных географических ландшафтов обусловлено сложным сочетанием и взаимодействием морфологических, климатических, гидрологических и биогеографических факторов.

**Морфология пещер.** Набор и своеобразие компонентов подземных ландшафтов в значительной мере определяются морфологией пещер. Характерной особенностью морфологического строения пещер является чередование относительно узких и низких проходов с широкими и высокими гrotами. Последние обычно приурочены к участкам наибольшей тектонической трещиноватости и к местам развития химически чистых карстующих пород. В отдельных случаях гrotы достигают громадных размеров. Так, например, площадь пола гrotа Грузинских Спелеологов Анакопийской пещеры составляет 10 635 м<sup>2</sup>.

Морфологические особенности подземных гrotов и соединяющих их ходов в значительной мере определяются тектонической и литогенетической трещиноватостью горных пород, которая обуславливает форму поперечного сечения и рисунок планового расположения карстовых

полостей. Связь планового изображения пещер с системами тектонической трещиноватости особенно хорошо иллюстрируется на примере Оптимистической, Озерной, Крывченской, Худугунской и многих других пещер. Существенное влияние на своеобразие подземных форм нередко оказывают литология и гидрологические условия.

Для многих пещер характерны органнотрубные, мешкообразные ходы, эллипсоидные углубления и карры.

Органнотрубы, или каминны, — это вертикальные колодезобразные полости, расширенные в нижней части и суженные вверху. Они являются обычно продолжением понор, развитых на дне воронок, расположенных на поверхности карстующегося массива. Диаметр органнотрубных труб изменяется от 0,2 до 6 м и более. Под ними почти всегда находятся земляные осыпи. Особенно широко распространены органнотрубы в Кунгурской ледяной пещере. Здесь их насчитывается 31. В некоторых пещерах органнотрубы прорезают всю кровлю, и через них проникает дневной свет.

Особенно интересны эллипсоидные углубления на потолке некоторых пещер, образующиеся в местах соединения подземных потоков с водами, подходящими сверху. Эти углубления обязаны своим происхождением так называемой коррозии смешивания. На внутренней закругленной поверхности их всегда видна трещина, направление которой совпадает с длинной осью эллипса. Сущность коррозии смешивания впервые была объяснена советскими исследователями А. Н. Бунеевым и Ф. Ф. Лаптевым, которые доказали резкое увеличение агрессивности подземных вод, содержащих угольную кислоту при их смешивании. Этот процесс имеет важное значение для развития глубинных карстовых форм на участках пересечения тектонических и литогенетических трещин. С ним связаны своеобразные эллиптические ходы, мешкообразные ходы и полости коррозионного размыва. Последние формы отмечены, например, в Наволишенской пещере, расположенной в долине реки Хосты на Кавказе.

Большой интерес представляют карры на потолке и стенах пещер. Они связаны с выщелачиванием карстующихся пород инфильтрационными и конденсационными водами. Карры имеют вид ячеек или бороздок, разделенных острыми гребешками. Оригинальны колоколообразные карры, формирующиеся в потолке известняковых

пещер. Эти формы, по мнению некоторых исследователей, являются результатом растворяющего действия агрессивных карстовых вод, находящихся под давлением.

**Климатические условия** пещер характеризуются своеобразными микроклиматическими условиями, зависящими преимущественно от географического положения пещеры и ее морфологического строения.

Состав воздуха пещер изучен еще недостаточно. Однако проведенные исследования показали, что воздух пещер несколько отличается от атмосферного воздуха. Так, в большинстве исследованных пещер Крыма содержание углекислого газа оказалось 0,3—0,5%, т. е. в 10—15 раз выше, чем в атмосферном воздухе. В отдельных карстовых полостях Крыма (шахты Бездонная, Ход Коном, Молодежная и Профсоюзная) концентрация углекислого газа в воздухе достигает 5—7%. Основным источником углекислоты в карстовых полостях являются инфильтрационные воды, которые обогащаются углекислотой при просачивании через почвенный покров. Повышенное содержание углекислого газа связано также с протекающими в пещерах окислительными процессами (разложение органических веществ). Кроме того, в воздухе карстовых полостей Горного Крыма отмечается повышенное содержание азота, что может быть объяснено подтоком в них сухих струй газа азотно-углекислого, а иногда азотно-метанового состава из глубинных частей Земли в зонах крупных тектонических нарушений.

Температура воздуха карстовых пещер изменяется в значительных пределах, хотя преобладает низкая положительная температура. Температура воздуха пещер зависит от их морфологических особенностей, размеров, глубины залегания, положения входа к господствующим ветрам и климатических условий территории. Если пещера небольшая и обмен воздуха в ней происходит непрерывно, то температура воздуха пещеры почти не отличается от температуры наружного воздуха. В слепых наклонных пещерах, полости которых находятся выше входа, всегда наблюдаются высокие температуры воздуха, а если ниже, то низкие, поскольку здесь застаивается холодный воздух. На температуру воздуха вертикальных полостей существенно влияют размеры входа и их морфологическое строение. В колодцах с широким входом и прямым стволом воздух всегда холоднее, чем

в полостях такой же глубины, но имеющих узкий вход и несколько уступов.

Влияние морфологического строения на температурный режим подземных полостей хорошо иллюстрируется на примере Серпиевской пещеры (длина 170 м), расположенной на западном склоне Южного Урала. При температуре наружного воздуха  $22^{\circ},5$  в ближней части пещеры, характеризующейся некоторым понижением дна, отмечена температура воздуха  $2^{\circ}$ , в средней (наиболее низкой) —  $2^{\circ}$ , а в дальней, где пол резко поднимается вверх,  $12^{\circ}$ . Таким образом, на расстоянии 85 м в связи с морфологическими особенностями строения пещеры температура воздуха изменяется на  $14^{\circ}$  (от  $-2$  до  $12^{\circ}$ ).

Крупные пещеры по температурному режиму подразделяются обычно на две части. В привходовой части температура воздуха в течение года подвержена значительным колебаниям. Дальние же части пещеры характеризуются сравнительно постоянной температурой воздуха в разные сезоны года. Интересна в этом отношении Кунгурская ледяная пещера. В ближних гротах ее температура изменяется от  $-17$  до  $1^{\circ}$ , что вызывает появление здесь ледяных образований, сохраняющихся круглый год. В большей части пещеры отмечается постоянная температура воздуха  $4,8-5^{\circ},2$ . По особенностям температурного режима карстовые пещеры подразделяются на теплые (температура воздуха в этих пещерах выше среднегодовой данной местности), умеренные (температура воздуха равна среднегодовой) и холодные (температура воздуха ниже среднегодовой температуры поверхности).

Пещеры характеризуются высокой относительной влажностью воздуха, которая обычно составляет 98—100%. Влажность воздуха подвержена сезонным колебаниям. Так, в Бриллиантовом гроте Кунгурской ледяной пещеры влажность воздуха осенью составляет всего 67%, тогда как зимой она поднимается до 95%.

Уже давно было подмечено, что между подземным и наружным воздухом существует постоянный обмен. Исследования, проведенные в Крымских пещерах, показали, что скорость воздухообмена в подземных полостях Крыма изменяется от одного раза в пять дней (в пещерах со снегом) до 157 раз в сутки (в узких грещиннообразных шахтах), причем средняя интенсивность воздухообмена

для всей главной гряды Крымских гор составляет 14 раз в сутки. Следовательно, воздух в течение суток возобновляется многократно. Скорость и направленность воздушного потока пещер определяются различиями в плотности наружного и подземного воздуха, а также особенностями морфологического строения полостей. Важную роль играют также карстовые реки, увлекающие за собой воздух при инфлюации в подземные полости, и наружный ветер.

Для горизонтальных карстовых пещер характерно сезонное изменение в циркуляции воздушного потока. Зимой, когда температура наружного воздуха значительно ниже температуры подземного, наблюдается движение холодного воздуха внутрь пещеры. При этом более теплый пещерный воздух по трещинам и органам трубам вытесняется из пещеры. При выходе на поверхность Земли на морозе он превращается в ледяные кристаллы, образуя струю «морозного тумана». В теплое время года, наоборот, холодный подземный воздух выходит из нижних горизонтальных галерей наружу, при этом по вертикальным полостям и трещинам в пещеру поступает более теплый наружный воздух (рис. 29), который в подземных галереях постепенно охлаждается, определяя высокую влажность воздуха, достигающую иногда 100%. При конденсации водяных паров выделяется значительное количество тепла, что обуславливает повышение температуры воздуха пещер. Скорость воздушного потока определяется разностью температур между наружным и пещерным воздухом. Весной и осенью, когда температура наружного и подземного воздуха примерно одинакова, движение воздуха в пещерах сильно ослабевает, а иногда на непродолжительный период (7—14 дней) вообще прекращается. В Кунгурской ледяной пещере воздух движется в среднем 182 дня в пещеру и около 170 дней — из пещеры. В середине апреля и в начале октября в течение 7—10 дней движение воздуха отсутствует.

Наклонные пещеры характеризуются иными условиями циркуляции воздуха. Наклонные пещеры, замкнутый конец которых находится выше входа, являются теплыми. Летом теплый воздух движется в пещеру и нагревает ее, а зимой движение воздуха в пещере отсутствует, поскольку холодный более плотный воздух не может подняться вверх и вытеснить более теплый пещерный



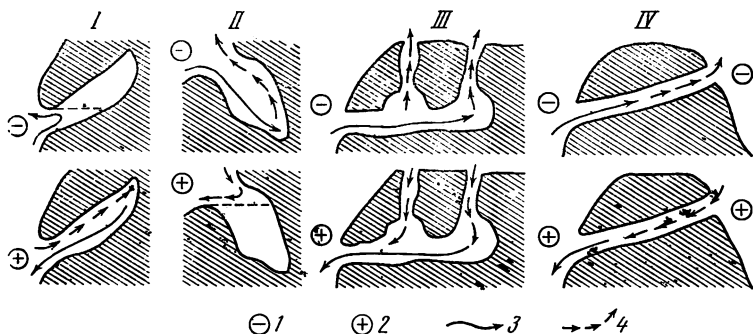


Рис. 29. Схемы движения воздуха в карстовых пещерах (по Г. А. Максимовичу)

*I* — мешкообразная теплая; *II* — мешкообразная холодная; *III* — ветровая; *IV* — проходная

*1* — зимой; *2* — летом; *3* — направление холодного воздуха; *4* — направление теплого воздуха

воздух. Напротив, наклонные, мешкообразные пещеры, идущие вниз от входа, холодные. В зимнее время года, когда холодный воздух полностью вытесняет теплый воздух, они сильно переохлаждаются. Летом движение воздуха в них прекращается, так как теплый воздух не может попасть в пещеру. Аналогичные условия создаются и в вертикальных пещерах — шахтах.

Таким образом, движение воздуха в пещере, определяемое разностью в плотности наружного и подземного воздуха, обуславливается особенностями морфологического строения пещеры. Мы рассмотрели лишь наиболее типичные случаи. Разумеется, существует много других вариантов. В крупных сложно построенных пещерах отдельные части могут характеризоваться своим, резко отличным от соседних, типом циркуляции. В этой связи на основе учета динамики воздуха в крупных пещерах выделяются динамические и статические микроклиматические зоны.

Наряду с сезонными колебаниями наблюдаются и суточные. Так, скорость воздушного потока у входа в Кунгурскую пещеру в июле ночью составляет 2,2, а днем — 5,1 м/сек, что связано с изменением температуры наружного воздуха. Скорость движения воздушного потока в вертикальных пещерах невелика. Так, в небольшой по

величине шахте Крыма средняя скорость его, по данным В. Н. Дублянского и В. В. Илюхина (1971), составляет всего 0,006 м/сек.

Пещеры по особенностям изменения микроклимата подразделяются на три основных типа: динамические (характеризующиеся резкими изменениями метеорологических компонентов в течение коротких интервалов времени), статодинамические и статические (отличающиеся постоянством климатических условий на протяжении длительного времени).

**Реки и озера.** Подземная гидрографическая сеть, так же как на поверхности Земли, представлена реками и озерами. По дну многих пещер текут подземные реки, формируя иногда своеобразные долины, на склонах которых прослеживаются террасы. Это обычно небольшие потоки, лишь иногда достигающие значительных размеров. Наиболее крупные подземные реки отмечаются в пещерах Красная (Крым), Абрскила (Кавказ) и Шемахинская (Урал).

Подземные реки образуются в результате поглощения карстовыми формами и трещиноватыми породами поверхностных вод. Эти воды, собираясь в подземных каналах, формируют иногда стремительные потоки. Карстовые массивы, засушливые на поверхности, обычно на глубине содержат значительные запасы высоких по качеству вод, которыми питаются иногда крупные реки. Так, безводное Ай-Петринское плато является областью питания крупнейших рек Крымского полуострова — Бельбека и Черной.

Среди подземных карстовых рек Советского Союза наиболее детально исследована река Краснопещерная, протекающая по дну Красной пещеры. Летом и зимой расход ее составляет 0,01 м<sup>3</sup>/сек, а весной во время таяния снега — 6 м<sup>3</sup>/сек.

На многих подземных реках отмечаются водопады, достигающие иногда высоты 3—6 м и более.

Из пещеры Абрскила вытекает речка Ачхитизго, средний расход которой составляет 0,25 м<sup>3</sup>/сек (в 2,5 раза больше Краснопещерной реки). Химический состав подземных рек преимущественно гидрокарбонатно-кальциевый и сульфатно-кальциевый.

Большой интерес представляют подземные озера. По происхождению выделяется несколько типов подземных

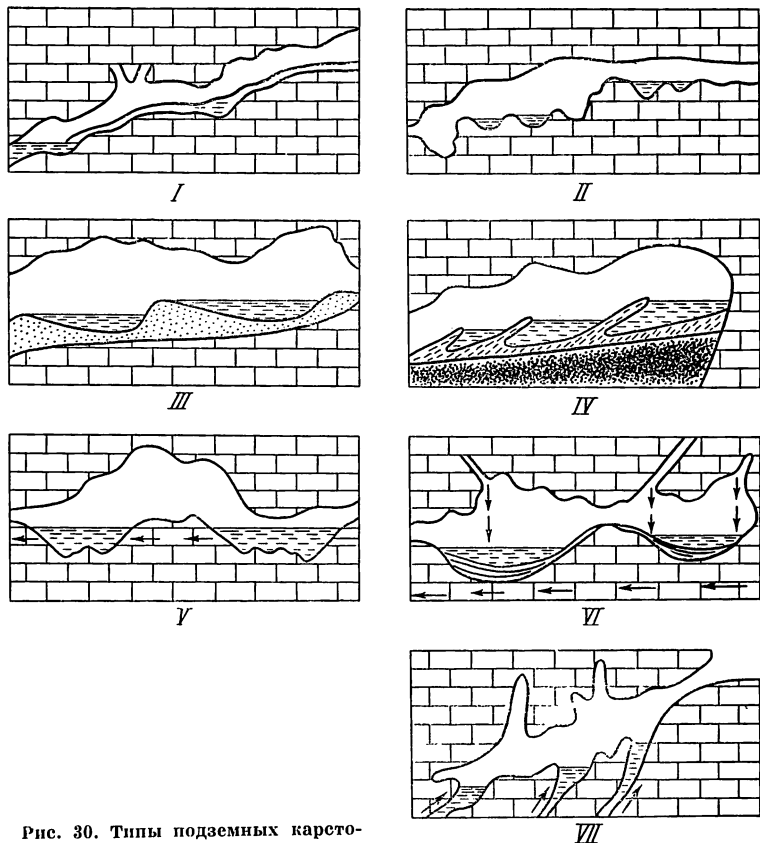


Рис. 30. Типы подземных карстовых озер (по Г. А. Максимовичу)

*I* — эвормионные проточные; *II* — коррозионные котловинные; *III* — плотинные проточные; *IV* — плотинно-натечные проточные; *V* — подземно-проточные; *VI* — котловинно-аккумулятивные; *VII* — минеральные озера, питающиеся восходящими водами

озер, которые связаны с определенными стадиями развития пещер. На ранних стадиях формирования пещеры образуются эвормионные, коррозионные и плотинные проточные озера. Последние создаются обвалами кровли, аккумуляцией на отдельных участках песчано-глинистых отложений и карбоната кальция, образующих запруды. На более поздних стадиях развития пещеры отмечаются

подземно-проточные и непроточные котловинно-аккумулятивные озера. Котловинно-аккумулятивные озера образуются за счет скопления инфильтрационной воды в углублениях, выполненных глинистым материалом. Они не связаны с подземным потоком и друг с другом и могут находиться на различных гипсометрических уровнях (рис. 30).

Подавляющее число подземных озер имеет небольшие размеры. К наиболее крупным относится озеро Большое Кунгурской пещеры, площадь которого 1300 м<sup>2</sup>. Площадь озера Анатолия в гроте Абхазия Анакопийской пещеры в 1961 г. превышала 1000 м<sup>2</sup>.

Уровень воды в подземных озерах подвержен сезонным колебаниям и нередко связан с уровнем (особенно на равнинах) близлежащей реки. В отдельных случаях амплитуда колебания достигает больших значений (17—35 м в Анакопийской пещере). Изменение уровня озер определяет не только величину площади озера, но и их количество. Так, в Озерном гроте Кунгурской ледяной пещеры в зависимости от уровня воды образуется либо одно озеро, либо 12.

Температура воды в подземных озерах определяется характером местного климата и особенностями морфологического строения пещеры. Во многих озерах температура воды в течение всего года почти постоянная: изменяется лишь в пределах десятых долей градуса.

Подземные озера Советского Союза по химическому составу воды подразделяются на две основные группы: гидрокарбонатно-кальциевые (с минерализацией до 550 мг/л), приуроченные к известняковым пещерам, и сульфатно-кальциевые (с минерализацией до 1250 мг/л и больше), развитые в гипсовых полостях.

Особую группу составляют подземные минеральные озера, питающиеся водами, поступающими снизу. К таким озерам относится, например, озеро Кюу в Бахарденской пещере (Средняя Азия). Длина его 72 м, ширина 30 м, а глубина 12 м. Вода сульфатно-натриево-хлоридно-кальциевого состава с запахом сероводорода. Наличие сероводорода в воде озера определяется, очевидно, биохимическими процессами восстановления сульфатов в анаэробных условиях, протекающих под влиянием сульфатредуцирующих микроорганизмов. Минерализация воды 2858 мг/л. Уровень воды озера зимой снижается, а летом

повышается. Однако годовая амплитуда колебания не превышает 10—15 см. Температура воды в озере 34° (зимой) и 37° (летом).

**Почвенный покров** в пещерах отсутствует. Лишь в привходовых частях некоторых пещер, развитых в известняках и доломитах, отмечены небольшие участки перегнойно-карбонатных почв.

**Растительность пещер** является важным составным компонентом подземного ландшафта. Между тем изучению пещерной растительности до последнего времени почти не уделялось никакого внимания. Имеющиеся по этому вопросу сведения весьма скудны. Известно, что зеленые растения проникают в пещеру лишь до определенных пределов, при этом у них меняется анатомическая структура листа, хлорофилл смещается к краям листьев. Растения, попавшие в полную темноту, совершенно теряют хлорофилловые зерна. Островки таких травянистых альбиносов отмечены на глинистом грунте в Анакопийской пещере. Интересные исследования в этом отношении проведены Леммермайером. В одной из пещер Штейрмарке (Альпы), имеющей глубину 117 м, им было найдено 34 вида злаковых, 4 вида папоротников и 7 видов лиственных мхов.

В глубинных частях пещер встречаются автотрофные бактерии, которые, используя углекислоту минеральных соединений, создают органическое вещество. На помете летучих мышей развиваются мицелии грибов.

**Животный мир пещер.** Низкие температуры, высокая влажность воздуха и отсутствие света определили особый комплекс пещерной фауны. Эта фауна, занимающая значительную часть литосферы, весьма специфична и достаточно богата по числу видов.

Пещерные животные по условиям и характеру обитания подразделяются на три основные группы: троглобионты — типично пещерные обитатели; троглофилы — животные, предпочитающие жить в пещерах, но встречающиеся и на поверхности Земли, и троглоксенты — случайные посетители пещер.

Особый интерес представляют троглобионты. Эти животные лишены органов зрения и почти бесцветны. Глаза у них в условиях полной темноты редуцировались, зато значительное развитие получили органы осязания и обоняния. В жизненных циклах многих пещерных животных

отсутствует сезонная периодичность. Так, на раковинах моллюсков нет годовых колец, что указывает на непрерывный рост их в течение всего года. Лишь в сильно обводняемых пещерах у некоторых водных животных наблюдаются сезонные особенности роста и размножения. Это связано с изменением уровня воды, а следовательно, с изменением обилия и состава пищи. Троглобионты приспособились к высокой влажности воздуха. Многие наземные животные (пауки, многоножки, мокрицы) могут длительное время ползать по дну водоемов, а обитатели вод нередко выходят на сушу.

Пещерные животные питаются в основном бактериями, плесневыми грибами, пометом летучих мышей, органическими остатками, принесенными в пещеру водой. Среди них есть и хищники.

Среди троглобионтов много реликтовых форм. В периоды великих оледенений эти животные ушли в пещеры и на протяжении многих тысячелетий почти не изменились. Изучение их позволяет точнее восстановить отдельные звенья эволюции животного мира нашей Земли.

Животные пещер Советского Союза принадлежат к самым различным группам животного мира. Наибольшее число троглобионтов представлено Foraminifera (15 видов), Copepoda (29), Asellota (9), Oniscoidea (10) и Amphipoda (51 вид). В настоящее время на территории Советского Союза известно 462 вида пещерных животных, из них 183 вида троглобионтов. Это в основном обитатели вод. Сухопутных форм сравнительно немного, что связано, очевидно, с особенностями геологического развития территории и прежде всего неблагоприятным влиянием четвертичных оледенений.

Лучше всего исследована фауна пещер южного склона Большого Кавказа. Здесь в пещерах Воронцовской, Ахунской, Ново-Афонской, Анакопийской, Адзаба, Цебельдинской и Нижней Шакуранской найдены такие типичные троглобионты, как планктонные циклопы (*Parascyclops fimiratus* S. Lat., *P. fimbriatus* f. *umminuta*, *Cyclops strenuus* Fisch. S. Pat., *Acanthocyclops vernalis* Fisch.), десятиногий трихонискус (*Triconiscus*), креветка (*Troglocaris schmidtii fagei*. Birst.), лже-скорпионы (*Blothrus* sp.), жужулицы (эти троглобионты-жуки представлены в Воронцовской пещере видом *Ieannelius Birsteini Liob.*, в Анакопийской — видом

*I. gloriosus* sp., а в Цебельдинской и Нижней Шакуранской — видом *I. magnificus* Kurn), пауки (*Meta bourneti* Sim., *Nesticus zaitzevi* Char.)

По особенностям распространения и истории развития пещерной фауны в пределах Советского Союза выделяются две широтные зоны: северная умеренная, охватывающая Центральную Россию, Урал, Сибирь, и южная умеренная, включающая Крым, Кавказ, юго-восток Русской равнины, Среднюю Азию и Дальний Восток. Северная зона характеризуется необычайно бедной и однообразной спелеофауной, представленной исключительно водными троглобионтами, имеющими весьма широкое распространение, что снижает их индикационную значимость. Существенное влияние на эволюцию этого фаунистического комплекса оказали покровные оледенения, создавшие крайне неблагоприятные условия для формирования и сохранения пещерной фауны. Южная зона отличается значительным богатством и разнообразием пещерных животных, которые по генетическим связям с центрами формирования спелеофауны подразделяются на два зоогеографических комплекса — средиземноморский и восточноазиатский (Левушкин, 1965). Троглобионты южной зоны представлены как водными, так и сухопутными видами.

Среди троглофилов особенно интересны летучие мыши, встречающиеся почти во всех пещерах СССР. Зиму летучие мыши проводят в глубоком сне, повиснув на потолке или стенах пещер. Они могут спать при температуре не ниже 2°, лишь ушаны и северные кожанки выдерживают холод до —4°. Своеобразие зимнего сна летучих мышей заключается в быстром переходе животных из состояния оцепенения к активности и обратно. Достаточно легкого шума или яркого света, как зверек просыпается и улетает. Как показали наблюдения, зимний сон летучих мышей регулярно прерывается кратковременными периодами бодрствования, причем к весне случаи просыпания животных учащаются. Весной первыми просыпаются и покидают пещеру самки, а затем примерно через месяц вылетают самцы. Летом некоторые летучие мыши продолжают жить в пещере, а другие улетают за много десятков километров от зимнего убежища. Замечательным свойством летучих мышей является способность «видеть» в темноте. Эта способность основывается на ультразвуковом зондировании.

В пещерных отложениях, в воде и в воздухе подземных полостей отмечены микроорганизмы. Так, в 1 г глины в разных гротах Кунгурской ледяной пещеры содержится от 10 тыс. до 500 тыс. микробов, т. е. в 1000 раз меньше, чем в 1 г почвы на поверхности Земли. Больше всего бактерий содержится во влажных подземных илах. В воде и в воздухе пещер, особенно зимой, микроорганизмов также очень мало. Содержание микробов в воздухе Кунгурской пещеры в разных ее частях изменяется от 140 до 6020 в 1 м<sup>3</sup>. Следовательно, по содержанию бактерий пещерный воздух приближается к чистому воздуху лесов и верхних слоев атмосферы (Максимович, 1963).

Фаунистические исследования пещер имеют не только большое научное, но и важное прикладное значение. Развиваясь в условиях значительной изоляции, пещерные животные выступают надежным индикатором определенных физико-географических, геологических и гидрогеологических условий. В частности, строгая приуроченность троглобионтов к обособленным бассейнам подземных вод позволяет по эндемичным формам устанавливать гидрогеологические связи между отдельными системами подземных полостей.

Анализ отдельных компонентов подземных ландшафтов показывает их большое разнообразие, значительную изменчивость и сложное структурное сочетание. Это определяет своеобразие пещерных комплексов, их индивидуальность. В то же время подземные комплексы имеют много общего и могут быть объединены в различные типы, закономерности распределения которых на земной поверхности еще недостаточно изучены.

Наибольшее значение в последние годы приобретают вопросы геохимии подземных карстовых ландшафтов, связанные с исследованием перераспределения минеральных веществ в карстующем массиве и особенно миграции микроэлементов.

Среди исследований, посвященных геохимии сульфатного карста, выделяется работа К. А. Горбуновой и А. М. Кропачева (1972). В ней рассматриваются особенности миграции стронция в районе Кунгурской пещеры, образовавшейся в нижнепермских гипсах и ангидритах, содержащих небольшие по мощности пачки доломитов и известняков. На основе спектрального анализа большого числа проб (196) установлено, что среднее содержание



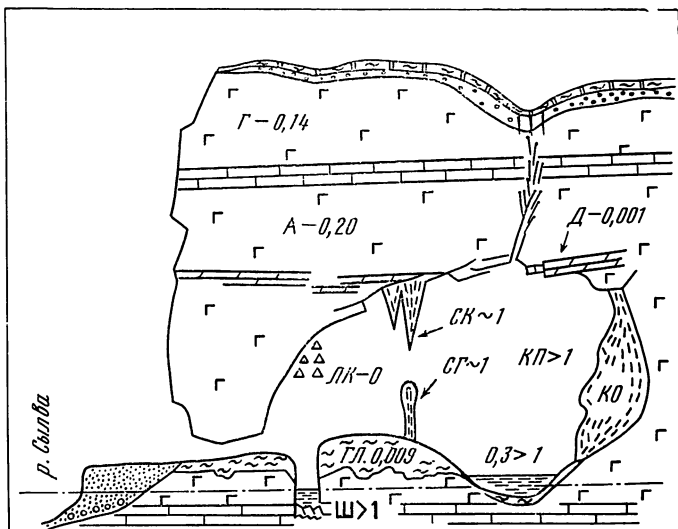


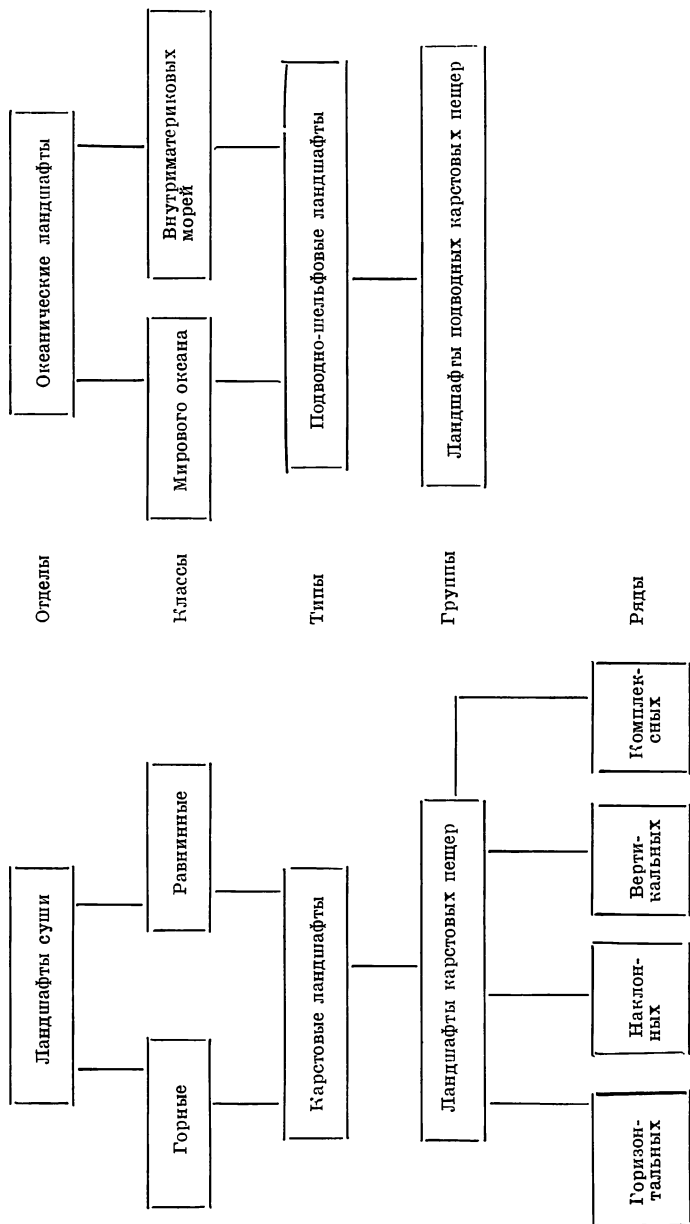
Рис. 31. Распределение стронция в подземном карстовом ландшафте Кунгурской пещеры (по К. А. Горбуновой и А. М. Кропачеву)

А — ангидрит; Г — гипс; ГЛ — пещерная глина; Д — доломит, КО — кора обледенения; КП — капель; ЛК — ледяные кристаллы; ОЗ — озеро; СГ — сталагмит; СК — сталактит; Ш — воды шурфа. Цифрами показано среднее содержание стронция (в %)

стронция в гипсах составляет (в %) 0,14, в ангидритах — 0,2, в доломитах — 0,001, в инфильтрационных водах, просачивающихся в пещеру через толщу сульфатных пород мощностью около 70 м, — более 1, в водах подземных озер — более 1 (от 1 до 3), в гидрогенных льдах (сталактиты, сталагмиты, покровный лед) — 1, в сублимационных льдах (ледяные кристаллы) — 0, в пещерной глине — 0,009, в хемогенных образованиях — 0,1.

Низкое содержание стронция в доломитах объясняется, очевидно, интенсивным выносом его из маломощных и значительно закарстованных прослоев и пачек карбонатных отложений, заключенных в сульфатную толщу. Обращает на себя внимание также невысокое содержание стронция (0,009%) в пещерных глинах, представляющих собой остаточный продукт выщелачивания

## Схема



Положение подземных карстовых комплексов в ландшафтной систематике Земли

карстующихся пород. Правда, по сравнению с глинами Дивьей пещеры, приуроченной к известнякам нижней перми, оно несколько выше (на 0,002%) что, вероятно, связано с наличием в глинах Кунгурской пещеры вторичных кристаллов гипса, содержание стронция в которых достигает 0,3%. В талой воде ледяных кристаллов стронций вообще не обнаружен.

Таким образом, подземные карстовые ландшафты, развивающиеся в условиях распространения сульфатных пород, характеризуются своеобразной геохимической обстановкой, отличающейся формированием сульфатных или сульфатно-кальциевых гидрохимических фаций (рис. 31), относительно обогащенных стронцием.

Карстовые ландшафты являются своеобразными физико-географическими комплексами. Специфику их составляют геологические, гидрогеологические, геоморфологические, гидрологические и биоклиматические особенности, что позволяет рассматривать карстовые ландшафты как особые типы географических ландшафтов. Исходя из общих закономерностей развития и распространения природных комплексов подземные карстовые ландшафты выделяются нами в качестве особых групп, которые в свою очередь подразделяются на типологические ряды (см. схему).

## ЗНАЧЕНИЕ ПЕЩЕР

Изучение карстовых пещер представляет большой научный и прикладной интерес. Спелеологические исследования позволяют глубже познать сложные и противоречивые карстовые процессы, без учета которых невозможно сколько-нибудь успешное решение многих народнохозяйственных задач в районах распространения легкорастворимых карбонатных и галогенных пород. Без всестороннего изучения особенностей карста значительно затруднено гидротехническое, промышленное, гражданское и транспортное строительство. С карстовыми пещерами связаны многие ценные полезные ископаемые. Нередко карстовые массивы обладают огромными запасами подземных вод, которые могут быть успешно использованы для водоснабжения промышленных и бытовых объектов, а также в сельском и лесном хозяйстве. Пещеры представляют большой интерес в геоморфологическом, гидрологическом, биоспелеологическом, археологическом и палеозоологическом отношениях. В последние годы они изучаются как особые природные ландшафты. Трудно переоценить значение пещер с точки зрения спелеотуризма.

В настоящей работе, разумеется, невозможно рассмотреть все стороны научного и прикладного значения пещер. Кратко остановимся лишь на некоторых из них.

Наличие подземных полостей и особенно крупных карстовых пещер является серьезным препятствием для гидротехнического строительства, поскольку создает условия для возможной сильной утечки вод из водохранилища. Это осложняет наполнение его до проектной отметки, а также ставит под угрозу разрушения построенную плотину. В практике гидротехнического строительства встречаются подобные явления. Так, в результате провала над карстовыми полостями под действием нагрузки сооружения была разрушена плотина Аустин в Техасе (США).

В Советском Союзе накоплен богатый опыт гидроэнергетического строительства в карстовых районах. Он основан на специальном инженерно-геологическом изучении закарстованных территорий и выявлении основных закономерностей развития карста. В некоторых случаях удается «уйти» от карста, т. е. так разместить гидросооружение (например, Куйбышевская ГЭС на Волге, Братская ГЭС на Ангаре и др.), чтобы карст не мог оказывать на него влияния. В других случаях приходится создавать плотины на закарстованных участках (Сызранская ГЭС, Павловская ГЭС на Уфе и др.). При этом для защиты от карста создаются сложные противофильтрационные бетонные завесы и проводится искусственный кольматаж карстовых полостей глинистым материалом. Это не только «пломбирует» существующие полости, но и препятствует дальнейшему развитию карста.

Предварительные спелеологические исследования имеют важное значение при выборе строительных площадок под промышленные и бытовые объекты, а также для проведения железных дорог и шоссе магистралей. Известны случаи, когда здания и различного рода строения разрушались в результате провалов над подземными пустотами. В связи с этим наибольшее внимание уделяется прогнозированию вероятности образования провалов. Особенно большие трудности создаются при прокладке железных дорог на участках распространения растворимых пород.

Карстовые пещеры осложняют проходку различных туннелей. Так, например, при строительстве железной дороги Рим—Неаполь (Италия) был пробит туннель через гору Монте-Орсо, сложенную закарстованными меловыми известняками. В связи с тем что он вошел в кровлю крупной карстовой пещеры (длина 70 м, высота 12 м), трассу пришлось перенести.

Особенный вред приносит карст горнодобывающей промышленности. Подземные карстовые полости способствуют усиленному притоку карстовых вод в горные выработки, что весьма осложняет эксплуатацию месторождений полезных ископаемых. Это отмечается на многих месторождениях Русской равнины, Урала, Казахстана и Сибири. Но, пожалуй, особенно водообильны шахты Кизеловского угленосного бассейна на Урале. Здесь приток карстовых вод в капитальные шахты в отдельных слу-

чаях может превышать 2500 м<sup>3</sup>/час. Естественно, такой большой приток воды сильно затрудняет эксплуатацию месторождения и требует больших затрат на установление мощных водоотливных средств. Особенно опасны внезапные прорывы воды, приводящие к обрушению кровли и затоплению горных выработок. Они отмечаются обычно в зонах тектонических нарушений, где развиты крупные подземные полости и пещеры. Применение передовых разведочных и дренажных скважин, а также других мероприятий позволяет в настоящее время успешно вести горные работы на месторождениях, расположенных в сильно закарстованных породах.

Пещеры представляют большой интерес в минералогическом отношении. В настоящее время в пещерах карбонатного карста найдено 83 вторичных минерала. Из них наиболее многочисленны группы фосфатов (27,71%), карбонатов (16,85%) и сульфатов (13,25%). Процессы аккумуляции минералов происходили или одновременно с формированием пещер (в условиях проникновения гидротермальных и других растворов), или после образования подземных полостей — на участках, где наблюдалась резкая смена факторов миграции химических элементов. В отдельных случаях концентрации рудных и нерудных минералов представляют промышленный интерес.

Иное происхождение имеют так называемые бобовые и карстовые железные руды, приуроченные к глубоким пещерам и естественным шахтам. Они связаны с процессами выщелачивания известняков, содержащих примеси. В Советском Союзе такие руды отмечены на Русской равнине и Урале.

Изучение подземных карстовых полостей представляет большой интерес в связи с приуроченностью к ним залежей нефти и газа. К сожалению, долгое время исследователи и эксплуатационники недооценивали роль карста в образовании продуктивных карбонатных коллекторов и не связывали залежи нефти с карстовыми пустотами. Между тем, особенно в последние годы, буровые и геофизические исследования показали сильную кавернозность карбонатных образований и было собрано много данных, подтверждающих связь крупных нефтяных залежей с карстовыми полостями. Так, например, при фонтанировании одной из скважин на нефтяном месторождении Хоббз (США) был выброшен сталактит. На Ромаш-

кинском месторождении в Северной Башкирии в известняках нижнего карбона найдена многоярусная система крупных карстовых полостей.

Подземные полости могут быть использованы для хранения нефти и нефтяных продуктов. В Советском Союзе для этой цели использовалась, в частности, пещера Водяная (объем 1000 м<sup>3</sup>), расположенная на правом берегу реки Ик (Русская равнина). В марте 1964 г. в ней было отмечено нефтяное озеро площадью около 200 м и глубиной 1 м.

Спелеологические и спелеогидрологические исследования приобретают в последние годы все большее значение при изучении особенностей распределения, режима и запасов подземных карстовых вод, используемых для целей водоснабжения городов и промышленных предприятий. Особенно интересны в этом отношении работы, проведенные в Горном Крыму и на Кавказе, которые сыграли важную роль в решении проблемы водоснабжения питьевой водой курортов Черноморского побережья.

С наличием подземных карстовых полостей нельзя не считаться при проведении сельско- и лесохозяйственных работ. Карст определяет значительное иссушение поверхности, редкую речную сеть, глубокое залегание подземных вод, что во многих районах наносит большой вред сельскому и лесному хозяйству.

Пещеры представляют большой интерес в археологическом отношении, поскольку жизнь наших далеких предков была с ними тесно связана. Здесь было относительно тепло, можно было поддерживать огонь и успешно защищаться от опасных зверей.

В пещерах зарождалась человеческая культура. Возникали подземные храмы, древнейшие в мире скульптуры, барельефы, целые картинные галереи, созданные хрупким резцом первобытного художника. Впервые рисунки палеолитического человека в Советском Союзе были найдены в Каповой пещере А. Рюминым. К этому же времени относятся и первые строительные работы, связанные с укреплением входа искусственной стеной, выравниванием пола, созданием ниш для хранения продуктов питания и т. д. Следовательно, пещеры — это колыбель человечества.

Археологические исследования пещер позволяют воссоздать историю развития человеческого общества, про-

никнуть к истокам нашей культуры и искусства, проследить основные этапы их эволюции.

Первый древнепалеолитический памятник (мустьерская стоянка) на территории нашей страны — Волчий грот — был открыт в 1879 г. в Крыму К. С. Мережковским. Позже стоянки древних людей были найдены во многих районах Советского Союза: в Крыму, на Кавказе, Русской равнине, Урале, Средней Азии, Сибири и в других местах. Самая северная в мире стоянка верхнепалеолитического человека открыта на Северном Урале у входа в Медвежью пещеру.

Находимые в пещерах кости древних животных являются интересным материалом для установления фаунистического комплекса прошлых эпох. В пещерах найдены кости мамонта, шерстистого носорога, зубра, северного оленя, лося, волка, лисицы, пещерного медведя, пещерной гиены, пещерного льва и многих других животных. Эти кости попали в пещеры различными путями. Одни из них были смыты водными потоками, другие занесены животными, а некоторые накопились в результате гибели пещерных или случайно попавших в подземные полости животных.

Среди ископаемых животных особый интерес представляет пещерный медведь, отличавшийся огромными размерами. Он имел широкий ареал распространения, северная граница которого проходила, по-видимому, в верховьях реки Печоры, где было найдено самое северное местоположение костей пещерного медведя (пещера Медвежья).

Естественные пещеры и горные выработки во многих странах мира широко используются в лечебных целях (спелеотерапия). Чистый воздух, нередко ионизированный радиоактивными изотопами углерода, постоянная температура и различные другие факторы позволяют успешно лечить болезни дыхательных путей, артриты, ревматизм, гипертонию, подагру и некоторые кожные заболевания. Подземные клиники есть и в Советском Союзе. В поселке Солотвино (Закарпатская область) в штреке соляной шахты на глубине 206 м находится лечебная подземная палата областной аллергологической больницы. Здесь лечатся больные, страдающие бронхиальной астмой. Ежедневно они проводят 7—10 час. под землей. Курс лечения длится 280—300 час. Специальные исследования



показали пригодность калийных шахт Соликамска и Березняков для лечения сердечно-сосудистых заболеваний. Широкий комплекс спелеотерапевтических наблюдений проведен во многих пещерах Абхазии и Имеретии (Кавказ). В ближайшее время для больных астмой, хроническим бронхитом и коклюшем намечается открытие подземного санатория в Цхалтубской сталактитовой пещере.

Некоторые пещеры, особенно характеризующиеся низкой температурой воздуха, издавна используются как складские помещения для хранения продуктов питания и различных материалов.

Широкие перспективы открываются в использовании подземных термальных карстовых вод. Интересен в этом отношении опыт организации на базе Охурейских источников парниково-тепличного хозяйства в Очамчире на юго-западном склоне Кавказа (Грузия). Разрабатываются проекты использования горячих карстовых вод в коммунальном хозяйстве и в лечебных целях.

Пещеры имеют большую познавательную ценность и являются интересными экскурсионными объектами. Для массового экскурсионного показа подготовлена и оборудована Кунгурская ледяная пещера, где электрифицированы ближайшие гроты, расширены узкие ходы, укреплены опасные участки. В настоящее время после проходки туннеля длиной 110 м электрифицируется заозерная, наиболее интересная, часть Кунгурской пещеры. Начато строительство асфальтированной дороги, которая подойдет непосредственно к пещере. Экскурсии проводятся также в пещерах Кривченская, Красная и Сатаплиа. В настоящее время ведутся большие работы по благоустройству Анакопийской пещеры — одной из самых замечательных карстовых пещер Советского Союза. Скоро любители подземной экзотики смогут попасть в эту пещеру по специально созданному 800-метровому туннелю, по которому пойдут комфортабельные электропоезда. Сейчас здесь прокладываются пешеходные дорожки, через глубокие колодцы перебрасываются ажурные мостики, вдоль глыбовых обвалов для лучшего обзора возводятся винтовые лестницы. Разноцветная подсветка сделает наиболее интересные участки Анакопийской пещеры еще более эффектными. К пещере намечено провести асфальтированную дорогу, а также построить гостиницу и туристиче-

скую базу на 500 человек. Начаты проектировочные и изыскательские работы также по благоустройству некоторых других пещер Советского Союза, намечаемых для экскурсионного показа.

Работы по использованию карстовых пещер в туристических целях по существу лишь только начаты. Их следует продолжить и значительно расширить. При этом необходимо не только полностью оборудовать, электрифицировать и телефонизировать пещеры, являющиеся объектами посещения, но и подвести к ним хорошие дороги, построить поблизости современные гостиницы. Разумеется, на это потребуются определенные капиталовложения. Между тем, как показывает опыт, при разумном и правильном использовании пещер эти затраты не только быстро окупаются, но и дают значительную прибыль. В настоящее время Кунгурскую пещеру, например, ежегодно посещает около 200 тыс. человек. По предварительным подсчетам, Анакопийскую пещеру ежегодно смогут посещать 350—400 тыс. человек. Полученные в результате широкого притока туристов средства можно будет использовать на дальнейшее оборудование пещер, а также на проведение научных спелеологических исследований.

Карстовые пещеры, отличающиеся нередко сложным морфологическим строением, богатством натечных форм и своеобразием подземного мира, являются уникальными памятниками природы и подлежат охране. И это не случайно. Проникновение человека в подземный мир приводит иногда к печальным последствиям. Нередко человек походя уничтожает то, что природа творила многие тысячелетия. Некоторые давно посещаемые пещеры сильно пострадали от «экскурсантов».

Все это заставляет обратить самое серьезное внимание на вопросы охраны пещер, которые имеют большое научное, прикладное и эстетическое значение. Многие пещеры являются путями подземных карстовых вод, отличающихся высоким качеством и используемых для водоснабжения населенных пунктов. Пещеры — это своеобразные природные лаборатории, представляющие большую научную и познавательную ценность. К сожалению, работа по охране пещер пока ведется недостаточно. Сейчас открыто много новых, в том числе очень интересных, пещер. Необходимо принять меры, с тем чтобы сохранить эти уникальные природные комплексы в первозданном виде для будущих поколений.

Можно было бы еще многое рассказать о сказочных подземных дворцах, их великолепной архитектуре, своеобразии подземного мира, его маленьких обитателях и больших богатствах. Но мы остановимся лишь на вопросах дальнейшего исследования карстовых полостей.

Спелеология в Советском Союзе быстро развивается. За последние 15 лет на территории нашей страны описано более 2 тыс. карстовых пещер. Многие из них отличаются крупными размерами, сложным морфологическим строением и уникальными биоклиматическими особенностями. Эти замечательные успехи достигнуты в результате упорного труда специалистов разных отраслей научных знаний, а также любителей-спелеологов.

Для спелеологических исследований, однако, характерно преобладание морфолого-описательного направления, что делает эти исследования несколько односторонними и снижает их общий уровень. В этой связи стоит задача значительно расширить комплексные спелеологические работы, что создаст наиболее благоприятные условия для всестороннего и углубленного изучения подземных карстовых полостей. Наряду с исследованием генезиса и возраста пещер важное значение приобретают вопросы изучения природных подземных комплексов, представляющих особые географические ландшафты.

Качество и достоверность спелеологических работ в значительной мере зависят от степени разработанности методов исследования. Разработке методов изучения пещер, оценке их точности и выявлению возможных пределов применения в последнее время уделяется значительное внимание. Между тем многие важные вопросы спелеологического анализа по-прежнему остаются слабоизученными, в связи с чем новые методические поиски являются основной задачей комплексной спелеологии.

Серьезного внимания заслуживают вопросы подготовки спелеологов-исследователей. Профессия спелеолога необычная. Нередко ему приходится в абсолютной темноте, при низкой температуре и высокой влажности воздуха преодолевать глубокие вертикальные колодцы, узкие проходы, шумные реки и сложные сифоны. При этом исследователь выполняет сложную программу научных наблюдений. Поэтому спелеолог наряду с широкими знаниями должен обладать хорошей физической подготовкой.

Человек штурмует космос, исследует морское дно и проникает в тайны атома, но основным объектом исследований остается наша планета. Несмотря на большие успехи геолого-географических наук еще многое на нашей Земле остается неразгаданным, в том числе в области формирования и развития карстовых пещер. Немало сюрпризов и интересных находок ждет энтузиастов-спелеологов, которые, смело преодолевая большие трудности, иногда с риском для жизни, открывают все новые тайны, ревниво охраняемые природой.

# Крупнейшие карстовые пещеры СССР

Пещера	Местоположение	Порода	Возраст породы	Длина, м	Глубина, м	Объем, м³
Оптимистическая	Русская равнина Подолгия	Гипсы	Нижний неоген	92 000		
Озерная	То же	То же	То же	80 100		515 700
Крывченская	»	»	»	18 785		93 000
Млынки	»	»	»	14 120		
Красная (система)	Горный Крым	Известняки	Верхняя юра	13 100		196 400
Большая Орешная	Восточный Саян	Конгломераты	Ордовик	11 000	160	120 000
Воронцовская (система)}	Кавказ, юго-западный склон	Известняки	Верхний мел	8 000		
Сумганская	Южный Урал	То же	Нижний карбон	8 000		200 000
Вертеба	Русская равнина, Подолгия	Гипсы	Нижний неоген	7 820		47 000
Буткова I	Кавказ, северный склон	Известняки	Верхняя юра	7 000		
Капкотан	Средняя Азия	То же	То же	6 000		
Кунгурская ледяная	Русская равнина, восточная окраина	Гипсы	Нижняя пермь	5 600		100 000
Баджойская	Восточный Саян	Конгломераты	Ордовик	5 500	170	240 000
Анакопийская (система)	Кавказ, юго-западный склон	Известняки	Нижний мел	3 285	183	1 006 600
Дивья	Северный Урал	То же	Нижняя пермь	3 240		
Ленинградская	Русская равнина, Кулойское плато	Гипсы	То же	3 100		73 000
Кан-и-Гут	Средняя Азия, Туркестанский хребт	Известняки	Палеозой	3 000		

Пещера	Местоположение	Порода	Возраст породы	Длина, м	Глубина, м	Объем, м³
Худутунская	Средняя Сибирь, Приангарье	Известняки	Нижний кембрий	3 000		
Хлебодаровская	Южный Урал	То же	Девон	2 854		
Абрскила	Кавказ, юго-западный склон	»	Верхний мел	2 500		35 000
Географическая	То же	»	То же	2 500	510	
Кубинская	Восточный Саян	»	Нижний кембрий	2 500	274	
Северянка	Русская равнина, Кулойское плато	Гипсы	Нижняя пермь	2 500		6 300
Снежная	Кавказ, юго-западный склон	Известняки		2 500	770	2 500
Дезова	Кавказ, северный склон	То же	Верхняя юра	2 473		
Пинежская	Русская равнина, Кулойское плато	Гипсы	Нижняя пермь	2 300		10 500
Угрюнь	Русская равнина, Подолыя	То же	Нижний неоген	2 200		
Дашкалинская	Армянское нагорье	Известняки	Верхний мел	2 000		50 000
Баговская VI	Кавказ, северный склон	Гипсы	Верхняя юра	1 900		
Капова	Южный Урал	Известняки	Нижний карбон	1 900		
Беслиневская I	Кавказ, северный склон	Гипсы	Верхняя юра	1 800		
Ткибула-Дзеврула	Кавказ, юго-западный склон	Известняки	Мел	1 800	280	
Ветровая	Русская равнина, Подолыя	Гипсы	Нижний неоген	1 700		
Солдатская	Горный Крым	Известняки	Верхняя юра	1 700	470	
Аммонитная	Кавказ, северный склон	Гипсы	То же	1 669		

Продолжение

Пещера	Местоположение	Порода	Возраст породы	Длина, м	Глубина, м	Объем, м³
Шемахинская	Средний Урал	Известняки	Девон	1 660		
Кутукская IV	Южный Урал	То же	Нижний карбон	1 500		
Торгашинская	Восточный Саян	»	Нижний кембрий	1 500	174	22 500
Узунджинская	Горный Крым	»	Верхняя юра	1 500		
Келасуракая	Кавказ, юго-запад- ный склон	»	Верхний мел	1 380	100	
Тароклде	То же	»	То же	1 370		
Шакуранская III	»	»	»	1 300		
Азишская	Кавказ, северный склон	»	Верхняя юра	1 280		
Максимовича	Южный Урал	»	Кембрий	1 250		18 000
Нейзма	Кавказ, северный склон	Гипсы	Верхняя юра	1 235		
Балаганская	Средняя Сибирь, Приангарье	То же	Кембрий	1 200		4 800
Большая Ахунская	Кавказ, юго-запад- ный склон	Известняки		1 200		
Темировская	Южный Урал	То же	Нижний карбон	1 200		4 100
Шайтан-Тамах	Кавказ, северный склон			1 200		
Шемахинская II	Средний Урал	Известняки	Девон	1 200		
Сказка	Южный Урал	То же	То же	1 160		4 000
Эмине-Баир	Горный Крым	»		1 158	125	
Голубиный Провал	Русская равнина, Кулойское плато	Гипсы	Нижняя пермь	1 150		7 000

Пещера	Местоположение	Порода	Возраст породы	Длина, м	Глубина, м	Объем, м³
Окроджанавили	Кавказ, юго-западный склон	Известняки	Верхний мел	1 150		
Сухоатинская	Южный Урал	То же	Силур	1 150		30 000
Осенняя-Назаровская	Кавказ, юго-западный склон	»	Нижний мел	1 100	500	
Карлюкская	Средняя Азия	»	Верхняя юра	1 050		
Кулогорская	Русская равнина, Кулойское плато	Гипсы	Нижняя пермь	1 028		4 885
Бородинская	Минусинская котловина, Батеневский край	Известняки	Нижний кембрий	1 020	60	120 000
Кадетдербун	Кавказ, северный склон			1 000		
Килитская	Армянское нагорье	Известняки		1 000		
Чебаевского	Южный Урал	То же	Верхний девон	1 000	40	
Варсина	Кавказ, юго-западный склон	»	Верхний мел	960		
Новоурядымовская	Южный Урал	»	Девон	903	21	28 903
Белая	Восточный Саян	Конгломераты	Ордовик	900	100	
Зуятская	Русская равнина, восточная окраина	Гипсы	Нижняя пермь	900		
Сатаплиа	Кавказ, юго-западный склон	Известняки	Нижний мел	890		
Института Географии Сибири	Прибайкалье	То же		870		



## Продолжение

Пещера	Местоположение	Порода	Возраст породы	Длина, м	Глубина, м	Объем, м <sup>3</sup>
Швилобисл	Кавказ, юго-западный склон	Известняки	Верхний мел	860		
Ищевская	Южный Урал			850		
Кизеловская	Средний Урал	Известняки	Нижний карбон	800		
Кутукская-Сталкитовая	Южный Урал	То же	То же	800		
Приморская	Дальний Восток, Приморье			800		
Псекупская	Кавказ, северный склон	Известняки	Верхняя юра	800		
Корцхели	Кавказ, юго-западный склон	Конгломераты	Неоген	790		
Самерцхледзе	То же	Известняки	Верхний мел	790		
Сласская	Дальний Восток, Приморье			760		
Джур-Джур	Горный Крым			750		
Сапичхия	Кавказ, юго-западный склон	Известняки	Нижний мел	750		
Нижнемихайловская II	Русская равнина, восточная окраина	Известняки		724		
Музейная	Алтай	Известняки	Нижний силур	700		
Карианикдде	Кавказ, юго-западный склон	То же	Нижний мел	680		
Темная	Восточный Саян	Конгломераты	Ордовик	650	42	
Цахи	Кавказ, юго-западный склон	Известняки	Верхний мел	650		

## Окончание

Пещера	Местоположение	Порода	Возраст породы	Длина, м	Глубина, м	Объем, м³
Кашкулакская	Кузнецкий Алатау	Известняки	Кембрий	600	65	
Наздедао	Кавказ, юго-запад- ный склон	К онгломераты	Неоген	600		
Рожнова	Кавказ, северный склон			600		
Яккабагская	Средняя Азия, Гис- сарский хребет	Известняки	Верхняя юра	600		
Воронковая	Кавказ, северный склон			580		
Куэшта	Русская равнина, восточная окраина	Гипсы	Нижняя пермь	571		
Большая Махнев- ская	Средний Урал	Известняки	Нижний карбон	570		
Скельская	Горный Крым	То же	Верхняя юра	570		
Хве-елидзе- бискльде	Кавказ, юго-запад- ный склон	»	Верхний мел	560		
Аянская	Горный Крым	»	Верхняя юра	550		
Нижнеудинская	Средняя Сибирь, Приангарье	»	Нижний кембрий	550		
Тоба I	Кавказ, юго-запад- ный склон	»	Верхний мел	550		
Шакуралская II	То же	»	То же	550		
Большая Чуйская	Алтай			547		
Игнатовская	Южный Урал	Известняки	Девон	545		
Дивногорская	Восточный Саян			515	60	
Курманаевская	Русская равнина, восточная окраина	Гипсы	Нижняя пермь	500		
Геофизическая	Алтай	Известняки	Нижний кембрий	500	130	
Дружба	Средний Урал	То же		500		15 500
Локитки	Русская равнина, Подоллия			500		
Первомайская	Восточный Саян			500	55	
Смолинская	Средний Урал			500		4 144

**Автохтонный** — означает явление местного происхождения.

**Агрессивность вод** — способность подземных и поверхностных вод растворять горные породы.

**Алеврит** — рыхлая осадочная порода с размерами частиц от 0,1 до 0,01 мм.

**Аллохтонный** — означает принесенный извне. Например, аллохтонные пещерные отложения принесены водой к месту их накопления из другой части подземной полости или с поверхности Земли.

**Ангидрит** — безводный гипс ( $\text{CaSO}_4$ ) серого или голубоватого цвета. Под действием влаги ангидрит переходит в гипс, при этом увеличивается в объеме на 60%.

**Арагонит** — карбонат кальция ( $\text{CaCO}_3$ ) кристаллизующийся в ромбической системе. В условиях поверхности Земли арагонит неустойчив и постепенно переходит в кальцит.

**Атмогенный** — процесс перехода воды из парообразного состояния в твердое.

**Аэрация** — зона вертикальной нисходящей циркуляции подземных карстовых вод.

**Барраж** — подземная плотина. В карстовых пещерах они образуются в обводненных галереях в результате обвала кровли, накопления на отдельных участках песчано-глинистых отложений и карбоната кальция.

**Вадозные воды** — подземные безнапорные воды, свободно движущиеся по карстовым полостям в сторону дренирующих систем.

**Воклюз** — мощный карстовый источник, вытекающий из пещеры в виде большой подземной реки. Термин происходит от собственного названия наиболее крупного в мире источника Воклюз, расположенного во Франции и имеющего расход воды 17 м/сек.

**Галит** — минерал состава  $\text{NaCl}$ , являющийся главной составной частью каменной соли, которая относится к осадочным горным породам химического происхождения.

**Гетерогенный** — указывает на различное (смешанное) происхождение отложений, форм и т. д.

**Гипс** — водная сернокислая соль кальция ( $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ ) белого цвета. В зависимости от примесей может быть серым, желтым и розовым.

**Гипсометрия** — отдел геодезии, занимающийся определением абсолютных и относительных высот местности.

**Доломит** — осадочная горная порода, состоящая преимущественно из минерала доломита  $[\text{Ca}, \text{Mg}(\text{CO}_3)_2]$  с примесью кальцита.

**Известняк** — осадочная горная порода, состоящая в основном из кальцита.

**Индицировать** — устанавливать по видимым природным элементам и компонентам скрытые, труднодоступные для непосредственного наблюдения.

**Инфильтрация** — просачивание через капиллярные и микротрещинные полости горных пород поверхностных вод в толщу земной коры. Подземные воды, образовавшиеся таким путем, называются инфильтрационными.

**Инфлюация** — втекание поверхностных вод через открытые трещины и карстовые полости в толщу земной коры.

**Кавернозность** — наличие в карстующихся горных породах небольших полостей — каверн.

**Кальцит** — карбонат кальция ( $\text{CaCO}_3$ ), кристаллизующийся в тригональной системе. Главный породообразующий минерал карбонатных пород (мел, известняк). Бесцветный или молочно-белый.

**Карры** — борозды, желобки и другие прямолинейные и ветвящиеся углубления на поверхности растворимой горной породы, разделенные плоскими неровными грядками или узкими гребнями с острыми вершинами. Глубина и ширина подземных карров иногда достигает многих десятков сантиметров.

**Кольматаж** — закупорка вмытыми глинистыми и илистыми частицами карстовых полостей.

**Корразия** — механическое разрушение (размыв) водой горных пород.

**Коррозия** — растворение природными водами карстующихся горных пород.

**Литогенетические трещины** — трещины в осадочных отложениях, образующиеся при усыхании, обезвоживании и уплотнении горных пород. К ним относятся трещины напластования, внутрислойные, перекристаллизации и др.

**Метасоматические фосфориты** — пещерные фосфориты, химический состав которых существенно изменен вследствие преобразования (замещения) их первоначальных составных частей. Они образуются в результате взаимодействия фосфатов с карбонатными породами.

**Пелит** — рыхлая осадочная порода, сложенная частицами менее 0,01 мм.

**Пенеплен** — равнина с остаточными возвышенностями, образовавшаяся на месте горной области в результате длительного разрушения ее различными экзогенными процессами. Пенепленизация — выравнивание.

**Поноры** — водопоглощающие отверстия в виде колодцев и щелей на дне и склонах карстовых образований.

**Сифон** — участок обводненной части пещеры, где потолок опускается ниже уровня подземной реки.

**Спелеолитогеиз** — совокупность процессов, определяющих формирование пещерных хемогенных образований.

**Тектонические трещины** — трещины в горных породах, образующиеся под влиянием тектонических сил. Они глубоко проникают в толщу пород и отличаются большой выдержанностью.

**Травертин, или известковый туф** — пористая порода, образовавшаяся в результате осаждения карбоната кальция из холодных или горячих растворов.

**Трансгрессивное залегание** — залегание осадочных пород морского происхождения на размытой поверхности более древних пород.

**Фреатические воды** — подземные напорные воды, медленно движущиеся по микротрещинам и зачаточным каналам в толще горных пород.

**Хемогенные отложения** — отложения, образующиеся в результате химических и биохимических реакций или изменения температуры воды.

**Чинки** — обрывистые края латообразных возвышенностей. Высота чинков плато Устюрт достигает 190 м.

**Эндемичные формы** — организмы, свойственные только определенной географической провинции.

**Эрозия** — размыв текучими водами горных пород.

## ЛИТЕРАТУРА

- Абдужабаров М. А. Карст Зеравшанских гор. Автореф. канд. дисс. Пермь, 1965.
- Бачинский Г. А., Дублянский В. Н., Лысенко Н. И. История формирования Красной пещеры в свете палеозоологических данных. — «Вестник зоологии», Киев, 1967, № 4.
- Беляк В. И. Карст приенисейской части Восточного Саяна и его ландшафтообразующая роль. Автореф. канд. дисс. Иркутск, 1967.
- Витасек Ф. О структуре, ритмическом росте и возрасте сталагмитов Деменовских пещер в Словакии. — Изв. АН СССР, серия геол., вып. 1, 1951.
- Гвоздецкий Н. А. Карст. Изд. 2. М., Географгиз, 1954.
- Гвоздецкий Н. А. К вопросу о распространении и особенностях карста в горах Средней Азии. — Сб. «Землеведение», т. 5. Изд-во МГУ, 1960.
- Гвоздецкий Н. А. Проблемы изучения карста и практика. М., «Мысль», 1972.
- Гергедава Б. А. Опыт ландшафтной классификации карстовых пещер. — Изв. Всес. геогр. об-ва, т. 100, вып. 2, 1968.
- Гергедава Б. А. Подземный ландшафт. — Изв. АН СССР, серия геогр. вып. 1, 1973.
- Горбунова К. А., Кропачев А. М. Геохимия стронция в карстовом ландшафте Кунгурской ледяной пещеры. — Сб. «Пещеры», вып. 12-13. Пермь, 1972.
- Гуневский И. М. Карстовые явления в средней части днестровско-прутского междуречья. — Материалы IV конф. молодых ученых Молдавии, секция геол. и геогр. Кишинев, 1966.
- Гуслицер Б. И., Канивец В. И. Пещеры Печорского Урала. М. — Л., «Наука», 1965.
- Дорофеев Е. П. Новый план Кунгурской ледяной пещеры. — Сб. «Пещеры», вып. 5 (6), Пермь, 1965.
- Дорофеев Е. П. Ледяные кристаллы Кунгурской пещеры. — Сб. «Пещеры», 7 (8). Пермь, 1969.
- Дорофеев Е. П., Лукин А. В. Курманаевские пещеры. — Сб. «Пещеры», вып. 8-9. Пермь, 1970.
- Дублянский В. Н. Крупнейшие карстовые шахты Крыма. — Сб. «Пещеры», вып. 5 (6). Пермь, 1965.
- Дублянский В. Н. Крупнейшие карстовые пещеры и шахты СССР. — Изв. Всес. геогр. об-ва, т. 101, вып. 1, 1969.
- Дублянский В. Н., Гончаров В. П. В глубинах подземного мира. Симферополь, 1970.

- Дублянский В. Н., Зеленин Г. И. Чудеса подземного мира. Симферополь, 1965.
- Дублянский В. Н., Илюхин В. В. В след за каплей воды (В пещерах Крыма). М., «Мысль», 1971:
- Дубовик В. Н. Карстовые шахты и колодцы Челябинской области. — Сб. «Пещеры», вып. 6 (7). Пермь, 1966.
- Илюхин В., Дублянский В. Путешествия под Землей. М., «Физкультура и спорт», 1968.
- Как раскрываются тайны. Симферополь, 1952.
- Кикнадзе Т. З. Карст массива Арабика. Тбилиси, 1972.
- Кригер Н. И. Пещерные капельники. — «Природа», 1955, № 3.
- Кудряшов И. К. Гипсовая пещера Куэшта. — Зап. Башк. фил. геогр. об-ва СССР, вып. 3, 1960.
- Кузнецова Л. С., Чирвинский П. Н. Кальцитовые озерно-карстовые пленки и их вероятный генезис. — «Минералогический сборник», № 5, Львов, 1951.
- Левушкин С. И. Пещерная фауна основных карстовых районов СССР. Автореф. канд. дисс. М., 1965.
- Лобанов Ю. Е., Шепетов В. О., Илюхин В. В., Максимович Г. А., Костарев В. П. Пещеры Урала. М., «Физкультура и спорт», 1971.
- Максимович Г. А. Основы карстования, т. I и II. Пермь, 1963 и 1969.
- Максимович Г. А. Генетический ряд натечных отложений пещер (карбонатный спелеолитолиз). — Сб. «Пещеры», вып. 5 (6), Пермь, 1965.
- Максимович Г. А. О стадиях развития горизонтальных карстовых пещер в карбонатных отложениях. — Сб. «Пещеры», вып. 7 (8). Пермь, 1969.
- Максимович Г. А. Количество вторичных минералов пещер карбонатного карста. — «Вопросы карстования», вып. 2. Пермь, 1970.
- Максимович Г. А. Гуры. — Сб. «Пещеры», вып. 10-11. Пермь, 1971.
- Максимович Г. А. Научное и практическое значение пещер. — Сб. «Пещеры», вып. 12-13. Пермь, 1972.
- Максимович Г. А., Быков В. Н. Пещерные полости и их роль в строении коллекторов нефти и газа. — Сб. «Пещеры», вып. 12-13, Пермь, 1972.
- Максимович Г. А., Горбунова К. А. Карст Пермской области. Пермь, 1958.
- Максимович Г. А., Хорошавин Н. Г. Типы природных и искусственных пещер, используемых для лечебных целей (спелеотерапия). — Сб. «Пещеры», вып. 12-13, Пермь, 1972.
- Материалы по карсту Узбекистана. Самарканд, 1963.
- Маруашвили Л. И. Морфологический анализ карстовых пещер. — Сб. «Очерки по физической географии Грузии». Тбилиси, 1969.
- Наливкин Д. В. Учение о фациях, т. 1. М., Изд-во АН СССР, 1956.
- Олейников Н. С. Фауна Бахарденской пещеры и ее использование. — Бюлл. туркмен. зоол. станции, № 1, Ашхабад—Баку, 1936.
- Пикулькин С. С. Карстовая водоносная система Солдатская в Крыму. — Сб. «Пещеры», вып. 12-13. Пермь, 1972.

- Родионов Н. В. Инженерно-геологические исследования в карстовых районах при устройстве малых водоемов, гражданском и промышленном строительстве». М., Госгеолтехиздат, 1958.
- Ротко М. А. Бахарденская пещера. Ашхабад, 1958.
- Савчин М. П., Качковский И. В. Оптимистическая пещера.— Сб. «Пещеры», вып. 10-11, Пермь, 1971.
- Семенов-Тянь-Шанский В. П. Район и страна. М.— Л., 1928.
- Смехов Е. М., Ромашова М. Г. «Карлюкская пещера».— Изв. Всес. геогр. об-ва, т. 94, вып. I, 1962.
- Соколов Д. С. Основные условия развития карста. М., Госгеолтехиздат, 1962.
- Степанов В. И. Периодичность процессов кристаллизации в карстовых пещерах.— В кн.: «Новые данные о минералах СССР» [Труды Минералог. музея им. А. Е. Ферсмана], вып. 20]. М., «Наука», 1971.
- Стрелков П. П. Обитатели искусственных пещер.— «Природа», 1961, № 5.
- Татаринов К. А. Карстовые пещеры Среднего Приднестровья.— Сб. «Типы карста СССР». М., «Наука», 1965.
- Тинтилозов З. К. Анакопийская пропасть. Тбилиси, 1968.
- Тинтилозов З. К. Глубинный карст Грузии.— Сб. «Пещеры», вып. 8-9. Пермь, 1970.
- Цыкина Ж. Л. Пещеры юга Средней Сибири.— Сб. «Пещеры», вып. 12-13. Пермь, 1972.
- Цыкина Ж. Л., Цыкин Р. А. Баджейские конгломератовые пещеры.— Сб. «Пещеры», вып. 10-11. Пермь, 1971.
- Чураков А. Н. К вопросу о структуре и росте трубчатых сталактитов.— Труды Санкт-Петербургского об-ва естествоиспытателей, т. 35, вып. 5, отделение геол. и минер., 1912.
- Шерстюков Н. М. Петрогенетические исследования карстовых образований.— Труды Всес. Пром. Акад. цветной металлургии, вып. 3. Свердловск М., 1940.
- Щербаков Д. И. Пещеры в горах Чиль-Устун и Чиль-Майрам около города Ош.— Труды Памирской экспедиции, вып. 7, геология и геохимия. Л., Изд-во АН СССР, 1931.
- Юшкин Н. П. Отложения в горных выработках Шорсуйского рудника.— Сб. «Пещеры», вып. 12-13, Пермь, 1972.
- Bretz I. H. Vadose and phreatic features of limestone caverns.— «Journal of Geology», v. 50, 1942, № 56.
- Cser F., Maucha L. Contribution on the origin of «excentric» concretions.— «Proceedings of the 4th International congress of speleology in Jugoslavia», v. III. Lyubljana, 1968.
- Davis W. M. Origin of limestone caverns.— Bull. of the Geol. Soc. of America, v. 41, 1930.
- Warwick G. T. Cave formation and its deposits.— «British caving», 1953.



Вместо введения . . . . .	3
Образование и развитие пещер . . . . .	8
Пещерные отложения . . . . .	21
Классификация пещер . . . . .	45
Районирование пещер . . . . .	50
Подземные ландшафты . . . . .	100
Значение пещер . . . . .	116
Заключение . . . . .	123
Словарь специальных терминов . . . . .	131
Литература . . . . .	134

---

Анатолий Григорьевич Чикишев

# **ПЕЩЕРЫ НА ТЕРРИТОРИИ СССР**

Утверждено к печати редколлегией  
серии научно-популярных изданий Академии наук СССР

Редактор Л. И. Приходько

Художественный редактор В. Н. Тикуннов. Художник В. П. Хлебников  
Технические редакторы Ф. М. Хенох и Н. Н. Плохова

Сдано в набор 20/IV 1973 г. Подписано к печати 26/VII 1973 г.  
Формат 84×108<sup>1</sup>/<sub>32</sub>. Усл. печ. л. 7,56. Уч.-изд. л. 7,8. Тир. 25 000 экз  
Т-11356. Бумага № 2. Тип. зак. 2034. Цена 49 коп.

Издательство «Наука».

103717 ГСП, Москва, К-62, Подсосенский пер., 21

2-я типография издательства «Наука».

121099, Москва, Г-99, Шубинский пер., 10



ИЗДАТЕЛЬСТВО

«НАУКА»

ВЫШЛА ИЗ ПЕЧАТИ

КНИГА:

РУДИЧ К. Н.

Горы и ущелья Индигирки.

6 л. 35 к.

Что представляет собой вечная мерзлота Северо-Востока нашей страны? В силу каких причин многие вершины горных хребтов увенчаны ледяными шапками? Почему здесь находится полюс холода? Что такое очаги вечной зимы? Эти и другие вопросы освещаются в книге. В ней, главным образом на основе личных наблюдений автора, рассказывается о наиболее высокогорной и труднодоступной части Северо-Востока — Буордахском массиве, расположенном в бассейне большой северной реки Индигирки. Описывается история этого края, его природные условия и минеральные богатства.

Книга рассчитана на широкий круг читателей.

Для получения книг почтой заказы просим направлять по адресу:

МОСКВА, В-463, Мичуринский проспект, 12, магазин «Книга — почтой» Центральной конторы «Академкнига»;

ЛЕНИНГРАД, П-110, Петрозаводская ул., 7, магазин «Книга — почтой» Северо-Западной конторы «Академкнига» или в ближайшие магазины «Академкнига».

Адреса магазинов

«Академкнига»:

Алма-Ата, ул. Фурманова, 91/97; Баку, ул. Джапаридзе, 13; Днепропетровск, проспект Гагарина, 24; Душанбе, проспект Ленина, 95; Иркутск, 33, ул. Лермонтова, 303; Киев, ул. Ленина, 42; Кишинев, ул. Пушкина, 31; Куйбышев, проспект Ленина, 2; Ленинград, Д-120, Литейный проспект, 57; Ленинград, Менделеевская линия, 1; Ленинград, 9 линия, 16; Москва, ул. Горького, 8; Москва, ул. Вавилова, 55/7; Новосибирск, Академгородок, Морской проспект, 22; Новосибирск, 91, Красный проспект, 51; Свердловск, ул. Мамина-Сибиряка, 137; Ташкент, Л-29, ул. Ленина, 73; Ташкент, ул. Шота Руставели, 43; Томск, наб. реки Ушайки, 18; Уфа, Коммунистическая ул., 49; Уфа, проспект Октября, 129; Фрунзе, бульвар Дзержинского, 42; Харьков, Уфимский пер., 4/6.