

Дублянский В.Н.

# **Занимательная спелеология**

---

Урал LTD 2000

## СОДЕРЖАНИЕ

- От автора
- 1. Пещеры и пещерники
  - 1.1. Что такое пещера?
  - 1.2. Первые шаги
  - 1.3. Рождение "классической" спелеологии
  - 1.4. Спелеологический "модерн"
  - 1.5. Кто мы, спелеологи?
- 2. Многоликая спелеология
  - 2.1. В кругу других наук
  - 2.2. Горячие или холодные?
  - 2.3. Недалеко от поверхности
  - 2.4. Вода, лед и пламень
- 3. На пороге неизвестности
  - 3.1. Рождение вертикали
  - 3.2. Вслед за каплей воды
  - 3.3. В руслах подземных рек
  - 3.4. Недостающее звено
  - 3.5. В каменных дебрях
- 4. Лабиринты и шары
  - 4.1. Мы - оптимисты!
  - 4.2. Тайны подземных сфер
  - 4.3. В пене прибоя
  - 4.4. Глубины Воклюза
  - 4.5. Манящая темнота
- 5. Спелеология или спелеистика?
  - 5.1. Порожденные человеком
  - 5.2. Строители - вода и взрыв
  - 5.3. Спелеология и архитектура
  - 5.4. Экскурс в лабиринтологию
  - 5.5. Проблемы параспелеологии
  - 5.6. Что в имени тебе моем?
- 6. От ледников до тропиков
  - 6.1. Даешь Европу!
  - 6.2. Азиатские страсти
  - 6.3. Африка ужасна, Африка опасна
  - 6.4. ...И остров Кенгуру
  - 6.5. Открытие Америки
  - 6.6. В стране гуахаро
  - 6.7. Во льдах Антарктиды
  - 6.8. Самые-самые
  - 6.9. Подземные ландшафты
- 7. Климат пещер
  - 7.1. Свет во тьме
  - 7.2. Владения Эола
  - 7.3. Человек-термостат
  - 7.4. Собачьи пещеры
  - 7.5. Звук под землей
  - 7.6. Каждому времени - свои страхи
- 8. Вода под землей
  - 8.1. Многоликая странница

- 8.2. "Кап-кап - капает вода..."
- 8.3. Порядок и хаос
- 8.4. Обманчивая гладь
- 8.5. Мир без форм
- 9. Рожденные во тьме
  - 9.1. Глина - это не грязь
  - 9.2. В грохоте обвалов
  - 9.3. Порождение движущейся воды
  - 9.4. "Капъ верхняя" и "капъ нижняя"
  - 9.5. Ледяное царство
  - 9.6. За удобрениями - под землю
  - 9.7. Отложения горячих растворов
  - 9.8. Краски подземного мира
- 10. Обитатели подземного мира
  - 10.1. Ольм и индрик
  - 10.2. Рождение биоспелеологии
  - 10.3. Среди моготов и крокодилов
  - 10.4. Пастбища бактерий
- 11. Живые радары
  - 11.1. Биология летучих мышей
  - 11.2. Ошибка адмирала Деница
  - 11.3. Хоминг рукокрылых
  - 11.4. Враги или друзья?
  - 11.5. В зале Гумбольдта
- 12. Тропою Ефремова
  - 12.1. У истоков тафономии
  - 12.2. Свидетельство о смерти
  - 12.3. Медведь - домашнее животное?
  - 12.4. Успех рыбака - удача ландшафтоведа
- 13. От обезьяны к человеку
  - 13.1. Слезает с дерева
  - 13.2. Выпрямляемся
  - 13.3. Умнеем
- 14. Homo habilis - человек умелый
  - 14.1. Огонь и свет
  - 14.2. Собирательство, охота, земледелие
  - 14.3. Пища
  - 14.4. Речь и музыка
  - 14.5. Биология и медицина
  - 14.6. Горное дело
- 15. Ах, вернисаж, ах, вернисаж
  - 15.1. Открытие Саутуолы
  - 15.2. "Пойманное пространство"
  - 15.3. Тигон или лигр?
  - 15.4. Пещеры, боги и герои
- 16. Использование подземных пространств
  - 16.1. Qui prodest - кому выгодно?
  - 16.2. Сравнение не есть доказательство
  - 16.3. Магическая семерка
  - 16.4. Подземные обсерватории
  - 16.5. Симметрия удивительного мира
  - 16.6. Небожители спускаются в пещеры

- 16.7. На встречу с селенитами
- 17. Эксперименты вне времени
  - 17.1. Ритмы и жизнь
  - 17.2. Победившие одиночество
  - 17.3. В пещеру как в космолет
  - 17.4. Под землю за здоровьем
- Что же дальше? (Вместо заключения)
- Приложение - Геохронологическая шкала
- Приложение - Библиография
- Приложение - Словарь специальных терминов

О подземном мире и его тайнах нам поведаёт геолог и спелеолог, первооткрыватель многих пещер СНГ, профессор Виктор Дублянский. 25 лет назад он опубликовал давно ставшую библиографической редкостью научно-популярную книгу "Вслед за каплей воды" (Москва, "Мысль", 1971). "Занимательная спелеология" - труд всей его жизни. Книга иллюстрирована рисунками и цветными слайдами (в электронной версии исключены), снятыми в красивейших пещерах мира. Это хороший подарок всем, кто любит и понимает природу, стремится узнать немного больше о ее тайнах, о том, что там, за поворотом...

Виктор Николаевич Дублянский - геолог, профессор, заслуженный деятель науки Украины. В 1957 - 1997 гг. работал в Институте минеральных ресурсов, в настоящее время работает в Пермском госуниверситете. С 1958 г. занимается изучением карста и пещер Украины, Северного Кавказа, Грузии, Армении, Средней Азии; участвовал в международных экспедициях в Родобах и Динаридах, побывал в карстовых районах Польши и Венгрии, Чехии и Словакии, Канады и США.

---

С его именем связано становление современной отечественной спортивной, а затем и научной спелеологии. Первооткрыватель и исследователь около 1000 карстовых полостей, в том числе знаменитой Красной в Крыму; руководитель 46 научных экспедиций, десятков спортивных мероприятий; автор более 520 научных работ - вот вехи его сорокалетней научно-организационной деятельности.

Перу В. Н. Дублянского принадлежат первые учебники по спортивной спелеологии "Путешествия под землей" (1968, 1981), увлекательная научно-популярная книга "Вслед за каплей воды" (1971), несколько десятков монографий о пещерах Крыма, Украины, Западного Кавказа.

В 1975 г. VI Международный спелеологический конгресс наградил его золотой медалью "За развитие мировой спелеологической науки", в 1981 г. его научные успехи были отмечены орденом "Знак почета", а в 1994 году за работу по инженерной геологии карста он стал лауреатом Государственной премии республики Крым...

Предлагаемая читателю книга "Занимательная спелеология" - итог сорокалетней деятельности ученого и спортсмена, организатора и участника разнообразных спелеологических исследований, человека, влюбленного в подземный мир.

## От автора

К сорокалетию отечественной спелеологии  
**Karst longa, vita brevis...**

Эта книга была написана достаточно быстро - всего за шесть месяцев, однако путь к ней был длиною в сорок лет. Знакомство с пещерами Крыма и Кавказа, Урала и Средней Азии, Подолии и Прибайкалья, Западной Европы и Северной Америки позволило ощутить и сходства и различия этих удивительных природных образований. В Комплексной карстовой экспедиции со мною вместе работали геологи Б. Н. Иванов и Н. В. Родионов, геофизики В. Н. Дахнов и Б. М. Смольников, гидрогеологи С. В. Альбов и Н. А. Огильви, зоологи М. А. Воинственский и Я. А. Бирштейн, гидрологи Н. И. Дрозд и В. И. Мокляк, археологи О. И. Домбровский и О. Н. Бадер, инженеры Ю. Л. Симонов и Ю. Б. Лобанов, химик И. Е. Вознесенская и кристаллограф В. В. Илюхин. Постоянное общение с ними приучило видеть новое на стыках разных наук.

Подземные маршруты, пройденные вместе с сотнями спелеологов разных городов бывшего СССР и стран мира, коллективными впечатлениями дополнили мое личное восприятие красоты и неповторимости пещер.

Встречи на совещаниях, экскурсиях, обзорных маршрутах по крымскому карсту с такими корифеями мировой спелеологии, как Н. А. Гвоздецкий, Г. А. Максимович и Д. С. Соколов (Россия), Хуберт Триммель (Австрия) и Адольфо Эразо (Испания), Збигнев Вуйчик (Польша) и Петр Трантеев (Болгария), Дерек Форд (Канада) и Рассел Гарни (США), Дарко Раденья (Словения) и Ласло Якуч (Венгрия), привили уважение к мнениям представителей различных научных школ.

Во многих беседах обсуждалось и содержание будущей книги: "Вит,- заметил энциклопедист Петр Трантеев, любуясь, вместе со мной красотами Демяновской пещеры в Словакии,- *"gutta cavat lapidem non vi, saepe cadendo"*: *"капля долбит камень не силой, но частым падением"*; напиши книжку о разнообразии падающих капель и многоликости нашей спелеологии..."

Идея Петра запала мне в душу. И вот в 1971 г. появилась книжка "Вслед за каплей воды" /11/.

**■** Здесь и далее в скобках // приведены ссылки на библиографию.

Она была посвящена начальному, крымскому этапу отечественной спелеологии и в какой-то мере отвечала первой половине пожелания Трантеева. Вторая книга никак не получалась. Точнее - не получалось сесть за нее. Все время находились более срочные дела: экспедиции, съезды, статьи, монографии, отчеты... Ушли из жизни многие друзья и коллеги, бездарно распался Советский Союз, в создание спелеологической школы которого мы вложили столько сил, заявили о себе покорением стокилометровых пещерных лабиринтов и тысячеметровых карстовых шахт новые поколения спелеологов, а "Занимательная спелеология" все не рождалась...

И я решил отложить дела в сторону, сесть за стол и подвести итоги многолетних странствий, сбора материалов, раздумий на земле и под землей. Эпиграф - трансформированная добавлением двух букв латинская пословица, как нельзя лучше характеризующая ситуацию: проблемы, связанные с пещерами, бесконечны, а жизнь так коротка...

Кроме содержания книги (количество папок с вырезками, статьями, монографиями, посвященными отдельным вопросам спелеологии, можно измерить погонными метрами полков), как всегда, встал вопрос о форме изложения. Писать в стиле, принятом в научных журналах или отчетах? Сотни моих публикаций написаны именно так. Но такая книга - не для массового читателя, и желательно, чтобы ее автором выступил не один специалист, а целый коллектив. Писать популярную работу, насыщенную описаниями пещерных красот и приключениями спелеологов? Тогда в ней неизбежно "потонут"

факты, тот самый неповторимый "аромат" полевой спелеологии, который ощутил каждый, побывавший в наших экспедициях... Оставался третий путь: следовать фактам, но постараться связать их между собой так, как оно и было в жизни, где открытия и озарения приходили неожиданно, а новое появлялось там, где его меньше всего ожидали...

Итак, эта книга о пещерах, об их открытии и происхождении, об их отложениях и животном мире, об отношении к ним людей и о самом становлении человечества, о...

Впрочем, посмотрите сами. Каждый, надеюсь, найдет в ней интересные для себя страницы, наиболее близкие по духу и по роду деятельности разделы. Но не ждите просто легкого чтения: книга насыщена фактами, гипотезами, теориями. В ней много и специальных терминов, для разъяснения которых пришлось создать специальный словарь. В конце книги приведен список всех упомянутых в ней естественных и искусственных полостей. Еще одна ее особенность - отсутствие прямых литературных ссылок: их было бы слишком много... Верьте автору, что каждый приведенный в ней факт подтвержден соответствующим графиком, статьей, а то и толстой монографией.

Автор признателен коллегам-спелеологам, представившим уникальные цветные слайды для иллюстрации книги (в электронной версии исключены).

Книга посвящена двум замечательным женщинам, делившим со мной радости и горести, неизбежно сопутствующие жизни геолога и спелеолога,- палеонтологу Любови Прохоровне Горбач (1924-1960) и гидрогеологу Галине Николаевне Панариной (Дублянской). Рождению книги способствовали их неустанное внимание, долготерпение и забота.

# 1. Пещеры и пещерники

*Вам - и слова магический луч,  
И страстей возвышающих пламя.  
Альпинисты неведомых круч,  
Низвергатели мрака, я с вами!*  
Н. Браун

## 1.1. Что такое пещера?

В словарях можно найти несколько десятков определений пещер, предложенных в 30-80 гг. XX в. /27/. Если отвлечься от научной полемики, то пещеры - это естественные подземные пространства, доступные для человека, целый мир со своей морфологией, климатом, водами, отложениями, животными, растениями. Специалисты-геологи, географы, биологи, археологи обычно изучают только одну из его сторон. А каким он представляется неспециалистам?

Поэтические упоминания о пещерах многочисленны (часть из них использована в качестве эпиграфов к отдельным главам этой книги). Стихотворные строки разных веков раскрывают отношение человека к пещерам.

*...Я в мрачной области пещер,  
Которым нет числа и мер.*  
В. Бенедиктов

*...Темный вход,  
Точно зев отверстый ада,  
Души жертв заблудших ждет.*  
Н. Головкинский

*...Кошмарность ходов под землю,  
Расселин, впадин и пещер,  
И храмы в диких подземельях,  
Чей странен сказочный размер.*  
К. Бальмонт

*Там, где похоронен старый маг,  
Где сияет в мраморе пещера,  
Мы услышим робкий, тайный шаг,  
Мы с тобой увидим Люцифера.*  
Н. Гумилев

*... мы все-таки сумели,  
Перешагнули злобную черту  
И вышли из тяжелых подземелий  
В земную голубую красоту.*  
Б. Корнилов  
*Опустись, моя муза,  
Во мрачный тоннель.*  
Н. Заболоцкий



*...весь мир первобытный,  
Ужасный, опасный, прекрасный.*  
Л. Мартынов

*Зачем влечет вас эта тишина,  
Зловещая, звенящая капелью?*  
Л. Щипахина

Эпитеты, присваиваемые пещерам в поэтических произведениях и научно-популярной литературе, выстраиваются в ряды синонимов:

- неясный, непонятный, непостижимый, необъяснимый, загадочный, таинственный;
- черный, мрачный, дикий, зловещий, ужасный, жуткий, кошмарный, опасный;
- странный, удивительный, диковинный, необыкновенный, необычайный, исключительный;
- дивный, чудный, чудесный, волшебный, сказочный, прекрасный, фантастический, феерический.

Перед нами - вся гамма чувств: от безграничного удивления возможностями творца-природы до первородного страха перед темнеющей бездной, в которой видится обиталище дьявола... Иногда перед пещерами пасуют и самые талантливые поэты: перейдя на прозу, Федерико Гарсиа Лорка посвятил им несколько проникновенных строчек: *"Человеческая фантазия придумала великанов, чтобы приписать им создание пещер. Действительность показала, что они - таинственная фантазия воды, подвластной вечным законам, а не каприз великанов, порожденных необходимостью объяснить необъяснимое..."*

В конце XX в. эпитет "пещерный" прочно обосновался на газетных полосах и экранах телевизоров. Не проходит дня (в особенности - во время почти бесконечных выборных кампаний), чтобы не услышать: "пещерные нравы", "пещерное мышление", "пещерная тупость", "пещерный уровень"... Какой печальный диссонанс с восприятием мира пещер поэтами и философами! Остается только надеяться, что пещеры еще послужат человеку. Как писал Валерий Брюсов в надежде отстраниться от политических, национальных и идеологических распрей:

*"... мы, мудрецы и поэты,  
Хранители тайны и веры,  
Унесем зажженные светлы  
В катакомбы, в пустыни, в пещеры".*

Итак, оставим словопрения политикам. Посмотрим, что же такое на самом деле "пещерный уровень" и каково "пещерное мышление" тех, кто не просто говорит о пещерах, а участвует в их открытии и исследовании.

## **1.2. Первые шаги**

В 1992 г. Сиднейское спелеологическое общество выпустило книгу "История пещерной науки" /41/. Несмотря на огромный объем (339 страниц убогистого текста), она содержит сведения только об изучении пещер в известняках до начала XX в. Интересующихся историей изучения пещер на территории бывшего СССР отошлем к работе К. А. Горбуновой /9/. Попытаемся проследить другое - как формировались наши знания о подземном мире.

Пещеры справедливо называют колыбелью человечества. Первобытные люди-троглодиты еще не умели строить жилища, укрываясь от ветра и холода в пещерах. Они и были первыми "открывателями" природных подземелий. Дошедшие до нас памятники

материальной и зарождающейся духовной культуры неандертальцев и кроманьонцев (100-70 тыс. лет до н. э.) связаны в основном с пещерами.

Научившись делать кремневые и медные орудия, человек начал сам "производить" довольно крупные полости в земной коре. В 5 тыс. до н. э. медную руду добывали в руднике Башкапсара в долине р. Бзыбь (Грузия), выработка имеет длину 50 м, ширину и высоту 5-7 м; к 5-4 тыс. до н. э. относятся и кремневые шахты в Кшемионках (Польша).

В 4 тыс. до н. э. подземные ходы-подкопы длиной до 100 м сооружали египтяне; к тому же времени относится самый древний пещерный город Беер-Шева в 70 км от Иерусалима, состоящий из разветвленной системы залов и галерей.

3-м тыс. до н. э. датируется почти 100-метровый тоннель под р. Евфрат в Вавилоне, 3-2 тыс.- первая железнорудная "фабрика" в пещере Мумба в Восточной Африке.

В 1 тыс. до н. э. у многих народов мира начали формироваться хтонические культы, святилища которых располагались под землей. К XV-XIV вв. до н. э. относятся глиняные таблички с хеттской клинописью, обнаруженные в пещерах Малой Азии; к XV-XIV вв. до н. э.- находки вавилонской клинописи в искусственных подземных сооружениях Египта. В IX в. до н. э. ассирийский царь Салмансар предпринял первую экспедицию по изучению пещер. Он проник в три пещеры в верховьях Тигра, из которых вытекали источники. На стенах пещер обнаружен портрет царя и первые рисунки сталагмитов.

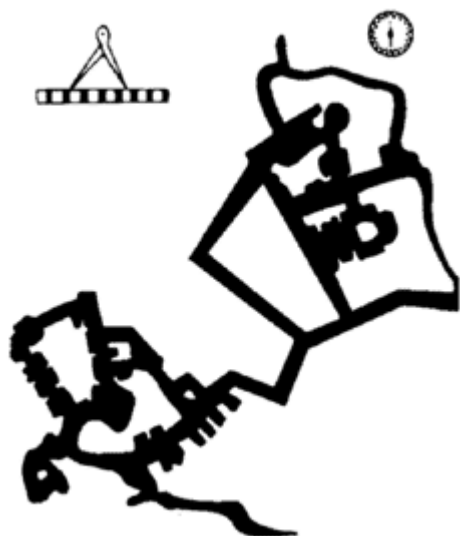
В античное время (VII в. до н. э.- I-II вв. н. э.) одни пещеры считались обиталищами богов, другие - использовались для различных хозяйственных целей. Широко известны гомеровские строки: *"пастырь стада свои гонит в пещеру"* ("Илиада").

В VI-V вв. до н. э. теплая пещера Кронио (Сицилия) использовалась для лечения; в IV в. до н. э. этруски сооружали подземные осушительные каналы-куникулы протяженностью 2-3 км; в I в. до н. э. полуторакилометровый водоводный тоннель построен на о-ве Самос. Таким образом, хотя пещерная "колыбель" давно покинута человеком, интерес к подземельям, сохранился на многие века.

Активное освоение подземного мира продолжалось и в I тысячелетии нашей эры. В I в. была сооружена протяженная система водоводов под Римом; в эти же годы греки при защите г. Аполлония лили в пещеры и вражеские подкопы кипящую воду, сыпали раскаленный песок, запускали туда пчел и даже... крокодилов. В I-II вв. с использованием естественных пещер были сооружены огромные буддийские храмы, существующие и поныне. В одном из них (Юнгнань) насчитывается более 50 тысяч скульптурных изображений богов и людей. На протяжении шести веков (I-VI вв.) сооружался грандиозный храм Аджанта (Индия), состоящий из 29 жилых и культовых пещер. Во II-III вв. в Кумранской пещере на берегу Мертвого моря были спрятаны глиняные сосуды, содержащие более 15 тысяч свитков с текстами библейского и светского содержания. В V в. построен поселок-храм Гереме (Анталия), где жили монахи-христиане, а в VI-XIII вв.- "пещерные города" внутренней горной гряды Крыма, имеющие культовое, оборонительное и жилое назначение. В пещере Тысячи Будд (Китай) в 1907 г. обнаружена "алмазная сутра" - пятиметровый свиток, содержащий этические и ритуальные поучения. Она написана иероглифами и включает 11 цветные рисунки. Это самая древняя в мире печатная книга (IX в. н. э.), набранная на шесть столетий раньше книг Гутенберга...

В X-XII вв. сооружаются гигантские (более 1000 помещений) пещерные монастыри в Эфиопии. В XI в. начинается добыча соли в руднике Величка (Польша), на глубине 350- 650 м от поверхности. Позднее в нем действовали подземная церковь и музей, проводились экскурсии. В XI-XIII вв. инки соорудили тоннель, проходящий на глубине 20-25 м под уровнем моря. Он был снабжен дверями весом около 300 т, поворачивающимися на каменных шарах. В XII-XIII вв. сооружен 13-этажный пещерный город Вардзия (Грузия), а в XIII в.- таинственный город Меза-Верде (США, штат Колорадо), "встроенный" в естественные гроты и пещеры. В XIV в. вулканические пещеры Канарских островов населены гуанчами.

Рис. 1. Дальние пещеры Киева Печерской лавры (1668 г.)



огромные подземные ходы-катакомбы возникают под Москвой, Прагой, Парижем. Позднее (XVIII-XIX вв.) подобные выработки проходят под Одессой, Севастополем, Керчью. С начала XVI в. началось освоение гигантских пещер штата Кентукки (США). В Мамонтовой пещере в 1812 г. добывалась селитра для производства пороха, а с 1816 г. она открыта для туристических групп. В 1854 г. в одной из пещер США сделана первая подземная фотография, а в 1859 г. этот эксперимент повторил в катакомбах Парижа Ф. Надир, прототип Мишеля Ардана в романе Жюль Верна "С Земли на Луну". Широко распространено мнение, что в средневековье в пещерах властвовали мистические "темные" силы: злые духи и гномы, разбойники и пираты, кладоискатели и фальшивомонетчики. Отчасти это так. Но приведенные примеры свидетельствуют и о более "светлом" назначении пещер.

Одну из первых работ, систематизирующих знания человека о пещерах, опубликовал в 1654 г. Я. Гаффарель. В книге "Подземный мир" он разделил их на пять групп: божественные, человеческие, звериные, природные и искусственные. Иезуит А. Кирхер в работе (1664 г.) изложил существовавшие представления о круговороте воды на Земле. Морская вода, поглощаемая пещерами (такое действительно происходит на о-ве Кефалиния в Греции), проникает в глубь Земли, нагревается за счет ее внутреннего жара, испаряется, поднимается к вершинам гор, где "сгущается", давая начало источникам и рекам. В XVII в. были опубликованы и другие работы о пещерах: И. Вальвасор в 1689 г. описал подземную реку Шкоциан (Словения) и впервые упомянул о живущем под землей "безглазом ящере" - протее. В конце столетия первые описания пещер появились в Англии, Франции, Австро-Венгрии.

XVIII в. ознаменовался экспедициями по изучению сравнительно труднодоступных пещер. В мае 1748 г. математик И. Нагел возглавил беспрецедентный по тем временам спуск в провал Мацоха (Моравия). Им была преодолена отвесная часть входной шахты (50 м) и достигнута глубина 138 м. Теоретические представления этого времени обобщены в книге Сито де ла Фона "Чудеса природы" (1788). Он считал, что подземные пустоты возникли "по большей части через огнедышащие горы", а натеки в пещерах представляют "род подземного сада". Значительно ближе к истине были воззрения русских ученых, к сожалению оставшиеся неизвестными в Западной Европе. Еще в 1720 г. В. Н. Татищев посетил окрестности г. Кунгур и указал, что пещеры являются результатом "разведения" (растворения) и обваливания пород. В 1732 г. И. Г. Гмелин побывал в Кунгурской пещере и составил ее план. Он же произвел первые замеры температуры воздуха под землей.

Большой вклад в формирование знаний о подземном мире внес М. В. Ломоносов. Он доказал, что пещеры имеют физико-химическую природу, объяснил образование "накипей" на стенах пещер осаждением кальцита из водного раствора, предложил

русские эквиваленты латинских терминов "сталактит" и "сталагмит" ("*капль верхняя*" и "*капль нижняя*"), обосновал причины движения воздуха под землей и образование пещерного льда. В конце XVIII в. в разные районы Российской империи отправились организованные по проекту М. В. Ломоносова академические экспедиции. В трудах И. И. Лепехина, Н. П. Рычкова, П. С. Палласа приводятся сведения о многих поволжских (Борнуковская), уральских (Дивья, Капова), кавказских (Провал), крымских (Большой Бузлук), алтайских (Чарышская) пещерах.

В XIX в. в Европе продолжается открытие и исследование пещер. В пещере Падрициано в 1839 г. группа М. Линдера (Италия) спустилась на глубину 226 м, а в пропасти Требич - на 329 м. Даже по сегодняшним меркам это весьма значительные достижения. В 1850-1857 гг. А. Шмидл осуществил исследования лабиринтов Адельсбергской пещеры (ныне - Постойна, Словения). Активно изучаются и пещеры России: Кунгурская на Урале, Вертеба на Украине, Кизил-Коба - в Крыму, Гумская и Сакинуле - на Кавказе, Балаганская - в Приангарье и пр. Открыты большие пещеры в Северной Америке (Фриар, Винд, Орган и пр.). Растет интерес к пещерам у геологов и минералогов, археологов и биологов, гидрологов и метеорологов. Начинается оборудование ближних частей пещер для посещения (Постойна, Вельская, Демяновская, Кунгурская, Мамонтова и др.).

Австрийский спелеолог Х. Триммель, рассматривая историю становления науки о пещерах, выделяет четыре периода: барокко (XVI-XVII вв.), просвещения (XVIII в.), романтики (XIX в.) и классический (конец XIX - начало XX вв.). К концу третьего, романтического, периода в мире было известно несколько тысяч небольших, в основном - легкодоступных пещер. Выяснилось, что пещеры представляют интерес для многих наук, а территории, где они развиты, обладают рядом особенностей, затрудняющих их хозяйственное освоение. Первые отчаянные попытки более глубокого проникновения в подземный мир показали, что человек знает только его "прихожую". Все это способствовало переходу к четвертому периоду, который историки науки связывают с именем Э. А. Мартеля.

### **1.3. Рождение - "классической" спелеологии**

В конце XIX в. возникли противоречия между возрастающими масштабами изучения отдельных легкодоступных пещер (которых только в Европе насчитывалось уже свыше 3 тысяч) и возможностями исследования сложных полостей, а также - между геологическими, палеонтологическими, археологическими находками в отдельных пещерах и использованием подземелий в качестве объектов туризма. Назревала необходимость в новых организационных формах объединения людей, стремящихся проникнуть в тайны подземного мира, в новой технике и тактике работы под землей. В 1879 г. в Вене было образовано "Объединение исследователей пещер", которое ставило перед собой задачи изучения австрийских пещер, расширения знаний о них, заботу об организации экскурсий. В 1879 г. возникли пещерное объединение "Анtron" (Постойна) и Швабский Пещерный Союз (Мюнхен), в 1892 г. - английское и итальянское общества исследователей пещер. В 1890 году наука о пещерах получила имя: Э. Ривьер предложил термин "спелеология" (гр. *spelaiou* пещера), а в 1892 г. М. де Нуссак использовал более краткую форму - "спеология", которую до сих пор применяют некоторые биоспелеологи. После выступления Э. Мартеля 4 августа 1893 г. на XII Конгрессе французской ассоциации поддержки научных исследований термин "спелеология" получил всеобщее признание.

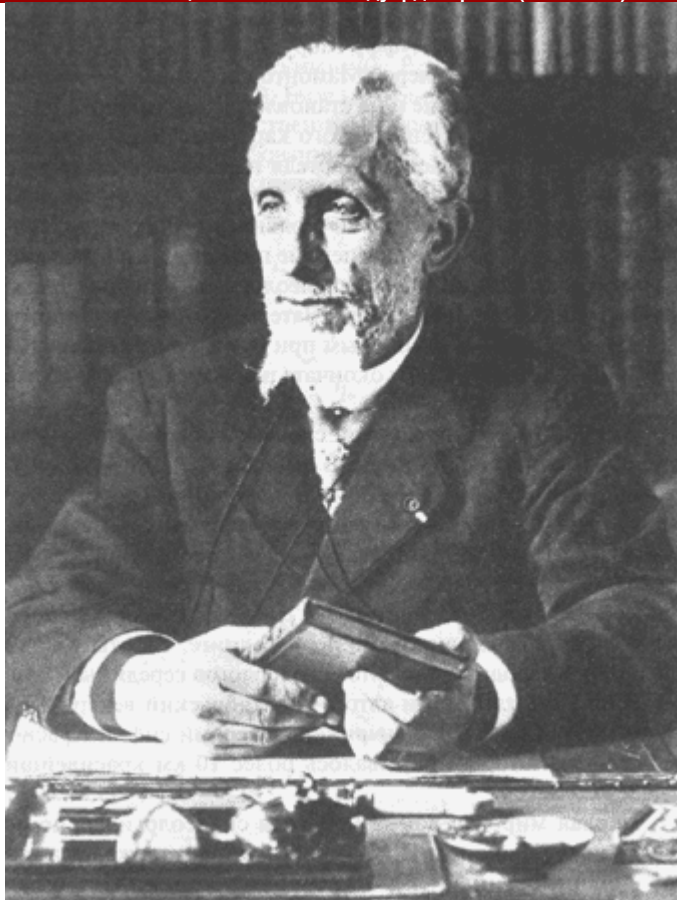
Становлению молодой науки неожиданным образом способствовала трагедия, разыгравшаяся в Центральной Европе, в Штирии.

Весной 1894 г. группа австрийских спортсменов спустилась в пещеру Лурлох, намереваясь соединить ее с ниже расположенной пещерой Пеггау. Экспедиция планировалась на два дня, впервые - с ночевкой под землей. Однако через день начался дождь, а через два - газеты смаковали сенсацию: "*семь человек попали в пещерную*

западню"... Целую неделю мир следил за неравной борьбой с природой, которую вел спасательный отряд под руководством инженера-гидротехника Путика. Спасатели совершали чудеса - рыли отводные каналы, укрепляли обваливающийся вход. Принятые меры позволили избежать полного затопления пещеры и через 204 часа узники были освобождены. Но они не стали героями: их обвинили в легкомыслии, неосторожности и во многом другом... Зато повсюду, от Англии до Японии, стало известным слово "спелеолог"!

В 1895 г. в Париже было основано "Спелеологическое общество Франции", деятельность которого на протяжении более 40 лет ассоциировалась с именем Эдуарда Альфреда Мартеля (рис. 2).

Рис. 2. "Отец спелеологии" - Эдуард Мартель (1859-1928)



Мартель вошел в спелеологию как активный член Альпийского клуба. В 1888 г. появились его первые статьи, посвященные пещерам: "Подземное озеро в Дузе", "Требичский грот". В этом же году он осуществил экспедицию по подземной реке Брамабио. "Пещера ревущего вола" получила свое название из-за грохота воды подземных водопадов. Мартелю удалось то, о чем до сих пор мечтает каждый спелеолог: он прошел пещеру насквозь на 440 м по горизонтали и 90 по вертикали...

Жизнь Мартеля поражает своей насыщенностью. Это экспедиции в карстовые районы Франции, Австрии, Англии, Греции, России; открытие сотен пещер, среди которых такие "звезды первой величины", как Падирак; великолепные гидрогеологические труды об

источнике Воклюз и деятельности вихревых, турбулентных потоков под землей; выступления в печати о проблеме защиты карстовых вод и о создании Национального парка Франции... Издатель и редактор первого в мире спелеологического журнала, председатель общества защиты ландшафта, президент национального комитета гидрологии, редактор журнала "Природа", автор 922 научных работ, в том числе - фундаментального труда "Бездны" /38/, Э. Мартель - целая эпоха в спелеологии. За свои научные труды и деятельность по изучению пещер он был награжден орденом Почетного легиона и Гран-при Академии наук Франции.

Судьба была благосклонна к Мартелю: он часто рисковал и всегда выигрывал. Его увлекательные экспедиции в пещеры Европы широко описаны в литературе. Но мало кто знает, что 44-летний Мартель едва не погиб в одной из пещер Кавказа...

В 1903 г. по поручению русского правительства он посетил со специальной миссией район небольшого военного поселения Сочи, с его легкой руки позднее прозванный "Кавказской Ривьерой". При обследовании семидесятипятиметровой Мацестинской пещеры, в конце которой находилось озерко, насыщенное сероводородом, он потерял сознание и был спасен проводником, знавшим коварство этого газа, к запаху которого быстро привыкаешь...

Мартель совершенно правильно связал образование этой пещеры с деятельностью термоминеральных источников, на несколько десятков лет опередив исследователей гидротермального карста.

Э. Мартель был одним из первых спелеологов, использовавших набор специального оборудования, список которого превышал 10 страниц, а общий вес - 4 тонны. Сюда входили веревки и лестницы, шесты и резиновые лодки, ледорубы и кошки, горняцкие лампы и фотоаппараты, буссоли и термометры, барометры и телефоны. Им опубликованы методические работы, раскрывающие особенности проведения исследований под землей. Это инструкции по топоъемке пещер (1892), замерам температуры воды и воздуха (1894), фотографированию (1905) и гидрологическим замерам в пещерах (1908), исследованиям катакомб (1910), опытам с окрашиванием воды флюоресцеином (1913, 1922).

Активная исследовательская, научная и общественная деятельность Э. Мартеля вызвала повышенный интерес к изучению пещер во всем мире. В конце XIX - начале XX вв. спелеологические общества, группы и клубы возникают в десятках стран Европы и Америки. Энтузиасты-спелеологи, число которых неуклонно растет, открывают тысячи новых пещер.

Имя Мартеля носят десятки спелеологических объектов во всем мире, начиная от Гуффра Мартель во Франции (303 м) и заканчивая одной из галерей Мамонтовой Пещеры. Э. Мартель оказал большое влияние и на становление спелеологии в России. Его цитирует "отец русского карстоведения" А. Крубер /15/, в наше время именем Мартеля названы одна из красивейших пещер Крыма и шахта на массиве Арабика (320 м). Правда, термин "спелеология" появился в России только в 1915 г., когда К. А. Кастанье впервые применил его в названии статьи "Современные успехи спелеологии и мои спелеологические поездки по Туркестану". Затем он был забыт, повторно использован В. Н. Махаевым при спелеологическом районировании Крыма (1937) и окончательно "восстановлен в правах" в 50-е гг. XX в.

В 1900-1915 гг. в мировой спелеологической литературе появилось много ярких имен. В бывшем СССР наиболее известно имя Норбера Кастере, несколько книг, которого опубликованы в 50-60 гг. в издательстве Географгиз. Кастере был любимым учеником Мартеля. *"Большая радость помогать человеку, одаренному тремя бесценными качествами: смелостью, строгой методичностью и суровой самодисциплиной"*, - писал Мартель в предисловии к его первой книге. Работы Кастере вдохновили не одно поколение спелеологов середины - конца XX в. Помогли они и автору в октябрьский вечер 1958 г. пронырнуть без всякого снаряжения первый сифон Красной пещеры, за которым скрывалось более 10 км красивейших галерей...

Первая мировая война прервала спелеологические исследования в Европе... Но, как ни странно, она же дала толчок к оборудованию некоторых пещер. Система Постоянной пещеры была использована итальянскими инженерами для вывода в тыл австрийцев целого воинского соединения; в конце войны военнопленные из России построили в ней Русский мост, ведущий в 500-метровую Лепу яму (Красивую пещеру).

Короткий перерыв между первой и второй мировыми войнами дал спелеологии много славных имен. Это Г. Кирл (Германия) и Э. Раковице (Румыния), Р. де Жоли (Франция) и А. Свиннертон (США), В. Визе (Австрия) и Дж. Брещ (США). Их исследования существенным образом дополнили наши знания о процессе образования пещер, но вместе с тем поставили ряд вопросов, на которые ответа пока не было...

#### **1.4. Спелеологический - "модерн"**

Вторая половина XX в. ознаменовалась прорывом человечества в еще не изученные сферы: атмосферу (выход в Космос), гидросферу (покорение глубин Мирового океана) и карстосферу (изучение пещер). Примечательно, что исследования первых двух сфер являются общепризнанными научными направлениями,

пользующимися организационной и финансовой поддержкой государства. Карстосфера же до сих пор остается "ничейной землей" и ее исследования - удел энтузиастов...

В 50-90 гг. на всех континентах осуществлялись спелеологические экспедиции, приведшие к крупным открытиям. Географическая наука относится к ним несколько странно. Представьте себе, какой "бум" произвело бы на страницах научных журналов сообщение о том, что на Земле обнаружена более высокая гора, чем Джомолунгма? А вот спелеологические открытия остаются "за кадром": редко о них сообщают газеты, еще реже - телевидение... А рассказать и показать есть что!

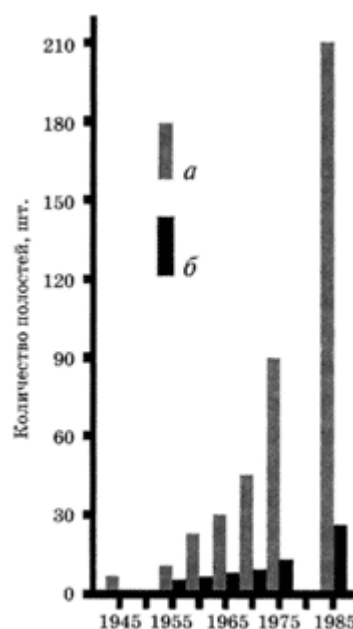
Можно выделить минимум пять особенностей современной спелеологии. Первая из них - это резкое увеличение протяженности крупных пещерных систем. Причины различны: открытие новых полостей (так, совершенно неожиданно была открыта крупнейшая в Сибири Ботовская пещера в известняках протяженностью более 30 км), наращивание длины известных пещер (гипсовая пещера Оптимистическая на Украине за 30 лет после открытия "подросла" до 207 км), объединение ранее считавшихся изолированными пещер (в 1972-1995 гг. Мамонтова пещера в США увеличила свою протяженность с 232 до 563 км).

Вторая особенность - увеличение глубины проникновения человека в недра Земли. К середине 1995 г. самой глубокой карстовой шахтой мира была Дан де Кроль во Франции, амплитудой 549 м (-365 и +184 м от входа). В 1956 г. здесь же в шахте Берже достигнута глубина 1122 м; в 1965 г. "в игру" вступает система Пьер Сен-Мартен (1000 м), а в 1976 г. - Жан-Бернар (1208 м). В 1977-1995 гг. "соревнование" между ними продолжается: они углубляются (при прохождении сифонов) и подрастают в высоту (за счет открытия более высоко расположенных входов). Сегодня глубочайшая система мира - Лампрехтсофен в Австрии - достигла глубины 1634 м. Однако кроме нее известно более 50 полостей, перешагнувших 1000-метровый рубеж, и более 250,- углубившихся на 500 м и ниже! Поражает темп исследований, в результате которых справочные издания успевают состариться еще до выхода из печати (рис. 3).

Третья особенность "модернспелеологии" - появление крупных пещер и шахт в районах, сложенных породами, которые ранее считались некарстующимися. Самые яркие примеры - открытие в Западных Саянах пещеры Большая Орешная, заложенной в конгломератах (47,5 км); а в Венесуэле - огромных по размерам входных шахт (диаметр до 330 м, глубина до 350 м) пещер плато Сарисариньяма, заложенных в кварцитах. К этому надо добавить крупные (десятки километров!) пещеры в гранитах и гнейсах, лавах и базальтах, ледниковом льду...

Четвертая особенность спелеологии конца XX в. - усложнение объектов исследований. Это и сплошные, иногда расширяющиеся книзу отвесы глубиной до 640 м (Вртриглавица, Словения; Хадесшахт, Австрия; Абац, Грузия), и огромные расходы подземных потоков, достигающие 100 м<sup>3</sup>/с (пещеры Малайзии), и работа в условиях быстрого подтопления на высоту до 150 (шахта В. Пантюхина, Грузия) и даже 450 м (пещера Луир, Франция), и прохождения длинных сифонов (4055 м, Ду де Коли,

**Рис. 3. Рост количества исследованных полостей.**  
Глубже 500 м (а) и глубже 1000 м (б) (по П. Курбону и Кл. Шаберу /35/)



Франция) или даже полностью затопленных водой систем с несколькими входами (16 732 м, Леон Синкс, США).

Пятая особенность - расширение географии спелеологических открытий на все высотные пояса (от -370 м ниже уровня моря, соляной купол Седом, Израиль, до +6600 м - массив Нанга-Парбат в Пакистане) и широтные зоны (от экваториальных Азии и Америки до Гренландии и Антарктиды). Кроме того, расширилась и область спелеологических интересов: в ее сферу попали не только естественные полости, заложенные в карстующихся и некарстующихся породах, но и искусственные выработки и сооружения.

Вторая половина XX в. стала эпохой великих спелеологических открытий. Большую роль в них сыграло развитие и совершенствование технических средств, тактики преодоления различных препятствий, специального снаряжения, средств связи и жизнеобеспечения при многосуточных экспедициях. Не последнюю роль сыграли и организационные достижения: спелеологические союзы и объединения возникли более чем в ста странах мира, в 1953-1997 гг. состоялось двенадцать Международных спелеологических конгрессов (табл. 1), в 1965 г. был создан Международный союз спелеологов (МСС).

Рост спелеологических открытий сопровождался не менее бурным ростом количества научных публикаций, в которых описывались результаты исследований /34, 35/, делались региональные и теоретические обобщения /7,12/. Перечислить их невозможно, да, вероятно, и не нужно. Более важно другое: коллективные действия спелеологов всех континентов привели к пониманию единства подземного мира, его неделимости государственными границами, высокой экологической ранимости. Пещеры обладают не только удивительными аттрактивными качествами, но и способностью накапливать и сохранять разнообразную информацию о природных условиях прошлого. Как метко заметил чешский археолог К. Скленаж /25/, пещеры - "окаменелая память" человечества. Воспользоваться этими сведениями, прочитать каменную летопись, сохранить ее для потомков могут только люди, непосредственно работающие под землей, т. е. спелеологи. Так кто же они такие?

Таблица 1 Международные спелеологические конгрессы					
№	Год	Страна, город	Президент, страна	Генеральный секретарь, страна	Количество стран-участников
1	1953	Франция, Париж	Р. Жаннель, Франция	Б.Жез, Франция	16
2	1958	Италия, Бари	М. Гортани, Италия	Ф. Аннели, Италия	14
3	1961	Австрия, Вена	Г. Строугал, Австрия	Х. Триммель, Австрия	18
4	1965	Югославия, Любляна	Б.Жез, Италия	А. Анави, Ливан	24
5	1969	Германия, Штутгарт	Б.Жез, Италия	Х. Триммель, Австрия	27
6	1973	Чехословакия, Оломоуц	А. Чинья, Италия	Х. Триммель, Австрия	36
7	1977	Англия, Шеффилд	А. Чинья, Италия	Х. Триммель, Австрия	39
8	1981	США, Бовлинг-грин	А. Эразо, Испания	Х. Триммель, Австрия	45



9	1985	Испания, Барселона	Д. Форд, Канада	Х. Триммель, Австрия	50
10	1988	Венгрия, Будапешт	Х. Триммель, Австрия	К. Эк, Бельгия	51
11	1993	Китай, Пекин	Л. Форти, Италия	П. Босак, Чехия	36
12	1997	Швейцария, Шо-де-Фон	Дж. Джеймс, Австрия	П. Босак, Чехия	55

## 1.5. Кто мы, спелеологи?

Этот, на первый взгляд, наивный вопрос сегодня оживленно обсуждается на спелеологических конгрессах и в промежутках между ними. В давние времена пещеры использовали в основном практики - охотники, пастухи, добытчики гуано, костей, богомольцы, наконец, нарушители закона. В наше время туда идут романтики (любители природы) и практики "нового поколения": спелеологи-первооткрыватели и научные работники. Но первооткрыватель всегда является и первым исследователем. Как в таком случае отличить спелеолога от простого научного работника? Попробуем подойти к этому вопросу несколько иначе, с позиции людей, попавших под землю. Стремления научного работника предсказуемы: это получение новых материалов для развития своей отрасли знаний (геологии, биологии и пр.). Все остальное - опасности, холод, даже красота пещер - отходит на второй план. А какими мотивами руководствуется спелеолог?

Любопытные мысли по этому поводу высказал на VIII спелеологическом конгрессе швейцарский философ и психолог (хобби - спелеология!) Т. Кессельринг. Он выделил 10 соприкасающихся мотивов деятельности исследователя пещер: любопытство (что там, за поворотом?), дух первопроходца (хочу быть первым, несмотря на все опасности), стремление к познанию (обнаружение новых частей пещеры равноценно открытию новой теории!), эстетические чувства (наслаждение красотой пещер), любовь к контрастам (свет - темнота, холод - тепло), проникновение в суть понятий пространства и времени (в пещерах происходит "деформация" нашего восприятия этих категорий), сексуальные мотивы (отождествление подземного мира с материнским лоном), уход от цивилизации (возврат к природе, чистой воде и воздуху и пр.), в том числе и бессознательные мотивы, например: возврат в прошлое (приобщение к духовному миру наших предков), возрождение (уход под землю ассоциируется со смертью, выход на поверхность - с началом новой жизни).

Итак, мотивация деятельности спелеологов ясна, ясно и то, что спелеолог - это исследователь пещер. Но просто открыть новую "дыру" и даже спуститься в нее - не значит провести ее исследования... Исследовать - это выполнить ряд специальных замеров и наблюдений, которые зачастую оказываются под силу только научному работнику. И напротив, провести под землей весь комплекс исследований (геологических, биологических, археологических) можно только при наличии определенной спортивной подготовки... Исходя из этого в 50-е гг. была предложена формула:

СПЕЛЕОЛОГИЯ = НАУКА + СПОРТ

Что в конкретном случае стоит на первом месте - зависит от целей экспедиции: если первопрохождение - то, конечно, спорт (но обязательно - с элементами науки!), если научное исследование - то наука (но с обязательным выполнением всех спортивных требований, необходимых для безаварийного прохождения объекта).

Это "двуединство" спелеологии в бывшем СССР просуществовало довольно долго и принесло свои плоды. Если в 1958 г. было известно около 500 пещер (самая длинная - Кунгурская, 4,6 км), то к 1995 г. их стало более 7000 (самые длинные: в гипсах - Оптимистическая, 207 км; в известняках - Кап-Кутан - Промежуточная, 54 км; в конгломератах - Б. Орешная, 47,5 км; самые глубокие: В. Пантюхина, 1508 м; Бой-Булок, 1415 м; Снежная - Меженного, 1370 м). Затем определяющим стало спортивное начало, что немедленно привело к некоторой "потере информации".

Слияние спорта со спелеологией неизбежно. Очень четко высказался по этому поводу московский спелеолог Ю. Шакир: *"Пребывание в пещере, независимо от ее сложности, было и всегда будет для человека экстремальной ситуацией"*. А если так, возникает вопрос: всякий ли может и имеет право быть спелеологом? В бывшем СССР эту проблему решили по аналогии с туризмом и альпинизмом: ступенчатое обучение и постепенный набор опыта. Это привело к введению спортивных разрядов и классификации пещер по степени сложности прохождения. Так появилась еще одна достаточно сильная (в особенности - для молодежи) мотивация: "хочу быть мастером спорта", которая вступила в противоречие с требованиями охраны пещер...

Аналогичная ситуация сложилась и за рубежом. Например, в Югославии в 70-е гг. было определено, что спелеологом может считаться человек не младше 18 лет, участник не менее 20 экспедиционных выходов, снявший не менее 10 топографических планов пещер суммарной длиной не менее 3000 м и глубиной - 400 м...

Так кто же такие спелеологи? Вероятно, они прежде всего романтики, а затем уже - практики. Они должны много знать, чтобы не причинить вреда пещерам, и многое уметь, чтобы не навредить себе. А главное - любить пещеры, дарящие спортсмену радость первооткрывателя, а научному работнику - радость творчества.

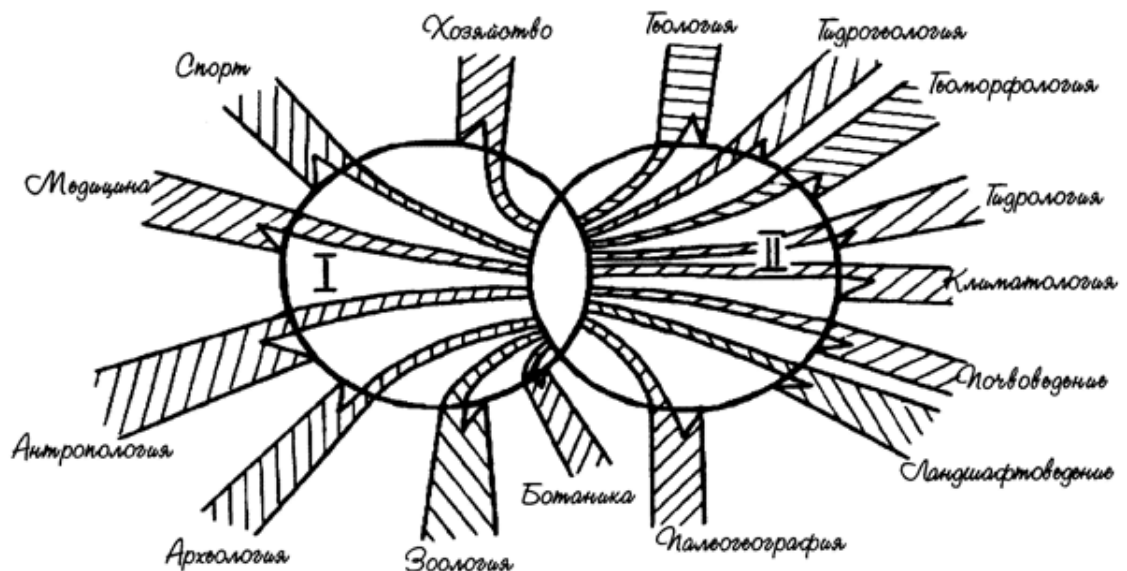
## 2. Многоликая спелеология

*Пусть в наших знаниях изъян,  
В постулатах - обман:  
Полно томиться,  
Разгоним, сомненья туман!*  
О. Хайям.

### 2.1. В кругу других наук

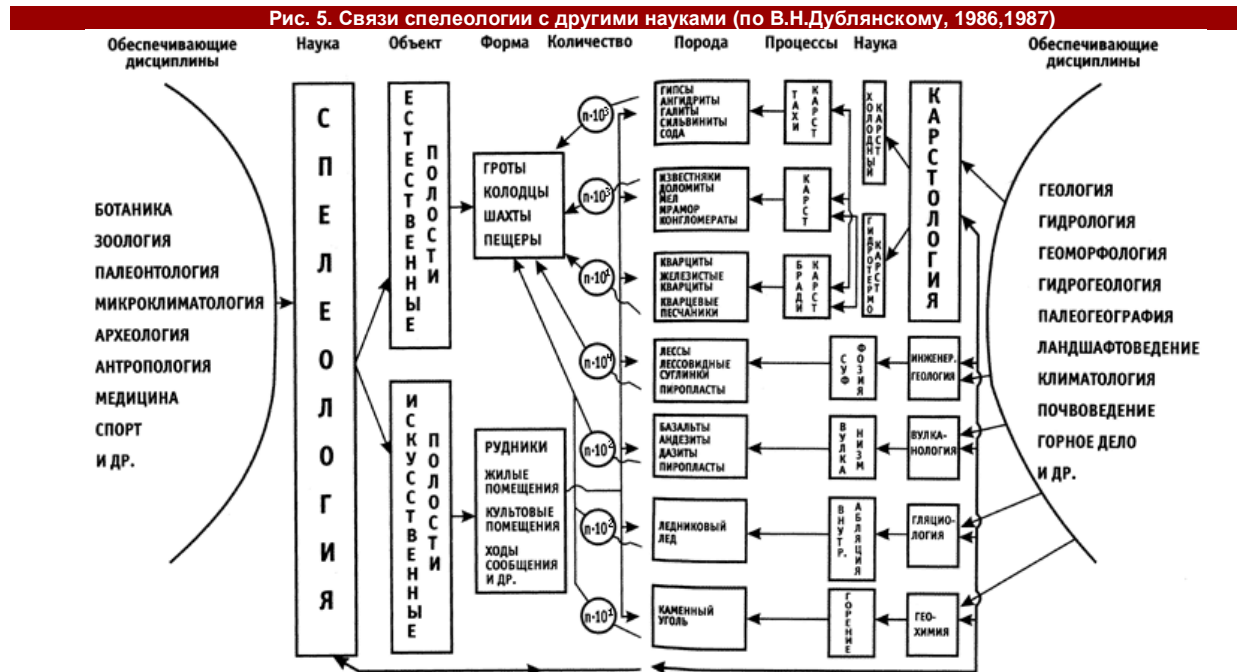
Связь спелеологии с другими науками одним из первых раскрыл австрийский спелеолог, генеральный секретарь МСС Хуберт Триммель /42/. По его представлениям, спелеология возникла на пересечении интересов карстоведения и пещероведения (рис. 4). Через карстоведение она связана с основными "обеспечивающими" геологическими (геология, гидрогеология, геоморфология) и географическими (гидрология, климатология, почвоведение, ландшафтоведение, палеогеография) науками; через пещероведение - с ботаникой, зоологией, археологией, антропологией, медициной, спортом, хозяйством. Благодаря такой системе связей происходит взаимное обогащение исходных направлений, возникают новые, "пограничные" науки.

Рис. 4. Место спелеологии среди других наук (по Х. Триммелю /42/)



Интересная идея Х. Триммеля, к сожалению, вошла в противоречие с содержанием его монографии. Во-первых, используя понятие "пещера" как родовое, он подвел под него не только горизонтальные и наклонные полости (именно их повсюду традиционно называют пещерами), но и вертикальные (их обычно именуют колодцами, шахтами, пропастями, безднами...). Во-вторых, пещеры и шахты встречаются не только в водорастворимых, карстующихся породах (известняк, гипс, каменная соль и пр.), но и в других, некарстующихся породах (граниты, базальты, ледниковый лед и пр.). Значит, пещероведение должно контактировать не только с карстоведением, но и с другими науками о Земле - вулканологией, гляциологией и пр. Кроме того, в XX в. в сферу интересов спелеологии были включены искусственные полости - заброшенные горные выработки, пещерные монастыри, подземные ходы разного назначения и пр.

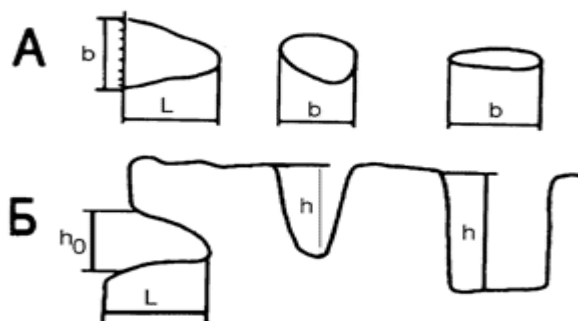
В 80-е гг. была предложена такая схема связей спелеологии с другими науками, которая учитывала не только различия в процессах, приводящих к образованию полостей в разных горных породах, но также количество и форму подземных объектов (рис. 5).



В схеме нашли место не только установившиеся, бесспорные связи, но и предположения профессора Г. А. Максимовича о формировании полостей холодными и термальными водами при их замедленном (брадикарст) и ускоренном (тахикарст) развитии.

Попутно пришлось решить несколько довольно сложных вопросов. Что такое подземная полость? Как отличить поверхностную форму от подземной? Иначе говоря, где кончается карстовая ниша и начинается пещера, или как отделить карстовые воронки от колодцев? Предложений по этому поводу было немало. Формальный подход (глубина или длина) здесь явно не срабатывал, так как между двумя воронками глубиной 20-25 м может находиться 15-метровый колодец... Предложение красноярского геолога Р. Цыкина считать подземной только неосвещенную солнцем форму оказалось непригодным, так как известны шахты глубиной 150-360 м, на дне которых можно свободно читать (Бездонная на Украине, Эль-Сотано в Мексике, Минье в Новой Гвинее). Нужен был общий принцип, подходящий к любой ситуации. И он нашелся!

**Рис. 6. Принципы отделения подземных карстовых форм от поверхностных. (L " b; L " h). А - план, Б - разрез**



Подземная полость - это такая отрицательная форма рельефа, у которой длина (L, м) или глубина (H, м) больше высоты (h, м) у входа (рис. 6).

Классификацией подземных полостей занимались Г. Кирл, 1924, и Ф. Бублейников, 1953; Г. Максимович, 1963, и Х. Триммель, 1968; Л. Маруашвили, 1973, и Т. Ратгебер, 1980; К. Кирман, 1982, и Н. Байт, 1983; Р. Съеберг и многие другие исследователи. После

нескольких неудачных попыток была предложена схема, согласно которой подземные полости подразделяются на 2 группы, 3 класса, 14 подклассов и 27 типов (табл. 2). В ее основу положен генетический подход: *группы* полостей выделяются по антропоному признаку (естественные и искусственные); *классы* - по источнику энергии полостеобразующих процессов (эндогенному, экзогенному и антропогенному); *подклассы* - по характеру перемещения вещества, а *типы* - по основному процессу, приводящему к ее образованию. Классификация включает только моногенетические (образованные одним ведущим процессом) полости. В природе, естественно, имеются и более сложные, полигенетические образования. Они относятся к смешанным типам (коррозионно-гравитационный, экскавационно-коррозионный, суффозионно-коррозионно-абразионный и др.).

Предлагаемый подход значительно расширяет временные рамки существования подземных полостей, возраст которых всегда меньше, чем возраст вмещающих их пород и материалов. Для датирования искусственных полостей, связанных с деятельностью человека, используется "историческая" шкала, имеющая астрономическую основу (смена дня и ночи, изменения фаз луны, смена времен года). "Размах" их возможного возраста невелик: 35 000 лет до н. э. - 2000 лет н. э. (Горная энциклопедия, т. 2, 1986).

Естественные полости эндогенного и экзогенного классов образованы в различных горных породах, разными процессами. Они имеют самый различный возраст и датируются по шкале, имеющей "размах" более 4,6 млрд. лет. Для ее построения геологи используют данные о последовательности формирования различных отложений и эволюции животного мира (стратиграфическая шкала, принцип "раньше - позже"), а также методы определения возраста породы в абсолютных единицах - годах, тысячелетиях, миллионах лет (геохронологическая шкала, в основе которой лежит изучение природной радиоактивности минералов).

**Таблица 2 Классификация подземных полостей (по В.Н. Дублянскому, В.Н. Андречуку)**

Группа	Класс	Подкласс	Тип	Порода	Кол-во, шт.
Естественные	Эндогенные	Магматогенные	Кристаллизационные	Ма	$n \cdot 10^3$
		Вулканогенные	Экструзионные	Ма	$n \cdot 10^3$
			Эксплозионные	Ма	$n \cdot 10^3$
			Флюационные	Ма	$n \cdot 10^3$
		Тектоногенные	Дизъюнкционные	Ма	$n \cdot 10^3$
			Контракционные	Ма, Ос, Ме	$n \cdot 10^3$
	Экзогенные	Гипергенные	Дилатансионные	Ма, Ос, Ме	$n \cdot 10^2$
			Гравитационные	Ма, Ос, Ме	$n \cdot 10^3$
			Денудационные	Ма, Ос, Ме	$n \cdot 10^3$
			Гидратационные	Ос	$n \cdot 10^2$
		Эологенные	Корразионные	Ма, Ос, Ме	$n \cdot 10^4$
			Дефляционные	Ма, Ос	$n \cdot 10^4$
		Флювиогенные	Эрозионные	Ма, Ос, Ме	$n \cdot 10^3$
			Абразионные	Ма, Ос, Ме	$n \cdot 10^3$
		Карстогенные	Коррозионные	Ма, Ос	$n \cdot 10^5$
		Суффозиогенные	Суффозионные	Ма, Ос	$n \cdot 10^4$
		Гляциогенные	Дислокационные	Ос	$n \cdot 10^2$
			Абляционные	Л	$n \cdot 10^2$
		Пирогенные	Пиролизационные	Ос	$n \cdot 10^1$
		Биогенные	Вегетационные	Ос	$n \cdot 10^3$
Эксенционные	Ос		$n \cdot 10^3$		
Искусственные	Антропогенные	Механогенные	Эккавационные	Ма, Ос, Ме	$n \cdot 10^5$
		Хемогенные	Сольвационные	Ос	$n \cdot 10^2$
			Ликвационные	Ос	$n \cdot 10^1$
			Кремационные	Ос, Ме	$n \cdot 10^1$
			Эрупционные	Ма, Ос, Ме	$n \cdot 10^3$
	Петрогенные	Конструкционные	Ма, Ос, Ме, Б	$n \cdot 10^3$	

■ Горная порода или материал: **Ма** - магматическая, **Ос** - осадочная, **Ме** - метаморфическая, **Л**- глетчерный лед и офирнованный снег, **Б** - бетон

Наиболее длительным по времени является **эон** (гр. "длительный"). В геологической истории Земли выделяются три эона: **архей** (гр. "древний"), **протерозой** (гр. "первый") и **фанерозой** (гр. "явный"). Деление эонов на более мелкие единицы пока возможно только для фанерозоя, в котором выделяются эры (**палеозойская, мезозойская и кайнозойская**), в свою очередь подразделяющиеся на периоды и эпохи. Каждая из этих геохронологических единиц характеризуется своими тектоническими и климатическими условиями, имеет типичный комплекс фауны и флоры. Например, крупные фазы складчатости наблюдались в позднем протерозое (байкальская), силуре (каледонская), карбоне (герцинская), юре-неогене (альпийская); следы оледенения обнаружены в разных частях Земли в раннем протерозое, ордовике, перми, антропогене; появление первых микроорганизмов датируется археем (2600 млн. лет), амфибий - поздним девонем (375 млн. лет), динозавров - триасом (248 млн. лет), птиц - поздней юрой (165 млн. лет). Современная геохронологическая шкала приведена в Приложении, к которому читатель может обращаться каждый раз, когда в тексте книги упоминаются те или иные геологические подразделения.

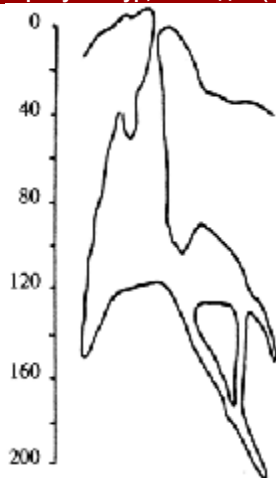
Как и любая классификация, предложенная таблица допускает некоторые условности, но позволяет четко разграничить спелеологические объекты различного происхождения. Это разграничение необходимо не только в теоретических, но и в практических целях, поскольку полости разного генезиса приобретают различное значение при хозяйственном освоении территорий.

Как следует из таблицы 2, собственно карстовые полости - всего лишь один из 11 подклассов и 21 типа естественных полостей. Не противоречит ли это сложившимся представлениям о том, что спелеология в основном изучает карстовые пещеры и шахты? Ничуть. На последних Международных спелеологических конгрессах принято решение обратить особое внимание на некарстовые объекты. В 1988 г. созданы рабочие группы для исследования ледниковых и вулканических пещер. Это свидетельствует о том, что русские спелеологи были правы, создавая комплексную классификацию подземных полостей.

С другой стороны, карстовые полости все же выделяются среди своих "собратьев". К этому типу относятся все самые крупные полости мира, наиболее красивые по натечному убранству залы, самые богатые археологическими и прочими находками пещеры... Да и по количеству их на один-четыре порядка больше, чем остальных. Нет! Карстовые полости все равно заслуживают отдельного рассмотрения, детального изучения, надежной охраны.

## 2.2. Горячие или холодные?

Рис. 7. Разрез экструзионной шахты  
Принукагигур, Исландия (по А. Стефансону, 1992).



Классификацию естественных подземных полостей в приведенной таблице открывает эндогенный класс. К нему относятся полости трех подклассов: магматогенного, вулканогенного и тектогенного (табл. 2). Их образование связано с геологическими процессами, происходящими внутри Земли.

Магматогенный подкласс полостей возникает при остывании магмы, сопровождающейся ее кристаллизацией. Отсюда название типа полостей - **кристаллизационные** (гр. kristallos - однородное, твердое тело). Чаще всего они встречаются в габбро, диоритах и гранитах.

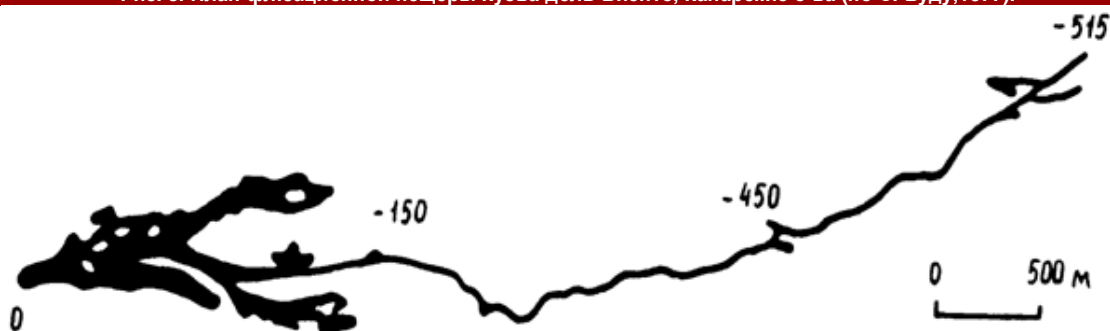
Имеют щелевидную форму, нередко кулисообразно примыкают друг к другу. В штате Нью Йорк (США) известна пещера ТСОД длиной 3977 м, а в Калифорнии - Гринхорн (1557/152: в числителе - протяженность, в знаменателе - глубина, м). Иногда перед магмой движется газопаровой или водяной клин, образующий "чингилы" - подземные скопления глыб с ходами между ними. А. Е. Ферсман описал довольно крупные полости в пегматитовых телах (длина 5-10 м, ширина 2-3 м, высота 1-2 м).

Вулканогенный подкласс полостей хорошо знаком широкому кругу читателей по романам Жюль Верна "Путешествие к центру Земли" и "Таинственный остров". Полости **экструзионного типа** (лат. extrusio извержение) образуются при извержении вулканов и представляют собой протяженные и глубокие трещины (Сицилия) или шахты с крутыми стенами глубиной 100-200 м (Исландия, Гавайи и пр.). В 1994 г. американские спелеологи спустились в кратер вулкана Хулалаи (Гавайи). Расположенный на высоте 1854 м, он имеет диаметр 150 м и глубину 147 м. У дна кратера было обнаружено отверстие в следующую шахту глубиной 265 м. Впечатляет профиль вулканической шахты Принукагигур в Исландии (рис. 7). Вход в нее расположен на высоте 532 м. На дне 140-метровой шахты располагается зал объемом более 150 тыс. м<sup>3</sup>, имеющий длину 65 и ширину 48 м. Сложная морфология полости объясняется ее заложением в лаве разного возраста и состава.

Полости **эксплозионного типа** (лат. explosio взрыв, выброс с шумом) образуются при истечении вязкой лавы, в которой образуются газовые пузыри - онкосы или (при быстром выделении газов) шахты - спиракулы. Пузыри достигают нескольких метров в диаметре. Онкосы в долеритах Армении использовались как жилища. При натекании лавы на влажную поверхность образуются слепые или сквозные спиракулы, имеющие глубину до 30 м и диаметр 7-8 м.

Полости **флюационного типа** (лат. fluo течь) характерны для лав низкой вязкости и газонасыщенности. Поверхность лавового потока быстро твердеет, и жидкая лава вытекает из застывшего чехла. Пещеры-тоннели чаще всего образуются в породах базальтового и андезитового состава. К этому типу относятся пещеры Казумура (Гавайи, США, 60 000 м), Манжун-Гул (Корея, 13 270 м), Левиафан (Кения, 12 400 м), Куэва-дель-Виенто (Канарские о-ва, 515 м) и многие другие. В литературе имеется довольно подробное описание пещеры Куэва-дель-Виенто, вход в которую был известен еще Александру Гумбольдту (1799 г.). Она находится на склоне пика Тенериф, заложена в древнем лавовом потоке и состоит из трех ветвей, соединяющихся 8-метровым колодцем (рис. 8). Большая ее глубина связана с очень крутым падением лавового потока (в среднем 11°).

Рис. 8. План флюационной пещеры Куэва-дель-Виенто, Канарские о-ва (по С. Вуду, 1977).

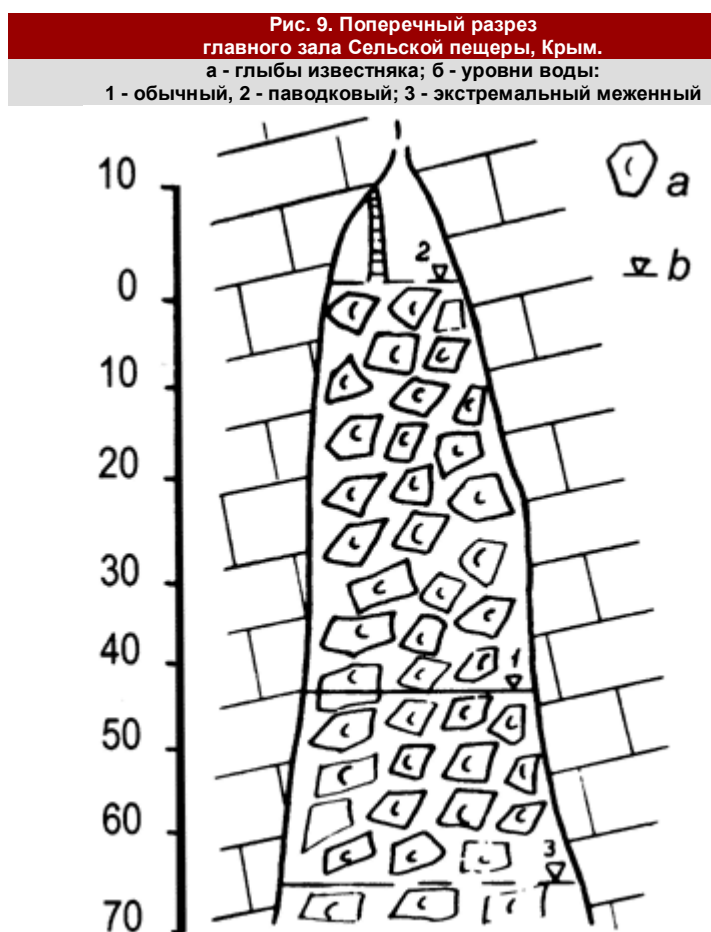


Пещера Толбачинский дол (Камчатка) имеет протяженность более 500 м при высоте полукруглых сводов 5, а ширине - 20 м. Лавовые пещеры часто расчленяются обвалами сводов на отдельные отрезки. Пещера Атлантида на склоне вулкана Корона (Канарские о-ва) при общей длине 7 км распалась на шесть полостей с 20 провальными входами - "жамео". Концевая часть пещеры более чем на километр затоплена водами океана, что свидетельствует о сравнительно недавнем повышении его уровня. При



стекании лавы в воду образуются небольшие, но очень сложные по морфологии подлавопадные пещеры (Ганс Мейер, Замбия).

Полости магматогенного и вулканогенного подкласса относятся к "горячим" пещерам, образованным при остывании магмы или лавового потока. Однако класс эндогенных полостей включает и "холодные" пещеры.



Тектоногенный подкласс включает полости, образованные при напряжениях растяжения или сжатия, возникающих в горной породе после ее формирования. Полости **дизъюнкционного типа** (лат. disjunctio разобщение) образуются при тектонических движениях, приводящих к раскрытию трещин. Они имеют клиновидное сечение и суживаются кверху или книзу. Сами трещины могут иметь протяженность несколько километров, но полости обычно не превышают по длине и глубине несколько сотен метров. Иногда вдоль разрыва образуются залы, заполненные на глубину 100-150 м глыбовым завалом, напоминающие стаканы с колотым сахаром. Лучше других исследована Скельская пещера в Крыму (рис. 9).

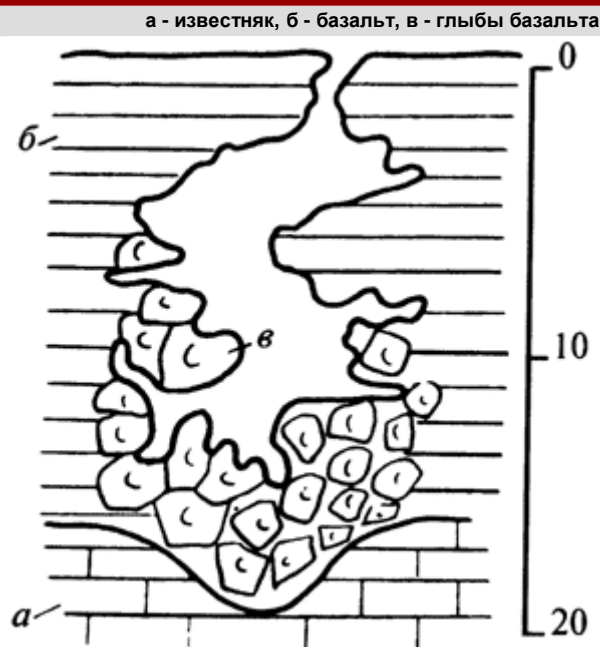
Полости этого типа образуются в любых горных породах. Иногда их довольно трудно отделить от гравитационных пещер; основным критерием можно считать их расположение в рельефе - не на склоне карстового массива, а в его внутренней части. Полости **контракционного типа** (лат. contractio сжатие) образуются при напряжениях сжатия, при которых возникают горизонтальные и вертикальные смещения пород. Обычно они невелики, имеют простое строение и состоят из нескольких кулисообразно расположенных галерей.

### 2.3. Недалеко от поверхности

Экзогенный класс объединяет 14 типов полостей, образование которых вызвано в основном внешними по отношению к Земле силами и происходит в самой верхней части

литосферы. Здесь формируется большое количество различных по происхождению полостей, общим признаком которых является небольшая глубина заложения и незначительные размеры.

Рис. 10. Гравитационная полость Пулаи, Венгрия (по И. Эстергази, 1936).



гранитах (Швеция), базальтах (Венгрия), песчаниках (Украина), флишевой толще (Словакия). Протяженность их может достигать 500-600 м. (Проходной двор, Украина), а глубина - 100 м. **Гравитационный тип** (лат. gravitas тяжесть) образуется в этих же условиях, но в результате действия силы тяжести. При сползании отдельных блоков между ними и коренным массивом возникают полости клиновидной формы, обращенные острием вверх или имеющие неправильную форму. Распространены они очень широко, но невелики: например, пещера Пулаи (Зенгрия) имеет длину 150 м и глубину 22 м (рис. 10). Она образовалась при обрушении базальтового покрова в карстовые полости, выработанные в нижележащих известняках.

**Денудационный тип** (лат. denude обнажать) объединяет многочисленные, но небольшие полости, развивающиеся за счет доледникового и послеледникового расширения и углубления трещин в осадочных и, в особенности в магматических породах. Они хорошо изучены в Скандинавии. **Гидратационный тип** (гр. hydor вода) полостей возникает в результате коробления пластов ангидритов при их гидратации и переходе в гипс (рис. 11).

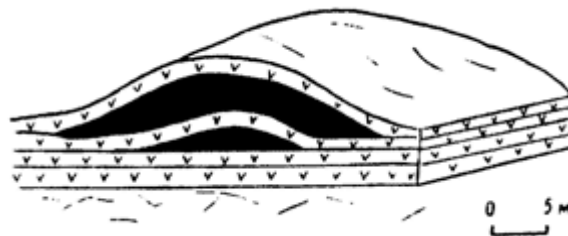
Известны они в Южном Гарце, на Новой Земле, в Средней Азии, в штате Оклахома (США). Механизм их образования до конца не выяснен, так как,

по последним данным, гидратация может происходить и без увеличения объема породы.

Эологенный подкласс полостей возникает под действием ветра и включает в себя два подтипа полостей. **Корразионный тип** (лат. korradere стгребать) представлен нишами в нижней части склонов, иногда преобразующимися в небольшие (менее 10 м длиной) пещеры. Они часто встречаются в осадочных и магматических крупнозернистых породах, сложенных частицами разных размеров и цветов. Обычно не документируются,

Гипергенный подкласс включает три типа полостей (табл. 2). **Дилатансионный тип** (лат. dilato расширение) образуется при уменьшении нагрузок на горный массив (таяние ледников, формирование речных долин, обрывистых морских берегов и пр.). При этом образуются клиновидные полости, обращенные острием вниз, внешне схожие с полостями дизъюнкционного типа. Они описаны в

Рис. 11. Полости гидратации в ангидритах, Германия (по А. Герману, 1961).



исключение составляют полости, используемые человеком. Археологические материалы описывают подобные образования, заложенные в песчаниках (Австралия) и в вулканических туфах (Армения). Эти полости имеют округлые, очень прихотливые формы. **Дефляционный тип** (лат. deflatio сдувать). Такие полости имеют вид небольших ниш в средней части склона, часто преобразующихся в сквозные "окна" и арки. Характерны для полупустынь и пустынь, но встречаются также и в других природных зонах. Широко известна скала Кольцо близ Кисловодска в песчаных известняках, "дырявые камни" в гранитах близ Самарканда, жилые пещеры Алжира, Внутренней Монголии и пр.

Суффозиогенный подкласс возникает при химическом (выщелачивание) и механическом (вынос) разрушении глинистых и песчаных пород. **Суффозионный тип** (лат. suffodio подкапывать) полостей представлен неглубокими (15-20 м) колодцами, небольшими зало- и тоннелеподобными пещерами. Длиннейшие в мире пещеры в лессах - Стойан (Добруджа, Румыния, 102 м), в глинах - Лас Барденас (Испания, 50 м). Это округлые или овальные каналы, часто соединяющиеся провалами с поверхностью. Несколько большими размерами отличаются пещеры в слабосцементированных карбонатных песчаниках (Студенческая, Украина, 242 м). В 80-е гг. подобные формы описаны в вулканических пеплах и скоплениях лапилли (Камчатка), в железистых корках выветривания - кирасах (Африка, Южная Азия), в сопочной брекчии (Керченский п-ов). Пещеры и колодцы суффозионного типа - эфемерные образования, быстро (за несколько лет) возникающие и столь же быстро разрушающиеся.

Биогенный подкласс объединяет разнородные по происхождению полости. **Вегетационный тип** (лат. vegetatio произрастание) представлен полостями, возникающими при срастании шляпок грибообразных или сплетении мадрепоровых кораллов. Такие подводные пещеры широко распространены в барьерных и аттоловых рифах Бразилии и Австралии, на о-ве Абу-Раба в Красном море. Они имеют причудливые очертания и небольшие (до 100 м) размеры. Чтобы проникнуть в них, необходимо водолазное снаряжение. При попадании в зону прилива вследствие изменений уровня океана или тектонических поднятий такие пещеры быстро разрушаются. **Эксенционный тип** (лат. exensio изымать) полостей формируется в результате деятельности животных: норы лис и барсуков могут иметь значительные размеры (десятки метров), но малый срок существования. Более устойчивы полости, которые выкапывают бивнями слоны в поисках соли и других необходимых для их жизни минеральных соединений (пещера Элгон, Африка).

Полости всех перечисленных типов представляют небольшой спортивный интерес, но могут иметь определенное научное значение для ботаников и зоологов (в силу их освещенности), археологов и антропологов (благодаря их использованию в качестве жилищ и находкам петроглифов на стенах). Полости всех этих типов представляют значительную опасность при строительном освоении территорий. Многие из них благодаря причудливым очертаниям являются объектами туризма (Кольцо в Кавминводах) или почитания ("дырявые камни" Средней и Центральной Азии).

## 2.4. Вода, лед и пламень

Полости, которые кратко описаны в этом разделе, относятся к трем разным подклассам: флювиогенному, гляциогенному и пирогенному.

Флювиогенный подкласс объединяет объекты, образование которых связано с поверхностными водами. **Эрозионный тип** (лат. erodere разъедать) обычно образуется в слабосцементированных осадочных (песчаники) или метаморфических (сланцы) породах. Такие образования имеют типичную морфологию (вытянутый, иногда меандрирующий канал с желобками и нишами на стенах), а в составе отложений на дне - аллохтонный (чуждый вмещающим породам) материал, принесенный потоком с поверхности. Такие полости встречаются во многих районах мира: в Западной Украине,

в нагорье Тибести, в Гималаях (рис. 12). Обычно они сравнительно невелики (100-2000 м) и недолговечны.

Рис. 12. Эрозионная полость в песчаниках (А) и в кристаллических сланцах (Б) (по А. Ломаеву, 1980, и Ф. Гавриловичу, 1962).



**Абразионный тип** (лат. abrasio соскабливать). Общая протяженность береговой линии морей и океанов по последним подсчетам составляет около 770, а озер - около 200 тыс. км, что в сумме в 2,5 раза больше, чем расстояние от Земли до Луны... В результате приливов и отливов, волнения, течений происходит разрушение любых горных пород, слагающих берег, и образование пещер протяженностью в сотни метров. Так как на протяжении последнего миллиона лет уровень океана испытывал значительные колебания, пещеры абразионного типа сейчас можно встретить и глубоко под водой (до -200 м), и выше сегодняшней ее поверхности (+20 м). Иногда они имеют настолько большие размеры, что через них может пройти трехмачтовый парусник (Эстрайт в Нормандии). Морские пещеры давно привлекали внимание человека. Одна из самых известных - Фингалова на сложенном базальтами о-ве Стаффа (Гебридские о-ва). Их своеобразная столбчатая отдельность обусловила образование высокой (30 м) и широкой (14 м) входной арки. Пещера имеет небольшую длину (до 70 м) и заполнена водой. В XVIII в. композитор Мейербер даже посвятил ей ораторию.

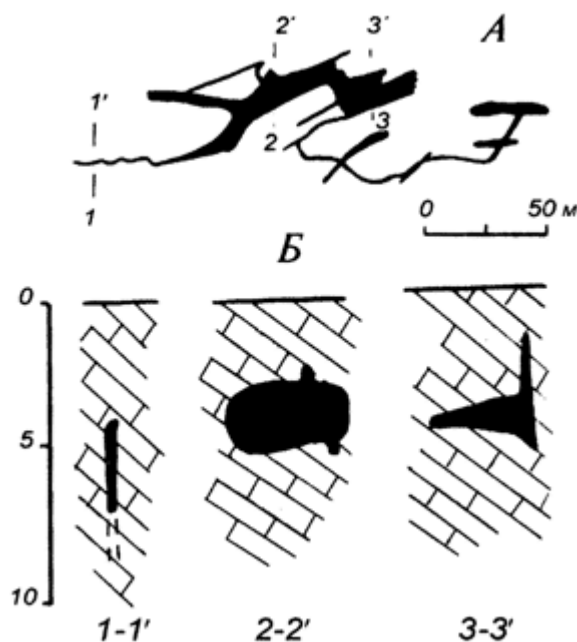
М. Шварценбах /30/ к числу величайших памятников природы относит Голубой грот на о-ве Капри. Это сравнительно небольшая пещера длиной 55 м и шириной 25 м, подтопленная морем (глубина воды до 20 м). Дневной свет проникает в пещеру через подводное "окно" в известняках, а посетители - через небольшое отверстие на современном уровне Средиземного моря. Голубым гротом любовались еще римские императоры Август и Тиберий, о нем упоминают Ромен Роллан и Горький. Великолепное описание грота оставила в одном из своих писем Анастасия Цветаева: *"Наша лодка танцует на волнах и ждет своей очереди, которая вбросит ее в узкое отверстие. Серая сизость поползла по уступам. Но когда я опустила глаза - в том, что было водяным полом грота, сверкнул синий огонь. Что это? Показалось? Но уже сверкнули вокруг лодки синие огни. Мы ехали по горячей синеве. Что заставило оторваться от чуда? Тишина над нами. Невозможное на земле зрелище: скалы струились голубыми тенями по синим уступам волшебных сводов. Лодка плыла по водяному дворцу. Из раздвигавшихся стен грота, вдруг поползших вверх, преступалась легкая высь, голубая, и стала литься вниз, кругом, вдаль, вглубь..."*

Пещеры на берегах Средиземного моря в середине XX в. стали объектами детальных спелеологических и биологических исследований. Венский зоолог Р. Ридль на

протяжении нескольких десятков лет исследовал сотни морских пещер, находящихся на глубине до 100 м от современного уровня моря /40/. Одни из них целиком заполнены водой, другие имеют воздушные купола. В пещерах обнаружено около 900 видов животных, в том числе 43 вида рыб, 72 - моллюсков, 168 - губок, 191 - червей; обильна флора красных водорослей, которые в условиях открытого водного пространства встречаются только на больших глубинах. Значительный вклад в изучение подводных пещер внес Ж. Кусто, исследовавший континентальный склон с помощью спускаемых аппаратов.

Гляциогенный подкласс включает два типа полостей. **Дислокационный тип** (фр. *dislocatio* перемещение) образуется в результате движения покровных ледников. Они обладают такой энергией, что могут не только перемещать на себе огромные обломки горной породы, но и смещать ее пласты по отношению друг к другу. В 80-е гг. подобные гляциодислокации были описаны в Монреале (Канада), где под толщей четвертичных песков, на глубине 10-20 м от поверхности, неожиданно вскрылись щелевидные пещеры в ордовикских известняках (рис. 13).

Рис. 13. План (А) и разрезы (Б) дислокационной пещеры Сагуэна в Канаде (по Дж. Шредеру, 1985).



Самая большая из них - пещера Сагуэна. Она имеет длину 317 м и частично заполнена морскими глинами. Изотопный анализ кальцитовых прослоев в глине показал, что они имеют возраст 3-5 тыс. лет. Дислокационные пещеры Монреаля стали национальной гордостью канадцев: ведь до сих пор естественные пещеры под столицами государств были известны только в Берне (Швейцария), в Будапеште (Венгрия), Куала-Лумпуре (Малайзия) и в Рангуне (Бирма) /39/.

**Абляционный тип** (лат. *ablatio* таяние ледника) включает несколько разновидностей. Эфемерные полости, иногда достигающие значительных размеров (100 и более м), ежегодно возникают под снежниками, лавинными телами и наледями в результате размыва тальми или речными водами. Они имеют тоннелеобразную, реже - древовидную форму и сводчатые потолки с лунками таяния. Более интересны, хотя почти не изучены, термокарстовые полости (гrotты, пещеры, колодцы), образующиеся при вытаивании подземного льда. Они довольно широко распространены во многолетнемерзлых породах России и Канады, достигая глубины 15-20 м. Наибольшее распространение имеют абляционные полости в телах горных или покровных ледников. Они известны в большинстве горных районов мира (Альпы, Кавказ, Памир, Тянь-Шань, Скалистые горы, Шпицберген и пр.), а также в Гренландии и в Антарктиде. Ледниковые

пещеры по морфологии схожи с карстовыми и лавовыми, они сравнительно недолговечны и разрушаются через несколько десятков лет. В 50-е гг. В. Ф. Бублейников /4/ упоминал о ледяной пещере под ледником Федченко (Памир) длиной около 1,5 км. Пещеру Октябрьская на леднике Богдановича (Заилийский Ала-Тай) протяженностью 1300 м и глубиной 118 м описал в 1966 г. В. И. Полуэктов. Это меандрирующий канал шириной 1,5-2 м, богато украшенный ледяными натеками, в нижней части врезающийся в донную морену. Несколько пещер меньших размеров (600-880 м) в 90-е гг. в ледниках Киргизии исследовал В. Н. Михайлов.

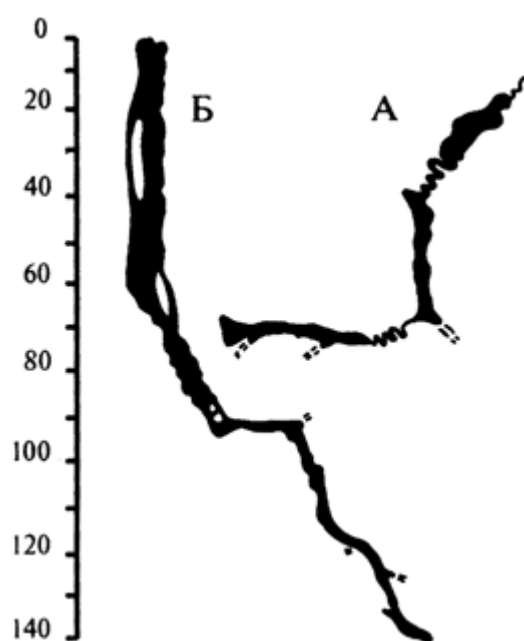
Самая крупная ледниковая пещера мира - Парадайз на г. Рейнир (штат Орегон, США). В литературе приводятся противоречивые данные о ее протяженности (от 6 до 24 км). В 1994 году появилась статья гляциоспелеолога Ч. Андерсона, содержащая точные цифры. Пещера заложена в леднике Стевена и располагается в нижней части 30-45-метровой толщи льда, на границе с вулканическими породами. Известна она с 1870 г. В 1967 г было закартировано 2,4 км ее галерей, в 1978 г. - 13,1 км. Топоъемка ледника с пещерой и протекающими по ней подледными реками Парадайз и Стевен показала, что ее суммарная протяженность может достигать 24 км. Пещера имеет 15 входов, в связи с активным таянием ледника в 60-90-е гг. в ней произошли обвалы свода, разбившие галереи на отдельные части (рис 14)

Ближняя часть пещеры посещается туристами с 20-х гг. Особенно популярным был Большой зал (ныне его свод обвалился) и зал с "ледниковой мельницей" - колодцем, сообщающимся с поверхностью, в который летом низвергается поток воды. Глубочайшей в мире является ледяная шахта Кверкфьолл (-525 м, Исландия). И. Ржегак (1988) приводит план и разрез пещеры Аймфьемет (-130 м, Шпицберген, рис 15).

Рис. 14. План абляционной пещеры Парадайз в леднике Стевена, США (по Ч. Андерсону, 1994) а - входы, обвалы, б - 1967-69 гг., в - 1970-71 гг.



Рис. 15. План (А) и разрезка (Б) абляционной шахты Аймфьемет, Шпицберген (по И. Ржегаку, 1988).



Эта полость имеет очень сложное строение в плане (серия мелких меандров) и в разрезе (глубокая входная шахта, доходящая до донной морены). Самые высоко расположенные ледниковые пещеры отмечены на Памире, в районе пика Кирова (+5600

и +6100 м) Многие из них являются объектами гляциоспелеологических исследований, начатых по программе МСС.

Пирогенный подкласс пока включает только **пиролизийонный тип** (лат pyrolysis разложение огнем). Полости образуются при выгорании угля, торфа, сланца (Максимович, 1969). В бывшем СССР известны такие пещеры в прослоях каменного угля между юрскими песчаниками и глинами близ озера Искандер-Куль (Таджикистан). Первые описания их приводят арабские географы еще в X в. По мнению геологов, уголь воспламенился более 3 тысяч лет назад. Пещеры имеют диаметр до 10 м, их украшают сталактиты из квасцов, игольчатые кристаллы нашатыря и таблитчатые - серы. Хотя воздух пещер насыщен ядовитыми испарениями, в 40-50 гг. жители кишлака Рават добывали здесь квасцы, которых хватало на все кожевенные заводы Средней Азии. "Горелые породы", где можно встретить подобные полости, известны в Кузбассе, Якутии, на Сахалине. Меньшие по размерам полости образуются в горючих сланцах и в торфах. Их спелеологическое значение невелико.

### 3. На пороге неизвестности

*Сливаются бледные тени,  
Видения ночи беззвездной,  
И молча над сумрачной бездной  
Качаются наши ступени...*  
В. Брюсов

#### 3.1. Рождение вертикали

В предыдущей главе мы коротко рассмотрели семь подклассов экзогенных полостей (табл. 2). Весьма примечательны полости восьмого карстового подкласса. В "чистом" виде они представлены **коррозионным типом** (лат. *corrodo* обгрызть), который особенно хорошо изучен в Крыму, но встречается во всех карстовых районах мира.

В 50-е гг. на Ай-Петринском горном массиве над Ялтой была организована гидрогеологическая станция. Ее цель - изучение водного баланса юго-западного Крыма - включала решение большого количества частных задач, в том числе - распределения снега на плато. Оказалось, что он залегает крайне неравномерно. Если принять количество снега, фиксируемое на площадке метеостанции, за единицу, то на плато обнаруживаются участки, где за зиму накапливается всего шесть-семь десятых от этой величины, и напротив, места, где уровень снега вырастает до двух с половиной - трех единиц. Именно здесь и обнаружены вертикальные полости, не имеющие питающих водосборов, такие "стаканы" или "кувшины" без всякого продолжения на дне.

Нет ли связей между местами заложения таких колодцев и шахт и распределением снега? Семилетние исследования подтвердили эту гипотезу. Все 386 полостей оказались расположенными именно на участках современного или древнего повышенного снегонакопления. Оказалось, что для заложения подземелий и их роста наиболее благоприятна высотная зона 900-1000 м, где находится почти 70% таких полостей. Ниже 900 м уменьшается количество осадков, выпадающих в виде снега, выше - снега более чем достаточно, но он лежит, иногда сохраняясь целую зиму. Таким образом, самые благоприятные условия для образования нивально-коррозионных полостей (лат. *nivalis* снежный) создаются там, где выпадает большое количество твердых осадков, а колебания температуры способствуют их многократному сходу.

Нивально-коррозионные колодцы и шахты довольно разнообразны по форме. В зависимости от состава, строения, условий залегания и трещиноватости известняков они могут быть конусовидными, цилиндрическими или щелевидными (рис. 16).



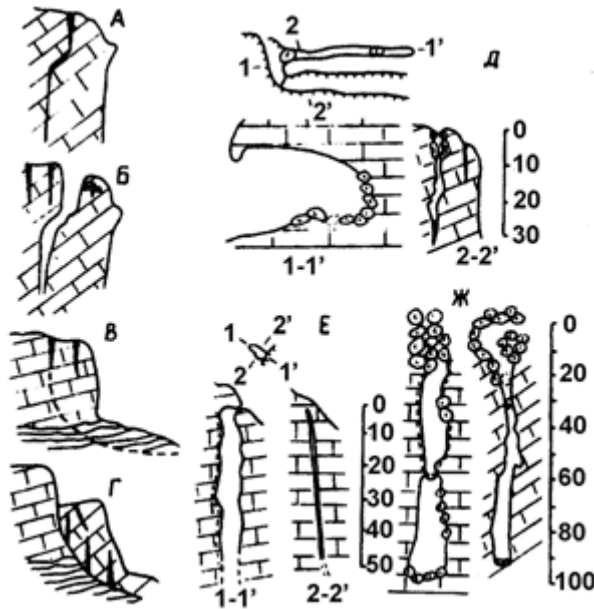


Механизм их образования прост: снег, накапливаясь зимой в углублениях на поверхности, летом постепенно стаивает, растворяя известняки. Когда полость достигает предельной для площади ее входа глубины, она превращается в шахту-снежник, дальнейшее развитие которой происходит уже по другим законам. Но есть еще один, четвертый, подтип таких полостей, с маленьким, часто заваленным камнями входом и сложной морфологией (рис. 16). При чем же здесь снег, который никогда не попадает в такие полости в больших количествах? Более того, после сильных метелей он полностью перекрывает вход, образуя снежные мосты или пробки. Оказывается, такие полости располагаются только под структурными уступами известняков южной ориентировки, на которых накапливаются снежные карнизы (преобладающие ветры в горах зимой - с севера). Днем, даже при общей отрицательной температуре воздуха, эти карнизы стаивают (известный каждому эффект таяния снега на наклонных крышах домов). Талая вода с низкой минерализацией (10-30 мг/л), высоким содержанием углекислого газа (10-20 мг/л) очень хорошо растворяет карбонатные породы. Трещины постепенно расширяются, превращаясь в узкие колодцы со стенами, изъеденными коррозией. Затем "включается" механизм зимней конденсации, о котором мы поговорим ниже. Гидрохимические наблюдения показали, что интенсивность снеговой коррозии достигает 75 мкм в год. Таким образом, 1 метр нивально-коррозионной полости формируется в среднем за 13 000 лет, а нивально-коррозионные колодцы и шахты Крыма, глубиной 5-90 м, имеют возраст от 65 тысяч до 1,2 миллиона лет. Самые глубокие шахты отличаются внушительными входами, иногда имеющими диаметр до 12-15 м. Но и они заканчиваются слепо, без продолжений на дне...

Казалось бы, полости такого происхождения не представляют большого спортивного и научного интереса. При сегодняшней спелеологической технике спуск на 90-100 метров - задача несложная; в них почти нет натечного убранства и других отложений, несущих полезную информацию. Одно время привлекал внимание снег, накапливающийся на дне колодцев. Его запасы при максимальной мощности 12-15 метров достигали 2-5 тыс. м<sup>3</sup> и были достаточны для снабжения водой пастушьего коша или работы холодильника. Именно так использовались в 30-е гг. XX в. многие карстовые колодцы Крыма и Кавказа. В 70-е гг. гидрогеолог Е. С. Штенгелов предложил даже специально "загружать" нивально-коррозионные полости снегом, сгребая его с поверхности. Он считал, что это существенно пополнит запасы подземных вод Горного Крыма. Произведем простой расчет: все 386 полостей этого типа, согласно выполненной топосъемке, имеют объем 80 тыс. м<sup>3</sup>. Пусть их удалось заполнить полностью, что при объемном весе уплотненного снега 0,4 тыс. м<sup>3</sup> эквивалентно 32 тыс. тонн воды. Разделим эту величину на продолжительность теплого периода (180 сут.). В целом для Крыма получается мизерная величина - 2 л/с!

И все же нивально-коррозионные полости служат добрую службу человеку. Будучи на протяжении сотен тысяч лет накопителями зимнего холода (в них сохраняется не только снег, но и более холодный воздух), они во многом определяют геотермический режим горных карстовых массивов. Найдя узкую щель между стенками колодца и снегом, иногда можно попасть в более древние карстовые системы. Наконец, как ни странно, данные об их распределении по глубине дают ценную палеогеографическую информацию (см. раздел "Ритмы космоса - под землей").

Вертикальные полости могут образовываться и другим путем. Близ крутых обрывов плато, на бортах речных долин и карьеров часто возникают трещины бортового отпора, приводящие к образованию уже известных нам гипергенных полостей гравитационного типа. Если это трещины в карстующихся породах, то происходит взаимное наложение друг на друга гравитационных (первичных) и коррозионных (вторичных) процессов. В результате стенки полостей моделируются растворением, покрываются углублениями - подземными каррами, различными натечными отложениями - сталактитами, небольшими сталагмитами, лунным молоком. Так возникают коррозионно-гравитационные полости различной морфологии и размеров.



Они могут иметь форму простого клина, направленного острием вверх или вниз, или - кулис, сообщающихся между собой короткими поперечными щелями. Обычно это небольшие колодцы или шахты глубиной до 40-50 м. Но иногда, при смещении крупных блоков известняков, возникают шахты глубиной до 100 м

(Сююрю) или пещеры протяженностью 100-120 м (Туакская, Крым). Положение у бровки этих блоков способствует их хорошему проветриванию, стены их моделированы талыми снеговыми и конденсационными водами. Они вызывают большой спортивный интерес, хотя часто опасны из-за камнепадов.

### 3.2. Вслед за каплей воды

Еще в 60-е гг., работая на Караби, крымские спелеологи обнаруживали входы в довольно крупные вертикальные полости, лишенные питания дождевыми и снеговыми водами. Они располагались на водоразделах или в верхней части склонов, на карровых полях. Найти такую шахту можно было только случайно натолкнувшись на небольшой вход в нее в густой траве или оступившись на остром известняковом гребешке. И вот тут-то, придавленный рюкзаком и ощупывающий подвернутую ногу, внезапно чувствуешь разгоряченным лицом слабое движение воздуха... Ну а дальше все просто: убрать несколько камней, сбить мешающий выступ или расчистить траву - и открывается зияющая пустота глубиной 30, 50, а то и 100 метров... В Крыму такие "подарки природы" были описаны, занесены в кадастр, но остались непонятыми. Слишком широк был тогда фронт поисковых работ, слишком много нового (до 10-15 полостей) приносили в базовый лагерь съемочные отряды, чтобы разобраться с каким-то десятком находящихся "не на своем месте" шахт...

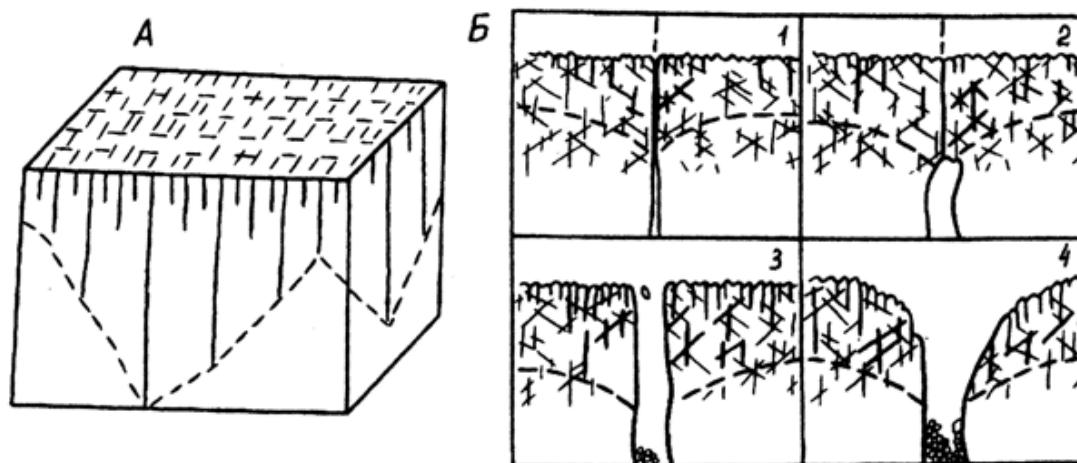
Второй раз они напомнили о себе на плато Кырк-Тау (Средняя Азия). Прежде чем обнаружить на нем манящую почти километровой глубиной шахту Киевская, украинские спелеологи В. Рогожников и А. Климчук вдоволь налазились по мелким колодцам и небольшим шахтам, многие из которых располагались именно на карровых полях. Тогда появились первые идеи, которые только в 90-е гг. оформились в стройную концепцию эпикарстовой зоны, в которой наиболее активно проходят процессы растворения и образуются различные полости. Справедливости ради надо отметить, что родилась она не на пустом месте. Отдельные ее элементы имеются в работах карстологов (Дж. Ганн), гидрогеологов (А. Манжен), инженеров-геологов (А. Чернышев) и спелеологов (Д. Форд). Александр Климчук удачно свел воедино все эти разнородные представления и снабдил их новыми фактами.

Заглавная идея этой концепции удивительно проста и, вероятно, поэтому долго не воспринималась специалистами.

Речь идет о формировании своеобразной депрессионной воронки в приповерхностной зоне вертикальной циркуляции карстовых вод. Этого было достаточно, чтобы любой уважающий себя гидрогеолог перестал слушать последующие доводы: такая воронка формируется только в полностью обводненных породах при откачке воды из скважин. При этом определение "своеобразная" как-то не воспринималось...

Обратимся к простому рисунку, поясняющему идею А. Б. Климчука (рис. 18). В большинстве карстующихся пород основным проводником воды являются трещины разного происхождения. В самой верхней части эпикарстовой зоны (подзона дробления) развита густая сеть трещин, расширенных выветриванием; в средней части (глыбовая подзона) существует менее густая сеть трещин, имеющих некоторое раскрытие; в нижней части (блоковая подзона) раскрыты лишь единичные крупные тектонические трещины. Соотношения между трещинами разных типов (литогенетические, тектонические, выветривания и пр.) описаны в специальной литературе.

Рис. 18. Развитие трещин в эпикарстовой зоне (А) и модель развития плювиально-коррозионной полости в ней (Б) (по Р.Вильямсу, 1985, и А.Климчуку, 1995).



Теперь сделаем мысленный эксперимент. Пусть имеется площадка 50 на 20 м ( $1000 \text{ м}^2$ ). На ее поверхности, разбитой густой сетью пересекающихся тектонических трещин, расширенных выветриванием, образовалось карровое поле. Прошел ливневый дождь средней интенсивности, давший за один час 20 мм осадков. Вода в объеме  $20 \text{ м}^3$  ( $1000 \text{ м}^2$  на  $0,02 \text{ м}$ ) полностью поглотилась в пределах площадки. Но как она распределилась? Сперва вода заполнила 20 трещин (по  $1 \text{ м}^3$  в каждой), затем стекла в 10 (по  $2 \text{ м}^3$ ), затем сосредоточилась в одной ( $20 \text{ м}^3$ ). Именно здесь, не на поверхности, а под ней, зарождаются полости, которые можно назвать плювиально-коррозионными (лат. *pluvialis* дождевой). Постепенно они растут, чему способствуют также талые снеговые воды и конденсация влаги. Затем, при провале свода, на поверхности появляется "готовая" карстовая шахта. Пройдет несколько лет, дождь и снег облизнут острые выступы известняков, на их гранях появятся лишайники, и никто не скажет, что она сформировалась вследствие подземной деятельности капли воды...

Концепция А. Б. Климчука хорошо объясняет особенности заложения многих шахт массива Арабика (Грузия), где в 80-е гг. проводился активный спелеологический поиск. Оставалось проверить ее в Крыму, настоящей Мекке спелеологов бывшего СССР. Все известные карстовые полости были распределены по глубине по трем подзонам: 0-20, 0-40 и 0 - более 40 м. Статистическая обработка данных и их сравнение с помощью критерия Колмогорова-Смирнова подтвердили значимость различий между ними. Полости отличаются друг от друга не только по плотности распределения глубин, но и

по направлению заложения. В подзоне дробления представлены все направления (любая трещина может вырасти в пещеру), в глыбовой - выделяется несколько взаимно перпендикулярных направлений, а в блоковой - сохраняется одно из них. Преобладающие для Крыма направления 40-220° и 130-310°.

Предположения о распределении воды в эпикарстовой зоне подтвердились при проведении изотопного анализа. Оказалось, что дождевая вода задерживается в ее пределах довольно значительное время (до 2-3 месяцев), а при увеличении расхода источников из горного массива сперва "выжимается" содержащаяся в нем вода иного химического и изотопного состава.

Спелеологические исследования показали, что необходимы дальнейшие, более детальные работы по изучению строения эпикарстовой зоны и ее роли в гидрогеологии и инженерной геологии карстовых массивов. Проводить эти исследования должны специалисты, но с обязательным участием спелеологов.

### 3.3. В руслах подземных рек

Жители карстовых районов всего мира давно обратили внимание на то, что поверхностные водотоки часто пропадают, или, как образно говорят на Руси, "поныряют" под землю. Отсюда название исчезающей реки и пещеры на Валдайской возвышенности - Поныретка. Такой же смысл имеют термины *губилище* (болг.), *богодол* (хорв.), *пониква* (слов.), *катавотра* (гр.), *shake, slyggy, swallow* (англ.), *ponore, betoir, ragage, perte* (фр.), *Ponore, Saugloch, Schluchloch, Schlinger, Schwinde* (нем.). Основная гидрологическая функция всех этих карстовых форм - перевод поверхностного стока в подземный. Обилие терминов отражает особенности процесса: что поглощается (постоянный или периодический водоток), как это происходит (инфильтрация или инфлюация, свободное движение или напорное, ламинарное или турбулентное) и пр.

Что происходит с водой под землей? Первые исследования поноров Западной Европы показали, что нередко они расширяются, превращаясь в галереи пещер или каскады колодцев. Особенно большие полости образуются в том случае, когда под землю уходят водотоки, формирующиеся на водоупорных породах. Именно так образовались галереи Адельсбергской (Постоянной) пещеры в Словении, входная часть которой известна человеку с XVIII в. Ее образовали воды реки Пивка, водосбор которой выше пещеры сложен эоценовым флишем.

Проникновение в русла подземных рек иногда дает блестящие спелеологические результаты. Переведенные на русский язык книги француза Н. Кастере /13/ и венгра Л. Якуча /32/ живописуют романтику поиска и горечь неудач, опасности внезапных паводков и радости первооткрывателей. Но каждый, наверное, сравнивает прочитанное с пережитым. Для меня одним из самых ярких впечатлений спелеологической юности была шахта Провал на Долгоруковском массиве в Крыму.

Собственно, сначала это была не шахта, а небольшая пещера. Еще швейцарский естествоиспытатель Дюбуа де Монпере, посетивший Крым в 30-е гг. XIX в., и основоположник российской карстологии А. Крубер, работавший здесь на 80 лет позже, утверждали, что именно отсюда берет начало Кизил-Коба - знаменитая Красная пещера, вход в которую находится в 6 километрах к северу, на склоне массива. В шахте Провал поглощается сток р. Суботхан (исчезающая вода, тюрк.). Ее водосбор сложен слабокарстующимися породами, поэтому после сильных дождей и снеготаяния она имеет довольно значительный для Крыма расход - 3-4 м<sup>3</sup>/с.

Первое знакомство с Провалом не впечатлило: протиснувшись в щель между глыбами, мы попали под наклонный свод небольшого зала, куда уходила вода, лишь в одном месте образуя небольшое озерко. Ложиться в жидкую грязь, заполняющую его, не было ни желания, ни смысла - в метре от его края начиналась глухая известняковая стена, отвесно уходящая под воду. Героями дня стали десятиклассники Борис Волков и Евгений Чикалкин. Вняв нашим наставлениям "покопаться в Провале" и не найдя нигде

ничего путного, они все же решили залезть в озерко. Желанный проход начинался узкой вертикальной щелью над озером, невидимой ниоткуда, кроме его дальнего конца, да и то - если перевернуться на спину... Пещера сразу превратилась в шахту: за щелью начался каскад мелких колодцев, соединяющихся закрученным в спираль наклонным ходом. В его конце, на глубине около 70 м, располагались два вытянутых озера, все попытки найти продолжение успеха не имели. Мы уже сворачивали свой полевой лагерь, когда на плато поднялся наш бывший коллектор, большой любитель пещер Юра Шаповалов. Огорченный опозданием, он попросил разрешения "сбегать" до дна. Техника безопасности, прежде всего: найдешь двух желающих - пожалуйста! Желающие нашлись, нашлось и рабочее задание - отобрать пробы воды на анализ. Но каково же было наше удивление, когда вечером, ставя в ящик бутылки с пробами, Юра спросил: "А сифон вы как проходили?" - "Какой сифон?!"

В одном из боковых "заливов" левого озера на дне шахты Юра нашел то, что мы тщетно искали в его конце, - короткий, всего полтора метра, сифон. Чтобы преодолеть его, не надо нырять - следует только присесть и, наклонив голову, сделать три шага... За сифоном Шестопалова нас ждал почти километр наклонного хода, по дну которого весело шумел ручей. Шахта кончалась узкой щелью, куда уходила вода.

Именно так, щелью, затопленной галереей с неизвестно где находящимся сифоном, глыбовым навалом, замывом глины, галечниковой россыпью, натеком кальцита или льда - заканчивается абсолютное большинство пещер и шахт-поноров с уходящими под землю поверхностными водотоками. Они порождают большие надежды, которые улетучиваются с очередным препятствием, непреодолимым из-за слабой технической оснащённости, отсутствия времени, настойчивости или просто спортивной удачи...

Но если нельзя спуститься вниз по подземной реке, может быть, удастся подняться вверх по подземным потокам, питающим источники на склонах карстовых массивов? Правда, это значительно сложнее технически. История спелеологии сохранила много описаний прохождения таких пещер. Одно из самых ярких в книге Ж. Ван ден Абеля /43/, которая описывает штурм пещеры Сигалер (Франция).

Пещера Сигалер была случайно обнаружена Н. Кастере в Пиренеях в начале 30-х гг. Войдя через узкий вход в горизонтальную галерею, Кастере через 60 м спустился к подземной реке. Только в 1955 г. окончились исследования этой удивительной по красоте и трудности пещеры. Продвигаясь вверх по подземной реке, спелеологам пришлось преодолеть 26 каскадов высотой до 20 м, отступать и вновь возвращаться, терять друзей (в 1954 г., спасая напарника, здесь погиб спелеолог Мишель Донеа...) и приобретать новых. Пещера закончилась большим залом с сифоном, названным залом Элизабет в честь жены и постоянной спутницы Норбера Кастере.

Не удавалось пробиться вверх по подземной реке и в Красной пещере в Крыму: шесть экспедиций 1958-1965 гг. увеличили ее протяженность на 10 км, преодолели 5 сифонов, пробились через завалы 4 обвальных залов. Но и их менее чем в двух км от конечного сифона шахты Провал остановил грандиозный V Обвальный зал /11/. Экспедиции 1966-1996 гг. немного увеличили длину пещеры (13,7 км), но также не смогли пробиться дальше. И только зимой 1997 г. московские спелеологи вошли в главную галерею Красной пещеры через боковой приток, берущий начало на дне одной из шахт на плато. Пещера "подросла" сразу на 3,4 км...

### **3.4. Недостающее звено**

Итак, спелеологические исследования строения карстовых массивов привели к открытию двух звеньев гидрогеологических систем - верхнего (пещер- и шахт-поноров) и нижнего (пещер-источников). Что же происходит с водой между ними? Еще в XVIII в. наблюдения за появлением в пещерах-источниках Англии мутной после ливней воды навели на мысль, что вода проходит под землей довольно большой путь. В XIX в. для подтверждения этой гипотезы впервые были применены индикаторы: в 1801 г. -

органический краситель (опыт результата не дал), в 1860 г.- 140 кг окиси железа, в 1866 г.- несколько десятков литров нефти, в 1899 г.- три тонны соли. Первый успешный опыт с использованием ярко-зеленого красителя - флюоресцеина - был осуществлен в 1887 г. в Бадене (Германия).

Индикаторные опыты продолжались и в XX в. Чего не придумано в этой узкой области гидрогеологии! В качестве индикаторов применялись плавающие вещества (споры папоротника-ликоподиума, окрашенные в разные цвета, полистироловые шарики, шары-зонды с радиопередатчиком, плавающие "мины" с зарядом взрывчатки, который в заданное время подрывался радиосигналом, а возбужденные им волны фиксировались сейсмографами на поверхности); растворимые вещества (NaCl, KCl, NH<sub>4</sub>Br и др.); различные красители (флюоресцеин, уранин, эозин, родамин, конго красная, метиленовая синька и пр.); изотопы (дейтерия, трития, йода, брома, кобальта); масла, пенообразующие вещества и даже живые существа - меченые угри... В 1972-1975 гг. в пещерах Словении был проведен широкомасштабный международный эксперимент с одновременным использованием различных красителей. Он дал неожиданный результат: индикаторы движутся в потоке с разными скоростями, а иногда используют и разные пути... Известны и курьезные случаи "индикации". При пожаре на винном заводе в Бургундии пришлось выпустить в р. Ду, приток Соны, несколько тысяч декалитров абсента. Местные жители, "эксперты" по части полынной водки, по запаху обнаружили ее наличие в р. Лу, притоке Соны, расположенном ниже по течению...

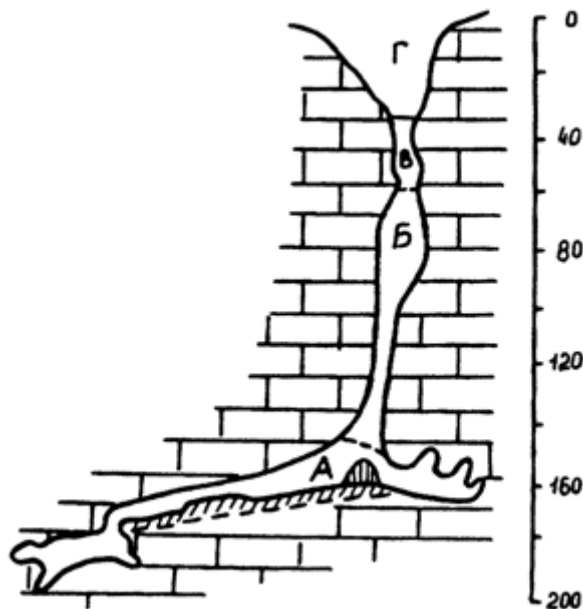
Индикаторные опыты XX в. доказали наличие гидрогеологических систем, дренирующих целые карстовые массивы, имеющих максимальную протяженность 75 км (Хомат Борю - Йеди-Миярлар, Турция), 46 км (Белетт - ист. Воклюз, Франция), "размах" по вертикали 3 км (шахта Назаровская - скважины с минеральной водой в пос. Мацеста, Россия) и 2038 м (шахта Илюхина - ист. Репроа, Грузия). Одновременно были установлены очень интересные и важные для практики факты - несовпадение поверхностных и подземных водосборов рек, впадающих в Северное и Черное моря (Рейн и Дунай), Атлантический океан и Средиземное море (Гаронна и Эбро), Тихий и Северный Ледовитый океаны (Колумбия и Саскачеван).

Но если есть гидрогеологические системы, то должны быть и карстовые системы! Автор еще в 60-е гг. предложил выделить тип коррозионно-эрозионных полостей. Это был скрытый вызов корифеям: профессор Г. А. Максимович в своем определении карстового процесса особо подчеркивал внерусловой характер формирующих его вод /19/. Но факты, полученные непосредственно "ползучими" спелеологическими методами, были настолько убедительны, что с коррозионно-эрозионными полостями пришлось примириться... Состоят они из трех элементов: два - уже известные нам полости-поноры и полости-источники, а среднее, недостающее звено - вскрытые пещеры.

Вскрытые пещеры - это галереи, в которые невозможно проникнуть по течению подземных рек. Они становятся доступными только тогда, когда их сообщают с поверхностью (вскрывают) какие-то деструктивные процессы: *денудация* (тогда это узкая щель на любом элементе поверхностного карстового рельефа), *коррозия* (вход в систему открывается на дне или на склоне карстовой воронки либо колодца), *эрозия* (в систему ведет узкий ход, промытый текучими водами), *гравитация* (провал купола зала). Возникающие при этом полости полигенетичны и поэтому имеют очень сложную морфологию. Классический пример - шахта Бездонная (Крым, рис. 19), состоящая из четырех элементов разного генезиса и возраста: подземной галереи, купола над нею, карстовой воронки и провальной "пробки".

Рис. 19. Вскрытая пещера Бездонная, Крым.

А - часть карстовой водоносной системы, Б - коррозионный купол, В - вывал на дне карстовой воронки, Г - карстовая воронка



Вскрытые пещеры часто имеют огромную глубину и протяженность. Их исследования ставят перед спелеологами очень сложные задачи, так как вертикальные сухие или слабо обводненные колодцы и шахты часто выводят к мощным подземным рекам. Именно в таких полостях были поставлены первые рекорды прохождения больших отвесов.

В 1630 г. в Лозере (Франция) местный угольщик по приказу своего сеньора спустился в 45-метровую шахту, чтобы поднять тело сброшенного туда юре. Сейчас она называется шахтой Капеллана. В 1748 г. математик Нагел исследовал входную шахту Мацоха (Чехия, -138 м, отвес 50 м), выйдя на ее дне к подземной реке. В 1851 г. иезуит Р. Керто спустился в плетеной корзине на дно 115-метровой отвесной шахты Хойо дель Аире (Колумбия). В 1889 г. группа Ханке преодолела 180-метровую входную шахту в пещере Качна яма (Словения). В 1889-1895 гг. Э. Мартель штурмовал грандиозные для своего времени вертикали Гэпинг Гилл (110 м, Англия), Рабанель и Жан Нуво (125 и 167 м, Франция), но был вынужден отступить перед 190-метровой Шурен Мартен. В шахту Рабанель он спускался на веревке, сидя на привязанной к ней палке (рис. 20).

Из исследований XX в. наибольший резонанс в научной и популярной литературе получило покорение шахты Пьер Сен-Мартен в Атлантических Пиренеях. Спелеологический интерес к этому району появился еще во времена Мартеля. Но только в 1950 г. Г. Ленине, Б. Окьялини и М. Козинс открыли "исторический" вход - шахту глубиной свыше 300 м.

Первый этап исследований системы связан с именем Макса Козинса. Бельгиец по национальности, он окончил классическую гимназию, прослушал курсы инженерной электромеханики, физики, биологии, медицины... "Пожизненный

Рис. 20. Спуск в пещеру во времена Эдуарда Мартеля /38/.



*приговор - исследователь и искатель*", - писал он в своей автобиографии. Искал Козинс всюду: в 1932 г. - поднимаясь в стратосферу вместе с Огюстом Пикаром, в 1934 г. - сооружая высокогорную лабораторию по изучению космических лучей в сердце Пиренеев, в 1941 г. - борясь в рядах бойцов Сопротивления, в 1949 г. - организуя подводные погружения в Атлантике, в 1951 г. - руководя вместе с Жолио Кюри франко-бельгийским центром атомных исследований. В изучении Пьер Сен-Мартен он принимал участие сначала как инженер. Именно Макс Козинс спроектировал лебедку-велосипед с барабаном, на который наматывалось 380 м стального троса сечением 5 мм. Используя для спуска лебедку, в 1951 г. Ж. Ленине, М. Лубен, Ж. Эрто и вулканолог Г. Тазиев обнаружили на дне гигантской шахты величественные залы и долгожданную подземную реку.

Экспедиция 1952 г. проводилась уже с помощью стокилограммовой электрической лебедки. Неудачное крепление троса привело к трагедии - гибели Марселя Лубена. Однако экспедиция выполнила основную задачу: *"Пропасть продолжается до фантастических пределов"*, - сообщили наверх первопроходцы...

В 1953 г., вооруженная новой лебедкой, следующая экспедиция под руководством Ж. Ленине и Н. Кастере достигла огромного зала Верна, находящегося в 2611 м от основания входной шахты и в 689 м от ее верха. Так был установлен мировой рекорд проникновения человека под землю, который продержался всего один год. В 1954 г. в шахте Берже, представляющей собой наклонную обводненную галерею, была достигнута глубина 903 м, в 1955 - 985 м, в 1956 - 1122 м и в 1863 - 1135 м.

Однако не надо думать, что Пьер Сен-Мартен все эти годы был забыт. В 1954 г. франко-испанская экспедиция продвинулась вверх по подземной реке, открыв тоннель Ветров. В 1961 г., после сооружения гидротехнического тоннеля, который вошел в зал Верна, был совершен подъем по его отвесной стене на 95 м и открыта галерея Аранжади. Дальнейшие успехи в изучении системы связаны в основном с продвижением вверх по течению подземной реки и открытием ее притоков, начинающихся из шахт-поноров, расположенных на большей высоте, чем шахта Ленине (рис. 21). Сперва это была экспедиция М. Козинса, открывшая вход "Шальная голова" (+165 м), затем экспедиция созданной в 1965 г. ARSIP - "Ассоциации по международным спелеологическим исследованиям Пьер Сен-Мартен" (входы М-3, +266 м; SC-3, +326 м, и М-31, +341 м). В августе 1966 г. первенство было возвращено: достигнута глубина 1171 м, а в 1975 г. успех закреплен: покорены глубины 1252 м в шахте Долорес и 1341 м в колодце Азиза за залом Верна. Однако радость была недолгой: в 1979 г. на первое место неожиданно вышла система Жан-Бернар.

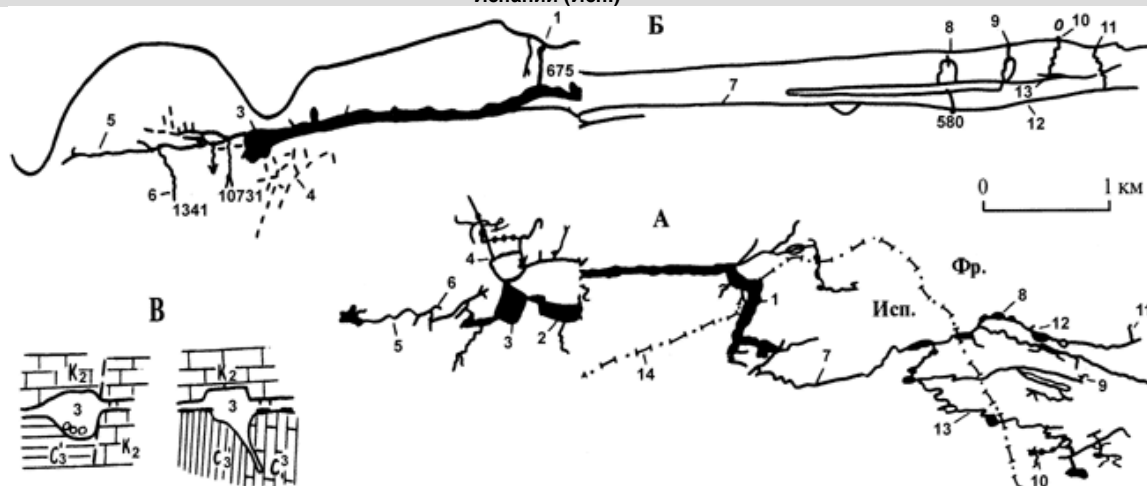
По состоянию на 1 января 1997 г. Пьер Сен-Мартен даже не входит в десятку глубочайших карстовых полостей планеты. Несмотря на это, Пьер Сен-Мартен и сегодня привлекает спелеологов всего мира как одна из красивейших и сложнейших (общая протяженность ходов 51,2 км!) пещер, обладатель одного из крупнейших в Европе залов (площадь зала Верна - 5 футбольных полей!), полость, освященная именами М. Козинса и Н. Кастере, Ж. Ленине и А. Меррея. Исчерпаны ли ее возможности? Вероятно, нет. При прохождении гидротоннеля в 1956 г. неожиданно была вскрыта крупная полость Арфидия (18 000/710). Один из ее притоков подходит к залу Верна на расстояние звуковой связи (40 м, рис. 21). Если их удастся соединить, глубина системы Арфидия - Пьер Сен-Мартен увеличится до 1570 м. Но шансов на мировой рекорд здесь, к сожалению, мало, так как последние 68 м шахты Арфидия пройдены с аквалангом...

Велико и научное значение Пьер Сен-Мартен. Первые ее исследователи полагали, что в зале Верна они вышли на подстилающие сланцы и что он заложен вдоль сброса, имея эрозионное происхождение. Дальнейшие исследования выявили значительно более сложное, надвиговое строение района (рис. 21).



Рис. 21. Система Пьер Сен-Мартен, Франция.

А - план, Б - разрез, В - геологическое строение зала Верна по представлениям первооткрывателей (а) и по позднейшим исследованиям (б). 1 - колодец Лепине (320 м.), 2 - зал Шевалье, 3 - зал Верна, 4 - гидротехнический тоннель и вскрытая им система Арфидия (на разрезе - пунктиром), 5 - меандр Мартина, 6 - колодец Азиза, 7 - Большой Каньон, 8 - Шальная голова, 9 - М-3, 10 - М-31, 11 - SC-3; системы: 12 - Бассабуруко, 13 - Ларумбе, 14 - граница Франции (Фр.) и Испании (Исп.)



Ну а как же мечта каждого спелеолога о "сквозном" прохождении водоносных систем от истока до устья? Немногим удалось испытать это удивительное чувство. В их числе был Эдуард Мартель, в 1908 г. прошедший насквозь сравнительно короткую пещеру Брамабио. По сравнению с суммарной протяженностью водоносных систем (десятки километров) невелики достижения и сегодняшних спелеологов - длина "подземных траверсов" составляет 1550 м в шахтах Фогельшахт - Лампрехтсофен (Австрия), 1149 м в Бадалоне (Испания), 960- 700 м в Кум-Уарнеде (Франция), Пурификасьон (Мексика), Куэрто-Ковентоза (Испания) и Фигьера-Коркия (Италия).

Чаще всего это соединение одного или двух звеньев - шахты-понора и вскрытой пещеры, двух вскрытых пещер или вскрытой пещеры и пещеры-источника, и лишь в исключительных случаях - соединение всех трех звеньев. Использование аквалангов при изучении этих образований играет большую роль: в 1992 г. швейцарец Брасси соединил Швицершахт и Иглшахт через протяженный (130/-22) сифон. Образовавшуюся систему назвали Зильберн (26 800/302). Так термин "карстовая система", обозначающий проходимую для человека часть водоносной (гидрогеологической) системы, получил международное признание.

### 3.5. В каменных дебрях

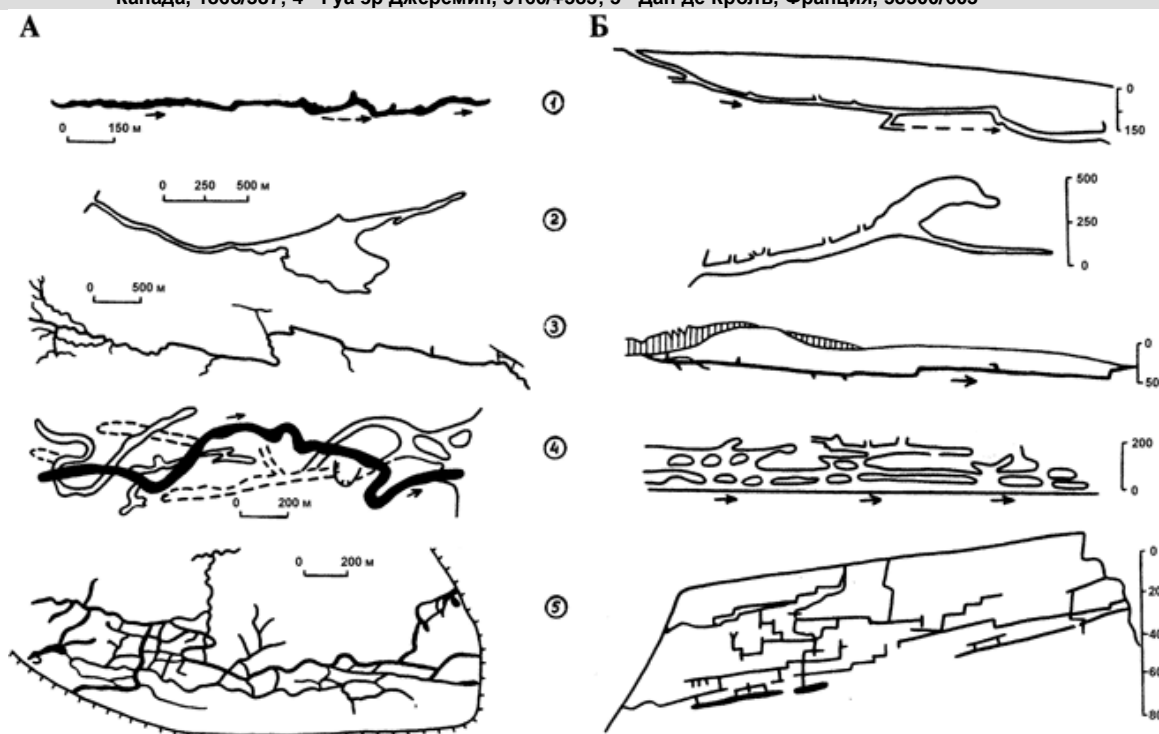
Перелистывая страницы Атласов крупнейших полостей мира /34, 35/, поражаешься многообразию их контуров. На первый взгляд между ними нет ничего общего. Но, всматриваясь, начинаешь замечать определенные законы, которым они подчиняются. Самый простой случай - это "речная" система. Подземная река, получающая основной объем питания через один вход, образует слабо наклонную, меандрирующую полость без боковых притоков. Классический случай - пещера Арктомис (Канада, рис. 22) или пещера Кафедрал-Фалмут (США), пройденная с аквалангом.

Много таких пещер на Кавказе (Долгая, Ростовская, Тароклде и пр.). При более крутом падении пластов образуются полости вертикального развития - чередование внутренних колодцев и шахт глубиной от 2-5 до 100-200 м и более. Таких полостей очень много. Это Ану Иффлис (Алжир), Шнеелох (Австрия), Абиссодеи Фульмини (Италия), Киевская (Узбекистан) и пр. Нередко они образуют сложную спираль, отдельные изгибы которой в плане накладываются друг на друга.

Развитием первого случая, обусловленным в основном особенностями геологического строения района, является появление в средней или нижней частях системы расширений. Классический, но до конца не ясный специалистам по горной механике случай - зал в пещере Лубанг Насиб Багус (рис. 22). Каким образом он сформировался и какие силы удерживают гигантский безопорный свод площадью 26 (!) футбольных полей, - пока не установлено. Реже такие расширения образуются в вертикальных колодцах (Федоровская, массив Ахцу, Россия).

Дальнейшее развитие "речной" системы - принятие ею многочисленных притоков. Иногда они более или менее равномерно распределены по всей протяженности основной галереи (Красная пещера, Крым), в других случаях сосредоточены в ее верховьях (Кастельгард, Канада, рис. 22). Как и наземные реки, такие пещеры имеют рисунок, определяемый развитием трещин и характером питания.

**Рис. 22. Разные типы карстовых систем.**  
 А - план, Б - разрез. 1 - Арктомис, Канада, 3496/536; 2 - Лубанг Насиб Багус, Малайзия, 2900/+423; 3 - Кастельград, Канада, 1868/387; 4 - Гуа эр Джеремин, 5160/+385; 5 - Дан де Кроль, Франция, 58300/603



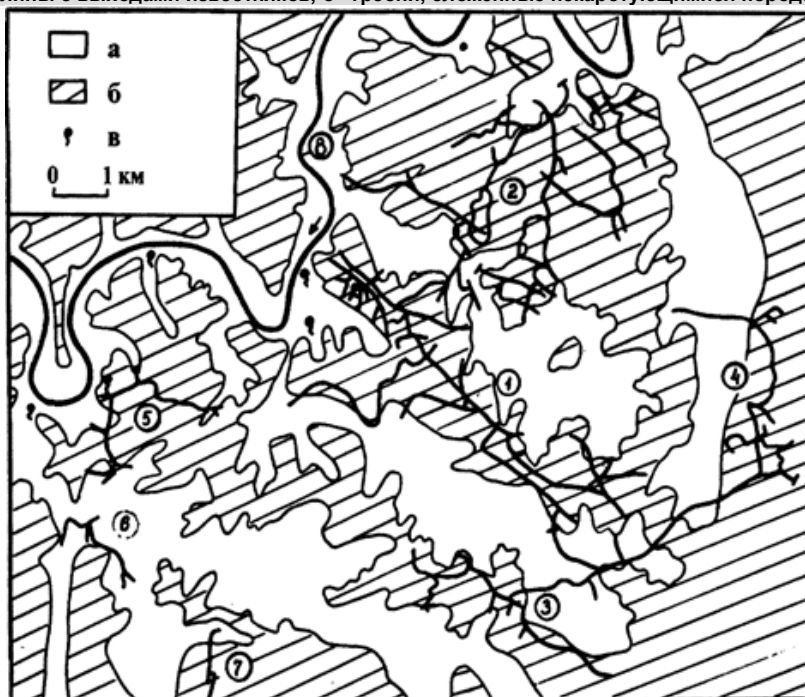
Если развитие пещеры происходит при поднятии горного массива или при врезании равнинных рек в водораздельные пространства, возникают многоэтажные системы (Гуа эр Джеремин, Малайзия, рис. 22), отдельные части которых связаны между собой колодцами или сифонными каналами. Классический пример - Красная пещера в Крыму, детально исследованная в 1958-1965 гг. Она состоит из 6 этажей, имеющих превышение друг над другом 5-8 м. Строение каждого из них разное: первый и второй этажи - это четкие каналы стока подземной реки, соединенные между собой провальными колодцами; пятый - тоже канал, образующий петли и напоминающий скорее обрывок рыбачьей сети, третий, четвертый и шестой, почти не имеющие горизонтальных участков, - извилистые узкие трубы, иногда вертикальные, иногда наклонные, расширяющиеся в небольшие залы, образующие тупиковые камеры и купола; со вторым и пятым этажами их соединяют колодцы со стенами, до блеска вылизанными водой. Вся эта путаница ходов общей протяженностью более 2 км "вписана" в небольшой известняковый блок длиной 200, шириной 60 и высотой 80 м. В настоящее время обводнен только первый этаж, по которому протекает, иногда исчезая в сифонах, подземная река, а в паводок, при подъеме ее уровня, ненадолго подтапливается второй этаж. Фрагменты этажей, находящихся между собой в таких же соотношениях,

найлены и в дальней части пещеры. Они, как четки, "нанизаны" на первый этаж, по которому протекает река. Наличие на всех этажах следов эрозионной деятельности воды и песчано-глинистых отложений не оставляют сомнений в их происхождении: это "речная" система, образованная в результате постепенного врезания подземного водотока в карстовый массив. К такому же типу относится знаменитая Пстойна в Словении: река Пивка, меняя свое подземное русло, сперва образовала ныне сухие лабиринты ее туристской части, а затем сместилась к западу, проходя через разобщенные сифонами пещеры Отошску, Магдалену, Черну, Пивску. При множественности пунктов поглощения на склонах массивов и на их платообразных поверхностях возникают очень сложные сети. Особенно характерны они для горных стран - Альп, Пиренеев и пр. Изучавшаяся на протяжении многих десятилетий система Дан де Кроль (Франция, рис. 22) сперва состояла из отдельных пещер - Тру дю Глаз, Аннели, Шевалье, Горных стрелков и пр., которые постепенно были соединены друг с другом. Для этой системы характерно обилие притоков, тупиковых колодцев и галерей, сложная система подземного дренажа со многочисленными перехватами стока. Исследования системы связаны с именами П. Шевалье (1935-1947) и М. Летрона (1960-1984), вокруг них образовались активные группы, которые довели протяженность системы до 53 км. французские спелеологи дали таким системам меткое название - сеть. В литературе оно закрепилось как научный термин: "сеть Дан де Кроль", "сеть Мирольда" и пр.

Великолепный пример такой сети - Мамонтова пещера в США (рис. 23). Ее 563 километра - система самых разных по морфологии ходов, заложенных в известняках, которые местами перекрывают размытые некарстующиеся породы. Вот тут-то и раскрывается тайна Мамонтовой пещеры! Она образована не одним водным потоком, а многими притоками реки Грин-Ривер. Прорезая некарстующуюся покрывку, они поглощались в разных местах в подстилающие известняки, образуя изолированные галереи верхнего уровня. Врезалась в известняки Зеленая река - вслед за ней врезались и ее притоки, постепенно образуя ходы нижних уровней. Позднее, у более молодых очагов поглощения на поверхности, образовались внутренние шахты, имеющие глубину 10-30 м и диаметр 6-10 м, соединяющие ходы разных уровней. Система росла, усложнялась, но имела бесспорную "речную" природу...

**Рис. 23. Система Мамонтова, США (по А. Палмеру, 1981, Д. Форду, 1989).**

Пещеры: 1 - Мамонтова, 2 - Флинт, 3 - Проктор, 4 - Роппел, 5 - Ли, 6 - Смиа, 7 - Вайгнистль; 8 - река Грин Ривер; а - долины с выходами известняков, б - гребни, сложенные некарстующимися породами, в - крупнейшие источники



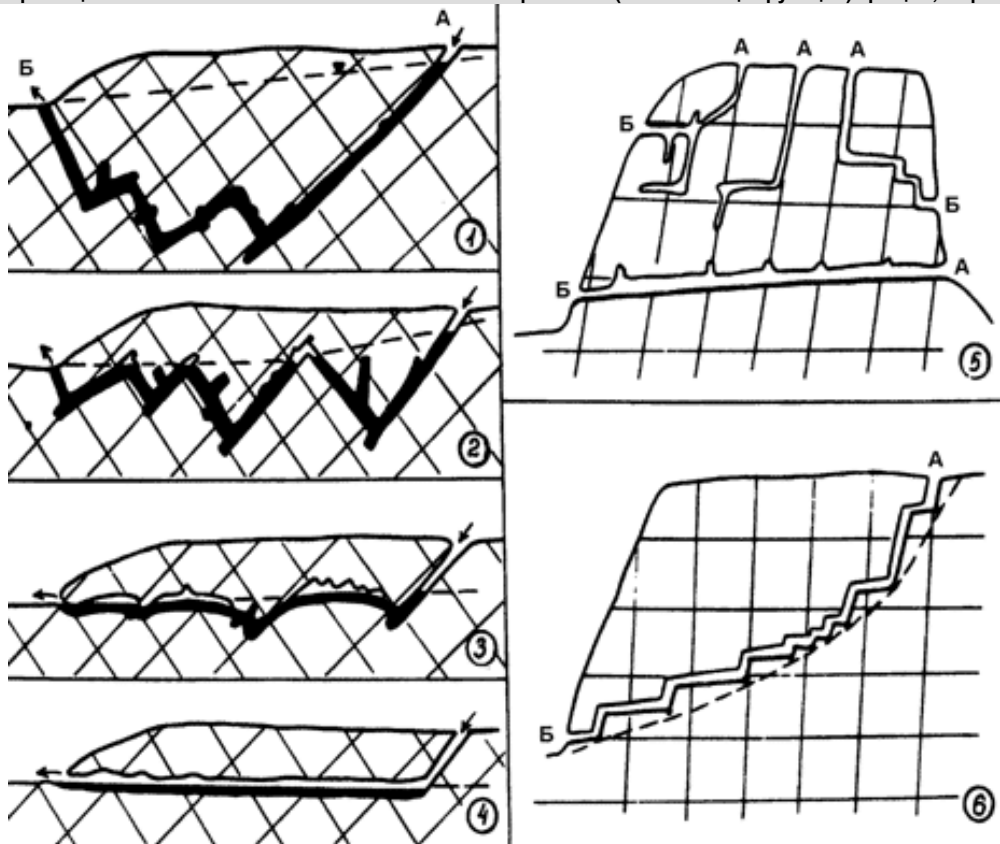
Даже после сведения всего многообразия карстовых систем к нескольким типам остаются вопросы. Почему галереи имеют именно такую, а не иную конфигурацию? Почему наряду с каскадами колодцев образуются глубокие шахты или высокие купола, "просекающие" все уровни заложения галерей? Почему формируются сами уровни, образующие или четкие, или с трудом прослеживаемые этажи в смежных частях пещерных систем? Почему наряду с широкими, "магистральными" галереями формируется сеть более узких входов? Почему... Этим вопросам нет конца, причем в каждом конкретном районе, в различных климатических, геологических, палеогеографических, гидрогеологических условиях отвечать на них приходится заново. Попробуем "разложить все по полочкам".

Вода в карстующихся породах (известняках, гипсах и каменной соли) движется по различным трещинам. Они формируются в горной породе как на стадии ее образования (литогенетические трещины), в ходе дальнейшего преобразования под действием сил сжатия и растяжения (тектонические трещины), воздействия климатических и прочих факторов (трещины выветривания и пр.). Трещины могут быть постоянно заполнены водой, или она может появляться в них периодически. Это дало основание гидрогеологам выделить две крупные зоны - зону полного насыщения и зону аэрации (в зарубежной карстологической литературе их чаще называют фреатической и вадозной зонами).

Формирование полостей начинается во фреатической зоне. В зависимости от интенсивности развития трещиноватости от точки А (поглощение поверхностного водотока, пещера-понор или шахта-понор) до точки Б (пещера-источник) вода может двигаться по разному (рис. 24). Согласно батифреатической теории, полностью обводненные каналы, в которых вода находится под гидростатическим давлением, закладываются на большой глубине. Исследования последних десятилетий показали, что она может достигать 300 м (Воклюз, Франция; Зимапан, Мексика).

**Рис. 24. Формирование полостей во фреатической (1-4) и в вадозной (5-6) зонах.**

А - место поступления воды, Б - места выхода воды; теории формирования: 1 - батифреатическая, 2 - мелкая фреатическая, 3 - смешанная (фреатическая и уровенная), 4 - уровенная, 5 - инфлюационная и переточная, 6 - инфлюационная. Тонкими линиями показана сеть первичных (спелеоиницирующих) трещин, жирными - вода



Согласно мелкой фреатической теории, они закладываются ближе к поверхности, причем в верхних коленах сифонов могут формироваться воздушные пузыри. По этой схеме заложены галереи Аянской пещеры (Крым). Третья теория предусматривает "смешанное" развитие полостей. Такие галереи описаны в Красной пещере (Крым). И, наконец, последняя, урвенная теория предусматривает формирование галерей на уровне подземных вод. По этой схеме развиваются десятки субгоризонтальных пещер-источников во многих карстовых районах мира (Шакуранская, Грузия; Джейта, Ливан и пр.).

Однако формирование пещер возможно не только во фреатической, но и в вадозной зоне (рис. 24). В зависимости от особенностей питания (за счет местного поверхностного стока на плато и склонах массивов, при поглощении стока транзитных рек и пр.) здесь могут формироваться вертикальные и субгоризонтальные полости. Подземные водотоки при этом подчиняются тем же закономерностям, что и поверхностные: днища внутренних колодцев и шахт стремятся достичь профиля равновесия. Чем протяженнее субгоризонтальные части полости между двумя колодцами, тем глубже может быть второй из них. Часто наблюдается также попятное (регрессивное) отступление подземного потока с осушением горизонтальных и вертикальных частей полости, при этом образуются знакомые каждому спелеологу параллельные стволы полостей - "штаны" (шахта Напра в Грузии). Из какой "штанины" удастся проникнуть в нижнюю часть системы - дело случая и спортивной удачи.

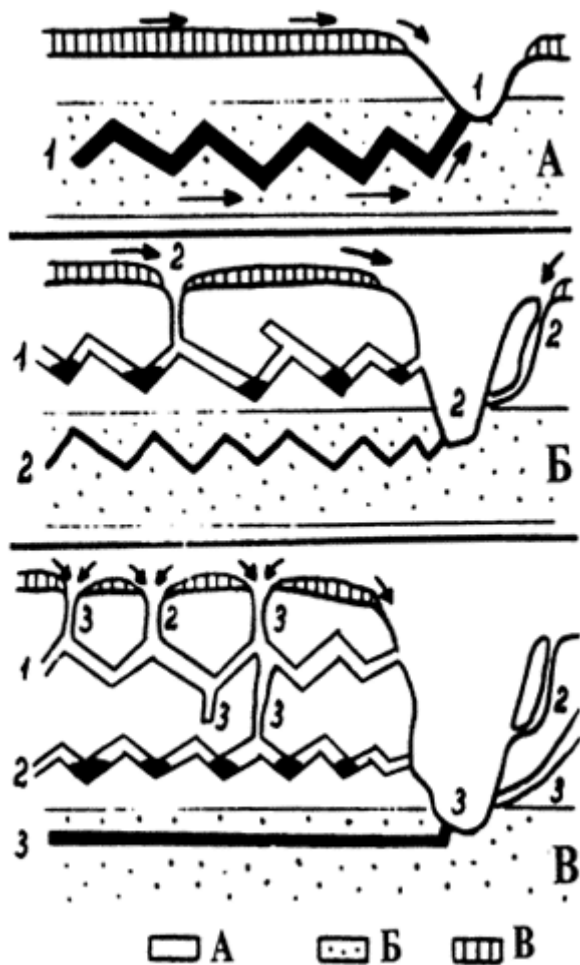
Если сопоставить "элементарные" случаи (нами рассмотрены далеко не все из них!) с рисунком реальных карстовых систем (рис. 22 и 24), становится ясным, что последние - продукт взаимного наложения разных схем развития. Их бесконечное многообразие зависит от трех основных групп факторов: геологических, гидрогеологических и палеогеографических.

Геологические факторы - это тип карстующейся породы, особенности ее строения и залегания. Она может быть слоистой или неслоистой, более или менее трещиноватой, залегающей горизонтально, наклонно или вертикально, разбитой на блоки или смятой в складки. Каждый из этих случаев и их комбинации определяют рисунок сети полостей, особенности их морфологии. Некоторые полости (Берже, Франция) следуют рельефу подстилающего водоупора; другие (Хельлох, Швейцария) заложены в отдельных пластинах горных пород, надвинутых друг на друга; третьи (Воронцовская, Россия) как бы "обходят" центральную часть куполовидной, брахиантиклинальной структуры.

Гидрогеологические факторы определяются особенностями питания подземных вод, которое может быть постоянным и периодическим, инфильтрационным и инфлюационным, сосредоточенным (поглощение в одном поноре) или рассредоточенным (поглощение по длине реки) и пр. Внутри массива вода образует свободные и напорные потоки; ее движение может быть ламинарным или турбулентным, подчиняющимся разным фильтрационным законам; наконец, концентрация потоков может происходить у тектонических нарушений (сбросов, сдвигов), выступающих то как барражи (своеобразные подземные плотины), то как коллекторы (проводники воды). Эти факторы в свою очередь определяют макро- и микроморфологию полостей. Опытный спелеолог по характеру поперечных сечений пещер и шахт, мелким формам на их стенах (купола, фасетки и пр.), а также отложениям на полах (гравий, песок, глина) всегда сможет определить условия образования того или иного хода.

Рис. 25. Схема формирования этажных систем полостей при врезании речной долины (А, Б, В).

1,2,3 - разновозрастные элементы поверхностного и подземного рельефа. Зоны: А - вадозная, Б - фреатическая, В - некарстующие породы



И, наконец, палеогеография. Поверхностный и подземный рельеф находятся в непрерывном развитии: меняются условия образования отдельных форм, они накладываются друг на друга, заполняются отложениями и вновь промываются. Самая типичная ситуация - обнаружения форм, проработанных некогда во фреатической зоне, в сегодняшней вадозной зоне (рис. 25). Известно, что речные долины развиваются "сверху вниз", постепенно формируя глубокие ущелья и каньоны. С каждым этапом врезания рек (или поднятия горного массива) связаны свои системы пещерных галерей, которые закладываются во фреатической зоне, но затем переходят во все увеличивающуюся в мощности вадозную зону. При размыве некарстующихся отложений на поверхности формируются новые пункты поглощения, и древние фреатические каналы соединяются с ними вадозными колодцами. Следующий этап врезания еще больше осложняет картину: в карстовом массиве появляются элементы трех возрастов, наложенные друг на друга. Кроме отрицательных, деструктивных форм здесь возникают формы положительные, связанные с аккумуляцией разных типов, о которой мы поговорим позже.

В сложении карстовых массивов часто нарушается основной закон геоморфологии: чем выше - тем древнее. На рис. 25 хорошо видно, что отдельные элементы системы, возникшей на этапе В, находясь выше, отнюдь не древнее, а даже моложе галерей пещер...

Ограничимся приведенными примерами. Общий вывод следующий: карстовые сети - это сложнейшие разновозрастные полигенетические системы. Их образование происходит разными путями, на протяжении геологического времени, которое в

переводе на обычное (историческое) летосчисление может измеряться миллионами, десятками или даже сотнями миллионов лет. Определить происхождение сложной по морфологии пещеры можно только разобравшись в "мозаике" слагающих ее элементов, сопоставив развитие поверхностного и подземного рельефа. Еще сложнее обстоит дело с определением возраста: в игру включаются отложения карстовых полостей. Но это уже другая история и другая глава нашей книги...

В какой степени оправдано название этого раздела? Спускаясь под землю, оказываешься не только в путанице широких и узких галерей, лазов и сифонных каналов, но попадаешь в настоящие дебри гипотез их образования и развития, выбраться из которых не легче, чем из каменного лабиринта...

## 4. Лабиринты и шары

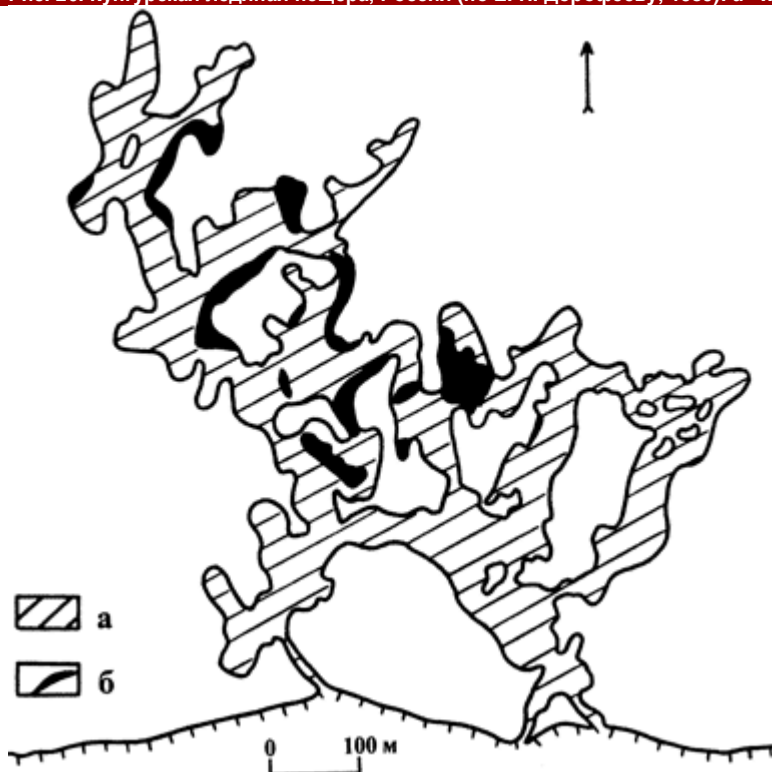
*Я один в беззвучном зале,  
Мой факел пальцы мне обжег.  
Завесой сумерки упали.  
В подземном мире тьма дорог...*  
В. Брюсов

### 4.1. Мы - оптимисты!

Большинство карстовых и некарстовых полостей мира имеет простое строение - горизонтальный или вертикальный "ствол" и небольшие боковые "ветви"-притоки. Однако давно известны и другие пещеры, представляющие собой лабиринты - сложную систему взаимосвязанных ходов. О происхождении этого слова, ставшего нарицательным, мы поговорим позже. Посмотрим, какими они бывают.

В 1958 г. крупнейшая карстовая пещера в СССР - Кунгурская (Приуралье) - имела протяженность всех ходов 4,6 км. Она заложена в мощной толще пермских гипсов и ангидритов, разделенных прослоями известняков и доломитов. Согласно Г. А. Максимовичу, пещера состоит из 58 гротов (залов), соединенных более узкими проходами. Дальнейшие исследования увеличили длину Кунгурской пещеры до 5,7 км, однако вопрос о ее происхождении до сих пор является открытым. Одни считают, что пещера сформирована на уровне подземных вод, другие связывают ее с подземным перетоком через водораздел вод р. Шаква, третьи полагают, что она возникла при ежегодном подъеме уровня р. Сылва. Ясно одно - это не "речная" система, связанная с миграцией сконцентрированного подземного водотока, а скорее "озерная", реликтами которой являются 36 подземных озер, расположенных примерно на одном уровне (рис. 26).

Рис. 26. Кунгурская ледяная пещера, Россия (по Е. П. Дорофееву, 1989): а - ходы пещеры, б - главные озера.





В 60-е годы в Тернопольской области на западе Украины были открыты крупные гипсовые пещеры: Вертеба, Кривченская, Угринь. Собственно, слово "открыты" не вполне точно отражает суть дела. Впервые о них упоминает П. Ржончинский еще в 1721 г. В конце XIX - начале XX вв. их исследования ведут местные краеведы и археологи. Одна из пещер - Кривченская - даже была благоустроена и в 30-е гг. XX в. открыта для туристов. Но пронеслась буря второй мировой войны. Входы в одни пещеры были завалены, в другие - забыты... Последующее их изучение, так сказать, второе "рождение" привело к целому каскаду сенсаций в пятидесятых годах. В 1960 г. бесспорным лидером среди пещер Европы была знаменитая Хельлох (Швейцария, 74 км). Известные в это время крупнейшие пещеры СССР настолько уступали ей (Красная - 4,3 км, Кунгурская - 5,7 км, Воронцовская - около 6 км), что вообще не рассматривались как возможные конкуренты. И вот в 1963 г. отряд карстологов Комплексной карстовой экспедиции АН УССР (рук. В. Н. Дублянский) завершил съемку Кривченской кристалльной пещеры в Подолии (18,8 км), а в 1964 г. тернопольские спелеологи (рук. В. А. Радзиевский) довели длину пещеры Озерная до 26,4 км! И это было только начало. Надо быть подлинными оптимистами, чтобы небольшой (всего 1,6 км) пещере, обнаруженной за узким десятиметровым лазом, заполненным полужидкой глиной, дать звучное имя Оптимистическая! Ее первооткрыватели, львовские спелеологи во главе с "хозяином" пещеры, М. Савчиным, были и остаются первыми все 30 лет исследований. Каждая из более чем 60 экспедиций, проведенных ими, "наращивала" длину пещеры. Так был дан старт многолетнему "спелеомарафону". Сперва Озерная и Оптимистическая соревновались только между собой: в 1972 г. вперед вышла первая (65,6 и 51,6 км), в 1974 г. - вторая (104,6 и 109,3 км). С этого года Оптимистическая уже не уступала первенства: ее длина в 1978 г. увеличилась до 144, в 1990 г. - до 178, в 1995 г. - до 188, а в 1997 г. превысила 200 км...

В 1974 г. эти пещеры вступили в борьбу за европейскую корону. Исследователи Хельлох не сидели без дела: еще в 1967 г. ее длина превысила 100 км и тоже непрерывно увеличивалась. Но в 1978 г. ее обогнала Оптимистическая (144 и 129,5 км) и больше не уступала первенства (в 1995 г., соответственно, 188 и 156 км). Оптимистическая пещера стала не только самой протяженной в Европе и крупнейшей в мире в гипсах - она заняла "абсолютное" второе место, пропустив вперед только совершенно недостижимую Мамонтову пещеру в Северной Америке (563 км).

Это было так неожиданно и так обидно для швейцарских исследователей, что они поставили под сомнение открытие львовян. Несколько дней потребовалось автору, чтобы во время международного симпозиума в Постоянной пещере доказать техническому руководителю проекта Хельлох Готтфриду Берчи истинность приведенных данных. Сейчас сведения о пещерных гигантах Приднестровья (Оптимистическая - 207 км, Озерная - 111 км, Золушка - 89,5 км, Млынки - 24 км, Кристалльная - 22 км, рис. 27) вошли во все международные кадастры.

**Рис. 27. Конфигурация и относительные размеры полей некоторых пещер Подолии, Украина.**  
 1 - Оптимистическая (207 км), 2 - Озерная (111 км), 3 - Млынки (24 км), 4 - Кристалльная (22 км), 5 - Вертеба (5,8 км).  
 Для пещеры Вертеба (5) даны два варианта изображения - полем (а) и конкретными ходами (б). Разница в масштабах 10 раз



Лабиринты Подолии "плоские": мощность неогеновых гипсов, в которых они заложены, всего 20-30 м. Гипсы и лежащие под ними водоносные песчано-карбонатные породы мелового возраста залегают почти горизонтально и "зажаты" между водоупорными отложениями. Считалось, что пещеры возникли в результате перетока левых притоков Днестра через водораздельные пространства (В. Н. Дублянский), затем возникло предположение, что это результат поглощения поверхностных вод с местных питающих водосборов (Л. Якуч). В 90-е гг. красивую, так называемую артезианскую гипотезу их формирования предложил киевский спелеолог А. Климчук: пещеры образовались "снизу - вверх", за счет разницы в напорах подземных вод. Эта гипотеза хорошо объясняет особенности морфологии пещер, хотя нуждается в дальнейшей разработке.

В 70-е гг. "заявил о себе" объемный лабиринт пещеры Большая Орешная (Зап. Саяны), заложённый под местным водоразделом в толще круто наклоненных ордовикских конгломератов. К 1998 г. его суммарная протяженность превысила 47 км. Выдержанных этажей в пещере нет, это комбинация из наклонных и субгоризонтальных ходов (заложённых то по падению, то по простиранию пластов) и соединяющих их мелких колодцев. Глубина пещеры 155 м, еще 40 м по вертикали пройдено в стометровом сифоне (рис. 28).

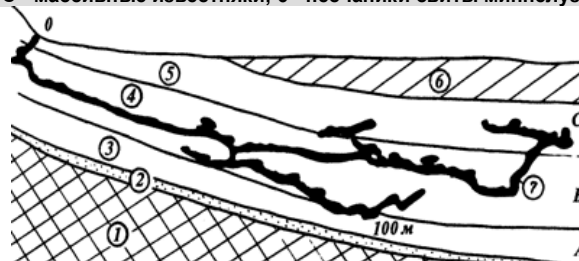
Рис. 28. Разрез пещеры Большая Орешная в конгломератах, Россия (по Р. А. Цыкину, 1974): а - сифонный канал.



К лабиринтовым пещерам относятся и жемчужины Ю. Дакоты - Джюэл и Винд-Кейв. На юго-западе штата (Южная Дакота - штат в центральной части США) располагается куполообразный массив Блек-Хилл, сложенный изверженными породами и окаймляющими их карбоновыми известняками. Эта удивительно красивая местность знаменита многим: крупнейшими в Америке золотыми и урановыми рудниками; монументальным памятником "четырем президентам"; национальными парками и гидротермальными пещерами. Пещера Джюэл имеет протяженность 170 км и глубину 134 м, Винд-Кейв - 125 км и 214 м (рис. 29). Они заложены в моноклинально залегающих массивных и слоистых известняках, образуя на площади 3-4 км<sup>2</sup> гигантские объемные лабиринты. Американские карстологи объясняют их образование процессами растворения, происходящими при смешивании холодных инфильтрационных и термальных подземных вод разного химического состава.

Рис. 29. Схематический геологический разрез через экскурсионную часть пещеры Винд (США) (по А. Палмеру, 1981).

1 - магматические и метаморфические породы; 2 - песчаники свиты дедвуд, песчанистые известняки свиты Миссисипи; 3-5 - карстующиеся породы свиты пахасара: А - массивные доломитизированные известняки, Б - слоистые известняки и доломиты, С - массивные известняки; 6 - песчаники свиты миннелузы; 7 - ходы пещеры



Лабиринтовые пещеры сильно отличаются по морфологии и размерам. Роднит их одно: надо быть истинным оптимистом, чтобы десятки лет "наращивать" протяженность, соединяя узкими нитками полузатопленных водой галерей разобщенные ранее пещерные озера (Кунгурская пещера), ныряя во мрачные сифоны (Орешная), протискиваясь в узкие лазы, стены которых покрыты колючими кристаллами (Винд-Кейв).

## 4.2. Тайны подземных сфер

Итак, пещеры Джюэл и Винд-Кейв, открытые в конце прошлого столетия, - порождение термальных вод! Но, может быть, эти воды образуют не только лабиринты? Анализ имеющихся материалов, выполненный в 60-е гг. профессором Г. А. Максимовичем, а в 80-е гг. - В. Н. Дублянским, показал, что это действительно так...

В начале XX в. А. А. Крубер описал пещеру Карани в Крыму (Карабийский массив). Она располагается под водоразделом между двумя карстовыми воронками и имеет сферическую форму, напоминая перевернутую чашу диаметром 60 на 70 м. Образование пещеры Крубер объяснил "сильным гидростатическим давлением".

В 1959 г. в шахте Ход Конем (Крым, Чатырдаг) на глубине около 100 м были обнаружены хорошо ограненные кристаллы исландского шпата, торчащие из глины, заполняющей округлую нишу в стене.

В 60-е гг. при обследовании только что открытой Ново-Афонской пещеры (Грузия) объемом около 2 млн. м<sup>3</sup> (это больше, чем суммарный объем всех 870 пещер Крыма!), мы обратили внимание на полуразложившиеся кремневые конкреции, в которые палец уходит как в масло. Это было совершенно непонятно: ведь кремнь растворяется значительно хуже, чем кальцит!

Годичный цикл наблюдений над расходами, температурой и химическим составом источников ниже пещеры показал в них существенную примесь термальных (40-50 °С) вод. Анализ палеогеографической ситуации привел к выводу, что огромные объемы пещеры могут быть объяснены коррозией смешивания теплых и холодных вод.

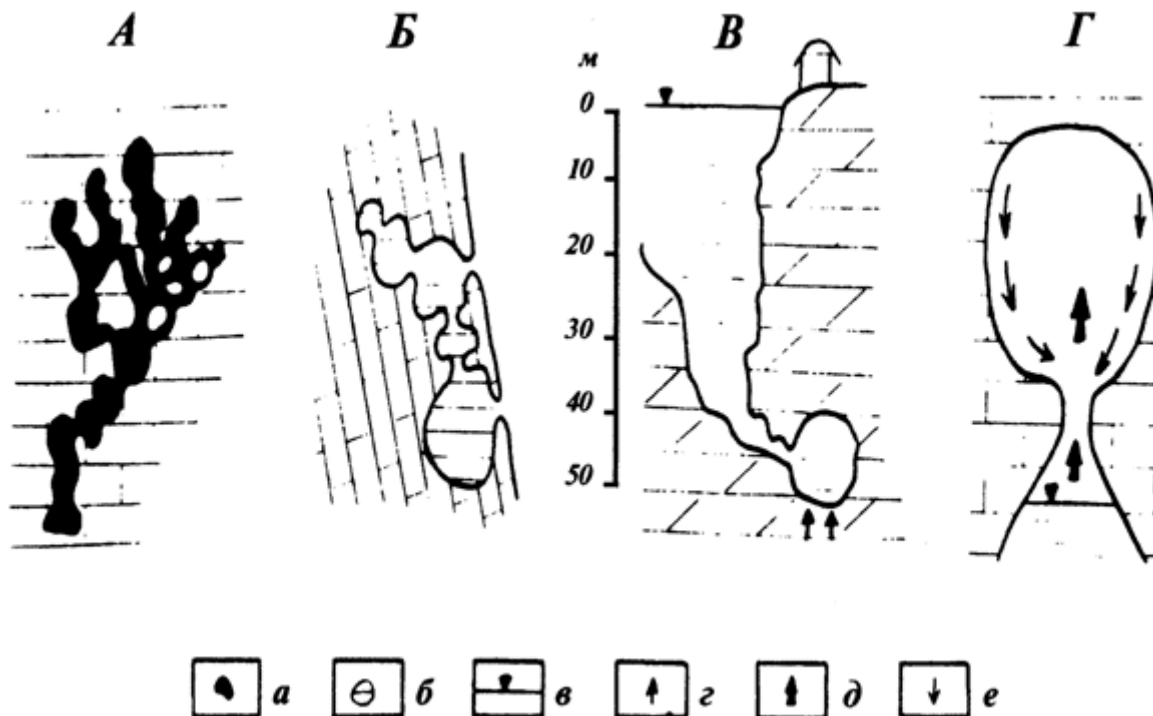
В 70-е гг. мы провели обследование знаменитой Бахарденской пещеры (Туркменистан), расположенной на "термальной линии" Копетдага. Это один крупный зал, вскрытый провалами свода, на дне которого располагается озеро с минеральной водой, нагретой до 36 °С!

На Маданском месторождении полиметаллов (Родопы) болгарские геологи вскрыли буровыми скважинами самую крупную в мире гидротермальную полость (1315 м свободного спуска буровых колонн, общий вес которых составил 24 тонны). Эта полость заполнена минерализованной водой, нагретой до 135 °С.

Анализ выявил еще одну разновидность гидротермальных полостей (рис. 30).

Рис. 30. Подземные шары.

А - гроздевидные ходы пещеры Шатеркепушта, Венгрия. Б - древние гидротермальные пещеры Бирк-Су, Кыргызстан. В - шаровидный зал на дне озера Хевиш, Венгрия. Г - механизм испарительно-конденсационного образования шаровидной полости (по Г. Суньогу, Ю. Дублянскому, 1991). а - ходы полостей, б - рудный заполнитель, в - уровень воды, г - подток термальной воды, д - движение пара, е - движение капельной конденсационной влаги



В 1963 г. венгерский спелеолог Ласло Якуч /32/ описал пещеру Шатеркепушта, представляющую собой систему соединяющихся между собой шаров разного диаметра, напоминающую гроздь винограда. Ряд бесспорных признаков (изменение строения вмещающих известняков, особые формы минералов, покрывающих стены пещеры) свидетельствовал о ее образовании термальными карстовыми водами.

Аналитические выводы подтвердились и прямыми доказательствами. В 50-е гг. на дне термального озера в пещере Этвеш (Венгрия), заложенного в триасовых доломитах, аквалангисты обнаружили наклонный ход, который вывел их в шаровидный зал диаметром 15 м, со дна которого поднимались струи термальных вод. Еще более убедительными были погружения аквалангистов в термальные пещеры Сицилии, которые отличаются большими объемами при температуре заполняющих вод до 40 °С...

Затем совершенно неожиданно проявилась одна из связей спелеологии со смежными науками: на многих месторождениях цинка и свинца, ртути и урана, ванадия и мраморного оникса после отработки рудных тел остаются шарообразные пустоты.

Такие же полости (частично заполненные кальцитом, арагонитом, баритом и рядом других, более редких минералов) часто вскрывают горные выработки. Как правило, спелеологам они остаются неизвестными, а их заполнитель, достойный витрин лучших музеев мира, уничтожается или расходуется по личным коллекциям.

К разгадке тайны шарообразных пещер вел долгий путь. От описаний и косвенных свидетельств нужно было перейти к непосредственному изучению гидротермокарста. Чтобы сделать это, необходимо было многое (заинтересованность, владение методами исследований, новые идеи), и это удалось в 80-е гг. альпинисту и скалолазу, студенту Одесского университета Юрию Дублянскому, прошедшему хорошую семейную геологическую и спелеологическую школу. Основным объектом исследований стал Горный Крым, где к этому времени накопилось довольно много сведений об "аномальных" по форме пещерах, часто расположенных рядом с крупными кальцитовыми жилами. Находки исландского шпата (а это тот же кальцит, но только

бесцветный, прозрачный и обладающий способностью двупреломлять свет) были сделаны не только в шахте Ход Конем (в 30 и 60 метрах ниже нашей первой находки), но и в шахтах Эмине-Баир-Хосар (Чатырдаг), Молодежная и Гвоздецкого (Караби), в пещерах района Байдарских ворот (Ай-Петринский массив) и пр. Вдоволь полазив по пещерам и шахтам Крыма, Юрий собрал обширную коллекцию - свыше 600 образцов. Выяснилось, что Карабийский и Чатырдагский массивы разбиты тектоническими нарушениями, вдоль которых образовались протяженные (1-2 км), мощные (10-12 м) и уходящие на глубину не менее 100- 200 м кальцитовые жилы, с которыми часто связаны карстовые полости.

При изучении жильного кальцита в нем были обнаружены пустоты. О том, что кристаллы прозрачных минералов иногда содержат "узников" - пустоты с жидкостью, в которой плавает пузырек газа, знали еще в глубокой древности:

*...словно заложница,*

*В нем капля таится.*

*Эта вода*

*Придает особую ценность кристаллу, -*

писал почти 2 тысячи лет назад римский поэт Октавий Клавдиан.

На помощь пришли современные методы минералогии. В XX в. люди разгадали ее тайну.

Методика гомогенизации включений в принципе очень проста: надо изготовить шлиф - тонкую прозрачную пластинку минерала, поместить ее под микроскоп, подвести к шлифу термopару и нагревать его до тех пор, пока пузырек газа не растворится в жидкости. Это и будет температура образования кристалла.

Дополнительные исследования (изучение концентрации и состава жидкой фазы, газового состава пузырьков и пр.) дают информацию об условиях образования минерала.

...В разных карстовых полостях Крыма было отобрано около 1000 образцов.

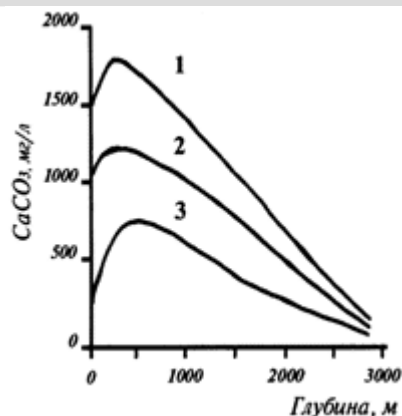
Результат их анализа оказался неожиданным: температура образования кальцитовых жил колебалась от 300 (район Судака) до 60 °С (Чатырдаг), а кристаллов исландского шпата из пещер - от 80 до 30 °С (шахта Ход Конем). Необходимо было найти механизмы, объясняющие сочетание двух противоположных процессов - образования в известняках гидротермальных полостей и их заполнения кальцитом... Известные схемы не давали однозначного ответа: поднимающийся по трещинам раствор попадает в условия все более низких давлений и температур, что вызывает активную кристаллизацию минералов, не оставляя места процессам растворения.

Дальше все было как в детской игре "холодно - горячо". Чувствовалось, что избран верный путь, пришлось "поднимать" десятки и сотни работ из смежных областей геологии, пока в одной из них не был найден ответ.

Специалист по геохимии С. Д. Малинин рассчитал зависимость растворимости  $\text{CaCO}_3$  от глубины при подъеме термальных вод (рис. 31). Для условий, близких к крымским (охлаждение от 225 до 50 °С), кривая имеет перегиб на глубине около 250 м. Это означает, что в 1000-250 м от поверхности (именно такую среднюю мощность имеют верхнеюрские известняки Крыма) происходит увеличение их растворимости с образованием пустот (пещер, закарстованных трещин и пр.), а на глубине 250-0 м - "сброс" карбонатного материала с образованием кальцитовых жил (в трещинах) и кристаллов исландского шпата (в полостях).

Рис. 31. Растворимость  $\text{CaCO}_3$  на разных уровнях гидростатического столба (по С. Д. Малинину, 1979).

Диапазоны изменений температуры, °С: 1 - 225-25, 2 - 225-50, 3 - 225-100



Следующим шагом было определение временного интервала для этих процессов. Здесь геолог, как артиллерист, "берет цель в вилку": пещеры заложены в верхнеюрских известняках, следовательно, их возраст не древнее поздней юры; но, судя по находкам костей различных позвоночных, пещеры Крыма не моложе середины неогена... Используя все имеющиеся данные, постепенно "сужаем" вилку и получаем, что гидротермальные системы Крыма действовали в позднем мелу - среднем миоцене, то есть 100-16 млн. лет назад. Затем начались активные поднятия, гидротермальная деятельность прекратилась, горные массивы начали промываться холодными карстовыми водами, возникли шахты типа Хода Конем, которые вскрыли своими колодцами более древние округлые гидротермокарстовые полости, заполненные глиной с кристаллами исландского шпата.

Все стало на свои места. Пещера Карани действительно оказалась гидротермальной, а в ее своде обнаружилась мощная кальцитовая жила, не замеченная предыдущими исследователями. Прав был римский поэт - капля древнего раствора с плавающим в ней пузырьком смеси  $\text{CO}_2$ ,  $\text{CO}$  и  $\text{CH}_4$  действительно оказалась важным "заложником". Она поведала о процессах, которые происходили в Крыму миллионы лет назад.

Но как же подземные шары? Во-первых, и в Крыму, у Байдарских ворот, в южном обрыве горы с полузабытым названием Юрн-Чаурн-Бели были обнаружены подобные образования, некогда заполненные исландским шпатом. Во-вторых, закономерности, выявленные в Крыму, подтвердились при изучении рудных месторождений многих районов бывшего СССР. Экспедиции, проведенные Юрием, показали, что температуры образовавших их гидротермальных растворов колебались от 310-160 °С (Квайса, Кавказ) до 80-40 °С (Бирк-Су, Тюя-Муюн, Средняя Азия). Можно долго рассказывать об увлекательных исследованиях пещеры и древнего рудника Кан-и-Гут, где естественные полости соединены между собою искусственными выработками, или о международной экспедиции "Тюя-Муюн - 89", в которой приняли участие лучшие специалисты Австрии, Венгрии, Киргизии, Польши, России, Украины, Чехии. Исследователи повторили маршрут великих русских минералогов и геохимиков В. И. Вернадского и А. Е. Ферсмана. Но это уже другая история. Важно то, что в **любом** горнорудном карстовом районе неясный механизм образования шаровых структур был проблемой.

Дальше всего в разгадке тайны шаров удалось продвинуться в Венгрии. Оказалось, что возможны два механизма. Первый из них - субаквальный, когда шаровидная полость возникает за счет восходящего потока термальных вод (рис. 30, В), второй - субаэральный, когда с поверхности горячих вод происходит испарение, а конденсат, образующийся на стенах трещины, стекает вниз, постепенно преобразуя ее в сферу (Г). Исследования П. Мюллера (1974), Г. Суньога (1984) и Ю. Дублянского (1987) объяснили и энергетику образования полостей. Конденсация паров термальных вод происходит с

выделением тепла, которое должно куда-то отводиться! Теоретическое моделирование показало, что шаровидная полость диаметром 1,5 м при температуре конденсата 60-20 °С может образоваться за 17-85 тыс. лет.

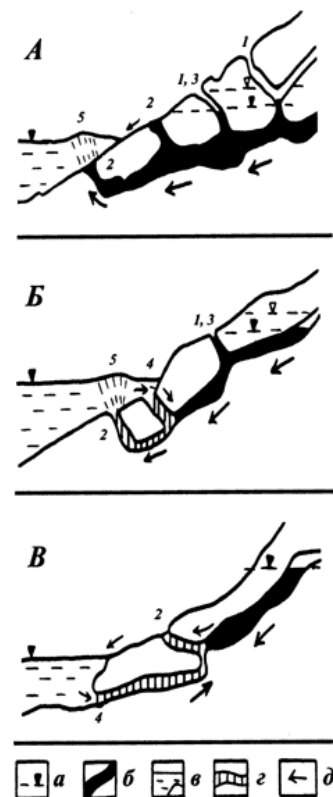
Новейшие исследования выявили гидротермальные полости в Южной Америке (огромные провалы и пещеры на их дне, заложенные в кварцитах свиты рораима, имеющих "почтенный" возраст около 2 млрд. лет), а также в Новой Гвинее. Здесь обнаружен самый большой в мире провал над пещерой, имеющий длину 1100 м, глубину 310 м и объем более 150 млн. м<sup>3</sup>. В цементирующем материале брекчии на дне провала найден гидротермальный кальцит, очевидно связанный с молодыми проявлениями вулканизма.

В 90-е гг. работы по гидротермокарсту неожиданно нашли практическое применение в Америке. После подписания соглашения о запрещении испытаний ядерного оружия, полигон в штате Невада (США) было предложено использовать для захоронения отходов атомного производства. Требования, предъявляемые к участкам захоронения, очень жесткие. Проведенные же исследования показали на полигоне наличие гидротермальных отложений неясного происхождения. Работы американских (К. Хилл) и русских (Ю. Дублянский) геологов и спелеологов подтвердили - район горы Яка непригоден для захоронения. Так неожиданно загадки гидротермокарстовых пещер способствовали решению одной из сложнейших технологических и экологических проблем современности.

### 4.3. В пене прибоя

Рис. 32. Движение пресных и соленых вод на морском побережье (по А. Бегли, 1978).

а - пьезометрические уровни карстовых вод, б - пресная вода, в - соленая вода, г - солоноватая вода, д - направление движения воды. 1 - поглотители карстовых вод; источники: 2 - в межень, 3 - в паводок; 4 - поглотители морских вод, 5 - купола пресных или солоноватых вод



Выше мы уже говорили о некоторых особенностях абразионных полостей, формирование которых обусловлено деятельностью морских и озерных вод. Положение значительно осложняется при формировании коррозионно-абразионных систем.

Некоторые из них являются низшими звеньями коррозионно-эрозионных полостей (пещерами-источниками), подтопленными морем (при подъеме его уровня или при опускании суши). Такие пещеры хорошо изучены на Тарханкутском полуострове в Крыму, они широко распространены на морском и океаническом побережье.

Возникающие при этом ситуации отображены на рис. 32. "Проще" всего случай, когда море подтопило самый нижний вход. Тогда на шельфе возникает пресный субмаринный источник, работающий круглый год и в тихую погоду образующий заметный купол на поверхности морской воды. В паводки выходы пресных вод перемещаются и на берегу возникают мощные источники, часто питающие целые реки (А). В Гаграх (Грузия) хорошо известна река Репроа - самая короткая на черноморском побережье. Она вытекает из трещин в береговом обрыве известняков, пересекает пляж и теряется в море...

Если подтоплены два нижних выхода, то за счет инжекции (эффект пульверизатора) через верхний вход подсасывается соленая вода, а из нижнего - выходит солоноватая смесь (Б). Если верхний вход находится невысоко над уровнем моря, то возможна обратная картина: при достаточно высоких расходах карстовых вод соленая вода засасывается через нижний вход, а солоноватая - выходит через верхний. Подобные источники хорошо изучены на адриатическом побережье Хорватии и на средиземноморском - Южной Франции.

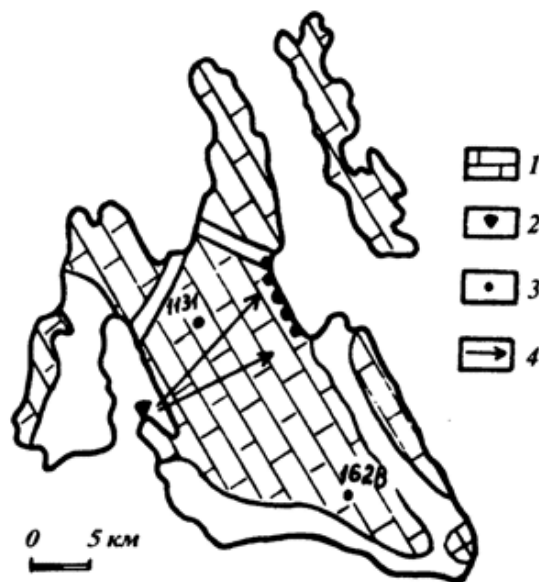
Такие источники выглядят особенно эффектно, если располагаются на противоположных сторонах острова. Именно они породили ряд мифов, легли в основу представлений патера Кирхера о существовании в дне океана полостей, "проглатывающих" воду. Наиболее известно постоянное поглощение соленой морской воды на западном берегу о-ва Кефалиния у берегов Греции. Пройдя 14 км, она разбавляется пресными карстовыми водами и выходит в виде солоноватых источников на северо-восточном берегу острова, против родины легендарного Одиссея - о-ва Итака (рис. 33). Переток морских вод под островом подтвержден опытами с окрашиванием, а также спелеоподводными исследованиями. В пещере на глубине 3 м под современным уровнем моря обнаружен сталактит возрастом 16 тыс. лет, а на глубине 20 м - даже 20 тыс. лет. Возможность возникновения инжекционного эффекта подтверждена гидродинамическими расчетами.

Подтопленные морем системы часто имеют большие размеры и изучаются в связи с гидротехническим строительством. В пещере Порто-Миу (Франция), чтобы ограничить приток морских вод к водозабору, была построена подземно-подводная плотина. В бывшем СССР обследовано несколько десятков сравнительно небольших (до 200 м длиной) полузатопленных и затопленных пещер на Тарханкуте (Крым). Нахождение подобных образований возможно на восточном побережье Каспийского моря (Мангышлак), а также на Байкале. В 90-е гг. на Каролинских о-вах (Микронезия) английские спелеологи открыли подводный зал, превышающий по размерам два футбольных поля и соединяющийся с океаном 100-метровым тоннелем.



Рис. 33. Поглощение и выходы морских вод на о-ве Кефалиния (по А. Бегли, 1978).

1 - карстующиеся породы, 2 - поглотитель, 3 - основные источники, дающие соленую воду, 4 - направления движения красителя



Широкие масштабы гидротехнического строительства на суше привели к образованию "эфемерных" пещер. Они образуются при сооружении водохранилищ, в зоне переработки берегов которых находятся хорошо растворимые породы (обычно - гипсы и ангидриты). Вдоль трещин бортового отпора возникают довольно большие пещеры. Так, на Камском водохранилище (Приуралье) И. А. Печеркин описал пещеру Полазна, которая просуществовала всего 8 лет. Затем отсевший блок обрушился в воду и был полностью уничтожен процессами абразии и коррозии.

Настоящим "раем" для спелеоподводников стали Багамские о-ва, сложенные известняками. Здесь обнаружены десятки пещер, расположенных в несколько ярусов на глубине до 100 м. Наибольшие из них получили название Блю Хоулз (Синие дыры). Исследования Дж. Бенджамина (Канада, 1966-1971), а затем - группы английских спелеоподводников показали, что они образованы в зоне смешения пресных наземных и соленых морских вод, а затем подтоплены морем. В них найдены "подводные" сталактиты и сталагмиты, обнаружена специфическая фауна. Многочисленные входы в систему, открывающиеся в открытый океан, из-за приливно-отливных течений называют "кипящими дырами". Об исследованиях пещер снято несколько фильмов. В 1970 г. здесь работал Ж. Кусто и экипаж судна "Калипсо".

#### 4.4. Глубины Воклюза

Таинственные глубины карстовых озер издавна манили человека. Почему иногда их поверхность приходит в движение, то внезапное, то поражающе периодичное? Может быть, в их вертикальных или наклонных, глубоко уходящих в воду стенах открываются ходы, ведущие в огромные пещеры, к еще невиданным никем красотам природы? Водолазное снаряжение - громоздкий костюм со съёмным шлемом на трех болтах, соединяющийся шлангом с воздушным насосом, был изобретен в конце XVIII в. Но только почти сто лет спустя водолазы рискнули спуститься не просто под воду, но "под воду - под землей" - в наклонный канал карстового источника...

В конце XIX в. отчаянные спуски в Чичен-Итце - Священный колодец на Юкатане (Центральная Америка) - совершил Эдвард Томпсон. Подвига его на это рукопись епископа де Ланда, описывающая жертвенный обряд народов майя, который существовал несколько веков. Путь юной девушки к карстовому колодцу-сеноте был

дорогой в небытие. Она шла по этой дороге в самых лучших одеждах и украшениях; затем раздавался крик - и только круги расходились по затянутой тиной воде. Вслед за жертвой в колодец бросали богатые дары - утварь, украшения, золото.

Более 25 лет исследовал Томпсон джунгли Юкатана. К раскрытию тайны Священного колодца он приступил уже опытным археологом. Сперва в ход пошла землечерпалка, затем на озере (в 20 м от поверхности земли) был собран понтон с воздушными насосами. Томпсон, прошедший специальную подготовку в Бостонской водолазной школе, первым ушел на дно, за ним последовал его помощник - грек-ныряльщик с Багамских островов. Совершив десятки погружений в илистую суспензию, образовавшуюся после работы землечерпалки, работая только наощупь на глубине 15-20 м, они буквально пропустили через свои руки тысячи находок. Это были фигурки из нефрита, золота и меди, кусочки душистой смолы, метательные копья с наконечниками из кремня, кальцита, обсидиана, остатки тканей и тысячи костей. Жертвенный характер сеноте подтвердился: все найденные предметы были "убиты" - то есть специально разбиты, чтобы их "души" могли соединиться с "душами" умерших. А вот красивая легенда о том, что жертвами колодца были только девушки, не подтвердилась: из 42 найденных черепов 21 принадлежал детям в возрасте от 1,5 до 12 лет, 13 - зрелым мужчинам (очевидно, знатым воинам) и только 8 - молодым женщинам...

Спуски в пещеры в тяжелых водолазных костюмах продолжались и в XX в. В 1921 г. профессор К. Абсолон совершил 25 погружений в пропасть Мацоха (Чехия). Это был своеобразный подвиг, так как все необходимое снаряжение надо было предварительно спустить на дно 138-метровой шахты...

Погружения в озера, находящиеся в глубине пещер, в эти годы обычно производились без акваланга. Широко известны отчаянно смелые исследования Н. Кастере. В 1922 г. он решил проникнуть в сифон пещеры Монтеспан (Франция). *"Стоя по шею в воде, я стал размышлять о безрассудстве своего рискованного предприятия: могло оказаться, что впереди потолок все время касается воды, я мог попасть в слепой конец, встретить карман с газом, запутаться в ветвях, принесенных потоком, или, быть может, погрузиться в зыбучий песок..."*, - писал он /13/. К счастью, это и многие другие погружения Кастере закончились благополучно. Они привели к открытию древнейших в мире статуй и наскальной живописи.

Свободные погружения в небольшие (1-5 м длиной и глубиной) сифоны в разное время совершали спелеологи всех стран мира. Революция в спелеоподводных исследованиях произошла после изобретения акваланга. Она навсегда связала два громких имени - Кусто и Воклюз. Имя скончавшегося в 1997 г. Жак-Ива Кусто широко известно. Но Воклюз... Близ одной из живописных деревушек Прованса под 150-метровой отвесной скалой на дне небольшой пещеры прячется темное неподвижное озеро. Неподвижность его кажущаяся - в 7 метрах ниже из глыбового навала вырывается на поверхность бурный поток, дающий начало реке Сорг, левому притоку Роны. Минимальный расход источника 4, средний - 29, максимальный - 150 м<sup>3</sup>/с. В зависимости от расхода источника озеро располагается то ниже, то выше, а при экстремальных паводках - вообще переливается через скальный порог. Над источником почти на километр поднимаются отвесы известнякового массива площадью около 1000 км<sup>2</sup>. Источник, пещера, из которой он вытекает, карстовое плато и один из восьмидесяти восьми департаментов Франции носят одно имя - Воклюз. Оно стало нарицательным - во всем мире воклюзскими называют источники, образованные мощными восходящими потоками карстовых вод, питающимися из зоны сифонной циркуляции.

Уже в далеком средневековье Воклюз вдохновлял поэтов: именно здесь в XIV в. Петрарка писал сонеты своей Лауре. Не одно поколение гидрологов ломало голову над загадкой Воклюза, прибывание воды в котором не совпадало с выпадением атмосферных осадков. Это наводило на мысль о существовании отдаленных областей питания, связанных с источником огромными пещерами. Не помогли и индикаторные опыты, проведенные в 60-е гг. XX в. Краситель, запущенный в огромных количествах (до 60

килограммов!) на плато, в 22- 46 км от источника, доходил до него в разное время - от 92 до 25 дней, очевидно, двигаясь по разным путям со скоростью 290-1800 м/сут.

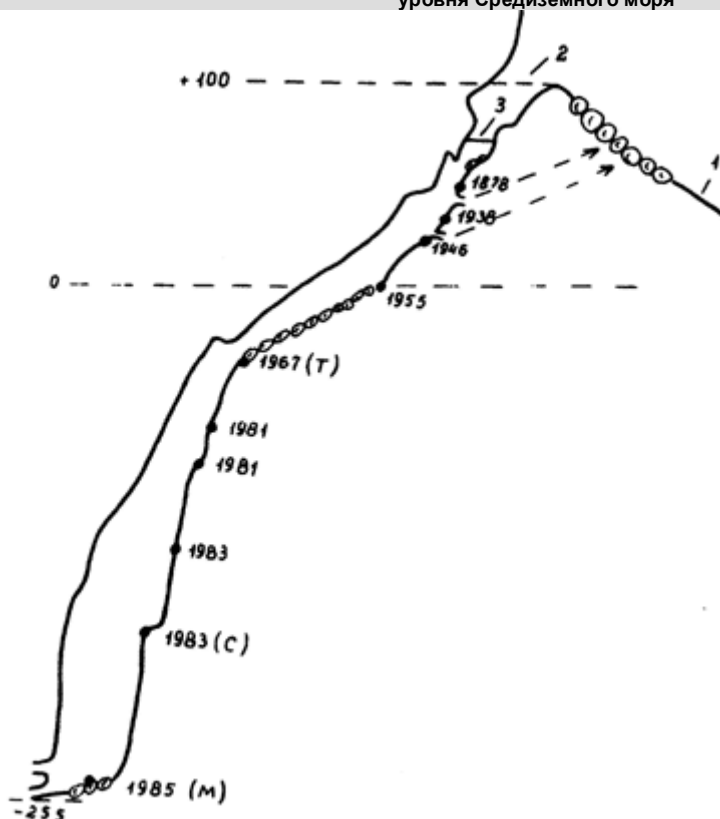
С Воклюзом связано становление спелеоподводных исследований и их самые яркие страницы. Исследования источника растянулись на 100 лет. Хроника его изучения собрана русским спелеологом и аквалангистом В. Киселевым. Она насчитывает 13 попыток спуска, за каждой из которых стоят огромный труд, бесстрашие исследователей, рекордные для своего времени погружения, новые технические решения. Начало этой эпопеи было положено 26 марта 1878 г., когда итальянец Оттонелли в тяжелом водолазном скафандре спустился на глубину 23 м (рис. 34).

24 сентября 1938 г. в аналогичном скафандре водолаз Негри достиг глубины 36 м. Дальше начинался отвес, но воздушный шланг задевал за качающийся на остром гребешке камень, который мог запереть водолаза под водой.

27 августа 1946 г. на источнике Воклюз "командой Кусто" были впервые опробованы почти неизвестные тогда акваланги. Первым вслед за чугунной чушкой на канате до глубины около 40 м спустился старшина водолазов Ж. Пикар. После его подъема под воду ушли Ж. Кусто и Ф. Дюма. Они достигли глубины 46 м, но вернулись, испытав сильнейшее отравление. На следующий день выяснилось, что при закачке воздуха в баллоны их аквалангов попал угарный газ от двигателя компрессора, неосторожно установленного в плохо проветриваемом месте ущелья.

**Рис. 34. Хронология покорения Воклюза.**

1 - р. Сорг; уровни воды: 2 - в паводок, 3 - в межень. Точки с цифрами - годы погружений аквалангов. В скобках - погружения телеуправляемых роботов: Т - Теленавт, С - Соргонавт, М - Модекса. Цифры слева - отметка относительно уровня Средиземного моря



В 1953 г. было создано спелеологическое общество источника Воклюз (СОИВ). В августе 1955 г. его члены, используя баллоны со сжатым воздухом, достигли глубины 74 м. Дальше продолжался крутонаклонный ход больших размеров.

В 1967 г. французский департамент подводных исследований открыл новую страницу изучения источника. В него был запущен управляемый по кабелям с поверхности робот "Теленавт". До глубины 90 м его сопровождал аквалангист Фалько.

На глубине 106 м камера "Теленавта" запечатлела уходящую вниз шахту, расходящуюся, как купол кафедрального собора. Свет ярких фар терялся во мраке...

20 сентября 1981 г. знаменитый немецкий спелеоподводник И. Хазенмайер нарушил вековой приоритет итальянцев и французов в изучении Воклюза. В час ночи, чтобы не привлекать внимания местных жителей, он начал свой рискованный, но тщательно продуманный эксперимент. До глубины 30 м использовалась кислородно-азотная, а глубже - гелиево-кислородная смеси. На глубине 105-110 м он вошел в шахту сечением 10 на 30 м, на глубине 145 м достиг маленькой полочки, на которой закрепил привязанный за камень конец ходового капронового шнура. Вниз еще на 20-30 м просматривалась такая же шахта... Через 6 часов 25 минут, пройдя на глубинах 100 и 40 м длительную декомпрессию, Йохан вышел на поверхность, где его с тревогой ожидал единственный "обеспечивающий" - жена Барбара.

12 октября 1981 г. к Воклюзу прибыла экспедиция СОИВ. Известие о рекордном спуске Хазенмайера, полученное перед самым началом работ, глубоко задело французов. Первоначально предполагалось до глубины 90 м погружаться со специальным шланговым аппаратом, а далее - автономно, с баллонами. Но система переключения не сработала, и Кл. Тулумджан со второй попытки "пошел на рекорд" с 250-метровым шлангом, подающим дыхательную смесь к аппарату "наргиле" с поверхности. Быстро достигнута глубина 126 м. 14-минутная адаптация - и пятиминутный рывок вниз. Есть рекорд - 153 м! Но и дальше - все та же шахта. Яркий луч фонаря не высвечивает не только ее дно, но и противоположную стену. Погружение с длительной декомпрессией на 50, 12 и 5 м от поверхности длилось 7,5 часа.

9 сентября 1983 г. И. Хазенмайер опять тайно посетил Воклюз. Оснащенный баллонами со сложными газовыми смесями, работая по специальным таблицам декомпрессии, рассчитанным на компьютере, учитывающим не только давление, но и температуру воды, он совершил новое рекордное погружение, занявшее 9 часов. Используя "обойму" из 9 баллонов, он достиг глубины 200 м.

17 сентября 1983 г. к Воклюзу прибыла новая экспедиция СОИВ. Она решила победить Воклюз, используя новейшие технические средства. Небольшой подводный аппарат "Соргонавт" (1,2 на 1,0 на 0,7 м) весом 250 кг был снабжен телекамерой (видеомагнитофон работал на поверхности), измерительными приборами и тремя двигателями. С глубины 200 м мощные прожекторы высвечивали лишь одну из стенок огромной шахты. "Прямо гидрокосмос", - заметил один из операторов. На отметке -245 м "Соргонавт" прошел по горизонтали несколько десятков метров, но противоположной стены не достиг. Погружение продолжалось 3,5 часа и было прекращено после повреждения одного из кабелей.

В 1984 г. спуск "Соргонавта" был повторен. Обрыв тяжелого кабеля, плохо уравновешенного поплавками, привел к потере аппарата на глубине 235 м.

2 августа 1985 г. наступил "звездный час" Воклюза. Средиземноморское индустриально-коммерческое объединение в Марселе разработало и построило спускаемый аппарат "Модекса-350". До глубины 53 м его пилотирует подводник А. Фукс. Дальше он опускается самостоятельно, и через 1,5 часа телекамера зафиксировала лежащий на полке потерянный "Соргонавт". Еще три минуты - и начинается спуск в неизвестность. До глубины 250 м диаметр шахты составляет 50 м, на 300-м метре он уменьшается, на 310-м - появляются покрытые щебенкой полки. Через 2 часа "Модекса" плавно опускается на занесенную песком отмель. Глубина 315 м. Сильные фары высвечивают уходящие на юго-запад горизонтальные галереи. Стены шахты изрыты оспинами-фасетками, следами растворяющей работы напорных вод. Течение срывает со дна песчинки...

Итак, дно Воклюза достигнуто в 315 м от поверхности и на 235 метров ниже уровня Средиземного моря, находящегося в 50 км к югу. Удастся ли когда-нибудь проникнуть в горизонтальные галереи, питающие его? Глубочайший в мире карстовый источник раскрыл одну из своих тайн, но поставил перед учеными новые загадки...

Казалось бы, рекорд погружения спелеологов в Воклюзе будет "стоять" вечно. Но в марте 1979 г. в источнике Мантле (Северная Мексика) американские спелеологи обнаружили ход сечением 5 на 8 метров. Через 60 метров он пошел вниз, образовав колодец сечением 2 на 4 метра. На глубине 101 метр спуск был прекращен, хотя впереди был виден следующий отвес. Следующие погружения дали глубину 160 м (в июне 1987 года Мари Элен Экхоф стала первой женщиной в мире, покорившей такую глубину), а затем около 200 м. В апреле 1988 года американец Шек Эксли при поддержке мексиканских спелеоподводников достиг глубины около 240 м. С -200 м ход пещеры выполаживается примерно до 45 градусов. Спуск занял всего 24 минуты, но время подъема превысило 10 часов, так как потребовало 52 декомпрессионных остановок на разных глубинах... При этом использовались 11 различных газовых смесей и специальные таблицы. Позже Эксли достиг в этом источнике фантастической для человека глубины: -265 метров!

#### **4.5. Манящая темнота**

Подводные исследования - наиболее перспективное направление современной спортивной и научной спелеологии, сулящее открытия во всех звеньях коррозионно-эрозионных и коррозионно-абразионных полостей. В то же время это и самое опасное из направлений технической спелеологии, часто сочетающее трудности всех остальных ее видов. Можно выделить семь типичных ситуаций, в которых приходится работать спелеоподводникам.

**Субгоризонтальные сифоны малой и средней протяженности** (5-100 м, при глубине до 5 м). Если они начинаются с поверхности (выход карстового источника), то их преодоление представляет наименьшие технические трудности, связанные в основном с морфологией полости (узости, резкие повороты, завалы), скоростью потока и мутностью воды. Несмотря на это, большинство несчастных случаев происходит именно в таких сифонах. Это объясняется недостаточной подготовкой аквалангистов для работы под землей, усталостью (в особенности - при возвращении), невнимательностью и расслабленностью, вызванной кажущейся легкостью объекта исследований.

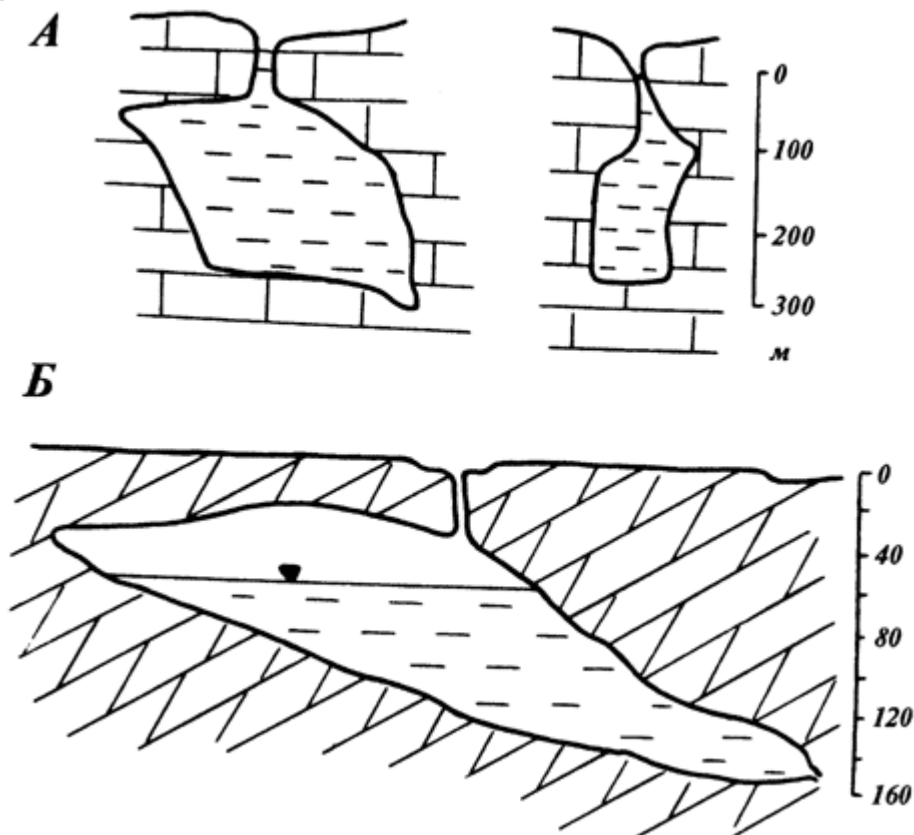
**Субвертикальные сифоны малой и средней глубины** (5- 60 м). Исследование таких сифонов производится с обычными аппаратами, работающими на сжатом воздухе. На этих глубинах уже сказываются специфические опасности - баротравмы (повреждение барабанной перепонки при быстром подъеме), "опьянение глубиной" (поглощение тканями тела кислорода и азота). В зависимости от глубины погружения, температуры и времени пребывания под водой необходимо проведение декомпрессии разной продолжительности. Спелеологи бывшего СССР пока работают именно в пределах этих глубин. Ими пройдены сифоны 240/-63, 340/-48, 240/-45 (в числителе - протяженность, м; в знаменателе - глубина, м) в пещере Мчишта (Бзыбский массив, Грузия); 150/-60 в пещере Кара-Булак (массив Кугитанг-Тау, Туркменистан); 220/-55 в пещере Гегская (массив Арабика, Грузия); 130/-54 в пещере Глубокий яр (Дзыхринский массив, Россия); 200/-48 в пещере Подземная Хоста (Воронцовский массив, Россия). Рекордное (для обычного оборудования) погружение в сифоне 125/-75 совершил французский подводник К. Тулумджан в пещере Мчишта. Трудности и опасности, возникающие при практической работе под водой, описаны спелеологом А. Нором /20/.

**Субгоризонтальные сифоны большой протяженности** (более 100 м). Мировые достижения в этой области впечатляют. Спелеоподводник О. Ислер (Швейцария) прошел сифон Ду де Коли (Франция) 4055/-30 (1991); несколько ранее в пещере Кафедрал (Флорида, США) американцем Ш. Эксли преодолен входной сифон 3292/-40. Подобные погружения требуют усилий больших коллективов: создания промежуточных складов баллонов (для прохождения трехкилометрового сифона необходимо 20-25 баллонов), баз для декомпрессии (иногда для них используют воздушные пузыри). Для ускорения прохождения уже известной части пещеры используют подводные скутеры. В

бывшем СССР и в этой области пока успехи более скромны: сифоны 340/-48, 300/-38 и 240/-45 пройдены в пещере Мчишта (Грузия); 250/-10 в пещере Железные ворота (Пинего-Кулой, Россия); 230/-48 в пещере Победы (или Киндерлинской, Башкортостан); 230/-30 в пещере Глубокий яр (Дзыхринский массив, Россия); 220/-12 в пещере Сумган-Кутук (Урал, Россия). В 1997 г. сифон протяженностью 635 м пройден в Ордынской пещере (Приуралье).

**Субвертикальные сифоны большой глубины** (свыше 60 м). Самые глубокие погружения совершены в 1983 г. в источнике Воклюз (-200 м, Франция), в 1993 г. в пещере Бушменсгат (-283 м, Ю. Африка) и в 1989 г. в пещере Мантле (около -265, Мексика). В пещере Бушменсгат открыт крупнейший подводный зал в мире объемом 4,4 млн. м<sup>3</sup> (рис. 35), Второй по размерам подобный зал в пещере Деанс Блю Хоул (Багамские о-ва) в четыре раза меньше. В Драконовой пещере (Намибия) находится самое большое по площади подземное озеро (1,9 гектара). Оно имеет длину 200 м, ширину 80-105 м и глубину от 0 до 98 м. Значительная его часть уходит под своды, сложенные доломитами. Именно здесь и была достигнута максимальная глубина. Объем озера составляет 0,64 млн. м<sup>3</sup>.

**Рис. 35. Наибольшие в мире подводные залы.**  
Пещеры: А - Бушменсгат (ЮАР), Б - Драконова (Намибия)



В бывшем СССР такие глубокие сифоны пока неизвестны. Наибольшие перспективы имеются в пещере Мчишта, где с глубины -75 м, достигнутой К. Тулумджаном, открывается вертикальный колодец большого диаметра. В 1989 г. Б. Лебьян прошел в Ново-Афонской пещере стометровую затопленную галерею, которая вывела его в огромный подводный зал. С глубины -35 м он не смог просветить мощным фонарем ни его дно, ни стены. Погружения с поверхности возможны в провальных карстовых озерах северного Кавказа. Озеро Цирик-Кель имеет площадь 160 тыс. м<sup>2</sup> и представляет собой вскрытую провалом свода 258-метровую карстовую шахту с отвесными стенами. Из него вытекает речка с расходом 0,8 м<sup>3</sup>/с. Температура воды в озере 9,3 °С, минерализация - 1,2 г/л.

Погружения на глубину свыше 60 м требуют не только специального оборудования, но и глубоких знаний физиологического воздействия сжатого воздуха, кислорода, азота и гелия. В таких случаях используются специально подобранные дыхательные смеси, состав которых нередко защищен патентами. Их действие на человека регулируется тончайшими биологическими процессами, происходящими на клеточном уровне. Ученые считают, что управляет ими структурированная вода, образующая с газовыми смесями кристаллогидраты. Этой проблемой занимаются целые научно-исследовательские институты.

**Погружения в глубоких карстовых полостях.** Подводные исследования, проводимые непосредственно с поверхности земли, неизмеримо легче, чем такие же погружения, но осуществляемые из карстовых полостей. В мировой практике известны погружения с аквалангом в системах Гуффр Берже (Франция), где пройден сифон на отметке -1122 м и совершены погружения в сифоны на -1141 и -1191 м; Жан Бернар (Франция), где пройдены сифоны на -1358, -1400, -1455 м и совершено погружение на -1494 м; Илламина (Испания), где преодолены сифоны на -1325, -1330, -1335. В бывшем СССР пока цифры поскромнее: в шахте Алексинского (Бзыбский массив, Грузия) совершено погружение на -463 м, в шахте Парящая птица (массив Фишт, Россия) на -500 м, в шахте Весенняя (Бзыбский массив) на -550 м. Выделяются отважные погружения московских спелеологов в системе Илюхина (массив Арабика, Грузия). Первый сифон (40/-10) ждал исследователей на глубине 950 м. За ним были последовательно пройдены второй (60/-15), третий (60/-13) и четвертый (110/-20) сифоны, разделенные короткими наклонными галереями и каскадом колодцев. Конечная глубина полости, достигнутая Владимиром Киселевым в последнем сифоне, - 1240 м...

Что стоит за этими цифрами? Сложные спуски в вертикальные шахты, утомительная транспортировка взрывоопасных баллонов и упакованных в специальные боксы легочных автоматов, тяжелый, изнуряющий, кажущийся иногда бесконечным труд. И лишь потом, когда для обычного спелеолога маршрут уже закончен, начинается работа для спелеоподводника. Например, в далеко не самой сложной и глубокой шахте Солдатская (Крым) погружение в сифон на глубине 500 м началось через 65 (!) часов после начала спуска...

**Погружения в карстовых системах.** Во Флориде, на Багамских о-вах (США) и в Австралии известны сложные системы пещер, полностью заполненные водой при колебаниях уровня мирового океана. Их исследования, выполненные в основном американскими и французскими аквалангистами, дали удивительные результаты: система Леон Синкс во Флориде имеет 26 входов и общую протяженность затопленной части 16 724 м; а система Нараньял - 15 360 м.

В бывшем СССР такие протяженные обводненные пещеры пока неизвестны. Пещера Черная в Крыму, имеющая длину около 1300 м, обычно полностью затоплена водой и недоступна для исследований. Лишь в самые маловодные годы (один раз в 10-15 лет) понижается уровень воды в ее входном колодце. Работа буровых скважин в Байдарской котловине вызывает общее понижение уровня карстовых вод, прекращение работы Скельского источника и кратковременное (1- 10 дней) осушение дальней части пещеры. Именно в это время она и была исследована севастопольскими и киевскими спелеологами. До недавнего времени был почти полностью затоплен огромный (88 км) лабиринт пещеры Золушка (Украина, Молдавия). Он частично осушился в результате откачки воды из гипсового карьера. В декабре 1997 г. свыше 1 км сифонных ходов прошли российские спелеологи в Ордынской пещере (Приуралье).

Частным случаем является последовательное прохождение нескольких сифонов в одной полости. За рубежом широкую известность получили исследования пещеры Вуки-Хоул (Англия) с 25 сифонами и экспедиции в пещеру Налларбор (Австралия) с 6,5 км сифонов. В бывшем СССР пройдено довольно много пещер с несколькими сифонами. В Крыму это Красная общей протяженностью 13,7 км с шестью небольшими (2-8 м) сифонами, Алешина вода - общей протяженностью 3,2 км с шестью сифонами на главном водотоке (3/-1, 25/-5, 90/-8, 25/-3, 80/-17, 100/-10) и двумя - на притоке; на

Кавказе - Глубокий яр, начинающийся 10-метровым водопадом, с серией сифонов 60/-34, 230/-30, 130/-20, 30/-54; Мчишта с пятью сифонами на основной и боковой ветвях: 90/-32, 240/-45, 125/-75, 320/-48, 300/-38, увеличившими общую протяженность системы до 4 км; Сакишоре с пятью сифонами, между которыми располагается более 2 км сухих ходов, и, наконец, таинственная Хабю, где за тремя небольшими (до 10 м) сифонами скрывается более 11 км галерей и ответ на вопрос, откуда получают питание подземные озера Ново-Афонской пещеры...

**Погружения в особых условиях.** Спелеоподводнику нередко приходится работать в необычных условиях, осложняющих и без того достаточно напряженную обстановку. На выходе из-под земли карстовые источники иногда имеют такую местную скорость движения воды, что аквалангист не может проникнуть в пещеру (Красный ключ на Урале, сифон -35 м) или же делает это, но с огромным трудом (Шавцкала, Грузия, 50/-4). В источнике Мчишта спелеолог П. Миненков при подъеме едва не был затянут в непроходимые для человека щели между первым и вторым сифонами. Необычно проходят также погружения в искусственные сооружения (каптажи источников). Это пришлось испытать московским спелеологам в 1963 г. при исследовании Аянской пещеры (Крым). Сперва они обработали дезинфицирующим раствором гидрокостюмы и акваланги. Затем спустились в 5-метровый бетонный колодец и потом, через щель в его стене, неизвестно зачем перекрытую железной балкой, попали в затопленную галерею. Вдохнули они с облегчением только через 40 м, вынырнув в одном из подземных озер пещеры... Аналогичные ощущения испытал В. Киселев, погружаясь из гидротоннеля Ткибульской ГЭС в сифоны Шавцкалы (Грузия). Их исследования привели к открытию пещеры протяженностью 1,5 км и существенно уточнили представления о гидрогеологии района.

Особый случай спелеоподводных работ - исследования затопленных бункеров и укрепленных районов (УРов). Здесь спелеолога могут поджидать различные опасности, вплоть до мин-ловушек 50-летнего возраста... Вероятно, поэтому остаются неразгаданными многие тайны этих сооружений, в том числе - печально известного убежища Гитлера "Вольфшанце" в Польше.

Спелеонавты обычно работают в холодной воде (0-20 °С). Но бывают и исключения. У. Холлидей /28/ описал работы американских подводников в системе Девилс-Хоул, заполненной субтермальными водами (33 °С). Еще более высокая температура (36 °С) отмечена в подземном озере Бахарденской пещеры (Туркменистан), а также в термальных пещерах Венгрии (40 °С). В 1993 г. погружение в озеро на дне провала у пещеры Границе провели чешские спелеологи. Температура воды в озере около 20 °С, но подводникам удалось опуститься только до 110 м (замер лотом дал глубину 175 м). Погружения были прекращены, так как вода, насыщенная CO<sub>2</sub>, начала взаимодействовать с материалом аквалангов. Подводные работы в термальных пещерах и пещерах с минеральной водой предъявляют особые требования к обеспечению безопасности спелеолога (защита акваланга от CO<sub>2</sub>, H<sub>2</sub>S и микрокомпонентов, содержащихся в воде, в отдельных случаях охлаждение гидрокостюма и пр.).

Подводные исследования предъявляют повышенные требования не только к оборудованию, но и к физической и психологической подготовке спелеологов. Они должны пройти специальный курс обучения, до автоматизма отработать элементы работы под водой ("продувание" ушей, снятие и одевание под водой акваланга, переключение на другой аппарат, декомпрессия, работа с ножом при освобождении от мешающих предметов и пр.). Знание этих приемов, обязательное и на открытой воде, в пещерах является вопросом жизни или смерти. Спелеонавт должен уметь работать быстро: то есть не спешить, а делать медленные движения без перерывов между ними. Он должен обладать высокой устойчивостью к глубинному опьянению, которое совершенно заглушает инстинкт жизни. Оказывается, физически сильные люди поддаются ему не так легко. Люди умственного труда "пьянеют" легче, но быстрее приходят в себя, чем спортсмены... Спелеонавт должен быть уверен в себе и в то же время - коммуникабелен, чуток к состоянию и поведению своих коллег.



Казалось бы, трудности и опасности подземных погружений подразумевают большое количество жертв. Однако в мировой спелеологической литературе сведений о несчастных случаях в сифонах сравнительно немного. Обращает на себя внимание малоизвестная в славянских странах книга Н. Кастере, посвященная спелеоприсшествиям в первой половине XX в. Оказалось, что временное распределение несчастных случаев в сифонах четко коррелируется с фазами Луны: максимумы их приходится на полнолуния. Но это не мистика: лунные приливы вызывают подъем уровня воды в пещерах, еще более усиливающийся там, где имеются несколько расположенных подряд сифонов, которые могут работать как "гидравлические реле". Именно этим объясняются внезапные выбросы воды из пещер, их очень быстрое затопление и удивительный режим: например, пещера Фонтесторб (Франция) остается сухой 32 минуты 6 секунд. Затем из трещин с шумом появляется вода, через 15 минут достигает максимума, 4 минуты изливается на поверхность, 17 минут 36 секунд ее уровень постепенно снижается. Судя по имеющимся в мэрии документам, такая ритмичность наблюдается уже более 200 лет. Э. Мартель описал в Восточных Пиренеях шахту Генерест глубиной 33 метра с сечением 30 на 10,5 м. Вода в ней поднимается на 4 м за 15 минут, 4 минуты стоит спокойно, а затем 40 минут опускается.

Первый несчастный случай при использовании акваланга под землей произошел в пещере Лиру (Франция) 8 октября 1950 года: спелеолог А. Ломбар (25 лет) погиб в сифоне от гидрошока. А в 1974 г. только в пещерах Флориды, куда погружаются не только спелеологи, но и просто любители острых ощущений, утонуло 23 человека...

В двух основных спелеологических районах бывшего СССР - в Крыму и на Кавказе - за 45 лет произошло 170 несчастных случаев с последствиями разной степени тяжести. Из них только 3% связано с сифонами. Если учесть летальные последствия, то соотношение несколько иное (41 случай и 12%).

В разных районах бывшего СССР сложились свои коллективы спелеоподводников, выросли свои лидеры. В их числе, несомненно, находятся П. Миненков (Красноярск) и В. Яшкин (Ростов), А. Нор (Владивосток), В. Комаров (Рязань) и многие другие. Однако первое место по активности, знаниям, глубине научного поиска, несомненно, принадлежало В. Киселеву (Москва). В 1958-1995 гг. в бывшем СССР исследовано около 230 сифонов. Более 70 из них пройдено с участием Владимира Киселева или им одним. На счету Володи открытие за двумя сифонами 11-километрового продолжения пещеры Хабю (Грузия), соединение через сифон 250/-6 Олимпийской и Ломоносовской пещер (Пинего-Кулой), погружения на глубине -500 м в шахтах Заблудших (Алек) и Солдатской (Караби), -900 и -1260 м - в Илюхина (массив Арабика); преодоление мощного скоростного потока в пещере Шавцкала (Амткельский район); раскопки на перегибах сифонов в шахте Медвежья (Алек) и пещере Алешина вода (Крым), - десятки интереснейших погружений. Спелеоподводная деятельность В. Киселева обогатила не только спелеологию. Она дала интереснейшие материалы по гидрогеологии карста, помогла строителям Ткибульской ГЭС, пролила свет на особенности питания Ново-Афонской пещеры...

Но судьба неумолима. 8 марта 1995 г. Владимир Киселев ушел в свое последнее погружение в пещере Железные ворота (Пинего-Кулой), где в 1994 г. уже преодолел 190 метров входного сифона. С собою он взял 3 баллона (по 7 л, 160 атм.), катушку с ходовым концом, 2 фонаря, закрепленные на каске. Через 3 часа он на поверхность не вышел. Москвич Р. Прохоров прошел по его ходовому концу 220 м, где нашел незакрепленную катушку с остатками провода. В 100 м от входа он обнаружил два пустых баллона (воздушный шланг одного из них был запутан в ходовом конце), в 80 м - одну из ласт Киселева с оборванным креплением, а в 60 м - тело Володи под потолком хода с третьим, тоже пустым баллоном...

Владимир Киселев был образцом современного спелеолога, спокойным и уверенным, обаятельным и корректным, много знающим и еще больше - умеющим. Память его увековечена в названиях пройденных сифонов. Ну а его коллеги по рюкзаку, веревке и аквалангу? О них хорошо сказал спелеолог В. Михайлов:

*Мы не станем гадать, кто сейчас оборвется струною,  
Кто уйдет в темноту, осветив нам фонариком след.  
Это будет еще. Это будет с тобой иль со мною,  
Но пока мы живем - с нами живы и те, кого нет...*

## 5. Спелеология или спелеистика?

*Не бойся заблудиться в темноте  
И захлебнуться пылью - не один ты.  
Вперед и вниз! Мы будем на щите,  
Мы сами рыли эти лабиринты!*

В. Высоцкий

### 5.1. Порожденные человеком

Многие подземные пространства обязаны своим происхождением целенаправленной деятельности человека /31/. Пока в них ведутся работы, они находятся за пределами интересов спелеолога, но когда работы завершены, очень быстро (за несколько десятков лет) природа берет свое. И тогда отличить искусственные полости от естественных очень трудно. Это отмечал при своих исследованиях еще академик А. Е. Ферсман. Для названия науки, изучающей искусственные полости, Г. М. Гаприндашвили в 1978 г. предложил термин "спелеистика", который пользовался популярностью в основном в Грузии. В России в 90-е гг. появился не очень благозвучный термин "спелестология". Полости, связанные с деятельностью человека, выделяются в группу искусственных и класс антропогенных полостей. Он включает три подкласса: механогенный, хемогенный и петрогенный (табл. 2).

Механогенный подкласс объединяет разнообразные полости, образованные путем механического извлечения горных пород. Полости **экскавационного типа** (лат. excavare выдалбливать) часто встречаются в парагенезисе с различными естественными полостями, образуя экскавационно-флюационные и экскавационно-коррозионные пещеры и шахты. В свое время было предложено множество классификационных систем, которые учитывали форму полостей, условия разработки горных пород, характер использования выработок.

Чаще всего экскавационные полости образуются при добыче полезных ископаемых как строительного материала. Известны огромные по протяженности катакомбы под многими крупными городами, а также в местах добычи медной руды, полиметаллов и пр. Угледобывающие выработки сохраняются намного хуже, что связано как с естественными причинами (горное давление), так и с методикой отработки ("посадка" кровли). Все подобные полости можно классифицировать по времени заложения. Мы уже упоминали выработки рудника Башкапсара (Грузия, 3-1 тыс. до н. э.). Рудник находится на северном склоне Бзыбского хребта на высоте 2200-2400 м, в весьма труднодоступной даже сегодня местности. Он заложен на Адангейском рудном поле, где медно-пирротиновые жилы пересекают глинистые сланцы. Рудник состоит из 13 многоярусных штолен, соединенных вертикальными шахтами. Самая большая из них - "Железная пещера". Вход в нее имеет высоту 1,8 м, ширину 2,2 м. Десятиметровый спуск приводит в пологую 50-метровую выработку с максимальной шириной 30 м и высотой 15 м. На ее стенах и потолке видны ниши и уступы, которые образовались при огневом (породу нагревали кострами, а затем обливали водой) и механическом способах добычи. В штольнях были обнаружены каменные молоты, обломки деревянной крепи и глиняных сосудов эпохи бронзы. По данным радиоуглеродного анализа, выработка № 4 эксплуатировалась в конце 3 тыс. до н. э., № 7 - в середине 2 тыс., № 1 - с конца 2 тыс. до VIII в. до н. э. Это самая древняя из крупных выработок на нашей планете.

Сотни горных выработок имеют возраст от 3 тысяч лет и менее. Наиболее известны римские, парижские, московские, одесские и крымские катакомбы. Римские катакомбы (VII в. до н. э. - II-III вв. н. э.) выработаны в вулканическом туфе. Площадь их поперечного сечения варьируется от 12 до 20 м<sup>2</sup>, общая длина достигает 650 км, а объем

превышает 10 млн. м<sup>3</sup>. Катакомбы под Парижем (VII-XI вв. н. э. и позднее) занимают площадь 4185 гектаров, в том числе 835 - в черте города. Общий объем их оценивается в 10-12 млн. м<sup>3</sup>. В московских каменоломнях особенного размаха добыча "белого камня" достигла в XIV в. при Дмитрии Донском, когда началось строительство Кремля и Китайгородских стен. В результате выработок возникли разветвленные лабиринты.

Всемирно известны одесские катакомбы. Этот прекрасный южный город построен на крутых морских берегах, сложенных у основания 12-16-метровой толщей понтических известняков, перекрытых красно-бурыми глинами и лессовидными суглинками. Верхняя часть разреза - плитчатые, перекристаллизованные известняки, нижняя - равномерно цементированные, более рыхлые. Именно в них и выработаны катакомбы. Основная их часть датируется XIX и началом XX в., - временем, когда шло строительство города. Камень добывали бессистемно, каждый строитель - на своем участке. В результате возник объемный лабиринт, имеющий множество входов в береговых обрывах, на склонах прорезающих плато балок, в подвалах домов. Полных планов катакомб нет, их общая протяженность оценивается в 1500-2000 км. В середине XX в. в известняках были пройдены противооползневые дренажные штольни, а также ряд выработок специального назначения. Иногда они вскрывали более древние ходы, частично подтопленные в результате утечек из городского водопровода.

Полная история одесских катакомб еще не воссоздана. Многие сделали в этом отношении городская секция спелеологии и молодежный патриотический отряд "Поиск" во главе с неутомимыми Леонидом Суховеем и Константином Прониным. Выяснилось, что отдельные выработки гораздо древнее города. Более 130 лет назад штаб-доктор князя Воронцова говорил: *"Мины в Одессе приобрели, так сказать, право древности. Они были первоначально устроены греками, занимавшимися торговлей молдавскими винами. Есть мины, издревле устроенные бог весть кем..."*

Катакомбы всегда пользовались дурной славой, служа приютом для контрабандистов и уголовников, бандитов и бездомных. Специальные мероприятия, проводившиеся полицией, а затем - ЧК и милицией, обычно заканчивались ничем: для криминального мира катакомбы были родным домом. Обнаруживались только следы деятельности обитателей подземелий - обрывки одежды, человеческие останки да надписи на стенах, от которых веет ужасом безысходности. Вот одна из них, автор которой скрыт под инициалами О. Т. С.:

*Ни клада, ни счастья вы здесь не найдете,  
Хоть лбом пробивайте стену за стеной.  
Налево пойдете, направо пойдете -  
Вы встретитесь только с ночной темнотой...*

Но Одесса знает и другие катакомбы, которые укрывали подпольщиков и партизан, были убежищем для мирных жителей. В далеком 1941 году автор, совсем еще маленький, тоже провел несколько недель под землей, во время жестоких августовских бомбежек и сентябрьских артиллерийских обстрелов города. Эти страницы истории катакомб в строках одесского поэта Виктора Бершадского:

*Стены немые, своды глухи, камни слепы  
Катакомбы - бастионы или склепы?  
Катакомбы, отвечают недра глухо, -  
Бастионы человеческого духа*

В мирные годы катакомбы продолжают служить городу. В отдаленных галереях, отгороженных от основного лабиринта железобетонными перемычками, устраиваются склады, подвалы для выдержки коньяка, пункты управления и связи на случай чрезвычайных ситуаций и пр. Посетители картинной галереи на ул. Короленко осматривают потайной ход, некогда связывавший дворец княгини Потоцкой с берегом моря. В с. Нерубайское под Одессой работает музей партизанской славы.

В конце XX в. катакомбы стали причиной резкого осложнения инженерно-геологической обстановки. Более 40% "старой" части города находится на

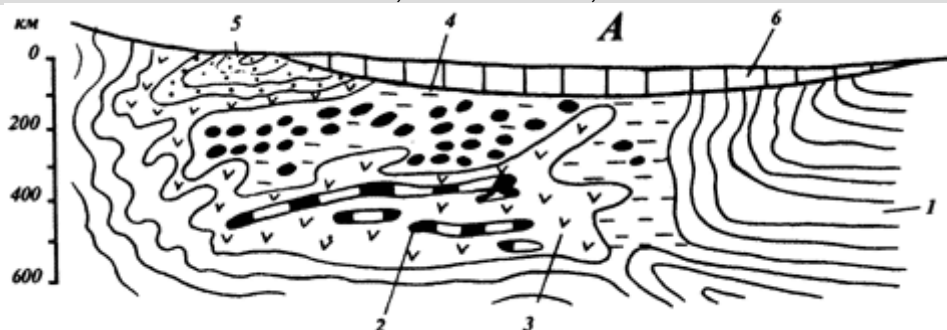
подработанной территории, где произошло более 100 провалов. Для решения строительных задач часто приходится привлекать и спелеологов.

Крупные полости в карстующихся и некарстующихся породах часто возникают в результате их добычи или при выемке породы для сооружения подземных емкостей разного назначения. Приведем лишь самые яркие примеры.

Соляной рудник Величка близ Кракова (Польша) был заложен в середине XII в. Сперва рудокопы брали соль прямо с поверхности. Позднее появились первые колодцы, а затем и шахты. Самый старый из сохранившихся шахтных стволов, Рэгис, был пробит в 1253 г., а в XX в. туристы посещали ствол Даниловича (заложен в 1638 г.). Рудник имеет 9 горизонтов, самый глубокий из которых располагается на глубине 327 м от поверхности. Верхние 3 горизонта использовались для туризма, остальные эксплуатировались. Рудник Величка заложен в очень сложных геологических условиях: при поднятии Карпат пласты белой и зеленой соли были смяты в складки и разорваны (рис. 36). Изолированные блоки зеленой соли размерами 4 на 0,6 на 0,4 км заключены в соленосной глине. Средневековые рудокопы, вырубив соль в центральной части одного блока, прокладывали ходки в глине в поисках других. Вело их при этом только горняцкое чутье.

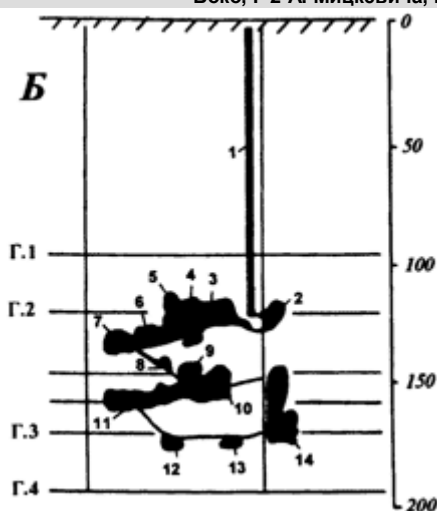
**Рис. 36. Соляной рудник Величка, Польша.**

**А. Геологическая схема:** 1 - флиш, 2 - зеленая соль, 3 - белая соль, 4 - соленосная глина (зубра) с глыбами зеленой соли, 5 - глина песчаная, 6 - глина гипсоносная.



**Рис. 36. Соляной рудник Величка, Польша.**

**Б. Схема туристской трассы:** 1 - ствол Даниловича; залы: 2 - Н. Коперника, 3 - Св. Антония, 4 - Большой легенды, 5 - Песчаной скалы, 6 - Святого Креста, 7 - королевы Кинги, 8 - Э. Баронча, 9 - оз. Веймар, 10 - Михаловица, 11 - Варшава, 12 - Молодежи, 13 - Братства по оружию, 14 - музея горного дела; горизонты: Г1 - Боко, Г2 - А. Мицкевича, Г3 - Ю. Словацкого, Г4 - Грюнвальд



К концу XX в. общая протяженность галерей рудника достигла 300 км, из которых только 2,6 км были освоены для туризма. Маршрут проходит через 21 примечательный зал. Первая книга посетителей музея заведена в 1774 г. В 50-е гг. XIX в. здесь проводил исследования Д. И. Менделеев, а только в 1950-1980 гг. в этой искусственной пещере побывало более 10 млн. человек.

Величка богата достопримечательностями. Это и часовня Св. Антония (3 алтаря и 10 скульптур, вырубленных из соли в конце XVII в. горняком А. Кучковским), и строгая композиция зала королевы Кинги (2 алтаря, 2 стенных барельефа, 5 люстр, украшенных кристаллами соли, XIX-XX вв.), и памятник Н. Копернику (середина XX в.), и подземный музей горного дела, занимающий 16 штолен третьего горизонта (1,4 км), отражающий историю горного дела за 700 лет, и санаторий "Кинга", расположенный на 5 горизонте и успешно применяющий методы спелеотерапии (лечение бронхиальной астмы, коклюша и пр.). До последнего времени раскрыты еще не все тайны Велички. Мало кто знает, что на руднике еще в XV в. был "внедрен" первый в мире горный стандарт: король Казимерж Великий повелел, чтобы высота любых штреков была не менее 2, а ширина - 2,2 м. Закон соблюдался строго: нарушителю отрубали голову...

Соляные рудники, частично превращенные в церкви, концертные залы, лечебницы, есть во многих странах. Это и Солотвино (Украина), и Прахово (Румыния), и Синакира (Колумбия). Но Величка настолько превосходит их по красоте и размерам, что в 1977 г. решением ЮНЕСКО этот объект занесен в список памятников всемирного культурного наследия. К сожалению, в сентябре 1992 г. внезапно началось затопление выработки. Сперва вода поступала в объеме до 5 м<sup>3</sup>/с, затем, после сооружения насосной станции, водоприток удалось стабилизировать на уровне 0,3 м<sup>3</sup>/с. Однако опыт эксплуатации соляных шахт свидетельствует об огромной опасности, в которой находится этот национальный памятник: откачка воды приводит к резкому усилению карстового процесса. Русские и украинские специалисты, хорошо знакомые с такого рода авариями, в 1993 г. обратились в правительство Польши с предупреждением. К сожалению, средств на спасение Велички найти не удалось...

В XX в. крупные полости в различных горных породах сооружают и используют в хозяйственных целях. При добыче соли камерным способом возникают залы, имеющие площадь до 10 тыс. м<sup>2</sup> и объем до 100 тыс. м<sup>3</sup> (Старая камера на Илецком руднике, Россия). Современная техника позволяет сооружать галереи не только в мягкой соли, но и в крепких известняках, имеющие при сравнительно небольшом сечении (ширина 5-10 м, высота 3-5 м) огромную протяженность (десятки километров). В них устраивают подземные холодильники, заводы, хранилища вина. Мировую известность получили знаменитые венгерские вина. Однако мало кто знает, что их созреванию способствует хранение под землей, в подвалах, имеющих протяженность сотни километров... Самая древняя из 200 находящихся под Токайскими холмами штолен заложена в 1242 г. Из рода в род переходит почетная профессия "пинцмейстера" - погребных дел мастера. В его обязанности входит не только слежение за вином, но и за... плесенью, которая шкурой мышинного цвета покрывает своды галерей. Плесень регулирует влажность воздуха, препятствует образованию вредных грибков, придает вину неповторимый букет.

Значительно моложе Криковские подвалы (Молдова). В нишах галерей с табличками "проспект Фетяска", "аллея Каберне", "улица Алиготе" хранится более 20 млрд. литров различных виноматериалов. Такие галереи устраиваются во многих районах мира.

Также известны случаи создания огромных камер - хранилищ энергетического назначения. Крупная емкость для сжиженного газа (площадь 1500 м<sup>2</sup>, высота 16 м) создана в писчих мелах (Израиль); огромные (сотни тыс. м<sup>3</sup>) емкости для нефти сооружены в гранитах (Швеция).

По-разному используются подземные пространства в военных целях. Первые ходы под крепостями копали еще египтяне (4 тыс. лет назад). В VI-V вв. до н. э. персидский царь Дарий с помощью мин (подкопов) взял г. Иалкедонию, а в IV в. до н. э. Александр Македонский использовал при осаде Газы, Пирея и Афин подземные ходы, в которых зажигались специальные дымящие горючие смеси. История военного дела сохранила много удивительных фактов создания искусственных горных выработок. В XIII в. был создан многоярусный лабиринт под г. Сандомир (Польша), в котором местные жители укрывались от татар. В XVI в. Иван Грозный при взятии Казани сооружал подкопы

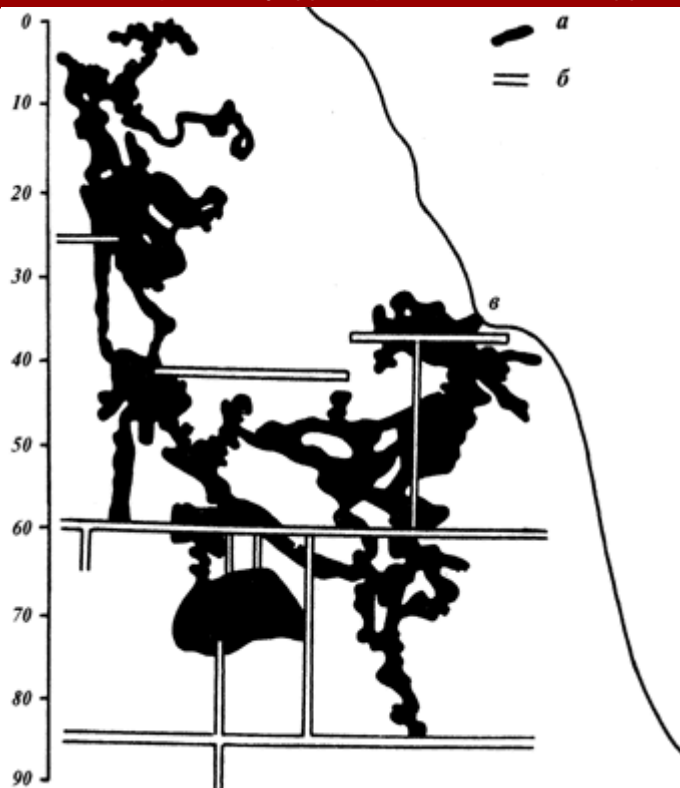
длиной до 200 м, в которые закладывали до 250 пудов пороха. В XVIII в. штабс-капитан А. Мельников, прозванный "оберкротом", соорудил в Севастополе целую систему минных галерей и слуховых рукавов протяженностью более 7 верст. В начале XX в. английские саперы построили под г. Лиллем на глубине 70 м 19 галерей, куда было заложено 500 т аммонала, - это был самый мощный взрыв того времени. В 40-е гг. XX в. фортификационные сооружения были созданы на границах Франции и Германии, Финляндии и СССР, Польши и СССР. То, что от них осталось, до сих пор привлекает спелеологов и туристов многих стран. Интересные страницы военной истории тропических стран приоткрыл болгарский спелеолог П. Берон /2/. 7 декабря 1941 г. Япония вступила во вторую мировую войну, напав на американскую военно-морскую базу Пирл-Харбор. Стремительно была оккупирована территория многих государств юго-восточной Азии, а также - острова Суматра, Ява, Борнео, Целебес, Новая Гвинея. В Рабауле (Новая Гвинея) высадилось более 100 тысяч японцев. Тысячи военнопленных день и ночь копали тоннели в вулканическом туфе. Под землей располагались штабы и больницы, казармы и стрельбища, укрытия для катеров и подводных лодок. В 90-е гг. на стенах бункеров еще висят военные карты и таблицы стрельбы, а на вершинах холмов в небо глядят зенитки... Сейчас это мемориал, который привлекает множество туристов, в том числе и из Японии. С фотоаппаратами они молча бродят по казематам, вглядываясь в дальние очертания хребта Наканаи. О чем они думают?

Может быть, о том, что более 85 тысяч солдат полегло на этих скалах, а свыше тысячи - бесследно исчезли в джунглях. Лишь несколько из них дожили до нашего времени современными Робинзонами...

В конце XX в. многие катакомбы и взорванные сооружения военного назначения, к сожалению, часто используются криминальными элементами. Так, Инкерманские штольни, взорванные в 1942 г., до сих пор "поставляют" взрывчатые вещества для любителей мафиозных разборок в Севастополе и Симферополе; в Каменных катакомбах обнаружены мастерские по перебивке номеров и разборке похищенных автомашин на запасные части... В мае 1996 г. в газете "Известия" появилось сообщение о том, что атомный бункер Эриха Хоннекера, утепленный изоляционным слоем, оборудованный кондиционерами для создания тропического климата, установками для дождевания и освещения, используется для выращивания конопли и промышленного производства марихуаны и гашиша... Этот печальный перечень можно продолжить.

В последние десятилетия спелеологи всего мира исследовали множество полостей смешанного, экскавационно-коррозионного происхождения. Упомянем лишь об одной из таких пещер - таинственной Кан-и-Гут. Она находится в отрогах Туркестанского хребта (Средняя Азия). Само название ("кан", араб.- рудник) указывает, что в ней некогда велась добыча руды. О пещере ходит множество легенд. Искатели кладов не раз отправлялись туда, влекомые мечтой найти "верблюда с алмазными глазами", "бирюзовое озеро" и другие сокровища. В средние века арабы добывали здесь серебряно-цинковую руду, заполнявшую карстовые полости, а позднее - железную руду и свинцовый блеск (галенит). До настоящего времени в пещере сохранились следы многовековой работы человека: деревянные подпорки сводов, длинные лестницы, позволяющие подниматься со дна залов в галереи верхних уровней, глиняные светильники. Иногда встречаются и скелеты рудокопов, погибших под неожиданным обвалом...

Рис. 37. Основные залы пещеры Кан-и-Гут (а) и вскрывающие ее штольни (б), в - вход в пещеру



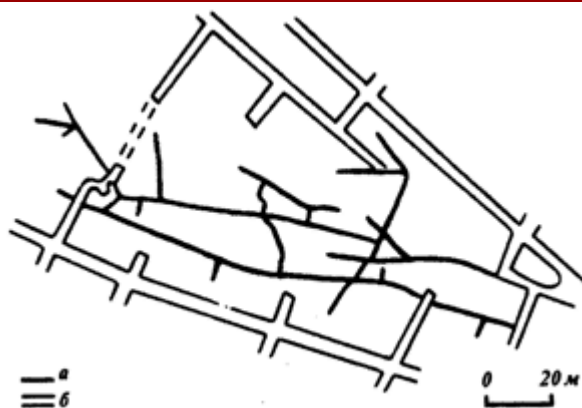
В XIX в. кокандские ханы пытались возобновить добычу руд, посылая в пещеру осужденных на смерть. В 1920 г. в пещеру Кан-и-Гут была направлена археологическая экспедиция, а в 1923 г. геолог А. Ф. Соседко составил ее первый план. Позднее пещера была вскрыта несколькими горными выработками (рис. 37). Ее полные спелеологические исследования, к сожалению, не выполнены и сегодня. Форма сечений полости свидетельствует о том, что в ней последовательно "поработали" разные процессы. Сперва образовались гидротермокарстовые полости, частично или полностью заполненные рудными телами разного состава; затем возникли полости, связанные с холодными карстовыми водами; а уже позднее там появился человек, который очистил древние пещеры от рудного заполнителя, "восстановив" их первоначальную форму, а потом еще и изменив ее горными выработками.

Иногда искусственные выработки вскрывают крупные естественные полости, образуя подземные пространства коррозионно-экскавационного или экскавационно-коррозионного типов. Один из интересных примеров - уже известные нам одесские катакомбы. В 1936 г. молодой чекист Тимофей Грицай обнаружил на Молдаванке, в стене горной выработки, вход в естественную карстовую пещеру, заполненную костями каких-то животных (рис. 38). В 1945-1995 гг. исследования продолжили научные работники и спелеологи. Палеонтологи выяснили, что обильные костные остатки (более 100 тысяч костей!) принадлежат верблюду, лисице, хомячку, пищухе, полевке, гиене, страусу. В меньших количествах (от 1 до 10 особей) представлены такие животные, как мастодонт, саблезубый тигр-махайродус, медведь, барсук, хорек, а также антилопы, олени, различные птицы (кеклик, пастушок, орел, сокол) и рыбы (судак, щука). В 70-90 гг. спелеологи обнаружили под Одессой более десятка пещер, самая крупная из которых имеет длину более километра. Их происхождение во многом остается загадкой.



Иногда крупные полости вскрываются железнодорожными и гидротехническими тоннелями. В этом случае спелеологи сотрудничают с гидрогеологами и строителями, помогая устанавливать связи между известными и вновь обнаруженными объектами. При

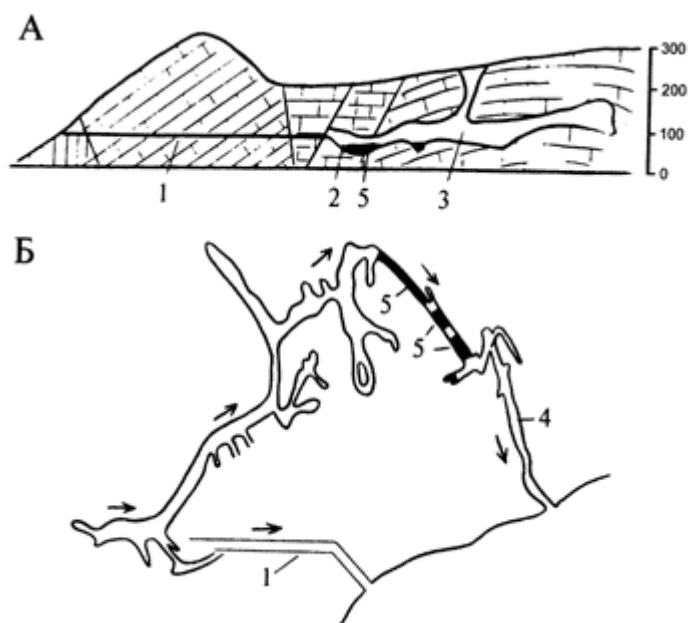
Рис. 38. Карстовая пещера (а), вскрытая штольнями одесских катакомб (б)



туристическом освоении Ново-Афонской пещеры (Грузия) планировалось сооружение железнодорожного тоннеля. Однако в 600 м от входа он неожиданно вскрыл до того неизвестную обводненную пещеру Сюрприз (рис. 39), которая была связана с подземным озером в Ново-Афонской пещере 70-метровым сифоном. Зимние паводки 1969 г. вызвали затопление тоннеля и произвели значительные разрушения на поверхности (был промыт овраг глубиной 4 м и повреждено несколько домов). Чтобы комплекс можно было эксплуатировать круглогодично, строителям пришлось выполнить гораздо больший объем работ: обход тоннелем пещеры Сюрприз, сооружение эстакады в пещере, а затем - наклонной водосбросной штольни и пр.

Рис. 39. Вскрытие карстовых полостей.

Вскрытие железнодорожным тоннелем (А, Новый Афон, Грузия, разрез) и гидротехническим тоннелем (Б, Ткибульская ГЭС, Грузия, план). 1 - тоннель; пещеры: 2 - Сюрприз, 3 - Ново Афонская, 4 - Шавцкала; 5 - сифоны. Стрелками показано направление движения воды.



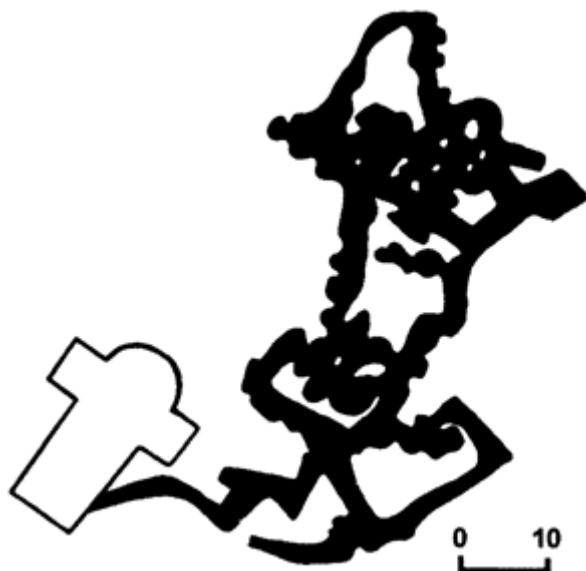
Крупные полости были вскрыты также гидротехническим тоннелем Ткибульской ГЭС (Грузия). В 60-е гг. на р. Ткибули было начато строительство водохранилища. Поверхностный сток р. Ткибули ( $2,5 \text{ м}^3/\text{с}$ ) до сооружения плотины поглощался шахтй-понором Ткибула-Дзеврула, по новейшим данным имеющей протяженность 1300 м и глубину 220 м. Пройдя под Окрибо-Аргветской известняковой грядой около 2 км, вода выходила из огромного портала Шавцкальской пещеры ( $3,3 \text{ м}^3/\text{с}$ ). Недалеко от нее и был сооружен гидротехнический тоннель, вскрывший обводненную полость. Спелеологическая экспедиция под руководством В. Киселева в 1986 г. обследовала все карстовые источники района, установив связь между гидротоннелем и пещерой Шавцкала (рис. 39). При этом пришлось преодолеть три сифона длиной 45, 30 и 12 м.

Длина Шавцкалы составила 1520 м, а от шахты Ткибула-Дзеврула ее отделяют еще около 1000 м. Открытия спелеологов помогли установить правильный режим эксплуатации ГЭС при разной водности потока.

Из зарубежных примеров наиболее яркий - сооружение тоннеля к залу Верна, соединившего системы Пьер Сен-Мартен и Арфидия (рис. 21).

Особое место среди экскавационных полостей занимают пустоты, используемые для жилья и исполнения всевозможных культов. Широкою известность получили пещерные города Капподакии (Турция), которые просуществовали с I- II вв. до н. э. до V-VI вв. н. э. Известно более 40 таких городов, заложенных в вулканических туфах. Они состоят из 10-18 этажей, соединенных между собой наклонными галереями, а с поверхностью - вентиляционными трубами длиной до 80 м. Город Дерен-Кую состоял из 2000 помещений, рассчитанных на 10 тысяч человек, и имел более 600 входов.

Рис. 40. План Дальних пещер Киево-Печерской лавры, Украина (по В. Рогожникову)



Весьма многочисленны примеры сооружения культовых пещер. Одна из них - знаменитая пещера Киево-Печерской лавры. Общая протяженность ее ходов 500 м. Она имеет два яруса, верхний заложен в лессах на глубине 5-10 м

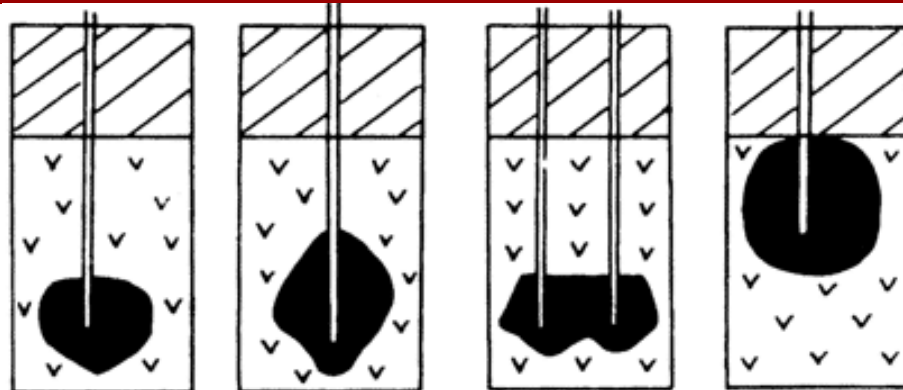
от поверхности, нижний - в песчаниках на глубине 20 м. Высота ходов до 2 м, ширина - 1 м. В разное время лаврские пещеры (рис. 40) использовались как церкви, места затворничества и проживания людей, их погребения, в качестве тюрем... Интересно, что точные съемки 60-х гг. не совпадают с первыми планами пещер (рис. 1).

## 5.2. Строители - вода и взрыв

Подкласс хемогенных полостей включает четыре их типа (табл. 2). Первые два из них связаны с преобразованием горной породы и переводом ее в раствор.

**Сольвационный тип полостей** (лат. *solvere* растворять) формируется при закачивании под землю растворителя (воды, кислоты, щелочи). Полезные ископаемые (каменная или калийные соли, золото, медь и пр.) переходят в раствор и в таком виде извлекаются из недр земли. В зависимости от используемой технологии образуются полости разных размеров (до 300 тыс. м<sup>3</sup>) и формы (рис. 41). После отработки месторождения и вскрытия шахтным стволом или скважиной большого диаметра подземные пустоты становятся доступными для человека. Часто они проявляются на поверхности в виде мульд обрушения площадью в несколько десятков км<sup>2</sup>.

Рис. 41. Сольвационные пустоты, образующиеся в растворимой горной породе при разных технологиях добычи полезных ископаемых.



**Ликвационный тип полостей** (лат. *liquatis* плавление) возникает в основном при "горячем" способе получения серы из закарстованных известняков. В скважины закачивается нагретая до 165 °С вода, после чего расплавленная сера откачивается на поверхность. В мире этим способом добывается около 14 млн. т серы в год. В исключительных случаях (например, вскрытие уже использованного месторождения горными выработками) возникающие пустоты неправильной формы становятся доступными для прямых исследований.

**Кремационный тип полостей** (лат. *cremo* сжигать) возникает при получении горячего газа в недрах земли после неполного сгорания угля или сланца на месте их залегания. Полости напоминают пиролизонные пустоты пирогенного подкласса (табл. 2) и исключительно редко становятся объектами спелеологических исследований.

**Эрупционный тип полостей** (лат. *eruo* взрывать) образуется при взрывах различных ВВ. Подземные взрывы малой мощности используются при сооружении помещений и проходке подземных выработок в крепких скальных породах. В 70-е гг. близ Гетеборга (Швеция) были созданы огромные полости в гранитах. Они используются как хранилища нефти и имеют длину 500 м, ширину 30 м, высоту 40 м. Для проверки состояния их свода приглашали спелеологов, которым пришлось совершить "плавание" на лодке из специальной резины по нефтяному озеру. В Скандинавских странах таким образом формируют полости огромных размеров, где размещают хоккейные поля и пр. В Германии в подобные полости под давлением до 70 атм. закачивают воздух, который в часы пиковых нагрузок используют для питания газовых турбин.

К эрупционному типу полостей относятся многие объекты военного назначения. Это остатки укрепленных районов, противоатомные убежища и объекты гражданской обороны, подземные заводы и атомные электростанции. Многие из таких сооружений заброшены (взорваны или затоплены), о многих вообще почти ничего не известно (как, например, о тоннеле, связывающем о-в Сахалин с материком, строительство которого якобы было начато по приказу Сталина в 40-е гг.). При обнаружении они могут представлять большой спелеологический интерес, хотя их исследование сопряжено со многими специфическими опасностями.

Особый вид эрупционных полостей возникает в результате испытаний ядерных устройств - они позволяют получить емкости объемом до 200 тыс. м<sup>3</sup>. Основная часть радиоактивных продуктов взрыва оказывается прикрытой толщей расплава. Естественно, что случаи обследования таких полостей человеком пока неизвестны.

В целом полости хемогенного подкласса не вызывают острого спелеологического интереса.

### 5.3. Спелеология и архитектура

Последний, петрогенный подкласс антропогенных полостей пока включает только один тип (табл. 2). Полости конструкционного типа (лат. constructio сложение) объединяют все пустоты, созданные человеком в пирамидах, замках, крепостях, промышленных и гражданских зданиях и пр. Используется естественный (ломаный камень, блоки) или искусственный (кирпич, бетон) материал. Нередко полости петрогенного подкласса комбинируются с механогенными полостями (конструкционно-экскавационный тип), располагаясь частью под землей, частью - на ее поверхности.

Один из древнейших памятников архитектуры, содержащий конструкционные полости, - Кносский дворец на о-ве Крит (3 тыс. до н. э.). На площади почти 200 тыс. м<sup>2</sup> (140 на 140 м) в несколько этажей располагались сотни различных залов, покоев, подвалов, бассейнов.

Дворец был оборудован водопроводом и канализацией.

Большое количество конструкционных полостей обнаружено в египетских пирамидах.

Пирамида Джосера (XXVIII- XXVII вв. до н. э.) является первой крупной постройкой из каменных блоков. Ее периметр составляет 1642 м. В скальном грунте под пирамидой проложена галерея, ведущая в нее снизу. В лабиринте внутри самой постройки находится шахта глубиной 29 м и

площадью 7 м<sup>2</sup> (рис. 42). Она облицована гранитными плитами и закрыта каменной плитой с отверстиями, в которые вставлены гранитные пробки весом около 3 т каждая.

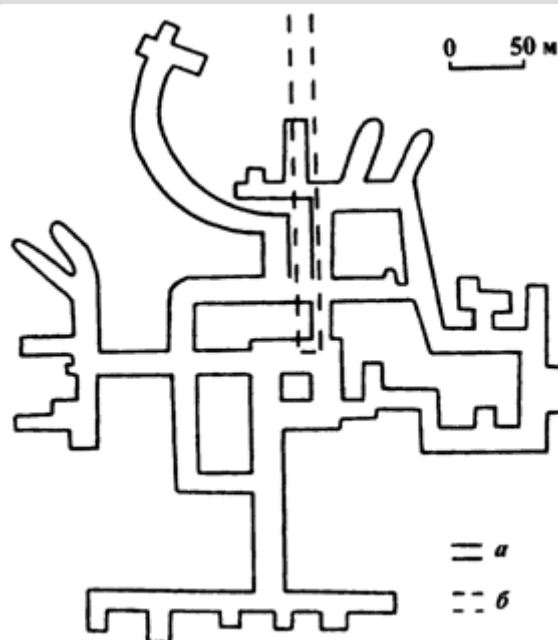
В пирамиде Хефрена (XXVII в. до н. э.) с помощью электронного и акустического оборудования обнаружены, а затем исследованы 8 тоннелей, находящихся на отметках от +5 до -14 м. Разветвленная система ходов обнаружена в скальном грунте и каменной кладке пирамиды Хеопса. Она ведет в подземный зал длиной 47 м и высотой 8,5 м. Кроме того, в пирамиде обнаружены непроходимые для человека горизонтальные и наклонные каналы. В конце одного из них, пройденного с помощью специально сконструированного робота, найдена камера неизвестного назначения, в центре которой установлен красивый сосуд.

Результаты химического анализа камня, которым облицованы пирамиды, показали, что в нем содержится 13 веществ, отсутствующих в породах каменоломен, откуда он якобы доставлялся. В 1984 г. американский химик Дж. Давидовац высказал смелое предположение, что это - своеобразная "отливка", изготовленная из дробленого камня. Связующим веществом был углекислый натрий, нильский ил, кварц и... гуано летучих мышей из пещер.

Полны загадок и древние сфинксы. В 1952 г. в Египте была обнаружена выглядывающая из песка каменная голова. Раскопки вскрыли внушительную статую длиной 80 и высотой 20 м (XVIII в. до н. э.). Оказалось, что она скрывала целый лабиринт полостей. В одной из них с потолка свисают кожаные ремни, в узлах которых сохранились остатки костей, а пол устлан сотнями человеческих черепов. Вероятно,

Рис. 42. Лабиринт пирамиды Джосера (по К. Кераму, 1963).

а - ходы в кладке пирамиды, б - входная галерея в коренных породах



здесь приносили жертвы или пытали грабителей. К этому веку относится и глубокая шахта, облицованная полутонными каменными глыбами на Холме Жажды (Сирия). Она уходит в фундамент еще более древнего (4 тыс. до н. э.) храма.

В Немее, при раскопках древнего спортивного комплекса, обнаружен тоннель длиной около 50 м, по которому спортсмены выходили на стадион. Это древнейшее сводчатое сооружение Греции (VII в. до н. э.). Храм надписей (Мексика, VII в. до н. э.) возведен на плоской вершине 20-метровой пирамиды. Пол храма вымощен плитами, под одной из которых обнаружен колодец, продолжающийся узкими ходами на дне, которые ведут к ложным и настоящей погребальным камерам.

Множество конструкционно-экскавационных и конструкционно-коррозионных полостей было обнаружено в индейском поселении Меза-Верде (США, XIII в. н. э.). Здесь жилые и культовые сооружения "встроены" в большие карстовые пещеры. Амбердскую крепость (Армения) связывает с поверхностью 500-метровый тоннель, выложенный базальтовыми плитами.

Средневековье (XV-XVII вв. н. э.) породило многочисленные, часто упоминаемые в специальной и популярной литературе конструкционные полости разного назначения (укрытия, тайники, "слуховые камеры", ловушки, тюрьмы, хранилища воды и пр.). Без их описаний не обходится ни один "рыцарский" роман.

XIX-XX вв. ознаменовались прямо-таки эпидемией строительства мощных фортификационных сооружений. Напомним о многоэтажных лабиринтах позиций Зигфрида (Германия), линий Мажино (Франция), Маннергейма (Финляндия). В связи с ослаблением режима секретности в печати появляются описания укрепленных районов вдоль западной границы бывшего СССР (линия Сталина), в Севастополе, на Дальнем Востоке, на о-ве Эзель (ныне - Эстония). Многие из них сейчас затоплены водой, и к их исследованиям привлекают спелеологов-аквалангистов.

В конце XX в. конструкционно-экскавационные полости сооружаются при строительстве гидроэлектростанций (смотровые потеры, колодцы и шахты в теле высоконапорных плотин), подземных заводов и атомных электростанций (Красноярск), а также - ряда других специальных объектов (ускорителей частиц, Женева, Швейцария; Протвино, Россия). Часто рукотворные пещеры обнаруживают случайно. К одному из курьезов такого рода относится, например, провал на теннисном корте в городке Герве (Бельгия). Он вскрыл шахту диаметром 3,5 м, облицованную кирпичом (XVIII-XIX вв.?). Спелеологи спустились в нее на 100 м, еще 70 м преодолели с аквалангом. Предполагается, что она связана с забытыми древними горными выработками.

Но и это еще не все. В конце XX в. появились "пещеры" на поверхности земли. Так, швейцарский архитектор Даниель Граталу выстроил себе дом в виде разветвленной пещеры с центральным отоплением, водопроводом и электрическим освещением. В Японии для детей создают надувные пещеры, где можно спускаться в узкие колодцы, ползать по "подземным" лабиринтам"... "Фрагмент" пещеры в виде прямоугольного лаза длиной 2 м из трех положенных друг на друга известняковых блоков установлен у входа в пещеру Джюэл (США). Это своеобразный "калибр", который под шумную поддержку окружающих пытаются преодолеть наиболее объемистые из посетителей. Затем появляется гид в полном пещерном снаряжении, с обязательной карбидной лампой на шлеме, и с непринужденностью профессионала "просачивается" через него за несколько секунд...

#### **5.4. Экскурс в лабиринтологию**

Внимательный читатель, вероятно, заметил, что пещеры-лабиринты встречаются среди многих подклассов эндогенных (флюационные), экзогенных (коррозионные, пиролизационные) и антропогенных (экскавационные, конструкционные) полостей. Настало время раскрыть тайну происхождения этого названия и поговорить о некоторых особенностях лабиринтов.

Принято считать, что впервые лабиринт упоминается в древнегреческом мифе о Дедале и Икаре. Согласно версии, пересказанной Овидием, изобретатель древности Дедал прославился как строитель Кносского дворца-лабиринта. Кносский дворец действительно существовал, но был разрушен во время войны, а затем засыпан пеплом после вулканического извержения 1520 г. до н. э., и раскопки археолога Эванса в 1893-1920 гг. подтвердили эту легенду. Согласно Овидию, в Кносском лабиринте был спрятан полубык-получеловек Минотавр, которому отдавали на растерзание самых красивых юношей и девушек. Но место ли быку во дворце, когда рядом с ним находится довольно запутанная Скотина пещера, а на печатях и монетах минойской эпохи часто встречаются изображения лабиринта-спирали. Может быть, именно в ней афинский герой Тесей распутывал нить Ариадны?

Лабиринты строили не только на Крите. Со времен XII династии египетских фараонов (1 тыс. до н. э.) сооружались пирамиды с замысловатыми над- и подземными коридорами. На сегодняшний день известно более 60 пирамид с лабиринтами. Эти находки не внесли ясности в этимологию слова: по одной версии Лабир - божество Лабиринта, по другой - двойной топор "лабрис", изображения которого встречаются на стенах Кносского дворца, по третьей - тронное имя царя Аменемхета III. Свою лепту в лабиринтологию внес и писатель Л. Фейхтвангер. В романе "Лже-нерон" он описал лабиринт в Месопотамии, в бассейне р. Евфрат. В скалах на берегу р. Скирт в I в. до н. э. было высечено более 3 тысяч пещер, соединяющихся между собой извилистыми ходами, хаосом лестниц и галерей. В ближней его части располагался храм Тараты с приапическими символами. В дальней - обитал бог-бык Лабир, а позднее располагалась усыпальница древних царей...

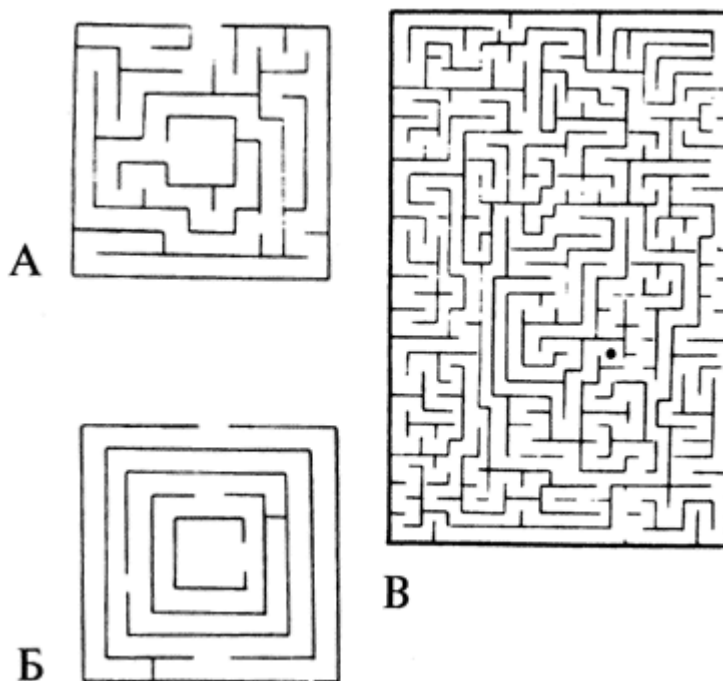
Современные изыскания археологов и историков показали, что схема лабиринта-спирали восходит к неолиту, повторяется в оборонительных сооружениях Древней Греции, упоминается в древнесаксонских и финских сагах, воплощается в крепостных сооружениях Новгорода Великого и тольтекского царства. Лабиринты-квадраты сооружались в Англии в XI- XII вв. н. э. Предание рассказывает, что король Генрих II приказал соорудить лабиринт из живых растений в Виндстокском замке. В центре его, подалее от любопытных взглядов, он спрятал в беседке свою возлюбленную - Розамунду Прекрасную. Но его супруга, Элеонора Аквитанская, используя нить Ариадны, проникла в лабиринт и заставила несчастную Розамунду принять яд... По сей день незадачливых туристов смущает лабиринт при дворце Вильгельма Оранского, сооруженный в 1690 г. в Хемптон-Корте (Англия). В 1826 г. шотландский утопист Р. Оуэн, эмигрировав в Америку, основал в штате Индиана городок Новая Гармония. Лабиринт из кустарников, сооруженный перед протестантской церковью, символизирует змееподобные извивы греха и трудности удержания на праведном пути. Наконец, уже во второй половине XX в. греческий бизнесмен Г. Ламбридис построил на о-ве Крит точную копию Дедалова лабиринта с электрическим светом, сигнализационной системой для заблудившихся и, конечно, электронным Минотавром...

С детства нам знакомы строки из бессмертного романа Марка Твена "Приключения Тома Сойера": *"Пещера Мак-Дугала была обширным лабиринтом извилистых кривых коридоров, сходящихся и вновь расходившихся, но не имеющих выхода. В этой путанице трещин, расселин и провалов можно было бродить дни и ночи, спускаться все глубже и глубже и всюду находить одно и то же - лабиринт под лабиринтом. Ни один человек не мог похвастаться, что "знает" пещеру; узнать ее было невозможно"*. И, может быть, поэтому первая ассоциация, которая возникает при слове пещера,- это "лабиринт" и связанная с ним опасность заблудиться.

Надежная (на первый взгляд) рекомендация содержится в "Справочнике туриста" Бориса Котельникова (1940): следует, уходя в лабиринт, тянуть за собой шпагат или толстую нитку. Но посмотрим, что говорит об этом топология - раздел математики, изучающий наиболее общие свойства пространств. Прохождение лабиринта - одна из частных задач топологии. Если имеется план лабиринта, то выход из любой его точки найти легко - надо зачеркнуть карандашом все тупиковые ходы. А если плана нет?

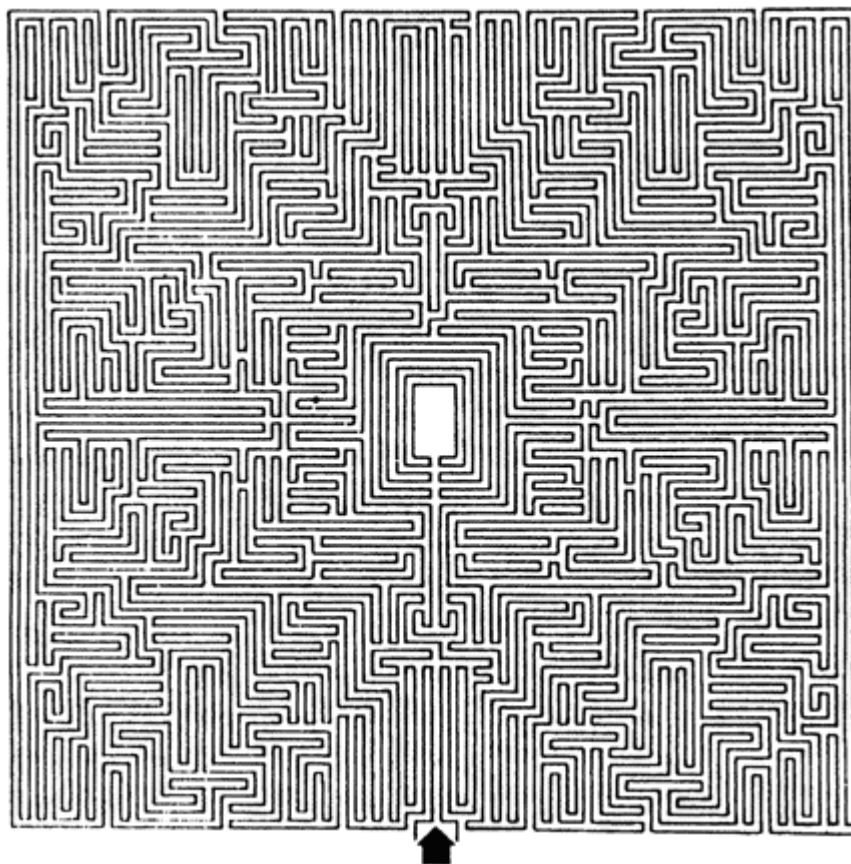
Вероятно, еще древним грекам было известно "правило одной руки": двигаясь по лабиринту, надо все время касаться правой или левой рукой его стены. Придется пройти долгий путь, заходя во все тупики, но в итоге цель будет достигнута, хотя часть лабиринта, занимающая островное положение, останется непосещенной (рис. 43 Б).

Рис. 43. Как найти выход из центра лабиринта (А, Б) или пройти от входа к точке внутри него (В)?



Чтобы попасть в центр сложного, многосвязного лабиринта или выйти из него, следует применить более общий метод, разработанный еще в 1882 г. французским математиком Тремо. Он предлагает следующие правила: выйдя из любой точки лабиринта, надо сделать отметку на его стене (крест) и двигаться в произвольном направлении до тупика или перекрестка; в первом случае вернуться назад, поставить второй крест, свидетельствующий, что путь пройден дважды - туда и назад, и идти в направлении, не пройденном ни разу, или пройденном один раз; во втором - идти по произвольному направлению, отмечая каждый перекресток на входе и на выходе одним крестом; если на перекрестке один крест уже имеется, то следует идти новым путем, если нет - то пройденным путем, отметив его вторым крестом. Зная алгоритм Тремо, можно скорректировать поведение легендарного Тесея. Вдохновленный подарком любимой Ариадны, он уверенно идет по лабиринту. Вдруг перед ним возникает ход, по которому уже протянута нить... Что делать? Ни в коем случае не пересекать ее, а вернуться по уже известному пути, сдваивая нить, пока не найдется еще один непройденный ход (рис. 43). Значит, и нитью под землей надо пользоваться умеючи...

Лабиринтология, базирующаяся на теоретических основах топологии и реальных планах естественных и искусственных лабиринтов, используется психологами для изучения поведенческих реакций человека и животных. Муравьи после короткого обучения легко преодолевают лабиринт с 10 разветвлениями (очевидно потому, что любой муравейник - объемный лабиринт...). Несколько медленнее и с большим количеством проб и ошибок работают люди. "Большие лабиринты" (рис. 44) используются в авиации, при подготовке космонавтов и в других случаях, требующих концентрации внимания.



Лабиринты используют и разработчики вычислительных машин. Один из первых самообучающихся роботов получил имя "Тесей". Его сконструировал сотрудник Массачусетского технологического института К. Шеннон. Применяв один из вариантов алгоритма Тремо, "Тесей" сперва обследует весь лабиринт, а затем (во второй раз) проходит весь путь значительно быстрее, избегая участков, пройденных дважды. Позднее научились создавать роботов, "умеющих" переносить опыт, полученный в одном лабиринте, на любые другие, топологически эквивалентные (то есть не меняющие взаимного расположения узлов при растяжении, сжатии, изгибе).

...И все же математика слабо помогает под землей. Как же действует спелеолог, попадая в сложный лабиринт? Прежде всего, используя метод проб и ошибок, он пытается разбить лабиринт на части, выделяя съемочными ходами повышенной точности отдельные полигоны. Все пространство внутри них затем легко "заполняется" менее квалифицированными съемщиками. Для прокладки магистральных ходов используется вся имеющаяся объективная информация - ориентировка ходов, их форма и размеры, залегание пород, наличие маркирующих горизонтов (прослоев глин и пр.), обводненность, движение воздуха и пр. После того как план лабиринта создан, можно прокладывать наиболее удобные пути для быстрого продвижения в его дальние части, наметить места для базовых лагерей и т. д. Прохождение лабиринтов, уверенная работа в них - не столько наука, сколько искусство.

Интересно, что говорит об опасности заблудиться статистика. По данным Контрольно-спасательной службы, за 30 лет (1965-1995 гг.) в пещерах Крыма произошло 34 несчастных случая. И только 4 из них (12%) произошли в лабиринте Красной и в глыбовом навале Скельской пещер. Опытные спелеологи знают, что наиболее опасны в этом отношении именно глыбовые навалы: протиснувшись в узкую щель, не всегда можешь найти ее при возвращении... И здесь не зазорно использовать "нить Ариадны", не забывая только сматывать ее на обратном пути, чтобы не разводила плесень.



Естественные лабиринты несут не только математическую, но и геологическую информацию. К любому перекрестку может подходить четное (X-образное) или нечетное (T-образное пересечение) количество ходов. Спелеолог В. Н. Андрейчук использовал эту особенность лабиринтов для выяснения условий их заложения. Оказалось, что участки пещер Подолии с разными типами пересечений маркируют тектонические блоки разного характера. В. А. Шипунова выполнила такую же работу в объемном лабиринте Ближней части Красной пещеры. Эти исследования помогли выявить зоны повышенной трещиноватости и связать их с особенностями обводнения пещеры. Так лабиринтология служит человеку.

## 5.5. Проблемы параспелеологии

Конструкционные полости - последний, двадцать шестой тип полостей, выделенных в их классификации (табл. 2). Но в таблице ничего не говорится еще об одном "типе" - фантастических пещерах, типе, который выделил в 1968 г. один из создателей Международного союза спелеологов Х. Триммель. Это несуществующие или вымышленные пещеры, возникающие как плод фантазии спелеолога, "зацикленного" на установлении рекорда глубины или протяженности пещер. Поводом для особого выделения этой категории полостей послужила работа Комиссии длиннейших и глубочайших пещер. На IV Конгрессе (Югославия, 1965) самой глубокой в Болгарии была заявлена пещера Яма-1 (Тарговице, 307 м). При контрольной пересъемке она "потянула" всего на 47 м...

В 60-90-е гг. появилось множество примеров фальсификации не только основных параметров пещер (длина, глубина), но и их воздействия на человека. Пещеры начали использовать для своих целей парапсихологи, представители оккультных наук. Сообщения о подобных случаях можно объединить общим названием "параспелеология" (гр. *para* - возле, подле).

В XVI в. фантомную пещеру породила фантазия путешественника А. Гваньини, который писал, что ходы Киево-Печерской лавры тянутся на 80 миль. С. Сарницкий (1585) полагал, что они выходят в Новгороде Великом (920 км!). На деле протяженность самых крупных лаврских пещер не превышает 400 м.

В 1820 г. академик П. Кеппен опубликовал первое описание Туакской пещеры (Крым), воспользовавшись сведениями, приведенными в письме экзальтированной полковницы Дарьи Штеге. Она так описывает свои приключения: *"Ко входу в пещеру поднимались, держась за хвост лошади. Выстрелив во вход два раза из ружья, чтобы отогнать злых духов, мы прошли несколько десятков сажен страшно зараженной атмосферой пещеры..."* Этих строчек оказалось достаточно, чтобы более 100 лет в научной литературе говорилось о наличии в пещерах Крыма углекислого газа. Только в 60-е гг. XX в. было установлено, что его высокая концентрация наблюдается лишь в одной из 870 полостей (Бездонный колодец на Агармыше).

В 1835 г. в журнале "Нью-Йорк Америкен" появилась заметка: астроном Дж. Гершель, создав усовершенствованный телескоп, разглядел на Луне пещеры, в которых жили... бегемоты. Статья, конечно, оказалась мистификацией, но именно ее использовал Жюль Верн в знаменитом романе "С Земли на Луну".

В начале XIX в. в Крыму жил легендарный разбойник Алим. Он якобы входил в одну пещеру и выходил в 40-100 км из другой. Алим Азамат Оглу - историческое лицо, татарский народный мститель, отважный и благородный. А вот пещеры Алима - небольшие изолированные полости на Внутренней гряде, наибольшая из которых имеет протяженность 125 м.

Бездонный колодец на Агармыше (Крым) имеет бутылковидную форму. По преданиям, фонарь, опущенный в него на 60 сажен, гаснет. В 1912 г. помещик Шульц, предварительно "прокачав" колодец поршнем из копы сена, обвязанной канатом и утяжеленной камнями, якобы обнаружил там несколько этажей красивых залов со

сталактитами и кристаллами. Съёмка колодца, выполненная в 1964 г. геологом Ю. Шутовым, показала, что глубина его всего 40,5 м. Никаких залов на его дне нет...

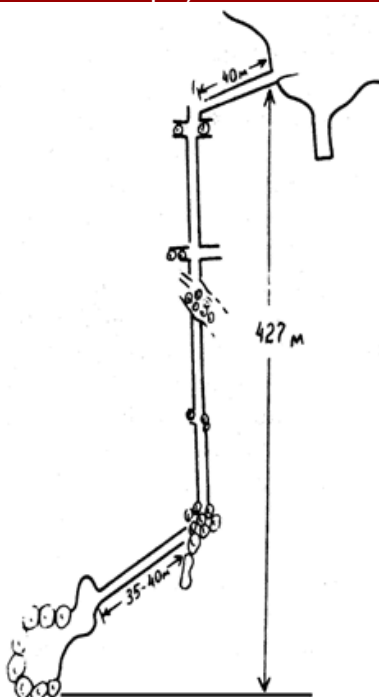
Исследования крымских шахт в 60-е гг. спровоцировали появление фантомной пещеры на Кавказе. 25 августа 1960 г. группа симферопольских спелеологов достигла дна шахты Каскадная на рекордной для тех лет глубине - 246 м. В частном письме они сообщили об этом в Институт географии (Тбилиси). 5 сентября пришла телеграмма: "Симферополь, ИМР, Иванову, Дублянскому июле шахте Вахушти массиве Арабика достигнута глубина 307 метров". Повторная съёмка, выполненная в 70-е гг., дала глубину всего 160 м. Лишь в 1977 г. удалось расширить узкий лаз на дне этой полости и достичь глубины 250 м...

В декабре 1963 г. спелеолог И. Черныш передал в Институт минеральных ресурсов (Симферополь) план якобы обнаруженной им (и пройденной в одиночку!) шахты глубиной 427 м (рис. 45). Поиски ее с участием "автора открытия", естественно, результатов не дали. Не меньшей фантазией обладала группа московских спелеологов, в 1987 г. "нарастившая" шахту Каскадная (400 м) до 630 м. Потребовалось несколько экспедиций, чтобы развеять и эту легенду.

В 1992 г. в газете "Аргументы и факты" появилась статья "Аэропорт подземелий". Речь шла об огромной пещере между Москвой и Ленинградом (!), по которой летали самолеты, доставлявшие в годы блокады для высокопоставленных лиц продукты и вино. Не спасает эту фантазию и ссылка на несуществующую "Большую географическую энциклопедию"... Подобных примеров множество.

Как бороться с появлением "фантомных" пещер? Единственный путь - обязательное предоставление первооткрывателями полных исходных данных о пещере (расположение, план, разрез, описание). Но в формулу Комплексной карстовой экспедиции 60-х гг. ("есть план - есть пещера, нет плана - нет пещеры") приходится внести существенную поправку: не считается планом документ вымышленный,

Рис. 45. "Фантастическая" шахта И. Черныша на Ай-Петринском массиве, Крым (собственноручный абрис).



увиденный во сне или полученный от инопланетян...

Нередко возникают сомнения и в подлинности различных находок, сделанных в пещерах. В 1832 г. набожный католик, скромный таможенник и страстный любитель-археолог Буше де Перт обнаружил в небольшой пещере на р. Сомма (Франция) кости древних животных и куски кремня, обработанные человеком. Его книга "О кельтических и допотопных древностях" была осуждена церковью, а находки признаны

фальсификацией. Такая же судьба постигла в 1879 г. первооткрывателя пещерных рисунков М. Саутуолу. Интересна история обнаружения наскальных рисунков в Каповой пещере. Их первооткрыватель, биолог А. В. Рюмин, принял за изображения мамонта переплетение трещин на стенах нижнего зала. Настоящие рисунки были обнаружены археологом О. Н. Бадером в верхнем зале... До сих пор не разгадана тайна знаменитой "Спящей красавицы", обнаруженной краеведом Е. Г. Лешоком в 1965 г. в Змеиной пещере (Сихотэ-Алинь). Эта скульптура, повторяющая изгибы натеков, изображает женское лицо архаичного облика: высокий лоб с углублением - "третьим глазом", свидетельствующим о ее божественности (рис. 46). Многие специалисты считают скульптуру бесспорным памятником 1 тыс. н. э. (государство Чжурчженей, предки нынешних нанайцев и удгейцев). Но сомнения остаются. На основании изучения микроклимата пещеры и темпа роста натеков геолог Ю. И. Берсенев показал, что это - искусственная подделка, выполненная в период между 1961 и 1965 гг.

Не меньшие споры вызывает подлинность некоторых рисунков и надписей на стенах пещер. В 1984 г. газеты всего мира взорвались сенсацией: в пещере на о-ве Кюсю (Япония) обнаружены настенные рисунки, выполненные черной краской примерно 13 тыс. лет назад. Через несколько месяцев выяснилось, что их создатель - 12-летний подросток, сын конторского служащего. Одаренный сорванец рисовал изображения на стене пещеры, чтобы прославиться... В 1988 г. в одной из пещер о-ва Большой Абако (Багамы) обнаружен рисунок средневекового португальского парусника с датой "1450". Если это не подделка, то Америка была открыта за 42 года до Колумба. В 1973 г. в запасниках одного из музеев Барселоны обнаружена статуэтка VI в. до н. э., точная 10-сантиметровая копия гигантских каменных изваяний о-ва Пасхи. Судя по документам, статуэтка попала в музей из пещеры Кастильяр. А как она оказалась в пещере? На этот вопрос пока нет ответа. Немало времени пришлось потратить крымским карстологам, чтобы разобраться с "шуткой" севастопольских спелеологов, которые насыпали в натечные ванночки пещеры Насонова абразивный порошок

Рис. 46. "Спящая красавица" из Приморья, Россия.



В 70-е гг. в пещере филиппинского о-ва Минданао было обнаружено племя тасадаев, находящихся по своему развитию на уровне людей каменного века. Они не знают металла не ведут сельского хозяйства, пользуются примитивными каменными орудиями. Однако возникло предположение, что это представители другого, отнюдь не "пещерного" племени, нанятые кем-то ради сенсации. Власти Филиппин даже создали специальную комиссию, которая должна определить что это - научный факт или мистификация.

Многие пещеры имеют дурную славу люди в них якобы беспричинно испытывают страх, видят призраков с

горящими глазами. Газета "Аргументы и факты" в августе 1996 г сообщила о некой трансгималайской экспедиции, которая ищет в пещерах истоки происхождения человечества. Такие пещеры защищены неведомыми силами, за невидимой границей рука человека как бы теряет вес, а его самого охватывает тревога. В большинстве случаев такие сообщения не подтверждаются при объективной проверке.

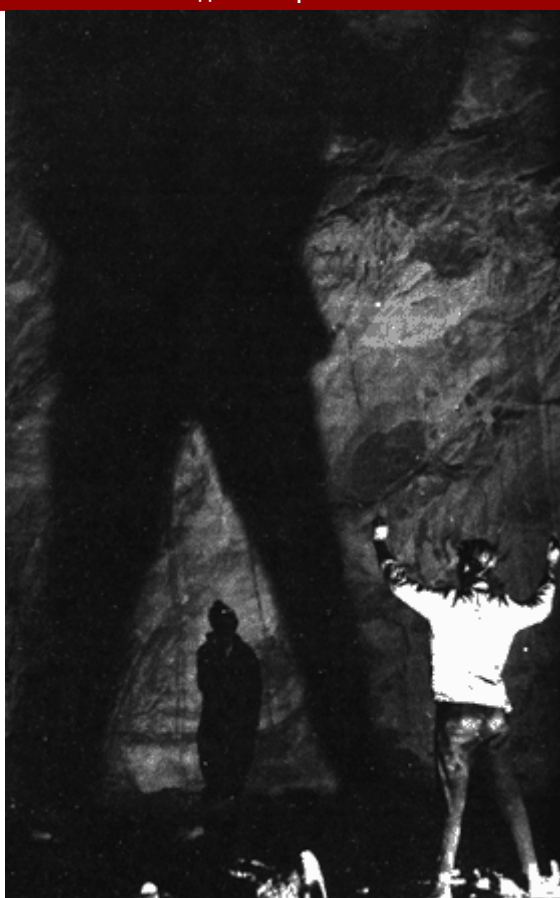
Остается неясным, к какой группе следует отнести реально существовавшие, но ныне уничтоженные горными работами объекты. В карьере Мраморный (Крым) была вскрыта, а затем уничтожена вместе с блоком вмещающих верхнеюрских известняков шахта глубиной около 90 м. Имеются ее планы, описания, только полости - уже нет

Особняком стоят параспелеологические проблемы, касающиеся использования пещер для передачи информации. 23 марта 1993 г Институт общей патологии и экологии человека и спелеологический клуб "Сибирь" провели совместный эксперимент. Передача мысленной информации осуществлялась сотрудниками Института из г. Диксон на берегу Карского моря, а прием - спелеологами в пещерах Кашкулакская (Зап. Саяны), Кап-Кутан (Кугитанг-Тау) и Туткушская (Алтай). Передача велась с использованием "зеркала Козырева" по двум методикам. Семь операторов точно приняли 3 образа и частично - 2, 10 образов остались непринятыми. В 1985 г эксперименты были продолжены в пещере Черного дьявола (Хакассия). В них участвовало несколько тысяч добровольцев, ученых и экстрасенсов из почти двух десятков стран. Для передачи использовались карты Зенера и "эмоционально-эволюционные образы", хранящиеся в памяти человека, - солнце, пламя, крест, конь. Академик В. Казначеев сообщил, что "эффект дистанционной передачи образов подтвержден". "Виноваты" ли в этом пещеры - неясно, зато с использованием геофизических приборов доказано, что одна из них (хакасская) располагается в геопатогенной зоне. Еще дальше пошел В. В. Ветров (Днепропетровск), который утверждает, что над карстовыми пустотами и подземными выработками отмечается всплеск опасной для человека энергии. Не поэтому ли в пещере Авеллино (Италия) в предновогоднюю ночь 1983 г была проведена конференция ведьм и колдунов? В Программу были включены общение с "нечистой силой" и обмен новейшими заклятиями. Правильно писал Марк Соболев:

*Вот цена эмоции -  
Ведьмин свист во мгле  
А здравый смысл плетется  
Поодаль на осле...*

Распространению фантастических представлений о пещерах в немалой степени способствуют и сами спелеологи. Легенды о "белом" и "черном" спелеологах, которыми пугают новичков на лагерных сборах, с каждым годом обрастают все более реалистичными подробностями, "освящаются" именами опытных первопроходцев

Рис. 47. Рождение "черного спелеолога".



Иногда спелеологи выступают с письменными свидетельствами, в которых правда настолько переплетается с вымыслом, что провести границу между ними, вероятно, не смогут сами авторы. Один из образцов подобного творчества - "крутые" рассказы В. Я. Рогожникова /23/. Как же относиться к подобным "воспоминаниям старых спелеологов"? Говоря словами вполне узнаваемого героя одного из рассказов, легендарного Гены Порфирьева (по паспорту - Пантюхина): "Это, старик, у каждого свое и другим знать ни к чему"...

Но не только злые силы избрали местом своего пребывания пещеры. Австралийский ученый Эндрю Томас (Андрей Павлович Томашевский, сын русского эмигранта, осевшего в Манчжурии) в 1985 г. посетил загадочную пещеру в одном из ламаистских

монастырей Гималаев. В большой нише в ее стене стоит высокая бронзовая статуя Тары - богини планеты Венера. На ней тиара, длинные серьги, ожерелье; глаз во лбу, глаза на ладонях рук и подошвах ног символизируют ее вездесущность. Перед статуей небольшое углубление, выбитое каплями воды, падающими со сталактитов. Оно заполнено слезами Тары, плачущей о том, что человек пал, потеряв свое божественное предназначение. Сотворив молитву, в воде озера можно увидеть образы высокого смысла. Э. Томас, хорошо знакомый с догматами тибетского буддизма, увидел в нем планету Земля с ее океанами и континентами. Но внезапно внешний вид Земного шара изменился: серые, коричневые, черные и красные облака покрыли ее наиболее населенные зоны. Эту массу пронизывали красные и редкие голубые вспышки. Сопровождающий его монах пояснил, что Земля покрыта серым облаком эгоизма; голубые вспышки - духовные устремления меньшинства, но их затопляет коричнево-красный поток страсти, ненависти и жадности, образовавший в течение тысячелетий гигантскую ауру вокруг Земли. *"Мир упорно стремится к бедствию. Человечество может спасти Землю только духовным возрождением"*, - закончил он.

Кто знает? Может быть, пещеры тоже дают нам знание Пути? Понять это и сделать по нему первые шаги должны мы сами...

## 5.6. Что в имени тебе моем?..

Пещеры, как и люди, рождаются безымянными. Им принадлежат только родовые названия, ассоциирующиеся с полом новорожденного. К женскому роду относятся "пещера" (русский яз.), "дупка" (болгарский), "яма" (словенский), "яския" (польский), "барланг" (венгерский), "холе" (немецкий), "гротте" (французский), "куэва" (испанский); к мужскому - "колодец" (русский), "брезно" (словенский), "жомбой" (венгерский), "гуффер" (французский), "шахте" (немецкий).

Какие же названия получают пещеры и шахты? По каким законам формируются их имена? Географические названия обозначают греческим словом "топонимы" (топос - место, местность; онома - имя). Наука о географических названиях именуется "топонимикой", а совокупность названий, выделяемых по какому-либо признаку - "топонимией". По компонентному признаку среди них выделяют оронимы (названия хребтов, гор, долин), гидронимы (названия рек, озер, морей) и пр. Применительно к пещерам следует говорить о спелеонимах.

Спелеология - молодая, развивающаяся наука, в которой происходит непрерывное накопление новых и новых объектов исследований. Поэтому все пещеры какой-либо территории (карстового района, области и пр.) подразделяются на две неравные группы: известные (меньшинство) и вновь открытые (большинство). Названия первых надо всемерно сохранять, так как они являются продуктом многовековой истории постоянного населения; вторым - давать новые названия, но очень бережно, вдумчиво, в соответствии с законами топонимики.

В большинстве случаев существующие названия пещер имеют определенное географическое, историческое или лингвистическое значение, будучи связанными с каким-либо объектом (пещера Кунгурская), историческим событием (пещера Победы), калькированием с языков некогда проживавших здесь народов (колодец Гугерджин - Голубиный). Давно известные пещеры иногда имеют несколько названий. Например, Туакская пещера (Крым), кроме основного названия (по названию расположенного рядом села), имеет еще три: Фул ("гнездо", греч.) - по положению в обрыве, Кутур-Кайская - по названию утеса, Штегова - по имени полковницы Дарьи Штеге, составившей первое описание. Следует собирать литературные данные о названиях известных пещер, расспрашивать местных жителей, так как часто они обладают информацией, полезной для прохождения пещеры или для восстановления особенностей ее использования. Например, в Крыму многие географические названия начинаются с

"Ай" - (Святой). Можно быть уверенными, что в пещерах Ай-Никола, Ай-Ян (Аян) или около них находились древние храмы.

Если пещера велика, то называют и ее отдельные элементы: галереи, залы, колодцы, водопады, сифоны, крупные натеки и пр. Интересно, что на формирование этих названий оказывают влияние традиции. Например, на Урале (Кунгурская пещера) и в Сибири (Худугунская пещера) крупные залы называются гротами. В Европейской части России этот термин применяется только к поверхностным карстовым формам - крупным нишам в обрывах речных долин и пр.

Как же образуются спелеонимы для новых, недавно открытых пещер? В 60-90-е гг. спелеологами бывшего СССР открыто более 7 тысяч новых полостей. Поэтому, проанализировав их названия, можно сделать некоторые предварительные выводы (это тема для специального научного исследования, даже диссертации).

На первом этапе исследований нового района найденные объекты обычно шифруются (буквы обозначают организацию или группу, цифры - длину, глубину или порядковый номер). Так, в 1958-1964 гг. Комплексная Карстовая Экспедиция АН УССР обозначала пещеры и шахты Крыма шифром КЭ-17, КЭ-125 и пр., где цифры обозначали глубину колодца или длину пещеры. Затем цифры начали повторяться, и с 1965 г мы перешли на иную нумерацию: 201-1, 201-2 и т. д. Первая цифра обозначает кадастровый прямоугольник (со сторонами, равными минуте широты и долготы), вторая - номер полости внутри него (при обнаружении новой полости она получает очередной порядковый номер). Шифрованные наименования не несут смысловой нагрузки, поэтому самые примечательные (крупные, красивые, сложные) полости обязательно получают название. Обычно это происходит стихийно, реже - после обсуждения и принятия соответствующего решения. При назывании руководствуются разными принципами:

- **по старому названию** (часто - с его переводом): Арчери (Медвежья, арм.), Берю-Тешик (Волчья нора, тюрк.), Топсюс-Хосар (Бездонный колодец, тюрк.);
- **по названию географического объекта близ пещеры**: Багьянская (урочище), Басман (хребет), Ени-Сала (село);
- **по расположению входа**: Висячая, Долинная, Перевальная, Водораздельная, Карровая;
- **по приметным объектам у входа (ориентирам)**: Дубовая, Самшитовая, Тисовая, Ясеновая, Скальная, Орта-Кош (Средний кош);
- **по морфологии полости**: Отвесная, Каскадная, Спиральная, Низкая, Узкая, Лабиринтовая;
- **по микроклиматическим особенностям**: Холодная, Теплая, Ветровая, Дымница;
- **по особенностям отложений**: Глиняная, Глыбовая, Завальная, Снежная, Ледовая, Сталактитовая, Гуровая, Кристальная, Баритовая, Тысячеголовая (по находкам человеческих черепов);
- **по обводненности**: Водяная, Водопадная, Ручейная, Озерная, Сифонная;
- **по акустическим особенностям**: Журчащая, Резонансная, Эхо, Серебряный звон;
- **по названиям обитающих животных, их костных остатков или следов жизнедеятельности**: Медвежья, Волчья, Лисья, Барсучья, Мышиная, Телячья;
- **по времени открытия**: Весенняя, Осенняя, Зимняя, Новогодняя, Майская, Октябрьская;
- **по принадлежности группы к региону**: (Сибирская, Уральская, Крымская), городу (Московская, Харьковская, Новосибирская), ВУЗу (Университетская, а также - аббревиатуры МФТИ, МИФИ, МИСИ и др.);
- **по специальности**: (Географическая, Геологическая, Зоологическая, Промысловых геофизиков);
- **по характеру события (случая)**: Заблудших, Ожидания, Встреч, Нежданная;
- **тематические**: *по восприятию размеров* (Великан, Титанов, Главный калибр, Нависающих сводов) или *формы зала* (Колокольный, Ротонда, Камин); *по состоянию исследователя* (Оптимистическая, Мечта, Радость, Надежда, Золотой Ключик); *по космическим ассоциациям* (Южный Крест, Звездный, Лунный, Солнце, Космический); *по*

*мифологии* (Плутон, Нептун, Эол, Лета, Стикс, Харон); *по особенностям использования* (Учебная, Школьная, Партизанская, Разбойничья);

• **мемориальные:** *в честь выдающихся ученых-геологов, географов, карстоведов* (Палласа, Лепехина, Миддендорфа, Крубера, Максимовича, Гвоздецкого); *в честь крупных военачальников* (Суворовская, Нахимовская, Ушаковская); *в честь исследователей пещер* (Дахнова, Домбровского, Дублянского, Иванова, Кастере); *в честь первооткрывателей пещер* (Аверкиева, Кирилловская, Назаровская); *в память погибших спелеологов* (Вдовиченко, Илюхина, Насонова, В. Пантюхина);

• **прочие:** *по немотивированным ассоциациям* (Палящий Бегемот, Ноктюрн, Молекула, Печальная); *неблагозвучные* (Гнусная, Паскудная, Вонючая); *нерасшифрованные аббревиатуры* (ТЭП, МАИ, 10-летия ЛСС).

Очевидно, законы топонимики "работают" одинаково во всех странах. В Атласе крупнейших карстовых полостей мира /35/ мы находим названия и номера: (BU-53), шахту Потерянных (Verlorenen), пещеру Кристаллов (Cueva de los cristallos), каскады Героический (Egoice) и Надежд (Hoffnungs-schachte), галереи 5 ливанцев (gal. du 5 libanes) и Озерную (gal. des lacs), залы Кинг-Конг (salle du King-Kong) и Ватерлоо (Waterloo), Апокалиптический провал (Apocalypse pothole) и галерею Гигантов (gal. des Jeantes). Аналогия полная!

Названия некоторых пещер иногда бывают прямо противоположны процессам, их образующим. Например, Восходящие пещеры часто образованы нисходящими, а Нисходящие - восходящими напорными водами. Близ курортного поселка Псырцха (Грузия) с конца XIX в известна небольшая Ново-Афонская пещера, из которой в паводок вырывается мощный поток воды. Открытие в 1961 г в этом же массиве огромной пещеры привело к путанице. Сперва З. К. Тинтилов назвал ее Анакопийской пропастью (1968), а затем она "вобрала" в себя старую пещеру и стала называться Ново-Афонской. Многие названия, непонятные сегодня спелеологам новых поколений имеют в своей основе реальные события и ассоциации. Аббревиатуру МАН в Крыму объяснит всякий школьник - это Малая академия наук, молодежная научная организация, возникшая в 60-е гг. Она подготовила к поступлению в ВУЗы не одну тысячу школьников, десятки из них сейчас кандидаты и доктора наук. Исследование пещеры МАН - работа археологического кружка Академии. Шахта ТЭП (Октябрьская, массив Алек) обнаружена Татьяной Кузнецовой, Евгением Мухиным и Павлом Сотниковым в октябре 1966 г и названа по первым буквам их имен. Самая глубокая в бывшем СССР шахта Пантюхина (1508 м) названа в память крымского альпиниста и спелеолога Вячеслава Пантюхина, а третья по глубине шахта Илюхина (1240 м) - в память одного из зачинателей отечественной спортивной и научной спелеологии профессора Владимира Илюхина, трагически погибших во время спасательных и экспедиционных работ на Кавказе.

Примечательно, что название шахты Жан Бернар во Франции (1602 м) имеет такое же происхождение. В июне 1963 г пять спелеологов из клуба "Вулкан" попали в паводок в шахте Гуль де Фуссуubi (Франция). Через несколько дней трое из них были спасены, но Жан Дюпон и Бернар Раффи погибли. Тело одного из них было обнаружено в 1,5 км от входа.

Названия некоторых пещер требуют специальной расшифровки. Известная своей наскальной живописью пещера Трех Братьев (des trims Freres) названа в честь трех сыновей французского археолога Бегуэна.

Названия не только возникают, но и исчезают. При исследованиях сложных лабиринтовых систем одна пещера часто "поглощает" остальные. Так, Оптимистическая пещера (Подолия, 109,3 км) в 1974 г поглотила Ветровую (7 км), Воронцовская (Зап. Кавказ, 3,5 км) - Лабиринтовую, Очажный ход и Кабаний провал, достигнув протяженности 10,6 км.

Интересна история изучения Мамонтовой пещеры (США). Сперва в меандре р. Грин-Ривер было открыто несколько изолированных полостей, из которых наибольшей была Мамонтова (1835 г, 18,8 км). К 1972 г. за счет разведки боковых галерей ее длина

увеличилась до 93,2 км. К северу от Мамонтовой располагались 4 изолированные пещеры Неизвестная (1903 г, 2,9 км), Соляная (1893 г, 2,7 км), Колоссальная (1895 г, 4,3 км) и Кристальная (1922 г, 5,6 км). В 1961 г их удалось объединить в единую систему, получившую название Флинт (по пологой гряде на поверхности). К 1971 г ее длина возросла до 132,9 км, а в 1972 г она соединилась узким полузатопленным ходом с Мамонтовой (232,5 км). К югу от Мамонтовой располагалась давно известная пещера Проктор (1883 г, 16,2 км) В 1979 г она также соединилась с Мамонтовой и протяженность системы возросла до 361 км. В 1976 г была открыта новая крупная пещерная система Роппел к северо-востоку от Мамонтовой, которая к 1981 г достигла протяженности 43 км. 10 сентября 1983 г произошло ее соединение с Мамонтовой, протяженность которой составила 473 км. На 1998 г ее суммарная длина достигла фантастической цифры - 563,5 км!

Система Мамонтовой пещеры непрерывно растет. На карте появляются все новые имена. Следует отдать должное нашим американским коллегам, делают они это с чувством большого уважения к первооткрывателям подземного мира. Так в Мамонтовой пещере появились галереи Бретца и Свиннертона, Дэвиса и Гарднера, Кастере и Бегли.

Но вернемся к именам пещер Их надо охранять и о них надо заботиться так же, как о самих пещерах. Это наша память, наша история. А историю, как бы этого иногда ни хотелось, не перепишешь.



## 6. От ледников до тропиков

*Вам я шлю эти строки,  
Вы, пещеры, потоки...*

П. Ронсар

**i** При написании главы использовались сводки Ф. Д. Бублейникова/4/, Н. А. Гвоздецкого/7/, Г. А. Максимовича/19/, П. Курбона и Кл. Шабера/34, 35/, Х. Триммеля/42/, дополненные новыми данными за 1985-1997 гг. Подразделы глав посвящены пещерам отдельных континентов. Их расположение указано на рис. 48, а морфометрические данные приведены в табл. 3-5.

### 6.1. Даешь Европу!

Длительность исследований и относительная легкодоступность карстовых районов Европы определили хорошую спелеологическую изученность этого района. Из 44 государств, сложившихся здесь к концу XX в., пещеры обнаружены в 37 (рис. 48). В целом мировая картина расположения крупных полостей выглядит следующим образом.

Рис. 48. Схема размещения крупных карстовых и некарстовых полостей мира (топографическая основа по /1/), перечислены лишь те государства, пещеры на территории которых упоминаются в тексте книги.

**ЕВРОПА.** 1 - Северо-Западная Европа (Великобритания, Ирландия, Норвегия, Финляндия, Швеция); 2 - Средняя Европа (Австрия, Бельгия, Венгрия, Люксембург, Польша, Словакия, Франция, Германия, Чехия, Швейцария); 3 - Южная Европа (Албания, Болгария, Босния и Герцеговина, Греция, Испания, Италия, Македония, Мальта, Монако, Португалия, Румыния, Сан-Марино, Сербия, Словения, Хорватия, Черногория); 4 - Восточная Европа (Латвия, Молдова, Россия, Украина, Эстония).

**АЗИЯ.** 5 - Северная Азия (Россия); 6 - Центральная Азия (Казахстан, Кыргызстан, Монголия, Таджикистан, Туркменистан, Узбекистан); 7 - Западная Азия (Азербайджан, Армения, Афганистан, Израиль, Иордания, Ирак, Иран, Йемен, Тиван, Оман, Саудовская Аравия, Сирия, Турция); 8 - Восточная Азия (Китай, Корея, Япония); 9 - Южная Азия (Бирма, Вьетнам, Индия, Индонезия, Лаос, Малайзия, Непал, Таиланд, Филиппины, Шри-Ланка).

**АФРИКА.** 10 - Северо-Западная Африка (Алжир, Ливия, Мавритания, Марокко, Тунис, Чад); 11 - Восточная Африка (Сомали, Судан, Эфиопия); 12 - Субэкваториальная и Экваториальная Африка (Габон, Гвинея, Заир, Замбия, Кения, Конго, Нигерия, Руанда, Танзания, Уганда); 13 - Южная Африка (Ботсвана, Зимбабве, Мозамбик, Намибия, ЮАР); 14 - Мадагаскар; 15 - Коморские и Сейшельские о-ва; 16 - о-ва: Азорские, Канарские, Зеленого Мыса.

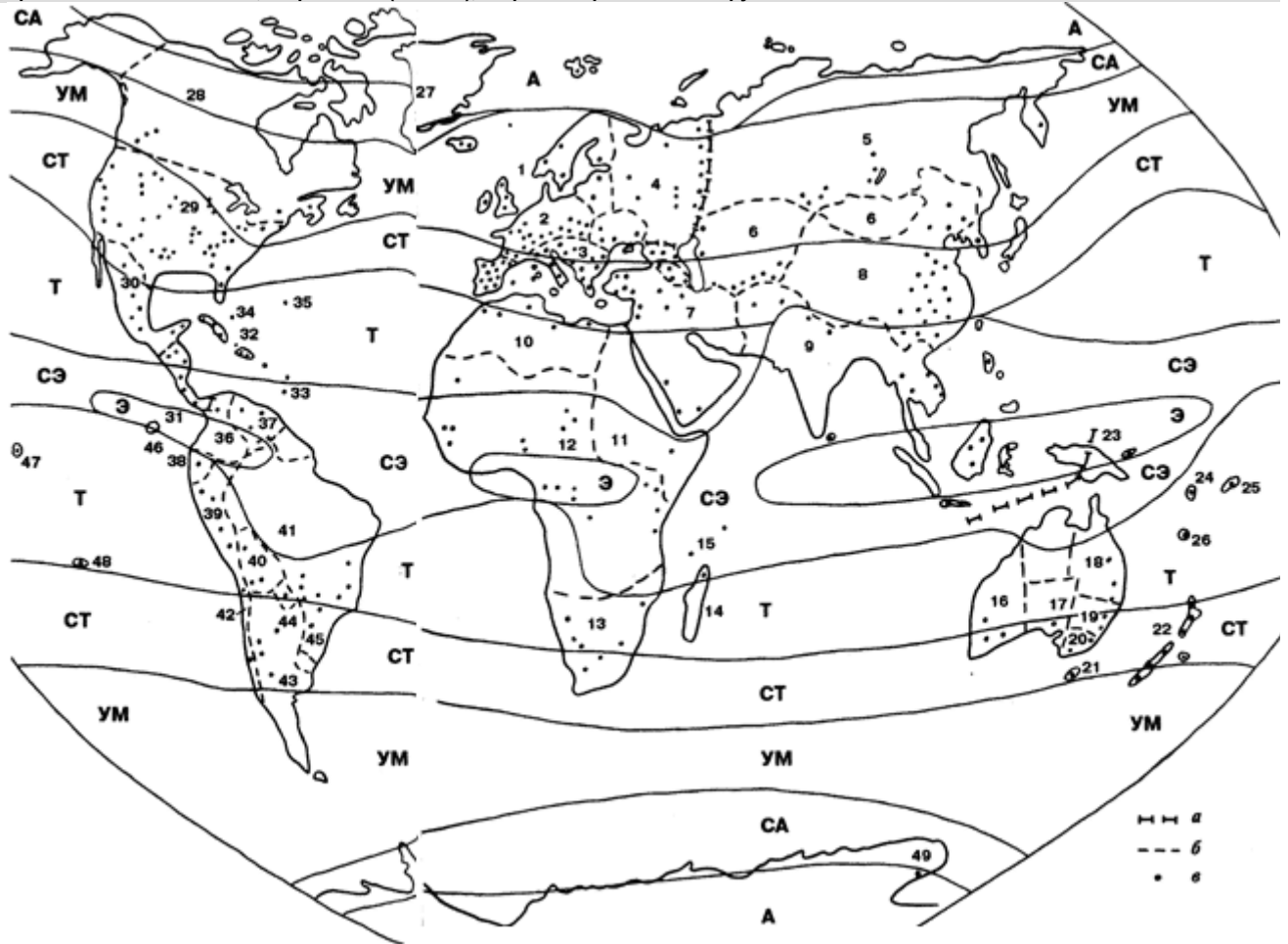
**АВСТРАЛИЯ.** 16 - Западная Австралия; 17 - Южная Австралия; 18 - Квинсленд; 19 - Новый Южный Уэльс; 20 - Виктория; 21 - Тасмания; 22 - Новая Зеландия; 23 - Папуа-Новая Гвинея и Новая Британия; 24 - Соломоновы о-ва и Новые Гебриды; 25 - о-ва Фиджи; 26 - Новая Каледония.

**АМЕРИКА.** Северная Америка. 27 - Гренландия; 28 - Канада; 29 - США; 30 - Мексика; 31 - Центральная Америка (Белиз, Гондурас, Коста-Рика, Панама, Сальвадор); 32 - Вест-Индия (Гаити, Доминиканская республика, Куба, Пуэрто-Рико, Ямайка); 33 - Малые Антильские о-ва; 34 - Багамские о-ва (Андрос, Б.Бабао, Б.Багама и пр.); 35 - Бермудские о-ва.; Южная Америка. 36 - Колумбия; 37 - Венесуэлла; 39 - Перу; 40 - Боливия; 41 - Бразилия; 42 - Чили; 43 - Аргентина; 44 - Парагвай; 45 - Уругвай; 46 - Галапагосские о-ва; 47 - о-ва Таити; 48 - о-ва Пасхи.

**АНТАРКТИДА.** 49 - земля Виктории.

Климатические пояса: Э - экваториальный, СЭ - субэкваториальный, Т - тропический, СТ - субтропический, УМ - умеренный, СА - субарктический (субантарктический), А - арктический (антарктический).

Границы: а - континентов, б - регионов(штатов), в - районы размещения крупных полостей.



### Австрия

В Австрии было образовано первое в мире общество по изучению пещер, отличающееся научной ориентацией. Это, вероятно, объясняется тем, что плато Карст в конце XIX - начале XX столетия находилось на территории Австро-Венгерской монархии. В границах 1995 г. в Австрийских Альпах известно более 40 крупнейших пещер, в том числе: Хирлатцхелле (84990 м), Раухенкархелле (61012 м), Дахштейнская Мамонтова (51325 м), Колькбезер (43800 м), Айсризенвельт (42000 м), Танталь (30850

м). Пятерка самых глубоких полостей: Лампрехтсофен (-1634 м), Бержер-Коза Ностра (-1291 м), Шверсистем (-1219 м), Дахштейнская Мамонтова (-1180 м), Юбилеумшахт (-1173 м). Пещеры Австрии - сложные сети со снежно-ледниковым и речным питанием, с большими перспективами соединения.

### **Албания**

Горные массивы Албании являются северным продолжением Родоп. Известно несколько больших пещер (Корица, 3000 м; Междоранет, 2000 м).

### **Бельгия**

Начало исследованию пещер в Бельгии положил в 1771 г аббат де Феле, описавший пещеру Хан-сюр-Лез. В 1910 г. Э. Мартель и Ван ден Брук опубликовали работу о подземных реках Бельгии - объемом 1842 страницы (!). В конце XX в. спелеологи страны из-за отсутствия новых объектов для изучения специализируются в организации спасательной спелеослужбы, первым руководителем которой стал сын эмигранта из России Алексей Мартынов. Знакомство с ним на IV Международном спелеологическом конгрессе (1965) немало способствовало вступлению спелеологов СССР в это международное сообщество. Бельгийские спелеологи часто выезжают в другие районы мира - Алжир, Индонезию, Мексику. В Бельгии известно 16 пещер длиннее 1 км (крупнейшая - Хан-сюр-Лез, 5720 м) и две шахты глубиной более 100 м (Бернар, -140 м, Верон, -110 м).

### **Болгария**

В Болгарии известно свыше 2 тысяч пещер. Длина 15 из них превышает 2,5 км (крупнейшие - Духлата, 15 128 м; Орлова Чука, 13 155 м); 15 - имеют глубину более 100 м (Барките, 415 м; Райчовадупка, 382 м). Привлекает внимание крупная пещера в доломитах (Темната дупка, 7000 м), включающая четыре этажа, подземную реку, озера, сифоны. В Родопах находятся гигантские полости, образованные гидротермальными водами.

### **Босния и Герцеговина**

Известно 1450 полостей. Крупнейшие - Ветреница (7503 м) и Яйкиновац (-460 м).

### **Великобритания**

Первые исследования пещер Сомерсета и Дербшира датируются еще XVI в. В 1770 г. Ллойд спустился в шахте Елдон на 67 м. К 90-м гг. XX в. в Англии известно 40 пещер длиннее 3 км (крупнейшие - Из-Гилл, 70500 м; Огоф Дренен, 57000 м; Огоф Финнон Дду, 50000 м; Огоф Эжен Аллвель, 33 000 м). 4 полости превышают по глубине 200 м (Огоф Финнон Дду, -308 м; Жеант Огелов, -214 м; Лост Джон Гревел, -211 м, в том числе 65 м в конечном сифоне; Геппинг-Гилл, 203 м). Пещеры Англии образуют лабиринтовые или речные системы, иногда вскрытые горными выработками (Спидвелл). Некоторые пещеры имеют много входов (Из-Гилл - 14, Кингсдейл - 11, Геппинг-Гилл - 6), сложные сифоны. Впечатляет история исследования пещеры Вуки-Хоул: первые подводные работы в ней были начаты в 1948 г. еще с кислородными аппаратами; к 1982 г. преодолено 5 сифонов (23; 26; 20,5 и 26 м), а в 6-й совершено погружение на 66 метров. Широкую известность получило прохождение сифона протяженностью 1890 м от пещеры Кингсдейл до источника Кедд Хэд.

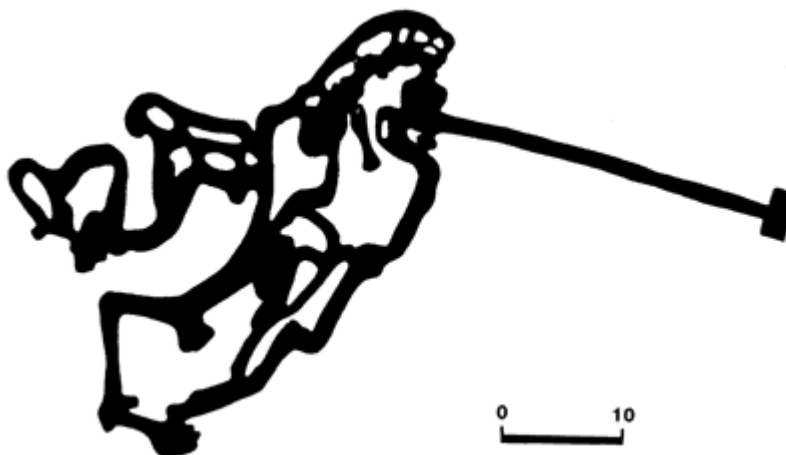
Кроме карстовых пещер, в Англии имеются пещеры в песчаниках, коре выветривания карбонатных пород и довольно многочисленные гравитационные полости. В районе Бата известны также термальные пещеры. На Гебридском архипелаге (более 500 малых островов) описаны пещеры в базальтах, имеющие флювиогенно-вулканогенное происхождение (пещеры Фингалова, Клемшелл, Корморант). Многие пещеры оборудованы для туризма.

### **Венгрия**

Традиции Венгерской спелеологии восходят к 1037 г. По последним данным, здесь известно 19 полостей длиннее 2 км (Барадла-Домица, 25 км, около 5 км находятся на территории Словакии; Беке, 8743 м; Матьяш-Хедь, 4200 м, и пр.) и 19 полостей глубже 100 м (Вечембюкк-Жомбой, -245 м; Иштван-Лапаи, -240 м; Альба Регия, -210 м. и пр.). Наряду с классическими "речными" полостями района Аггтелека Венгрия знаменита

лабиринтовыми гидротермальными пещерами. Пещеры Матъяш-Хедь, Ференц-Хедь, Пал-Велги-барланг и другие находятся непосредственно под Будапештом и являются "эталоном" полостей такого типа. В других районах Венгрии известны термальные пещеры-шары (Шаторкепушта, рис. 30). Уникальные полости в толще гейзеритов описаны на оз. Балатон. Кроме пещер в известняках в Венгрии известны классические пещеры в известковых туфах (Шандора Петефи у Лиллафюреда, рис. 49), гравитационные пещеры в базальтах (Пулаи, 150/-22, рис. 10), онкосовые пещеры (Чергоуйк, 139 м на г. Агатвар). Пещеры Венгрии широко используются непосредственно под Будапештом как лечебницы, купальни, посещаются туристами. Во многих из них работают биоспелеологические или геофизические лаборатории.

**Рис. 49. Пещера Лиллафюред, Венгрия.**  
Естественные полости в известковом туфе соединены искусственными штольнями



### **Германия**

На территории Германии пещеры известны в основном в Баварских Альпах и в Гарце. 16 из них имеют протяженность более 2 км, 13 - глубину более 200 м. Крупнейшие - Зальцграбенхеле (7797/-270), Фукслабиринт (6000 м), Клутерт (5700 м), Гебуртстагшахт (-698 м), Зе-Шлингер (-595 м). Более 40 небольших пещер оборудованы для посещений. Кроме того, известно около десятка значительных пещер в гипсах: Виммельсбургская (5000 м, до открытия лабиринтов Подолии считалась длиннейшей в мире), Хаймкеле (1710 м), Хеллерн (1040 м) и др. Небольшие пещеры образуются при гидратации ангидрита (Квеллунгсхоле и др.).

### **Греция**

65% территории страны сложено карбонатными породами, в которых обнаружено и описано свыше 7 тысяч пещер. Все они сравнительно невелики: только 10 полостей имеют протяженность более 1 км (Глифада, 3400 м, расположена на берегу моря, оборудована для туризма; Марас, 2650 м) и 23 полости - глубину более 150 м (Эпо, -451 м; Проватина, -407 м; Трипта Лигери, -386 м, и пр.). Множество крупных полостей находится на о-ве Крит (Тзани Спилос, 2900 м; Мавро Скиади, -343 м, и пр.). Пещеры Греции породили ряд мифов. Поглощение морских вод в поноры о-ва Кефалиния послужило основой для гипотезы о включении морских вод в глобальный круговорот (патер Кирхер). В Греции встречаются и шахты с крупными отвесами: Проватина (389 м, уступ на 174 м), Мавро Скиади (343 м, уступ на 230 м).

### **Ирландия**

На острове находятся 15 полостей длиннее 2 км (Полнаголлум, 12100 м; Дулин, 10500 м) и 3 полости глубже 100 м (Каррумор, -142 м; Пуллиска, -126 м). Многие из них были исследованы еще во времена Мартеля.

### **Исландия**

На территории острова известно 5 крупных пещер в базальтах, чередующихся со слоями вулканического туфа. Самые крупные: Калмансхеллир (3000 м), Суртсхеллир

(1810 м), Степансхеллир (1520 м). Это тоннели шириной 15-20 м и высотой 10-20 м, вскрытые провалами сводов, а иногда - заполненные льдом. Самая глубокая экструзивная полость - Принукагигур (-218 м, рис. 7). Онкосовые и суффозионные пещеры в пеплах имеют небольшие размеры. На вулкане Ватнайокуль известна пещера во льду Кверкфьолл (2850/-525).

### **Испания**

Карстующиеся породы занимают более 35% территории страны, проявления карста очень многообразны. На 1985 г. известно 70 полостей длиннее 4 км и 130 глубже 300 м (в том числе 8 - глубже 1000 м!). Пять длиннейших: Охро Гуаренья (97400 м), Ред дель Силентио (58600 м), Куатро-Валлас (41079 м), Хайал де Поната (40000 м), Куэрто-Ковентоза (27600 м); пять глубочайших - Сима дель Траве (-1444 м), Илламина (-1408 м), Торка лос Ребекос (-1255 м), Позо дель Маджейно (-1255 м). К этому перечню следует добавить и систему Пьер Сен-Мартен (51200/-1342), имеющую 7 входов, из которых один ("исторический") находится на территории Испании (рис. 21). Большинство названных полостей - типичные "речные" системы, имеющие снежно-ледниковое питание и принимающие много притоков. Иногда они располагаются так близко друг к другу, что открывают перспективы их соединения при прохождении узостей или сифонов.

Кроме известняковых, в Испании известны несколько десятков пещер в гипсах, имеющих длину до 4086 м (Лас Езерас) и глубину до -205 м (тоннель Сумидор, предельная отметка достигнута с аквалангом). Близ Барселоны описана довольно крупная (640 м) пещера в соли (Форат Мико) и самая глубокая соляная полость - дель Кастильяр (-20 м). Около Бургоса исследованы Фуэнтемолинас (4086 м) и Бофия де Торремас (-198 м) в конгломератах. В песчаниках у Барселоны исследована Серрат де Вен (4273/-215). Испании принадлежат Канарские о-ва с крупными лавовыми пещерами. Их описание приведено в главе, посвященной Африке.

В карстовых системах Испании встречаются крупные отвесы: 369 и 179 м в Сима дель Траве, 247 м - в Позу Кавоза; зал Торка дель Карлиста имеет площадь 76,6 тыс. м<sup>2</sup>.

### **Италия**

Италия - одна из стран "классического" карста Европы, с широким развитием различных карстующихся пород и обилием пещер (более 21 тысячи...). Именно здесь возникла одна из наиболее ранних исследовательских спелеологических групп "Евгенио Беган" (1833 г.). Сегодня в Италии насчитывается 44 полости длиннее 3 км и 92 полости глубиной более 300 м. Крупнейшие из них - Фигьера-Коркия (52300 м), Монте-Кукко (26135 м), Пиаджа Белла (22535 м); открытие новых полостей Абиссо Паоло Реверси (-1249), Абиссо Оливифер (-1215), Сарагато (-1075 м) и углубление Фигьера-Коркия (-1190 м) и Абиссо де Донне (-1155 м) "затмило" славу исторических Сплуга делла Прета (-985 м) и Мишель Гортани-Даванзо (-935 м). Крупные полости в известняках известны и на о-ве Сардиния (пещ. Джиованни, 3068 м).

Описано более 20 пещер, длиной превышающих 500 м в гипсах. Самая крупная из них - Сипола-Акваредда (7565/-118 м). В Сицилии крупнейшая - Сайта Нинфа (1000 м), а глубочайшая - Вольпа Росса (-967 м). Здесь исследованы также гидротермокарстовые полости Кукиара, Каллочеро и др. Они имеют большой объем, в пещере Аспиранте пройдена 100-метровая внутренняя шахта. Пещера Кагель Сотерра (6000 м) заложена в конгломератах. Кроме того, около десятка пещер известно в гранитах (крупнейшие - БО-7, -132 м, и Поззо Оут, -70 м); пять - в карбонатных сланцах (Серво Воланте, 515/-148); семь - в песчаниках и кварцитах (Св. Квирика, 130/-33), 6 - в сланцах (дель Церво, 515/-168). Кроме того, в Сицилии описано десять пещер в лавах (дель Санто, -800 м; Лампони, -93м). Близ Неаполя известна пещера Ступени Нерона (150 м) в травертинах - известковых туфах, отложенных горячей водой (92 °С). Она несколько расширена раскопками. Многие пещеры Италии благоустроены и пользуются популярностью у туристов.

### **Латвия**

На территории Латвии значительных карстовых полостей нет. На берегах р. Газуя близ Сигулды и Цесиса известно несколько пещер в песчаниках. Самая крупная из них - Винтера (45 м).

### **Люксембург**

В этом маленьком государстве (всего 2586 км<sup>2</sup>) находится несколько пещер. Пещера Местрофф представляет собой лабиринт, заложенный по пересекающимся системам трещин. Известны здесь также три пещеры в песчаниках (наибольшая - Санта-Барбара, 600/-45).

### **Македония**

Здесь известно несколько сотен полостей, в том числе Солюнска Глава (-450 м) и Мразник (-350 м).

### **Мальта**

Эта небольшая группа островов (Мальта, Гоцо, Комино), сложенных известняками, богата карстовыми, коррозионно-абразионными и экскавационными полостями (галереи для сбора воды). Самая крупная - Гхар Далам (200 м). Из полуподводных пещер интересен Голубой грот (90 м), куда можно попасть на лодке. На о-ве Гоцо известно более 20 подводных пещер, крупнейшая из которых имеет объем 250 тыс. м<sup>3</sup>.

### **Молдова**

На территории Молдовы карстующиеся породы развиты довольно широко, но крупные карстовые полости редки. В известняках недавно обнаружена пещера Сюрпризная (1120/ -25), в гипсах - Золушка (88000/-30), вход в которую располагается на территории Молдовы, а сама пещера - в Молдове и Украине.

### **Монако**

На территории княжества (площадь 1,5 км<sup>2</sup>) на берегу Средиземного моря известна небольшая пещера длиной 1904 м, верхняя часть которой оборудована для туризма.

### **Норвегия**

Большинство пещер в известняках расположено между 65° и 68° северной широты. Известны 34 пещеры длиннее 1000 м (крупнейшие - Оксхола-Кристхола, 9500/-300, и Грефкьелен, 3725/-315) и 23 полости глубиной более 100 м (Раггеярве, -620 м; Ларсхолет, -326 м). Это типичные полости "речного" типа, образованные в бортах фиордов при поглощении поверхностных вод с площадей развития некарстующихся пород. 16 полостей длиннее 150 м описано в гранитах (гнейсах). Крупнейшие - Хальвиксхолен (340 м); Лиспиндсалькирка (325/-32) и Стигхолет (-60 м). Они имеют дизъюнкционный, контракционный или дилатансионный генезис. Известны также небольшие денудационные и гравитационные пещеры в крупноглыбовых моренных и обвално-осыпных отложениях. На о-вах Шпицбергена описано довольно много пещер в ледниках. Они имеют протяженность несколько сотен метров и глубину до 130 м (рис. 15).

### **Польша**

Карст развит в основном на юге (Татры) и на западе страны (Судеты). Здесь известно более 50 полостей глубже 100 и длиннее 1000 м, в том числе Ментуся (9293/-248), Банджох (9200/-562), Высокая - За семью порогами (7074/-460), Снежная (6290/-725), Черная (6000/-299). Ряд пещер благоустроен для туризма, во многих из них проводятся серьезные научные исследования. Из пещер в гипсах наибольшая - Скорочице (280 м). Среди искусственных полостей выделяется соляной рудник Величка (рис. 36).

### **Португалия**

Крупных полостей здесь всего семь. Крупнейшие из них - Грута дель Альмонда (5500 м) и Грута де Муэнхо Вельхос (3000/-183). Португалии принадлежат Азорские о-ва, где известны еще две крупные пещеры. Они рассмотрены в главе, посвященной Африке.

## **Россия**

В пределах европейской части России выделяют 6 спелеопровинций. В *Северо-Русской спелеопровинции* наиболее развиты гипсовые пещеры. В Пинего-Северодвинском районе в 80-90 гг. открыто более 90 пещер общей протяженностью около 70 км. Крупнейшие из них - Кулогорская-Троя (14100 м) и Конституционная (-32 м). Располагаясь на довольно высоких широтах (65° северной широты), пещеры района обладают рядом интересных морфологических и генетических особенностей. В холодный сезон оледенение в них распространяется на большое расстояние от входа. В этих пещерах пройдены сифоны до 250 м длиной. *Валдайская спелеопровинция* бедна пещерами. Здесь известна одна значительная обводненная полость - Понеретка (1430 м). В *Центрально-Среднерусской спелеопровинции* известно несколько десятков небольших пещер в гипсах. Самые крупные - Серноводская (472 м), Юрьевская (410 м), Максютовская (300 м), Сюкеевская (240 м). Здесь много искусственных выработок в известняках, наиболее известны Сьяновские катакомбы под Москвой. Много тайн хранят и подземные ходы разного назначения, проложенные под столицей. *Камско-Средневожская спелеопровинция* включает богатую пещерами Камско-Уфимскую область (более 150 пещер, в том числе - крупнейшие в известняках Вишерская (7370 м), Геологов-2 (3400 м) и в гипсах Кунгурская ледяная (5600 м, рис. 26), Зуятская (1410 м) и др.). Самая глубокая - Геологов-2 (-135 м). В 1997 г. в Ордынской пещере пройдено 1250 м сифонов, в том числе - длиннейший в России сифон 635 м. Наиболее детально исследована Кунгурская пещера, в которой на протяжении многих десятков лет работает научный стационар. Она является эталоном для проведения опытных работ (геофизических, микроклиматических, гидрохимических, изучения аэрозолей и пр.). Ее ближняя часть открыта для посещения. Значительно менее богата пещерами Дема-Уфимская область, где крупнейшая - Ишеевская (850/-27). *Тиманская спелеопровинция* пока бедна пещерами. Здесь известно всего пять полостей длиннее 10 м, в том числе - Седьюльская (500 м).

Очень богата пещерами Уральская карстовая страна. По последним данным, здесь известно 1780 полостей, в том числе 1249 - свыше 10 м (порог учета полостей в других районах бывшего СССР). В *Североуральской спелеопровинции* крупнейшая - Дивья (9750/-120), в *Среднеуральской* - Кизеловская (7600 м) и Темная (-130 м), в *Южноуральской* - Сумган-Кутук (9860/-130). В пещерах Урала и Приуралья пройден ряд значительных сифонов (Зуятская - 76/-6; Сумган-Кутук - 220/-12; Киндерлинская - 240/-18; Капова - 50/-26, 70/-12, 50/-10, 20/-7, 310/-13 и др.). В Приполярном Урале описана Пуйвинская хрусталеносная гидротермальная пещера в мраморах (65 м). В последние годы в разных районах Урала обнаружены пещеры в гранитах, серпентинитах, конгломератах, песчаниках, сланцах, сидеритах, магнетитах. Они нуждаются в специальных исследованиях.

## **Румыния**

В стране известны 43 полости длиннее 2,5 км и 20 - глубже 170 м. Крупнейшие: Винтулуй (42165 м), Ходобани (22042 м), Тапольница (20500 м); глубочайшие - Таушоре (+35/-348), Шура Маре (+380), Станул Фонси (-339). В зоне Вранча известны небольшие пещеры в гипсах (Жгиретури, 30 м) и в каменной соли (Минжелешти, 3198/-42). Кроме того, описаны пять пещер в песчаниках (Цицелуй, 243 м; Фратин, -60 м), две - в лессах (Стоян, 102/-13), пять - в сланцах (Леспези, -104 м, Стрей, -17 м). В вулканическом массиве Калимани известны небольшие (до 60 м) пещеры в пирокластах. В уезде Тимиш имеются пещеры, образованные термальными водами. Во многих пещерах проводятся биоспелеологические исследования, основоположником которых был Эмиль Раковицэ.

## **Сан-Марино**

В этом небольшом анклав на Апеннинском полуострове (60,5 км<sup>2</sup>) известны шахты: Титанов (145/-136 м) и Генга дель Трезоро (-40 м). В гнейсах описаны Рио Марано (80 м), в гипсах - пещеры длиной до 80 м.

## **Сербия**

Занесено в кадастр 1820 полостей. Крупнейшие - Ушачка (6200 м), Боговинска (5390 м), Церьянска (4240 м), Ветрена дупка (3020 м). Некоторые из них оборудованы для туризма.

## **Словакия**

Зарегистрировано около 500 пещер, 10 из которых относятся к крупнейшим (более 2 км), 14 - к глубочайшим (более 100 м) Крупнейшими являются Домица-Барадла (25000 м, 5080 м - на территории Словакии), Стратенска (16700), Свободы (11385), Мира (8500), Старый град (-424), Заскочье (-284), Мертвых летучих мышей (-343), Тристарская (-200) Многие пещеры Словакии очень хорошо изучены (девятиэтажная Демяновская, Добшинская ледяная и пр.). Более десятка пещер оборудовано для туризма, некоторые (Гомбасек) используются для спелеотерапии

## **Словения**

В этой стране классического карста насчитывается более 6800 полостей. Их изучением занимаются около 40 дружеств (групп, секций). Любопытно, что наибольшее количество открытий пришлось на долю двух из них - Любляны (36%) и Постоянной (23%). Самые крупные полости Постоянная (19495/-115), Положка (10800/-704), Шкоциан (5088), Скаларьево брезно (-911), Брезно при Гамсовим Главичи (3962/-773) и др. Небольшие пещеры имеются в русловых известковых туфах (Плитвице). В Постоянной пещере работает Институт изучения карста. Исследования пещер Словении имеют богатую историю, с ними связано становление спелеологии как науки, спорта и отрасли хозяйства. В 90-е гг. в Юлийских Альпах пройдены полости Чеки-2 (-1370 м), Крпельско брезно (-1198 м), Вандимия (-1182 м) и пр. Есть основания предполагать, что здесь возможно преодоление рубежа 1600 м (по глубине).

## **Украина**

Зарегистрировано около 1000 пещер. Основная часть Украины относится к *Молдавско-Украинской спелеопровинции*. В Подольско-Буковинской карстовой области развит в основном сульфатный карст. Здесь известно 90 пещер в гипсах общей протяженностью более 430 км. Крупнейшие из них - Оптимистическая (более 200 км) и Озерная (111 км, рис 27). В Донецкой карстовой области известны две пещеры в гипсах (Трипольская, 135 м). В Причерноморской карстовой области описано несколько десятков небольших пещер в неогеновых известняках. Наибольшая - Одесского университета (1340 м) и Наталина (1236 м), вскрытые катакомбами. В Равнинно-Крымской карстовой области изучено более десятка пещер, подтопленных морем. Крупнейшие - Тарханкутская (150 м) и Тоннель (116/+30). В пределах провинции довольно широко развиты пещеры в песчаниках (10 полостей у г. Кременца, крупнейшая - Студенческая (242 м) и в Приднестровье - Страдчанская, 360 м). На о-ве Змеином (Черное море) описаны 4 небольших (до 40 м) пещеры в конгломерато-брекчии с прослоями песчаников. Они имеют коррозивно-абразионно-гравитационный генезис. В долине р. Ю. Буг обнаружено несколько небольших (до 10 м) пещер в гранитах. В Криворожско-Кременчугской области горными выработками вскрыты полости длиной 50 м и более в доломитах и мартитовых роговиках. Катакомбы под Одессой (рис 38), Херсоном, Николаевом, Севастополем, Керчью и пр. известны своей продолжительной и интересной историей.

*Восточно-Карпатская спелеопровинция* объединяет разрозненные выходы известняков в надвиговых зонах, где описано более 20 небольших (менее 100 м) пещер. Большой интерес представляют гравитационные полости в песчаниках хр. Ключ (крупнейшая - Проходной двор, 427/-25).

*Крымская спелеопровинция* охватывает 12 массивов Горного Крыма. Здесь известно более 860 полостей в известняках суммарной протяженностью 70,7 км и глубиной 22,9 км. Крупнейшие из них - Красная (17 300/+255) и Солдатская (1860/-517). С изучением пещер Крыма связано становление советской спелеологии (50-70 гг. XX в), разработка многих теоретических проблем гидрогеологии карста и инженерной карстологии. Во многих пещерах Крыма осуществлены спелеоподводные исследования



в Алешиной воде пройдено 6 сифонов, что увеличило ее длину от 0 (вход раскопан) до 3200 м. В Горном Крыму известно также шесть небольших пещер в конгломератах (наибольшая - Джурла, 65 м) и несколько полостей в вулканических породах (Карадаг, Кастель). Некоторые пещеры Крыма - гидротермального происхождения и содержат кристаллы исландского шпата, образованные при температуре 90-30 °С.

В Украине очень много антропогенных полостей. К ним относятся различные горные выработки - катакомбы, заброшенные штольни, соляные шахты, сооружения культового и военного назначения.

#### **Финляндия**

Здесь известно несколько пещер в гранитах. Наибольшие - Касбергсгроттан и Торгалагроттан (по 20 м).

#### **Франция**

45% территории страны сложено карстующимися породами. 30 тысяч пещер расположены во всех 90 ее департаментах. Общее число только крупных полостей здесь превысило 2 тысячи: 182 из них превышают по длине 3 км, а 162 - по глубине 300 м. Самыми протяженными системами Франции являются: Кум-Уарнед (94843 м), Дан-де-Кроль (55250 м, рис. 22), системы Альпийская (60185 м), Пьер Сен-Мартен (53900 м, рис. 21), а самыми глубокими - Мирольда (-1610), Жан Бернар (-1602), Пьер Сен-Мартен (-1342); Берже-Фромажер (-1271). Пожалуй, об исследованиях каждой карстовой системы Франции можно написать отдельную книгу. Здесь рождались "классическая" и "модерновая" спелеология. Сегодня подземная Франция - не только сотни крупнейших пещер: это огромные залы (Верна, 45,3 тыс. м<sup>3</sup>) и сплошные пролеты шахт (Афаница, 328 м); протяженные (Дуде Коли, 4055 м) и глубочайшие в мире сифоны (Воклюз, 315 м); пещеры с рисунками доисторического человека (Нио, Трех братьев) и красивейшие оборудованные для туризма полости (Падирак); самые высокие подъемы уровней карстовых вод в паводок (Луир, 450 м, рис. 59) и многое другое. В 1930 г. Э. Мартель написал книгу о пещерах "Неизвестная Франция". В 1997 г. она могла бы быть во много раз толще, но название ее останется.

Все упомянутые полости заложены в известняках. Известны пещеры и в мелу. Самые длинные - Руффиньяк (7000 м) и Робо (1847 м, вскрыта карьером, исследована аквалангистами), самая глубокая - Гюи-Денизо (-35 м). В гипсах самая длинная пещера Франции - Шамп Бернар (525/-75); в гранитах - Сен-Доминик (95 м) и Тру де Жюскль (-40); в песчаниках - Пезенас (5850 м) и Виньяль (+30 м); в сланцах - Рош Тул (52 м) и Тру де Созетон (-90 м). В Альпах известны значительные пещеры, заложенные во льдах. Самая глубокая из них - Мер де Гляс (-115 м). Многие пещеры Франции благоустроены для туризма, используются как лаборатории (биоспелеологические, сейсмические) или как музеи (археологические, биологические, спелеологические).

#### **Хорватия**

В кадастр внесено 5500 полостей. Крупнейшие: Дула-Медведица (15707 м), Паников поворот (9352 м), Ионика (6654 м), Лукина яма (-1392), Словацка яма (-1017 м). В прибрежных районах страны пройден до -58 м сифон в источнике Омбла и до -86 - в источнике Купа.

#### **Черногория**

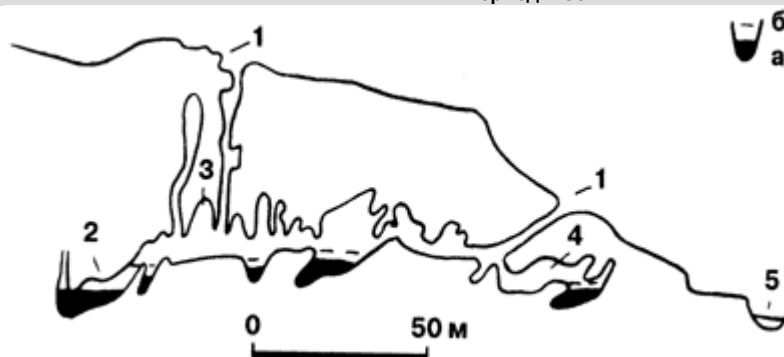
В кадастр занесены 2200 полостей. Пещер длиннее 3 км нет. Самые глубокие: Яма на Ветреном Брду (-897 м), Яма на Ломаном Долу (-576 м).

#### **Чехия**

На территории Чехии известны 5 крупных полостей. Это система Аматерска-Пункевна (32500/-192), Руднике пропаданье (12300/-180), Слоупско-Шешувская (6500 м), Границкая пропасть (-175 м) и Мейселов заврт (-137 м). Наиболее популярна система Аматерска-Пункевна, которую еще в 1723-1748 гг. исследовали Лазар Шопер и Нагел. В 30-е гг. К. Абсолон проводил в пещере Мацоха откачку воды и работал там в тяжелом водолазном снаряжении. В 70-е гг. была покорена Аматерска пещера. Внезапный подъем уровня воды привел к гибели двух спелеологов. В 1975 г. через 430-метровый сифон она была соединена с Мацохой. В 1985 г., "вобрав" в себя пещеры Голштинскую, Спиральку

и Новую, система достигла длины 32 км... Очень интересна Границкая пропасть, в которую было совершено погружение на 110 метров, и расположенная рядом гидротермальная Збрашовская пещера с углекислым газом в придонной части (рис. 50).

**Рис. 50. Збрашовская арагонитовая пещера, разрез (по Б. Кучере).**  
1 - входы. Залы: 2 - Смерти, 3 - Юриков, 4 - Мраморный; б - р. Вечва. Уровни заполнения CO<sub>2</sub>: а - постоянный, б - периодический



Кроме карстовых полостей, в Чехии известно множество небольших контракционных и дилатансионных пещер в песчаниках. Крупнейшие из них - В трех концах (450 м) и Кнегинска (-58 м). Некоторые пещеры оборудованы для туризма.

### **Швейцария**

Швейцария - страна с богатыми спелеологическими традициями, восходящими к 1763 г. На сегодняшний день в ней известно более 30 крупных полостей, среди которых выделяются Хельлох (165500/-867), Зибенэнгсте-Хохганг (135000/-1324) и еще пять полостей длиннее 5 км, а также Фаустлох (4709/-694) и Комб де Брион (4388/-622). Особое место занимает Хельлох, длиннейшая в Европе (в известняках) и расположенная в Швейцарских Альпах. Нижний вход в нее находится в долине р. Муота, на высоте 720 м. В 1980 г. открыт верхний вход на высоте 1260 м, что сделало исследования более безопасными. Хельлох - сложный объемный лабиринт с перспективой присоединения систем Хелленшахт и Швитцершахт, что увеличит протяженность минимум на 13 км, а глубину - на 195 м. Исследования пещеры связаны с именами А. Ульриха (1875 г.), Видмера (1899-1905 гг.), А. Бегли (с 1946 г.) В 1952 г. Бегли и трое его коллег провели нелегкие 224 часа, запертые паводком за входным сифоном. Пещера заложена в трех надвинутых друг на друга пачках карбонатных пород, имеет очень сложную геологию и гидрогеологию. О ней написано много книг. В Швейцарии известна также пещера Ваас (1343 м) в гипсах.

### **Швеция**

Геологические и климатические условия Швеции неблагоприятны для формирования здесь крупных полостей. Несмотря на это, в Лапландии и на о-ве Готланд известно 16 полостей длиннее 450 м (Луммелунда, 3100 м; Кораллгроттан, 2200 м) и 4 - глубже 100 м (Войтасгалло, -140 м; Ламмельхелет, -120 м). Более десятка полостей описано в гранитах и гнейсах (Бодагротторна, 2610 м; Хеликсгроттан, 907 м). Много мелких дилатансионных и гравитационных полостей.

### **Эстония**

14 естественных полостей длиной более 10 м, имеющих коррозионный, абразионный или суффозионный генезис. Кроме того, описаны и экскавационные полости - заброшенные выработки стекольного песка (Пауза и пр.).

## **6.2. Азиатские страсти**

На территории Азиатского континента к концу XX века насчитывается свыше 50 государств, пещеры - в 34 из них. Как ни странно, данные о подземном мире этого

района наименее точны. Поэтому к ним следует относиться осторожно, памятуя, что Восток - дело тонкое...

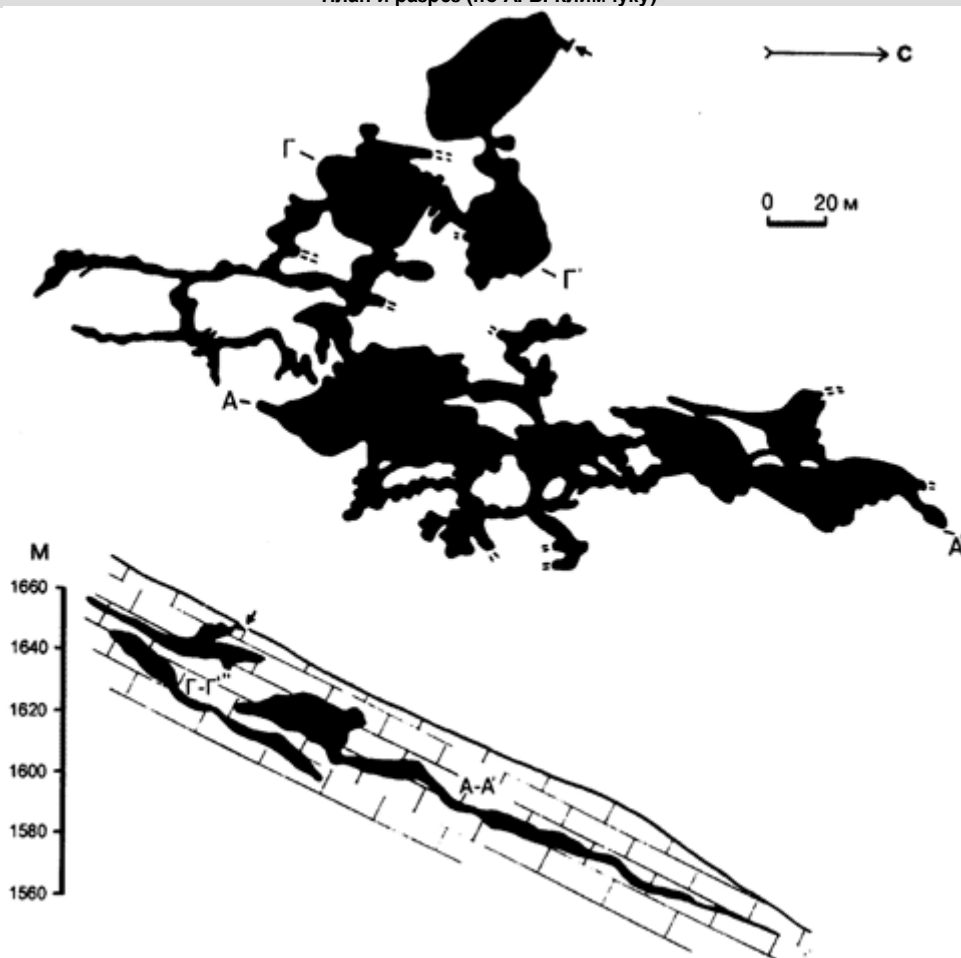
### Азербайджан

Небольшие по размерам карстовые полости описаны на Большом (40 полостей суммарной длиной около 700 м) и на Малом Кавказе (80 полостей, 1800 м). Самая крупная пещера в известняках - Азыхская (220 м), известная находками костей палеолитического человека. В вулканических породах Малого Кавказа зафиксировано 113 пещер в лавах, общей длиной 1535 м. Здесь же описана Дамджилинская пещера в конгломератах (27 м).

### Армения

Карбонатные породы в Армении имеют ограниченное распространение. Поэтому сенсацией было обнаружение в Вайкском районе крупной (3700/-130) и очень красивой пещеры Арчери (Медвежья), имеющей к тому же гидротермальное происхождение (рис. 51). Это разветвленная система, заложенная по падению пласта известняков, с расширениями залов по их простиранию. Стены и своды пещеры покрыты 10-сантиметровой корой кристаллов кальцита, на которые местами легли "холодные" карбонатные натечи разной морфологии. В этом же районе описаны значительные пещеры в конгломератах: Магела (1577 м), Вайк (525 м) и шахта Айцери (-125 м). Очень много в Армении вулканических пещер разного генезиса. Преобладают небольшие пещеры-онкосы, известны также суффозионные полости в рыхлых туфах и пеплах. Очень много экскавационных полостей, выдолбленных в спекшихся туфах. Их большая мощность (до 300 м) позволила создать монументальные культовые и жилые помещения (монастыри Гегард, Ургюп и пр.). Известны и небольшие эологенные полости.

Рис. 51. Гидротермокарстовая пещера Арчери, Армения.  
План и разрез (по А. Б. Климчуку)



## Афганистан

Упоминания о пещерах Бамиана, Герата и других районов приводятся в основном в геологических отчетах. Эти полости длиной до 1 км заложены в мраморовидных известняках. Самая Длинная - Аб Гар Амада на хребте Саланг (1120 м). В Афганистане очень много древних гидротехнических сооружений - кяризов, имеющих значительную протяженность. Они использовались в качестве укрытий для мирных жителей и воинских подразделений во время военных событий XIX-XX вв.

## Бирма

Сведений о пещерах этой страны крайне мало. В литературе упоминаются полости Шанского нагорья. Описана пещера Седев (350 м), а также несколько посещаемых полостей: Фермер и буддийский храм Пиндайя (150 м). В условиях останцового тропического карста здесь, несомненно, должны быть обнаружены и более крупные полости.

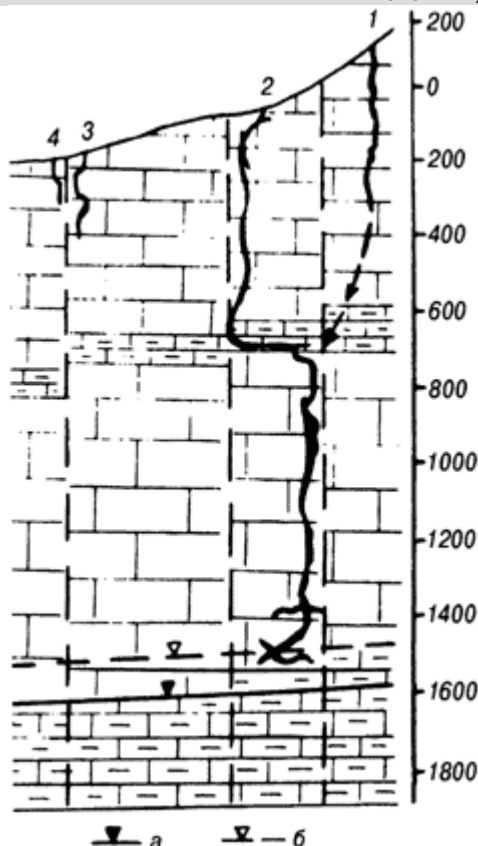
## Вьетнам

О карсте этого региона часто упоминается в работах геологов. В бухте Халонг карстовые останцы и пещеры в них затоплены морской водой. В 90-е гг. появились сведения о пещерах Лувенг-Мананг (более 18000 м) и огромной Ханг Вом (13969 м, со средним диаметром галерей 50 м). В литературе упоминаются также обводненные пещеры Фонг Нга (3300 м), Нинь Бинь (1200 м), Ха Сон Бинь (700 м), Гуанг Бинь (700 м) и Тринь Ну (550 м), с крупными залами. При проектировании и сооружении гидроузла Хоабинь на р. Да в отчетах по гидротехническому строительству описано 79 пещер. Пещеры Вьетнама широко использовались во время военных событий. "Тропа Хо Ши Мина", проходящая через многочисленные пещеры, сегодня является туристским объектом.

## Грузия

Рис. 52. Разрез шахты В. Пантюхина, Грузия.

Шахты: 1 - Богуминская, 2 - Пантюхина, 3 - Багьянская, 4 - Надежды. Уровни подземных вод: а - меженный, б - паводковый



Карст здесь развит очень широко. На Большом Кавказе и его отрогах к началу 60-х гг. XX в. было известно несколько сотен полостей, расположенных в основном в

низкогорье. Исследования 70-90 гг. охватили высокогорье (массивы Арабика, Бзыбский, Асхи) и привели к открытию сотен новых полостей, в том числе - нескольких десятков крупнейших по длине и глубине. По размерам в первой пятерке Снежная - Меженного (19000/-1370), Хабю (11 000/+160), Цхалтубская (11 000 м), Сакишоре (6330 м), Илюхина (5870/-1240); по глубине выделяются Пантюхина (-1508 м, рис. 52), Арабикская (-1110 м), Московская (-972 м). Полости Грузии отличаются рядом экстремальных параметров: в пещере Абац обнаружен второй в мире (по величине) сплошной пролет 410 м; в шахте Арабикская и пещере Ново-Афонская - залы длиной 100-200 м, шириной 40-60 м и высотой 100-200 м; в пещере Мчишта преодолены крупные (до 320 м длиной и -70 м глубиной) сифоны; в шахте Пантюхина отмечен паводковый подъем уровня подземных вод на 145 м; в шахте Снежная - конус снега объемом более 50 тыс. м<sup>3</sup>; в шахте Илюхина на глубине свыше 1000 м пройдены три сифона; за входными сифонами исследованы крупные пещеры разной протяженности - Гегская (2250 м), Мчишта (4000 м), Хабю (11000 м) и др. В Грузии известно более 40 полостей в конгломератах, суммарной протяженностью 10,9 км. Самые крупные из них - Аджимчигринская (1025 м) и Каличона (990 м), а самая глубокая - Спортивная (-68 м). Известно и несколько сотен небольших вулканических пещер, в основном заложенных в базальтах и в пирокластах. Встречаются в них крупные экскавационные полости жилого и культового назначения (Вардзия).

### **Израиль**

В известняках Израиля описаны пещеры Шаритон (3450 м) и Хута Джермак (-157 м). Наиболее интересны самые крупные в мире соляные пещеры г. Седом. (Согласно библейской легенде Содом и Гоморра - города на берегу Мертвого моря, жители которых погрязли во грехе, за это Бог Яхве уничтожил их, превратив страну в бесплодную пустыню). Гора Седом - крупный соляной купол диаметром 11 на 1,5 км, на 250 м поднимающийся над уровнем Мертвого моря, который, в свою очередь, на 410 м ниже уровня Средиземного моря. На куполе описано 30 пещер более 100 м длиной, в том числе 4 - длиннее 1 км. Пещера Малхам - самая крупная в мире (5447/ -135). Соляные пещеры имеют возраст "всего" около 14 тысяч лет. Они богато украшены натечками, в одной из них обнаружен соляной сталактит длиной 12 м. Пещеры имеют "классическую" морфологию: в плане это слабо меандрирующие узкие галереи, в разрезе - чередование колодцев и шахт с короткими наклонными ходами.

### **Индия**

В северных штатах известно несколько десятков небольших пещер. Самые крупные из них - Белум Гухалу (3225 м) и Бутта Гухалу (-85 м). Первая из них включает три этажа и заканчивается сифонным озером с термальной (25-30 °С) водой. Во многих небольших пещерах сооружены буддийские храмы. Близ границы с Непалом описана пещера Матангапарватам (288 м) и шахта Катар Кува (-76 м) в гранитах. Многочисленные мелкие полости (Рисса, Хибар, Бомбей и пр.) известны на плато Декан, сложенном базальтами и андезитами.

### **Индонезия**

Страна 13 677 островов, Индонезия представляет огромный спелеологический интерес. Ее активные исследования начаты с 60-х гг. XX в. и уже дали выдающиеся результаты. На сегодняшний день известно более 50 полостей длиннее 1 км и глубже 100 м. Больше всего их на о-ве Ява (15 полостей, крупнейшие Ювенг Джаран, 18000/-158, и Ювенг Омбо, 2300/ -230), по две-четыре на о-вах Сулавеси (Селлакан Калланг, 8076/-180) и Тимор (Лубанг Данья, 4200 м). Вертикальные полости известны и на других островах (Новая Гвинея, -140 м). Все они отличаются огромными размерами (диаметр галерей до 100 м), обводненностью (расход более 100 м<sup>3</sup>/с), своеобразным натечным убранством и животным миром. В частности, на о-ве Калимантан в пещерах обитают каменные стрижи-саланган, гнезда которых являются излюбленным восточным лакомством и лечебным препаратом.

### **Иордания**

В долине Бекаа известна пещера, служившая древним племенам (3,5 тыс. лет назад) местом захоронения. Кроме того, описано несколько небольших (до 20 м) шахт.

### **Ирак**

Известные пещеры Курдистана: Узейба имеет длину 570 м; Шанидар знаменита находками скелетов неандертальцев (70,65 и 45 тыс. лет до н. э.), а также остатками материальной культуры человека 8-го тыс. до н. э.

### **Иран**

Карстующиеся породы (метаморфизованные известняки) развиты довольно широко. Крупнейшая каскадная полость Гар Паро (1364/-751) находится в Загросе. Кроме того, в провинции Керманшах известно около десятка шахт глубиной более 100м.

### **Йемен**

На территории Йемена обнаружены только небольшие вегетационные коралловые пещеры на берегу Красного моря.

### **Казахстан**

Около 20 полостей находится в *Усть-Юртско-Мангышлакской спелеопровинции*. К ним относятся коррозивно-абразионные пещеры Прикаспия длиной до 50 м (Утебай и др.), а также шахта Болоюк (-120 м). Небольшие (до 10 м) пещеры известны во флюоритах месторождения Бадан. На леднике Богдановича описана пещера Октябрьская (1390/-118).

### **Кыргызстан**

Карст Кыргызстана упоминается с X-XI вв. (труды Абу Али Ибн-Сины). Специальные спелеологические исследования начаты в 60-е гг. Карбонатный карст развит на Туркестанском, Чаткальском, Алайском хребтах (известняки, доломиты, мраморы). Известно несколько сотен небольших (до 500 м) пещер. Самые крупные - коррозивно-экскавационная система Кан-и-Гут (3000 м, рис. 37), Юбилейная (9510 м). Широко представлены гидротермальные полости с рудной минерализацией (Победная, Ошский район, 1500 м; рудное месторождение Бирк-Су и пр.). Самые глубокие шахты-поныры достигают в глубину 240 м.

Известны также небольшие пещеры в конгломератах, гипсах и каменной соли (Большая Соляная, 380/-50). Особое место занимают ледниковые пещеры Северного Тянь-Шаня (Киргизский хребет): Аксайская (990/-70), Ангысайская (375/-5), Ручейная (148/-37), Аксайская-1 (130/-60).

### **Китай**

В Китае известно несколько тысяч пещер, причем 27 имеют протяженность более 2 км. Больше всего их в провинциях Гуйджоу (11, в том числе - Тенг Лонг Донг, 40000 м; Байшоу Донг, 22450/-310; Хуанг Донг-Вангдонг, 17262 м); Гуанси в том числе - Хаймо Донг (13735 м) и Юннань (3, Ванхуайан, 6745 м). В провинциях Хубей, Шихуань, Янгси, Ляолин и Бейлин описано по одной пещере длиной 6,2 км. В Донгбее известен лавовый тоннель Джинг По (400 м). Обследовано также множество небольших пещер в гипсах и каменной соли. Многие из них оборудованы для туризма или используются в различных хозяйственных целях.

### **Корея**

В связи со сложной политической обстановкой сведений о пещерах практически нет. Карстовые образования немногочисленны и не превышают по длине 4 км (Ходанг-Гул). Близ вулкана Пектусан находится несколько десятков лавовых пещер. Самые крупные из них - Манжун-Гул (13268 м), Бильремос-Гул (11749 м) и Сушан-Гул (4674 м); самая глубокая - Намгадук-Гул (-181м).

### **Лаос**

Известны 3 пещеры длиннее 2 км с подземными реками. Крупнейшая - Се-Банг-Фай (4200 м).

### **Ливан**

Около двух десятков пещер длиннее 1 км и шахт глубиной более 100 м. Крупнейшая и красивейшая туристская пещера Малой Азии - Джейта (8830 м); каскадная шахта Фуар Дара (2550/-622).

### **Малайзия**

Государство занимает северную часть о-ва Борнео. Полости длиннее 1 км и более 100 м (глубиной около 30) открыты в 70-80-е гг. в провинции Саравак. Здесь располагаются огромные пещеры Гуа Ер Джермин (109000/+355), Клиевотер (60000 м), Гуа Телик (15185/-119), Лубанг Саранг (15185/ -116), а также полости со значительным превышением конечной точки над входом (Лубанг Насиб Багус, +423 м) и крупные отвесы (Лубанг Бенарет, -340 м). Здесь располагается интересная многоэтажная (более 6 этажей) система (Гуа Ер Джермин, рис. 22), полости с самыми крупными в мире залами (Лубанг Насиб Багус, зал длиной 700 м, максимальной шириной 450 м, высотой в среднем 100 м). Он имеет площадь 167 тыс. м<sup>2</sup> (26 футбольных полей) и объем более 25 млн. м<sup>3</sup> (10 пирамид Хеопса, рис. 22). В пещере Балем обнаружен зал размерами 300 на 150 м; протекает поток с расходом 100-400 м<sup>3</sup>/с, уровень которого за несколько часов повышается на 170 м.

### **Монголия**

В Монгольском и Гобийском Алтае известны небольшие пещеры в мраморовидных известняках. Здесь находятся также небольшие эологенные пещеры.

### **Непал**

На южных склонах Гималаев встречаются небольшие пещеры в известняках (Тита Гунта, 1500 м; Алопе Гунта, -63 м), известна значительная полость в конгломератах (Патале Чанго, 2959 м). Небольшие пещеры часто используются монахами как кельи. Известны также пещеры в леднике Аннапурна.

### **Оман**

Карбонатные массивы известны на юге и на севере страны. Самые крупные полости: Каф Хоти (4975/-262) и Хуфран Мисхаф (-200 м). Пока не проверены размеры пещеры Джабаль-Бани (4000/-400). В шахте Майлиз Аль Джинн (-178) описан крупный зал (58 тыс. м<sup>2</sup>).

### **Пакистан**

Крупных полостей здесь нет. Однако в 1976 г. английские спелеологи обнаружили на склоне массива Нанга Парбат самую высоко расположенную пещеру мира - Ракиот (6645 м). Она заложена в мраморах и имеет длину 75 м.

### **Россия (азиатская часть)**

*Спелеопровинция Большого Кавказа.* К территории России относятся те карстовые районы, которые располагаются в спелеообластях южного и северного склонов Главного Кавказского хребта (ГКХ), а также его осевой зоны.

Карстовые районы южного склона ГКХ в геолого-структурном отношении схожи с западными районами Грузии. В Сочинском районе (массивы Алек, Ахцу, Воронцовский и пр.) известно более 150 карстовых полостей суммарной протяженностью 50 км и глубиной почти 11 км. Самые крупные полости: Воронцовская (10640/-240), Назаровская (6500/-500), Географическая (3400/-310), самые глубокие - Ручейная - Заблудших (3100/-510) и Назаровская (-500 м). На Черноморском побережье встречаются небольшие (до 100 м) пещеры в карбонатном флише. В полостях южного склона были совершены серьезные спелеоподводные погружения - на 200/-48 метров пройден сифон в пещере Подземная Хоста.

На северном склоне и в осевой зоне ГКХ до 60-х гг. крупные полости ранее известны не были. Только в районе Кавказских минеральных вод и в Дагестане описаны небольшие карстовые (шахта Провал) и карстово-суффозионные формы. Исследования 70-90 гг. существенно изменили ситуацию. Описано более 200 полостей, в том числе - около 20 крупных. В осевой зоне: Крестик (10730/-633), Абсолютная (5000/-320), Парящая птица (1300/-565, Краснодарский край); в зоне северного склона - Майская (3110/-500) и Ростовская (-560 м, Ставропольский край), Университетская (2500/+365,

Сев. Осетия), Горло Барлога (-720 м, Карачаево-Черкессия). В западной полосе куэст (Краснодарский край) описано более 50 пещер в гипсах суммарной протяженностью 6,9 км. Крупнейшие из них - Аммональная (1464 м) и Гунькина-4 (680 м). На северном склоне ГКХ находятся также 11 пещер в конгломератах суммарной протяженностью 1287 м. Самая крупная - Фанагорийская (1110/-53, Краснодарский край).

В *Прикаспийской спелеопровинции* крупных полостей в карбонатных породах нет. Зато известны 5 пещер в гипсах, самая протяженная из которых - Баскунчакская (1480/-32).

В *Салаирско-Кузнецкой спелеопровинции* известно 15 крупных пещер суммарной протяженностью 23,8 км и глубиной 1,1 км. Крупнейшая - Ящик Пандоры (10100/-182).

В *Алтайской спелеопровинции* известно 10 крупных полостей суммарной длиной 10,8 км и глубиной 1,4 км. Длиннейшие из них - Алтайская (4175/-280) и Кекташ (1720/-340).

В *Саянской спелеопровинции* исследовано 15 крупных полостей. Наибольшая в известняках - Кубинская (3000/-274). В Майском спелеорайоне известно около 20 пещер в конгломератах, в том числе - крупнейшая в мире Большая Орешная (47500/-195, рис. 28). Кроме того, здесь расположены и такие крупные системы, как Баджейская (6000/-170), Темная (1360/-55), Сергеевская (1256/-66).

*Ленско-Енисейская спелеопровинция.* Ее исследования только начаты, пока известно около десятка крупных пещер: Ботовская (более 32000 м), Аргараканская (6300/-57), Гребневская (1030/-43) и Куртуйская (-144 м). Кроме того, описано около 20 полостей в гипсах, из которых самые крупные - Балаганская (1200/-20) и Худугунская (650/-12). Здесь находятся также небольшие пещеры в конгломератах. В Якутии на широте 68° 15' находятся самые северные в провинции Амбардахские пещеры (7-12 м), заканчивающиеся ледяными пробками. На Северной Земле (78-82° с. ш.) известны небольшие гидратационные полости в гипсах и ледниковые тоннели.

*Джугждурская спелеопровинция.* Пока известна только одна крупная пещера в доломитизированных известняках - Абогы-Дже (1400 м).

*Байкальская спелеопровинция.* Известно около десятка сравнительно небольших полостей. Крупнейшие - Мечта (830 м) и Политехническая (-60 м). Есть здесь и небольшие (до 10 м) пещеры в гранитах.

*Забайкальская спелеопровинция.* Пока известна одна крупная полость - Долганская яма (5100/-135).

*Приморская спелеопровинция.* На Дальнем Востоке обнаружено около 190 полостей, в том числе - Прощальная (3200 м), Стерегущее копьё (2100 м), Спасская (1000 м), Соляник (-125 м). Остров Сахалин насчитывает на сегодня 12 полостей, из которых крупнейшие - Вайдинская (287 м) и Каскадная (208 м).

*Камчатская спелеопровинция.* На Камчатке в 80-90 гг. обнаружены лавовые тоннели (Толбачинский дол, 550 м) и суффозионные пещеры в пирокластах.

В пещерах азиатской части России выполнен ряд интересных подводных исследований в пещерах Женевская (Саяны, сифон 100/-12), Большая Орешная (Саяны, 130/43), Кубинская (75/-70), Лысанская (6 сифонов: 25/-7, 10/-21, 25/-11, 170/-18 и др.).

### **Саудовская Аравия**

Карстующиеся породы занимают малую часть страны. Самые крупные полости находятся в ее центре (Даль Хит, 250/-88) и в горах на побережье Красного моря (Гар Насаб, 160 м).

### **Сирия**

Карстующиеся породы развиты широко, но пещер сравнительно мало. Мехталь ель Хелу размерами 200/-70; погружение в каптаж источника Фижех увеличило полость до 80/-40 м.

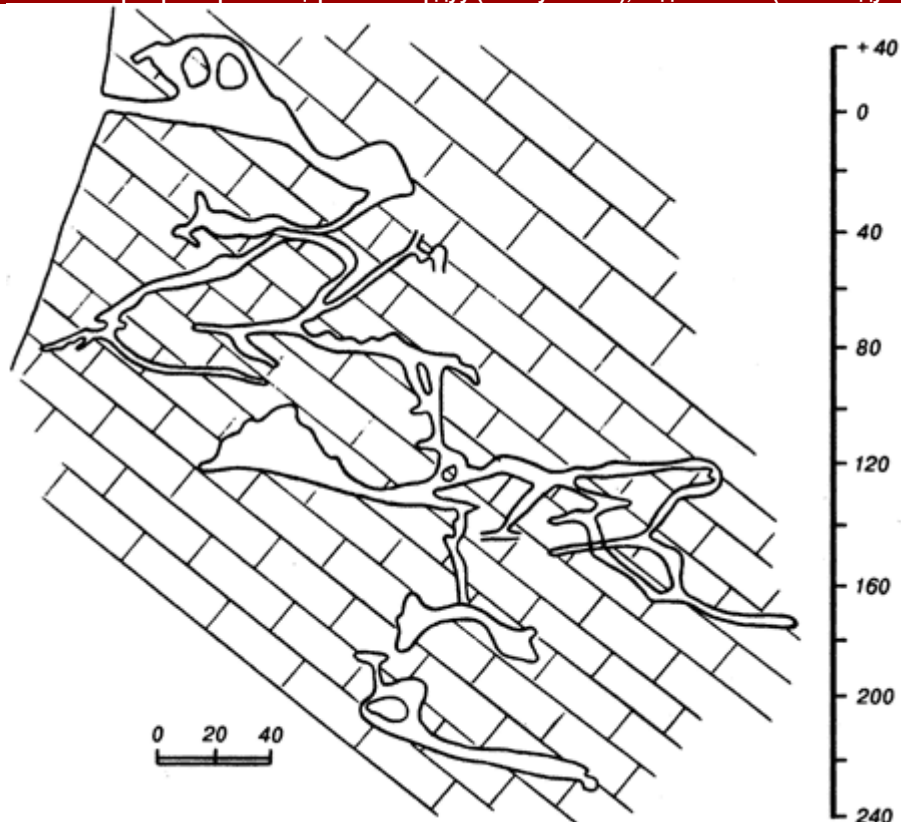
### **Таджикистан**

В пределах Памирской и Западно-Таджикской спелеообластей крупных полостей немного. Среди них выделяется гидротермокарстовая пещера Сыйкырдуу (Ранкульская) в известняках (2050/-268, рис. 53), пещеры соляных куполов Ходжа Мумын и Ходжа



Сартис - Днепропетровская (2500 м), Комсомольская (1800 м), Большого цирка (1150 м), обращают на себя внимание гипсовые пещеры хр. Петра Первого - 1000-летия Киева (392/126), а также - ряд полостей под ледниками. В районе озера Искандер-Куль известны небольшие пирогенные пещеры, а на Зап. Памире - хрусталеносные погреба в кварцитах (до 10 м). В горах Ак-Бель описана небольшая пещера в мирабилите.

Рис. 53. Разрез-развертка пещеры Сыйкырдуу (Рангкульская), Таджикистан (по Б. Ридушу).



### Таиланд

Активные исследования мощного карбонатного карста начаты в 80-е гг. Самые протяженные пещеры - Там Нам Ланг (6700 м) и Там Чианг Дао (5170 м), остальные - менее 5 км длиной. Большое количество пещер используется буддийскими монахами в качестве жилья или храмовых помещений. Это делает их исследования проблематичными.

### Туркменистан

В пределах Гиссарской спелеообласти самые крупные полости сосредоточены в западной части хр. Кугитанг-Тау. Крупнейшие в известняках - Кап-Кутан-Промежуточная (55000/ -210), Гаурдакская (частью заложена в гипсах, 11010/70), Хашим-Ойик (6400/-130). В Копетдагской спелеообласти находится небольшая (250/-69), но объемистая (75 тыс. м<sup>3</sup>) Бахарденская пещера с термальным (+35-37 °С) озером длиной 75 м, шириной 12 м и глубиной 14 м. Встречаются также небольшие (до 50 м) гидротермокарстовые полости с характерной минерализацией. Бахарденская пещера электрифицирована и посещается туристами.

### Турция

Более 20% территории занимают карбонатные породы, слагающие огромные массивы (Таврский хребет протяженностью 1000 км при ширине 100 км). На Анатолийском плоскогорье развит гипсовый карст, известно более десятка пещер длиннее 1 км, крупнейшие из них - Кизил-Елма (6250 м), Пинаргезю (5275/+248). Вертикальные полости в основном развиты на юге страны и достигают глубины 1195 м (Цукурпинар Дюдени); еще 20 полостей имеют глубину 100-300 м. Довольно много крупных полостей было вскрыто при гидротехническом строительстве, многие пещеры

затоплены. В Турции находятся самые протяженные карстовые водоносные системы (доказано опытами с окрашиванием): Хомат Бюрню Дюдени - Йеди Миярлар (75 км), огромные карстовые источники (Думанлы, минимальный расход 25 м<sup>3</sup>/с, максимальный точно не определен), удивительно красивые туфовые отложения (Паммукале) и многие другие карстовые объекты мирового значения. В Анатолии находится крупная пещера в конгломератах - Тиликер Дюдени (6600/-159) и небольшие пещеры в гипсах. На юго-востоке страны имеются полости экскавационного типа (пещерный город Дерен-Кую и пр.), а также - небольшие естественные пещеры в вулканическом туфе.

#### **Узбекистан**

В пределах Зеравшанской и Алайской спелеообластей в 80-90 гг. было открыто много примечательных полостей. В первую пятерку входят Бой-Булок (15000/-1415), Фестивальная-Ледопадная (13000/-165), Темная Звезда (4000 м), Уральская (2500/-565), Киевская (1829/-990). Это регион со значительными спелеологическими перспективами. На хр. Байсунтау известны также гипсовые пещеры: Байкобил (240 м), на Гиссарском хр.- Каптархона (950 м), Сувотар (330 м), Джетымкаляс (182 м) и др. На востоке хр. Кугитанг-Тау известны шахты в гипсах глубиной до 60 м. В одной из таких полостей обнаружены слепые пещерные гольцы. В Алайско-Туркестанских горах также обнаружена пещера в гипсах - Актурпак (137 м). Всего в пределах Узбекистана описано свыше 40 пещер в гипсах.

#### **Филиппины**

Карстовые полости известны давно (с 1820 г.), но исследуются только с 70-х гг. XX в. Известно около десятка крупных полостей, длиннейшие из которых - Сен-Поль (19000/+100) и Латипан (3975/-163).

#### **Шри-Ланка**

Крупных полостей на Цейлоне мало. Протяженность до 600 м имеют пещеры Истрипура и Истри-Галь-Иена. В районе Джаффны в карстовой шахте чешские аквалангисты достигли глубины -65 м.

#### **Япония**

До последнего времени в литературе сведений о карсте Японии почти не было. Сегодня известно около 20 пещер длиннее 2 км (длиннейшие - Акка-До, 7650 м. и Кусен-До, 488/-150 м) и столько же вертикальных полостей (Биакарен-До, -422 м; Оми Сенри-До, -365 м; Нанагава-До, -345 м. и пр.). Пещера Акиоши-До (2000 м) с 1907 г. открыта для туризма. В Японии известно более десятка крупных лавовых пещер (Мицуике-Ана, 2165 м; Хашийу, 1404 м), достигающих глубины -127 м (Цинза). Большинство из них расположено у подножья Фудзиямы. Кроме флюационных известны и эксплозионные полости различных размеров.

### **6.3. Африка ужасна. Африка опасна...**

К концу XX в. на территории Африканского материка образовалось более 40 независимых государств, 30 из которых могли похвалиться пещерами. До 60-х гг. считалось, что здесь их немного. Исследования 70-90 гг. несколько изменили эти представления.

#### **Алжир**

В горах Атласа известно более 10 крупных пещер (длиннее 1 км), в том числе - Рхар Бумаза длиной 18400 м, которая была исследована (до сифона) еще в 1936 г. В Джур-Джуре исследовано 290 вертикальных полостей, среди которых выделяются Ану Иффлис (1600/-1170) и Ану-Буссуйль (3200/-805). В Северном Алжире известны отложения эвапоритов с довольно крупными пещерами в гипсах - Дахредж (2028/-212) и в соляных диапирах - Джельфа (282/-52). В Атласе описаны гидротермокарстовые полости Эль-Абед и Уэд-Зундер.

#### **Ботсвана**

На северо-западе страны пока известна лишь одна крупная пещера - Дротски (1200 м).

### **Габон**

Известно несколько обводненных пещер в доломитах: Кессинугу (1552 м), Ластуревиль (1352 м), Бонголо (1150 м) и др. Имеются полости в песчаниках и железистых кварцитах (пещера Фокон включает в себя зал площадью 100 м<sup>2</sup>).

### **Гвинея**

Пещеры расположены (в основном) в кембрийских известняках, перекрываемых доломитами, конгломератами и песчаниками. Входы в эти полости расположены на бортах каньонов. Самые крупные - Тиуки (400 м) и Плантации (400 м). Известно еще около десятка пещер длиной 300-100 м.

### **Заир**

В докембрийских известняках заложено около десятка пещер длиной более 600 м, глубиной менее 70 м. Самая крупная - Питанги (7000 м).

### **Замбия**

На месторождении ванадиевых и свинцово-цинковых руд Кабве (Брокен-Хилл) горными выработками вскрыты пещеры в известняках палеозоя с богатой минерализацией. Здесь же и в районе Бахи обнаруживают пещеры в доломитах с бобовой рудой, а также - вулканогенные полости.

### **Зимбабве**

В 100 км от Хараре находится известная пещера Хирородзина с подземным озером. Его промеренная глубина 172 м, пройденная с аквалангом - 103 м.

### **Кения**

Развиты в основном вулканические пещеры-потоки. Самая крупная из них - Левиафан (12400/-465), остальные полости (Кимикия, Канджунго) не превышают по длине 1,5 км. На склоне вулкана Элгон расположена одноименная пещера, которую часто посещают слоны в поисках минеральной соли. В пещере Каймейлина добывается гуано летучих мышей.

### **Коморские о-ва**

Известны небольшие пещеры в лавовых потоках (Картала, 70 м).

### **Конго**

В докембрийских известняках описано несколько пещер: Кила-Итари (1500 м, красивый зал 400x50x30 м) и Мейа-Нуари (988 м).

### **Ливия**

Пещеры расположены в основном в окрестностях Триполи и Бенгази. Самые крупные в гипсах - Умм эль Масаби (3593/+52), в известняках - Букарма (2256 м) и Масаби (2117м). Их глубина не достигает стометровой отметки.

### **Мавритания**

Карстовые пещеры отсутствуют. Пещера Лапен (84 м) заложена в песчаниках.

### **Мадагаскар**

Карстующиеся карбонатные породы юрского, мелового и эоценового возраста развиты в основном вдоль западного берега острова. На хр. Анкарана исследовано около 100 км пещерных ходов. Часть из них обводнена. Самые крупные - Амбатохаранана (18100 м), Андрафиабе (12030 м), Амбатоан-жахара (10810 м) и Ансатрабонко (10475 м). 12 пещер - протяженностью от 9 до 2 км; самые глубокие шахты (Толикиси, -160 м) располагаются на юге острова. Пещеры Анкарана известны популяцией нильских крокодилов, заплывающих довольно далеко в их широкие галереи. На севере и в центре острова, а также на о-ве Реюньон (Маскаренские о-ва) находятся небольшие пещеры в лавовых потоках (Шип, 52 м; Роземунда, 40 м).

### **Марокко**

15% территории страны (100 тысяч км<sup>2</sup>) занято известняками. Велико количество пещер в Среднем Атласе. Длиннейшие из них - Вит Тамдун (7550 м) и Гхар Хара (6200 м), глубочайшая - Кеф Тогобеит (-713 м). Около 20 полостей имеют длину более 1 км и глубину более 100 м. Довольно много обнаружено пещер под покровом базальтов. В

Центральном Марокко известны пещеры в песчаниках: Гхар Горан (1670 м), Гхар-Абден (-105 м) и пр.

#### **Мозамбик**

Карстовые пещеры здесь неизвестны, но в последние годы выявлены псевдокарстовые полости в карбонатитах Маамбе и Саламбидуа, имеющие вид камер (размерами до 11x50x20 м), богато украшенных натекми. Кроме того, известны небольшие карстово-суффозионные формы под железистыми кирасами и гидротермокарстовые пещеры.

#### **Намибия**

В последние десятилетия карстовые пещеры выявлены в доломитах и известняках округа Отави (Гхауб, 1070/-31). Отмечены большие провальные формы с озерами на дне: Гуинас (-153 м), Отийкото (-60 м при диаметре 160 м), Харасиб (промерено -153 м, пройдено с аквалангом -110 м). В Драконовой пещере в 1986 г. обнаружено самое крупное в мире подземное озеро (1,9 га, рис. 35). Известна также довольно большая пещера в песчаниках - Мюнстерланд (9448 м) и гидротермальные полости на свинцово-цинковом месторождении Цумеб.

#### **Нигерия**

Карстовые полости неизвестны. Описаны пещеры в гранитах (17 м), базальтах (Касса, 45 м) и в песчаниках (Охе, 90м).

#### **О-ва Зеленого Мыса**

На островах встречаются небольшие (до 80 м) лавовые пещеры.

#### **Руанда**

Развиты только лавовые пещеры: Музанзе (4560/-210), Нирабадого (1500 м), имеющие вид тоннелей.

#### **Сейшельские о-ва**

Наличествуют небольшие (до 50 м) пещеры вулканического происхождения.

#### **Сомали**

Небольшие пещеры расположены в окрестностях города Бербера.

#### **Судан**

Небольшой тоннель (100 м) в песчаниках.

#### **Танзания**

Множество небольших карстовых пещер. Лишь одна из них - Ндули - имеет значительную протяженность (3500 м). На склоне вулкана Килиманджаро в базальтовом потоке на высоте 5250 и 4690 м заложены две лавовых пещеры: Ганс Мейер Нижняя и Верхняя, длиной до 10 м. Они входят в число самых высоко расположенных пещер мира.

#### **Тунис**

Значительная часть Туниса сложена пермскими известняками и доломитами. Длиннейшие пещеры Рхар Тсаб (2600/+100) и Рхар Джебел (1700/+160...-107). Еще семь полостей вытянулись более чем на 150 м.

#### **Уганда**

Пещера Нупрабедого (1500 м) в вулканических туфах, а также - Батендига, Сипи и пр.

#### **Чад**

В палеозойских песчаниках нагорья Тибести встречаются небольшие (30-40 м) эологенные, а в кристаллических сланцах - гипергенные пещеры. Многие из них представляют археологический интерес (Кешу). Экструзивные полости достигают огромных размеров - провал Тру-о-Натрон имеет глубину-1160м.

#### **Эфиопия**

Сложена в основном изверженными породами, и карстовые пещеры проявляются лишь в нескольких местах. Самая крупная - Соф Омар (15100 м), заложена в юрских и меловых известняках, с прослоями гипсов и глинистых сланцев. Они покрыты базальтами, которые местами прорезала река Вебб, образовав в своем меандре лабиринт. Пещера хорошо исследована (в том числе - и советскими спелеологами), посещается паломниками. Планируется, что она превратится в туристический объект. Известны

также несколько значительных пещер (2500-300 м) и неглубоких шахт. Самая крупная из них - Моху (-192 м). На побережье Красного моря (о-ва Дахлак) встречаются рифовые пещеры.

#### **Южно-Африканская республика**

Наиболее развиты пещеры в провинциях Трансвааль и Кап. Они заложены в окремнелых доломитах, а также в мощной (до 200 м) толще кварцитов и диабазов. Самые крупные - Апокалипсис (11685/-85) и Вандерфонтейн (9420 м). Около 20 пещер имеют длину более 1500 м. Самые глубокие - Бушменсгат (-283 м), Вестрифонтейн (-183); еще 6 полостей глубиной более 90 м. В шахте Бушменсгат обнаружен огромный заполненный водой зал, имеющий объем 4,4 млн. м<sup>3</sup>. Около 20 пещер описано в кварцитах (Магнет-Кейв, 2400 м; Могото, 1615 м; Смагглер, -75 м. Монтагу, +80 м). Еще в 1870 г. открыта пещера Кэнгоу (5275 м), заложенная в "поставленной на голову" толще конгломератов, песчаников и сланцев. Она отличается большими размерами залов (Амфитеатр - 22x35x35 м), богато украшена всевозможными натекками и является объектом международного туризма. Особенности геологического строения Южной Африки способствуют образованию очень крупных обводненных полостей.

К Африканскому континенту принадлежит также ряд островов, входящих в состав европейских государств.

#### **Азорские о-ва (Порт.)**

Состоят из 9 крупных островов. На о-ве Терсейра находится лавовая пещера Грута дос Балкос (2713 м) и еще 9 пещер протяженностью более 250 м и глубиной до 90 м. На о-ве Понта Делгада описана пещера Фабрика дель Табакко (1200 м).

#### **О-ва Мадейра (Порт.)**

Насчитывается около десятка лавовых тоннелей протяженностью менее 100 м.

#### **Канарские о-ва (Исп.)**

На о-вах Тенерифе, Лансароте, Гомера, Сан-Пабло и др. спелеологам известно более десятка крупных лавовых пещер. Крупнейшая - Куэва дель Виенто (9891/-515, рис. 9). Она состоит из трех расчлененных обвалами пещер: Лос Бреверитос, Лос Пикетос и Сан Маркос, располагающихся на склоне вулкана Тенерифе, в базальтовом потоке, на толщу более древних базальтов и пирокластов. Второе место занимает пещера Куэва де Дон Джуство (7323/-143), третья - Лос Вердес (6100 м). Теория образования флюационных полостей разработана на основании их изучения. Особое место занимает тоннель Атлантида (2200/-64). Его конечная часть протяженностью 1618 м уходит на 30 м ниже уровня океана и была исследована аквалангистами. Пещера образовалась при последней трансгрессии Мирового океана и потом была затоплена водой.

### **6.4. ...И остров Кенгуру**

#### **Австралия**

Изучение пещер Австралии было начато в 30-40 гг. и приобрело современные формы в конце 50-х гг. XX в. Карст развит в основном в известняках (от кембрийских до четвертичных), которые распространены весьма широко (плато Налларбор - 120 тыс. км<sup>2</sup>). Пещеры обнаружены в пяти штатах из шести. В *Западной Австралии* находятся крупнейшие пещеры в мелах и в мелоподобных известняках - Мулламулланг (10800 м) и Коклебидди (6500 м); в *Южной Австралии* - Кора-Линн (13000 м) и Виктория (3060 м); в *Квинсленде* - Кафедральная (6000 м) и Джонсенс (5225 м); в *Новом Южном Уэльсе* - Дженолен (7520 м) и Ланниганс (6000 м); в *Тасмании* - Мини-Мартин (16000 м) и Айс-Тубе (8000 м). Кроме того, наблюдается более полутора десятков пещер длиннее 2 км.

Из всех пещер Австралии выделяется Коклебидди. Она расположена в центре огромного плато Налларбор, на высоте 90 м над уровнем океана. Со дна вытянутой провальной воронки длиной 120 м начинается галерея диаметром около 30 м. Она затоплена водой, уровень которой почти постоянен. Ближняя часть пещеры посещалась еще аборигенами (40- 20 тыс. лет до н. э.). В 1930 г. вход в нее был нанесен на карту, а в

1932 г. капитан Томпсон проплыл по озеру около 150 м. После преодоления в 1976 г. 1-го сифона (1000/-12) был обнаружен зал, за которым находится 2-й сифон (2500/-27) и второй зал. 3-й сифон пройден в 1983 г. на 1780/-18 м. Это погружение потребовало усилий 30 аквалангистов, в промежуточные лагеря были доставлены с поверхности 120 баллонов со сжатым воздухом...

Самый большой подземный зал Австралии находится в пещере Вернете Спрингс (Кимберли). Зал имеет длину 200, ширину 80 и высоту 20 м. Многие карстовые пещеры Австралии доступны для туристов. Особенно выделяются богато украшенные натеками пещеры Нового Южного Уэллса: Дженоленская (7250 м) и Мамонтова (3510 м).

Полости материковой части Австралии неглубоки: только система Эгль Нест в Национальном парке Костюшко (Нов. Южн. Уэллс) отличается довольно большой глубиной (3600/ -174). Все 23 глубокие шахты расположены на о-ве Тасмания. Из них можно выделить Анне а Кананда (3000/-373), уже упоминавшаяся Айс-Тубе (8000/-354) и Хазард-Дам (-323 м).

На восточном побережье Австралии находится множество пещер вегетационного происхождения (Большой Барьерный риф), которые можно исследовать лишь с аквалангом. Они имеют небольшие размеры (до 100 м) и причудливые очертания. Богата Австралия и некарстовыми пещерами, например, несколько пещер в гранитах, наибольшая из которых - Галия (600/-120). Лавовые пещеры распространены в Квинсленде (пещеры в базальтах Баркер, 723 м; Бунитских гор, 40 м; Виктории (Гамильтон, 1190 м; Скinton, 70 м). Они имеют форму тоннелей с плоским дном и арочным сводом высотой до 5 м. В песчаниках выделяются пещеры штата Виктория (Биг-Холе, -113 м) и Нов. Южн. Уэллса (Фансей-Вет, 240 м), кроме того, в песчаниках Южной Австралии много небольших коррозионных пещер. В Квинсленде и Виктории были обнаружены гравитационные пещеры длиной до 600 м.

#### **Вануату**

На одном из островов Новых Гебрид известна пещера Сивери (125 м).

#### **Западная Самоа**

На о-ве Упоу можно отметить пещеру Фалемаунга (1100 м), а также лавовую пещеру Пеа-Пеа (1000 м), по которой протекает подземная река.

#### **Новая Зеландия**

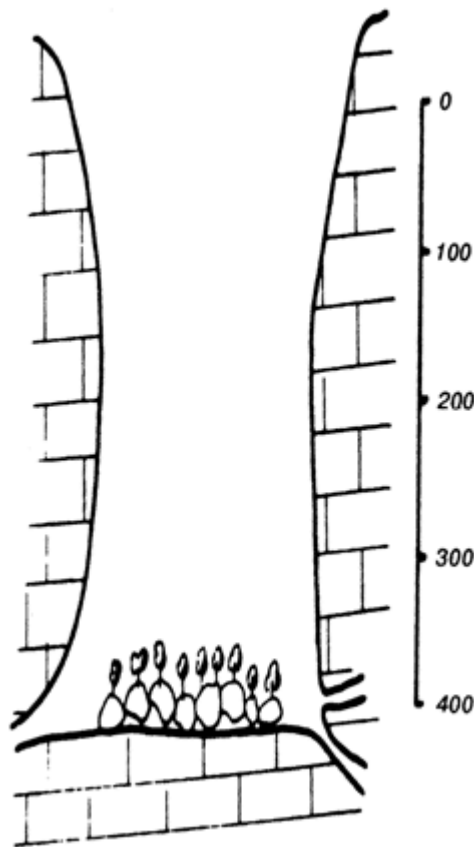
На северном острове располагается 15 протяженных (свыше 3 км) пещер. Среди них выделяются Гарднес Гут (11890 м), а также - туристские пещеры Руакири (3764 м), Аранзи и Уайтомо, примечательные огромными колониями светляков. На южном острове в ордовикских известняках и мраморах, слагающих Южные Альпы, находятся 6 крупных пещер, среди которых Балмер (39500 м), Наттлебед (22600/-693) и Хонейкомб (13150 м). Здесь же находятся все глубокие шахты Новой Зеландии: глубиной -693 м (Наттлебед), -623 (Н-Холе), -438 м (Балмер), а также 18 полостей глубиной 370-200 м.

На севере острова находятся туристские пещеры Те-Анароа и Нгаруа-Марбл, а на востоке - морской грот в известняках Маори-Леа, богато украшенный натеками. К областям современного вулканизма примыкает большое количество лавовых пещер. Тоннель Вири в базальтах близ Окленда протянулся на 300 м.

#### **Папуа-Новая Гвинея**

Это государство располагается в восточной части о-ва Новая Гвинея и на расположенных к северу от него островах. Располагаясь в приэкваториальной зоне (3-10° с. ш.), имея значительную высоту горных хребтов (2-4 км), получая огромное количество осадков (3-5 тыс. мм), эта территория, покрытая тропическими лесами, обладает очень высокой активностью карста.

Рис. 54. Разрез шахты Минье, Папуа-Новая Гвинея /35/.



диаметр 400 м, глубину 350 м и объем 26 млн. м<sup>3</sup>. Французские, англо-канадские и другие международные экспедиции исследовали здесь около 50 пещер, в том числе 10 полостей длиной более 10 км и 15 вертикальных систем, "закопавшихся" более чем на 200 м. В их числе такие гиганты, как Мурук (-1141 м), Минье (-468 м), Наре (-400 м). Их особенностью являются огромные размеры и большая обводненность (подземные водотоки переходят в водопады до 100 м высотой при расходе 10-50 м<sup>3</sup>/с).

Работа в таких условиях предъявляет особые требования к технической и психологической подготовке спелеолога. Особенно угнетает постоянный грохот воды, в котором "тонут" все остальные звуки. Именно поэтому отдельные залы пещеры Наре получили названия Апокалипсис, Армагеддон и пр. Исследователей ждут новые открытия...

Крупные пещеры можно встретить и на о-вах Бугенвиль (Кериака с залом объемом 5 млн. м<sup>3</sup>), Кайлеуна (Ббабвату, 800 м), Нов. Ирландия (вертикальные шахты), Тробриан (пещеры Сикау, 2500 м; Киривина, 682 м и др.).

#### **Соломоновы о-ва**

Пещеры известны на о-вах Санта-Исабель (Бишоп, 658 м; Колокофа, -80 м) и Гвадалканал (Мбао Хол, 364 м).

#### **Тонга**

На островах архипелага обнаружено свыше 20 небольших пещер, в том числе - Ана-Аху (-60 м).

#### **Фиджи**

На о-вах Вити-Леву задокументировано несколько карстовых пещер (Ваилотуа, 1670 м; Салиалеву, 920 м; Удит, 790 м; Ваинибуку, 240 м) и лавовая пещера Ваимагуере (400 м).

Кроме того, в Океании находится ряд островов, принадлежащих другим государствам. На них также имеются пещеры.

#### **Гавайские о-ва (США)**

Пещеры на о-ве Гавайи, на склоне вулкана Килауза, входят в Национальный вулканический парк и частично оборудованы для туризма. Наибольшая из них -

На о-ве Новая Гвинея, на хр. Мюллера в 1993 г. обнаружена самая крупная в мире карстовая форма длиной 1100 м, глубиной 310 м и объемом 250 млн. м<sup>3</sup>. Здесь же находятся системы Мамо Кананда (54 800/-528) и Атеа Кананда (34500/-350); на хребте Гинденбурга - Селминиум Тем (20500 м), а также несколько пещер длиной до 2 км. Соседствуют с ними и системы со значительным вертикальным развитием: Малемули (-420 м), Арем Тем (-334 м), Кананда Нейова (-314 м) и Ули Гурия (-314 м) и несколько полостей глубже 200 м. В пещерах Корикуби и Бенуа обнаружены залы объемом по 5 млн. м<sup>3</sup>.

"Спелеологическим раем" оказался остров Новая Британия. В 70-е гг. при изучении аэрофотоснимков здесь были обнаружены огромные провалы: Луз имеет диаметр 750 м, глубину 225 м, объем 60 млн. м<sup>3</sup>, а шахта М -

Казумура (60024/ -262). Она имеет вид тоннеля шириной 0,5-4,0 м, принимающего притоки. Известны также пещеры Аинахоу (7100/-352), Оффал (3400 м), Терстон (1000 м). На склоне вулкана Мауна-Кеа расположен лавовый тоннель Каумана (2300 м). Лавовые сталактиты и извилистые сталагмиты обосновались во многих пещерах.

#### **Новая Каледония (Фр.)**

Во мраморовидных известняках эоцена заложены пещеры Адио (3900/-120) и Кумак (3700 м) с красивыми натёками на стенах.

#### **О-ва Пасхи (Чили)**

На этих островах находится более 50 небольших вулканических пещер флюационного и эксплозионного типов, описанных Т. Хейердалом. В спелеологическом отношении они изучены слабо. Пещера Атана интересна лавовыми сталагмитами.

#### **О-ва Таити (Фр.)**

На островах архипелага известно несколько лавовых пещер (Мараа и пр.). Некоторые из них украшены лавовыми сталагмитами.

На многих островах из групп Лайн, Маркизских, Туамоту, Общества, Тубулаи, Кука, Феникс, Гилберта, Тувалу, Тонга, Фиджи, Соломоновых, Новых Гебрид и пр. таятся коралловые пещеры. Данные о них отрывочны.

### **6.5. Открытие Америки**

На территории материка и прилежащих к нему островов Вест-Индии располагается 24 независимых государства, из которых пещеры есть в 15 (рис. 48).

#### **Багамские о-ва**

Архипелаг сложен коралловыми известняками. Поверхность островов равнинная, высотой до 60 м. Их окружают участки затопленного океаном мелководья. Карстовые полости - это провальные колодцы на дне "голубых дыр" - озер, сообщающихся между собой и с океаном затопленными ходами. В 70-е гг. аквалангистами были начаты их активные исследования. Наиболее известна пещера Лукейан с 7-ю входами (9184 м) на о-ве Б. Багама и Блю-Хоулз (900 м) на о-ве Андрос. Самая глубокая - Нормане Кастьль (-70 м) на о-ве Б. Абако.

#### **Барбадос**

Самая большая - пещера Боуманстон (1646/-90). На других островах архипелага (Барбуда, Аруба, Кюрасао) известны пещеры протяженностью до 480 м.

#### **Белиз**

Это небольшое государство располагается на юго-востоке полуострова Юкатан. Пещеры в карстовых останцах-моготе (общей протяженностью несколько километров) были известны еще племенам майя (VII-XI вв.). Исследования конца 70-х годов XX в. выявили более 40 км пещерных ходов. Самая протяженная - система Тун Кал (11100 м) с гигантским залом Белиз (450x20...200x65 м). За нею следуют Актун "А" (7000 м), Актун Чак (4500 м) и др. Самая глубокая - Актун АбулХа (-113м).

#### **Гаити**

Исследования начаты в 80-е годы XX в. Самые большие пещеры: Сене (1668 м), Порт-а-Пиме (1000 м) и Конубуа (900 м), самая глубокая - Бим Сежур (-167 м). Известно много шахт глубиной менее 100 м.

#### **Гватемала**

На территории этой страны пещеры отличаются большой обводненностью и богатыми археологическими находками. Самая большая система - Рио Канделяриа (21980 м), за ней следуют Куэва Вероника (7900 м, 18 входов), Куэва дель Мико (4300, 12 входов), Куэва де лос Нацимиентос (3800 м, 12 входов) и ряд более мелких полостей. Самые глубокие - шахты Маль-Паис (240 и 210 м). Все они заложены в мезозойских и неогеновых известняках. Самый большой зал Теул Такка имеет размеры 200x150x60 м. Несмотря на то, что здесь развит тропический карст, по данным Д. Новака, на плоскогорье Матанес обнаружены пещеры со льдом.

#### **Гондурас**

Сведений о пещерах этой страны очень мало. Упомянуты пещеры Куэва Мазикаль (1350 м) и Сумидор Маугуаль (420 м).



### **Доминиканская республика**

Известна пещера Монантиалес (500 м).

### **Канада**

Исследования пещер начаты в 1860 г., однако наиболее активно развернулись через 100 лет, в 60-70 гг. XX в. Большинство крупных пещер расположено на западе, в провинциях Британская Колумбия (18 шт.) и Альберта (3 шт.). Самые крупные - Кастельгард (18646/-387) подледником Колумбия и Арктомис (3496/-53, рис. 22). На втором месте - Йоркшир-Пот (7100/-384). Крупный карстовый район с несколькими сотнями полостей располагается на Северных территориях (Наханни). В провинции Новая Шотландия известна небольшая пещера в гипсах (100 м).

Из некарстовых пещер выделяются: в гранитах - Мышиная (пров. Онтарио, 100 м), дислокационные пещеры в известняках (Сангуэна, 317 м, пров. Квебек, рис. 13) и пещера во льду ледника Клутан (Юкон, 50 м).

Лучше других изучена система Кастельгард, на которой отработаны многие теории спелеологии и гидрогеологии карста. Эталонным для перигляциальной зоны является район Наханни.

### **Коста-Рика**

Исследования начаты в 70-е гг. XX в. Обнаружено несколько горизонтальных (Габинараха, 1500 м) и вертикальных полостей глубиной до 170 м.

### **Куба**

Исследования начал А. Н. Хименес в 40-е гг. XX в. На Кубе развит классический останцовый карст. Самые крупные системы - Санто-Томас (44615 м), Лос Пердидос (26000 м), Майагуас-Кантера (23500 м). Кроме того, известно еще около десятка пещер длиной от 12 до 3 км. Самая глубокая - Кубамадьяр (-396 м), получившая название в честь венгерско-кубинской экспедиции; известно еще 6 полостей глубже 100 м. Во многих пещерах находят следы, оставленные индейцами доколумбовых времен (пиктограммы на стенах).

### **Мексика**

История мексиканской спелеологии восходит к периоду расцвета культуры майя. Первые серьезные исследования начаты в 30-е гг. и получили особое развитие после 60-х гг. XX в. Мексика - страна контрастов: это и холмогорье, и горы с высотой до 4 тыс. метров, мощные карстовые плато с классическим карстом и вулканы. Здесь известны шесть систем протяженностью более 20 км: Пурификасьон (87000 м), Хохо Нах Хич (64000 м), Дос Ойос (57000 м), Уайютла (55953 м), Шеве (23300 м) и Куэтцатлан (22432 м), а также более 40 полостей длиной от 20 до 3 км. По глубине выделяются Уайютла (-1475), Чуикатеко (-1386 м), Кийяхе Хонтья (-1209) и свыше 50 полостей глубиной более 300 м. Многие из них представляют сложнейшие спелеологические объекты, привлекающие международные экспедиции. По глубине входной шахты выделяется Сотано де лас Голондринас, имеющая сплошной пролет 333-376 м (в зависимости от точки навески), огромный зал на дне (300x120 м) и общую глубину 512 м.

Кроме карстовых, в Мексике находятся небольшие лавовые пещеры (Волканилло, 550/-137). В Мексике находится самый большой в мире, ныне осушившийся карстовый сифон Ла Хойя де Зимапан (320 м) и самый глубокий сифон, пройденный с аквалангом (Мантле, -265 м).

### **Панама**

Пещер здесь немного. Куэва Чирибрилло состоит из трех изолированных ходов длиной 340, 94 и 30 м.

### **Сальвадор**

Здесь известна небольшая пещера Нанарита в лавах (179 м).

### **Соединенные Штаты Америки**

Карстующиеся породы слагают более 10% территории США. В 26 штатах известно более 30000 полостей разных типов (рис. 48). Крупных (более 10 км) пещер в известняках больше всего в штате *Кентукки* (6 шт., в том числе - Мамонтова, 563,5 км, рис. 23; Фишер Ридж, 125,6; Слоан, 39,6 и Хидден, 29,3 км); *Виргинии* (6 шт., в том числе

- Орган, 63,6 и Гринбрийер, 36,8 км); *Теннесси* (12 шт., в том числе - Кумберленд, 44,4 и Хенеди, 38,3 км); *Миссури* (4, в том числе - Кревич, 45,6 и Мистери 25,5 км). В штатах *Нью-Мексико*, *Индиана* и *Алабама* известно по три крупных пещеры (Лечугия, 143,8 и Карлсбадская, 49,7 км; Блю-Спрингс, 51,3 и Бинклей, 30,7 км; Ферн, 25,5 и Энвилл, 20,4 км); в штатах *Калифорния*, *Техас*, *Арканзас* и *Миннесота* - по две (Биг-Фут, 16,1; Поуэлл, 20,4; Фаттон, 13,1; Мистери, 19,6 км) и, наконец, в штатах *Монтана*, *Иллинойс* - по одной (Биг-Хорн, 16,3 и Фоглеполь, 14,5 км). Четыре самых протяженных пещеры США - Мамонтова (*Кентукки*, 563,5 км), Лечугия (*Нью-Мексико*, 143,8 км), Джебел и Винд (*Южная Дакота*, 170,4 и 125,8 км). Всего в США известно более 70 пещер протяженностью 100-11 км и свыше 260 - длиной 10-3 км. В других штатах пещеры (в карбонатных породах) имеют значительно меньшие размеры.

Крупные вертикальные полости (глубиной более 200 м) известны в 12 штатах. В *Нью-Мексико* и *Монтане* их по три (в том числе - Лечугия, -485 м и Силвертип, -321 м), по две - в *Вайоминге*, *Юте*, *Теннесси* и *Виргинии* (в том числе - Колумбина, -472; Биг-Бруш, -261; Балл, -226; Бобкэт, -214 м), по одной - в *Калифорнии* (Биг-Фут, -367 м), *Джорджии* (Эллисон, -324 м); *Айдахо* (Папуза, -252 м); *Ю. Дакоте* (Винд-Кейв, -214 м); *Вашингтоне* (Але, -214 м); *Колорадо* (Испанская (-203 м). Три самых глубоких полости США - Лечугия (*Нью-Мексико*, -485 м), Колумбина (*Вайоминг*, -472 м) и Больших Надежд (*Вайоминг*, -426 м).

Значительно меньше пещер в сульфатных породах. Известно более 20 пещер в гипсах: длиннейшая - Джестер (*Оклахома*, 9672 м), глубочайшая - Милл Рейс (*Нью-Мексико*, -110м).

США богаты и некарстовыми пещерами. Более 20 пещер известно в гранитах и гнейсах: крупнейшие - ТСОД (*Нью-Йорк*, 3977 м) и Грин-Хорн (*Калифорния*, -152 м). Более 30 полостей - в лавах: крупнейшие - Лабиринтовая (*Калифорния*, 5661 м) и Южный грот (*Айдахо*, -210). В шт. *Вирджиния* примечательны пещеры Эйп (3904 м), Дедхорс с подземным озером (1600 м), Фалл-Крик (2797 м), Динамитная (2243 м); в шт. *Айдахо* в Национальном парке Кратер Луны имеется более десятка лавовых пещер - Рет-о-Голд (2250 м), Шошон (-152 м), стены которой покрыты льдом; в шт. *Калифорния* много пещер в четвертичных базальтах: пещера Шафта имеет длину 1500 м при ширине 6-20 м и высоте 20 м. В шт. *Нью-Мексико* известен лавовый тоннель Трикет-гуано (1590 м), а в шт. *Юта* - тоннель Дюк-Крик (3674 м), имеющий высоту до 178м.

В песчаниках крупнейшие - Клер-Спрингс (*Калифорния*, 327 м) и Паютч (*Аризона*, -165 м); в сланцах - Оленья (*Вермонт*, 180 м) и Три-Стар (*Вермонт*, -39 м); в известковых туфах - Глиняная (*Калифорния*, 180 м). До 1965 г. пещера Паридиз (*Вашингтон*, 24140 м) считалась длиннейшей во льду. В связи с активным таянием ледника Стевена ее длина непрерывно сокращалась (1975 г.- 16093 м, 1979 - 14789 м, 1981 - 6598 м). В настоящее время ее уже не включают в списки длиннейших (рис. 14).

В шт. *Флорида* находятся крупные пещеры, исследованные с аквалангистами. Это система Кафедрал-Фальмут (10222м, 1985 г.) и Пикок-Спрингс (6507 м, 1980 г.). В 1992 г., после соединения пещер Нахарон и Майя-Блю здесь возникла самая большая в мире система Леон-Синкс (16734 м), насчитывающая 26 входов.

До последнего времени считалось, что на *Аляске* карста нет. Однако исследования, начатые в 1993 г., привели к открытию на островах ее юго-западной части (Принца Уэльского, Хесета, Долл-Айленд) около 50 крупных (с отвесами более 100 м) полостей. На материковой части Южной Аляски имеется много пещер во льду, протяженность которых не превышает 1 км.

### **Тринидад и Тобаго**

Пещера Оропуше Кумака имеет длину 221 м.

### **Ямайка**

Известно более 400 пещер, 12 из которых превышают в длину 2 км. Самая длинная - Стил Уотерс (3797 м), а глубокая - Данн Холе (-229 м). Имеется еще более десятка шахт глубже 100 м. Известна также пещера Гранд Буш в гипсах (107м).

К американскому континенту относится ряд островов, принадлежащих различным государствам. На некоторых из них также имеются пещеры.

#### **Бермудские о-ва (Брит.)**

Группа коралловых островов (около 300) находится в Атлантическом океане, в 900 км от берегов Северной Америки.

Располагаются они на вершинах потухших вулканов. Полости формировались во время последнего оледенения. Уровень воды в океане был намного ниже, и сейчас они полузатоплены. Известно более 300 пещер, самая протяженная - Грин Бей (1970 м), самые глубокие - около 70 м, в том числе - 26-13 м под уровнем океана.

#### **Гренландия (Дат.)**

На Земле Вульфа (80° с. ш.) В. Дэвис исследовал небольшую пещеру в известняках. Не исключено нахождение полостей в освобождающихся ото льда юрских и меловых карбонатных породах. На Земле Расмуссена (77° с.ш.) американские военные инженеры в 1960 г. построили подледную базу Камп-Сенчери. Она находится на абсолютной высоте около 1400 м, в верхней части 1380-метровой толщи льда. В момент заложения мощность льда над полостями была 20 м, сейчас она возросла до 50 м. Поселок состоит из нескольких улиц общей протяженностью до 1 км, жилых домов, больницы, инженерных сооружений. Тепло и свет обеспечивает атомный реактор. Своды тоннелей укреплены металлическими балками. Станция медленно сползает вместе со льдом к заливу Ингфилд, до которого осталось около 50 км. Это классический пример полости конструкционно-экскавационного типа.

#### **Мартиника (Фр.)**

На острове известны пещеры-онкосы и значительная пещера Миллгарди (250 м) в пирокластах.

#### **Пуэрто-Рико (США)**

Самые крупные системы - Рио-Энкантадо (16910/-250) и Рио-Камуи (8900/-180), хорошо изученные американскими спелеологами. Еще семь пещер имеют протяженность 3500-1000 м. Пещера Эмпальме (1000) благоустроена.

### **6.6. В стране гуахаро**

Исследования пещер Южной Америки были начаты в 1800 г., когда А. Гумбольдт посетил пещеру Гуахаро в Венесуэле. Он углубился в известняковый массив на несколько сотен метров и спугнул десятки тысяч птиц, "хлопанье крыльев которых и крики звучали, как рев бури". В поисках истоков р. Ориноко А. Гумбольдт посетил обширную пещеру под водопадом Атурсес, где им были описаны светящиеся микроорганизмы на нитчатых водорослях. Только в середине XX в. подобная находка была сделана в пещере Уайтомо (Новая Зеландия). В пещере тектонического происхождения Гумбольдт обнаружил кладбище индейцев, положив тем самым начало антропоспелеологии. Активные спелеологические исследования в Ю. Америке были начаты во второй половине XX в., в них принимали участие местные и европейские исследователи.

На территории материка располагается 13 государств, спелеологические объекты известны в 9 из них (рис. 48).

#### **Аргентина**

Пещеры в известняках описаны в шт. *Неукен* (Кучилло, 12500 м) и Мендоса (Бруха, 1200 м), а в гипсах - в шт. *Неукен* (Леона, 631 м). Достопримечательность последней - ее крупные залы (63x44x40 и 53x43x24 м). В шт. *Мендоса* и *Неукен* были обнаружены обширные пещеры в базальтах (Отилия, 837 м; Хелада, 370 м), в *Кордове* - в гнейсах (Лагуна Брава, 100 м). На севере страны известны гидротермокарстовые полости. Шахт глубже 50 м нет.

#### **Боливия**

Первые карстовые пещеры открыты в 60-е гг. Пещера Умахаланта имеет размеры 4300/-166, Сан-Педро - 660 м. Известны также лавовые тоннели длиной до 100 м.

### **Бразилия**

Здесь известно 25 пещер длиннее 2 км и 12 - глубже 100 м. Самые протяженные пещеры - Тока да Боа Виста (64000 м) и Матеус-Имбира (20540 м) - находятся в шт. *Гояс*, а самая глубокая - Ювеналь (-252 м) - в шт. *Сан-Пауло*. Крупные пещеры известны также в шт. *Баия* (Лападос-Брежос, 7750 м; Конвенто, 5670 м), *Гояс* (Анжелика, 6390 м), *Минас-Жорайс* (Ольхас Агуа, 6380 м), *Сан-Пауло* (Санто-Анна, 5180 м). Кроме того, в Бразилии описано пять полостей в гранитах или гнейсах (наибольшая - Хачина, 300 м) и более 20 пещер в песчаниках, протяженностью от 1500 м (Планальпина) до 200 м. В шт. *Минас-Жорайс* известны полости в песчаниках, железистых кварцитах и гидротермокарстовые пещеры на свинцово-цинковом месторождении Агилар.

### **Венесуэла**

Карбонатные породы имеют ограниченное распространение на севере страны. Наибольшая пещера в известняках - Гуахаро (10200 м), в мраморах - Альфред-Жан (4292 м). Интерес представляет группа из 20 полостей длиной 1352-150 м, заложенных в ортокварцитах и кварцевых песчаниках серии рораима (возраст около 2 миллиардов лет). Они представляют собой провалы диаметром до 300 м и глубиной до 362 м, на дне которых открываются значительные пещеры. Крупнейшие из них - Уаянтенуй (2100 м), Сима де Ллувиа (1352/-202), Сима Менор (1179/-248), а глубочайшая - Сима Аонда (820/-362 м). Происхождение их окончательно не выяснено. Считается, что это древние гидротермокарстовые полости, вскрытые провалами сводов.

Сима де Ллувиа представляет собой шахту с эллиптическим входом (145x265 м) и отвесными стенами глубиной 75 м. Крутой спуск по глыбовому навалу приводит в центральный зал пещеры на глубине 200 м. Пещера состоит из двух галерей. Стены ее покрыты кристаллами кварца до 2 см длиной, со сводов свисают голубые и черные сталактиты из опала, лимонита и редкого литиево-марганцевого минерала литиофорита. С пола поднимаются сталагмиты (высота до 3 м, диаметр до 1 м) из окислов железа (гетит, лимонит). Пещеру проработали щелочные (рН до 11) гидротермальные (температура до 130 °С) растворы, которые, двигаясь по трещинам напластования, растворяли и выносили кремневый цемент, преобразуя кварцевые песчаники в обычные песчаники. На втором этапе, после поднятия массива и раскрытия тектонической трещиноватости разных направлений, началось формирование полостей за счет длительного воздействия ультрапресных (до 10 мг/л) атмосферных вод (на плато выпадает до 7000 мм осадков). Затем они были вскрыты провалами сводов.

В Венесуэле известны небольшие (до 50 м длиной и глубиной) полости в гранитах, а также - пещера Конжеро в железных рудах (190 м).

### **Колумбия**

Пещеры в известняках находятся на западе страны, в Кордильерах. Это системы Гермосура (4,9 км), Куэва дель Индио (1966 м), Парамо (1200 м), Колумбия (800 м), Гуахаро с подземной рекой (600 м). Самая глубокая полость - Хойо дель Аире - имеет огромный входной колодец (160x80 м, глубина 115 м), куда еще в 1851 г. спустился иезуит Ромальдо Куэрво, а в 1975 г. достигнута глубина 241 м. Имеется еще несколько шахт глубиной 180-100 м. В провинции Сантандер обнаружена пещера в гипсах (Куэва дель Иезо, 891 м), а в провинции *Толима* - пещеры в песчаниках (Синдей, 850/-160 м). Известно также несколько лавовых тоннелей длиной до 100 м.

### **Парагвай**

Наиболее известна небольшая шахта Фратернидад (66/-24).

### **Перу**

Полости в известняках в Кордильерах. Наибольшая из них - Мильпо де Каукиран (2141/-407), вход в которую находится на высоте 3992 м, а конечный сифон, очевидно, связывает ее с пещерой Гуахаро (1334/180). Кроме того, известно еще несколько пещер протяженностью около 1000 м, а также шахты глубиной 334-117 м (Сан-Андреас). В

пещере Патча-Матчай найдены каменные топоры, ножи, наконечники копий возрастом около 10 тыс. лет. Известно несколько лавовых тоннелей длиной до 100 м.

#### **Уругвай**

В Уругвае карстовых пещер нет. Здесь известна лишь небольшая полость в гранитах (41 м).

#### **Чили**

В Чили известно несколько пещер в лавах (800 и 450 м). Расположены они на о-ве Пако.

#### **Эквадор**

В Андах известно несколько пещер в известняках, среди которых наибольшие - Тайос (4800/-200), Сан-Бернардо (2460 м) и Шимпиц (2260 м). Довольно крупные вулканические пещеры описаны в базальтах Галапагосских о-вов (Галлардо, 2331 м; Чапин, 1557 м; Кублер, 852 м и пр.). Здесь же известны шахты глубиной до 57 м (Буканеро) и лавовые тоннели.

### **6.7. Во льдах Антарктиды**

Понадобилось более 300 лет после открытия Америки, чтобы упорство картографов, показывающих на своих картах "неизвестную южную землю" (Terra Australis incognita), было вознаграждено. В 1820 г. русские моряки под руководством Фаддея Беллинсгаузена и Михаила Лазарева впервые подошли к ее берегам. В 1898-1900 гг. норвежский исследователь Карстен Борхгревинк впервые провел зиму на шестом континенте, а в 1911-1912 гг. Амундсен и Скотт достигли южного полюса.

Исследования середины - конца XX в. принесли много неожиданностей. Оказалось, что толщина ледяного панциря, покрывающего Антарктиду, колеблется от 0 до 5140 м, причем залегает он не только выше, но и ниже уровня океана. Подледная часть материка, сложенная горными породами разного состава и возраста, залегает и выше (Восточная Антарктида), и ниже (Западная Антарктида) уровня мирового океана. Строго говоря, это не континент, а архипелаг крупных островов.

Огромная территория Антарктиды (13,9 млн. км<sup>2</sup>) до сих пор выпадала из поля зрения карстологов и спелеологов. Причин было множество: труднодоступность, невозможность использования прямых методов исследования коренных пород, слабое развитие карста в условиях многолетней мерзлоты, сглаженность ледником поверхности пород. Однако время от времени высказывались сомнения в полном отсутствии здесь пещер. Первую обстоятельную сводку о "спелеологическом потенциале" Антарктиды подготовил молодой крымский географ Г. Амеличев.

Антарктида в основном сложена породами докембрийского кристаллического и метаморфического фундамента, на котором залегают отложения протерозой-кайнозойского платформенного чехла, палеозой-мезозойского складчатого и кайнозойского вулканогенного комплексов. Выходы карбонатных пород сосредоточены в зоне трансантарктической складчатости, протянувшейся через континент с юго-востока на северо-запад. На участках, свободных ото льда, могут обнаружиться небольшие полости карстогенного, вулканогенного, магматогенного и тектоногенного подклассов (табл. 2).

Образование крупных современных карстовых полостей маловероятно, однако возможно существование более древних форм, образованных в юрское и меловое время. На склонах активных и потухших вулканов возможны вулканогенные полости. Г. Тазиев описал небольшие экструзивные формы на склонах Эребуса (рис. 48), в одной из них он даже оборудовал походную лабораторию. Эти спелеоформы образованы в базальтах. Возможно обнаружение и гляциогенных полостей.

Кроме упомянутых форм, здесь имеются очень интересные образования - причудливые полые башни, порожденные замерзшими фумарольными парами, и "протайны" во льду. Судя по составу полезных ископаемых, обнаруженных пока только

в прибрежной части архипелага, возможно существование гидротермальных карстогенных полостей. Антарктида - один из очень интересных объектов исследований, который мы оставляем спелеологам XXI в.

### **6.8. Самые-самые...**

Рекорды в спелеологии перекрываются почти ежегодно. Поэтому правомерно введение спелеораздела в "Книге рекордов Гиннеса", в котором велись бы их регистрация и уточнение. Попробуем составить такой раздел по фактическим данным на 1.01.1998 г. для 10 типов карстующихся и некарстующихся пород (табл. 3).

#### **Крупнейшие полости мира**

Больше всего их в Европе (6); Северной Америке, Австралии и Океании (по 4); Азии (3); меньше - в Африке и Южной Америке (по 2). По государствам на первом месте находится США (4); затем следуют Австралия, Италия и Франция (по 2); в Алжире, Бразилии, Венесуэле, Израиле, Кении, России, Украине, на Гавайских и Канарских о-вах их по одной.

#### **Крупнейшие полости отдельных континентов**

Наиболее богата крупнейшими полостями всех типов Европа (20 шт.); затем следуют Азия (14) и Северная Америка (12); Африка и Австралия (по 10); замыкает список Южная Америка (9). "Пустые места" в таблице 3 обязательно заполнятся в ближайшие годы. По количеству крупных полостей своего континента на первом месте США (11 шт.), затем следуют Алжир, Бразилия, Исландия, Италия, Франция (по 6) и Россия (3). 12 стран имеют по 2, 13 - по одной крупнейшей полости своего континента.

В таблице 4 приведены данные о 5 крупнейших полостях мира. Все они (кроме Оптимистической) заложены в известняках. По протяженности 3 из них находятся в Северной Америке (США), 2 - в Европе (Украина и Швейцария), а по глубине 3 - в Европе (Австрия, Франция), 1 - в Азии (Грузия), 1 - в Северной Америке (Мексика).

Таблица 3 Самые крупные полости разных континентов и мира (по протяженности, км. и глубине, м.)

Горные породы	Европа	Азия	Африка	Австралия и Океания	Северная Америка	Южная Америка
Известняк	165,5 Хельлох, Шв. <sup>2</sup> <b>1634 Лампрехтсофен, Австр.</b>	109,0 Гуа-Ер-Джермин, Мал. <b>1508 Пантюхина, Гру.</b>	18,4 Рхар-Бумаза, Алж. <b>1170 Ану Иффлис, Алж.</b>	54,8 Мамо Кананда, Пап. <b>1141 Мурук, Пап.</b>	<u>563,5</u> <u>Мамонтова, США</u> <b>1475 Хайютла, Мек.</b>	64,00 Тока да Боа Виста, Бра. <b>407 Мильпо де Каукиран, Пер.</b>
Мел	7,0 Руффиньяк Фр. <b>35 Гюи-Денизо, Фр.</b>	?	?	<u>10,8</u> <u>Мулламгланг Ав.</u> <b>134 Виуббви, Ав.</b>	?	?
Гипс и ангидрит	<u>207,0</u> <u>Оптимистическая, Укр.</u> <b>205 Сумидор, Исп.</b>	1,48 Баскунчакская, Рос. <b>126 1000-летия Киева, Тадж.</b>	3,59 Умм эль Масаби, Лив. <b>212 Дахредж, Алж.</b>	?	9,67 Джестер, США <b>110 Милл Рейс, США</b>	<u>0,89 Куэва дель Иезо, Кол.</u> ?
Каменная соль	3,20 Минжелешти, Рум. <b>42 Минжелешти, Рум.</b>	<u>5,45 Малхам, Изр.</u> <b>135 Малхам, Изр.</b>	1,03 Джельфа, Алж. ?	?	?	?
Конгломерат	6,0 Кагель Сотерра, Ит. <b>198 Торремас, Исп.</b>	<u>47,5 Б. Орешная, Рос.</u> <b>195 Б. Орешная, Рос.</b>	5,26 Кенгоу, ЮАР ?	?	?	?
Песчаники и кварциты	<u>5,85 Пезенас, Фр.</u> <b>215 Серрат де Вен, Исп.</b>	?	2,4 Магнет-Кейв, ЮАР <b>105 Гхар Абден, Мар.</b>	0,24 Фансей-Вет, Ав. <b>113 Биг-Холе, Ав.</b>	0,33 Клер-Спрингс, США <b>165 Паютч, США</b>	1,5 Планальпина, Бра. <b>362 Сима Лонда, Вен.</b>
Сланцы	0,52 Дель Церво, Ит. <b>148 Пель Церво, Ит.</b>	?	?	?	0,18 Клей, США ?	<u>1,38 Экос, Бра.</u> ?
Граниты и гнейсы	2,61 Бодагротторна, Швец.	0,23 Матангапарватам,	?	0,26 Галия, Ав.	<u>3,98 ТСОД, США</u>	0,3 Хачина, Бра.

	<b>140 Воитасгалло, Швец.</b>	Инд. <b>76 Катар Кува, Инд.</b>		<b>120 Галя, Ав.</b>	<b>152 Грин-Хорн, США</b>	?
Базальтовая лава	3,0 Калманшеллир, Исл. <b>218 Принукагигур, Исл.</b>	13,27 Манжун- Гул, Кор. <b>181 Намгадук-Гул, Кор.</b>	12,40 Левиафан, Кен. <b>515 Куэва-дель- Виенто, Исп.</b>	<u>60,0</u> <u>Казумура, США</u> <b>352 Аинахоу, США</b>	5,66 Лабиринтовая, США <b>200 Юж. грот, США</b>	2,33 Галлардо, Экв. <b>57 Буканеро, Экв.</b>
Глетчерный лед	2,85 Кверкфьолл, Исл. <b>525 Кверкфьолл, Исл.</b>	1,39 Октябрьская, Каз. <b>118 Октябрьская, Каз.</b>	?	?	<u>6,0 Парадайз</u> <u>США</u> <sup>3</sup> ?	?



Примечания к таблице 3:

1. Крупнейшие полости мира подчеркнуты
2. Местоположение **Ав.** - Австралия, **Австр.** - Австрия, **Алж.** - Алжир, **Бра.** - Бразилия, **Вен.** - Венесуэла, **Гав.о-ва.** - Гавайские о-ва, **Гру.** - Грузия, **Изра.** - Израиль, **Инд.** - Индия, **Исл.** - Исландия, **Исп.** - Испания, **Ит.** - Италия, **Каз.** - Казахстан, **Кан.о-ва.** - Канарские о-ва, **Кен.** - Кения, **Кол.** - Колумбия, **Кор.** - Корея, **Лив.** - Ливия, **Мал.** - Малайзия, **Мар.** - Марокко, **Мек.** - Мексика, **Нов.Зел.** - Новая Зеландия, **Пап.** - Папуа-Новая Гвинея, **Пер.** - Перу, **Рос.** - Россия, **Рум.** - Румыния, **США** - Соединенные Штаты Америки, **Тадж.** - Таджикистан, **Укр.** - Украина, **Фр.** - Франция, **Шв.** - Швейцария, **Швец.** - Швеция, **Экв.** - Эквадор, **ЮАР** - Южно-Африканская Республика
3. Вследствие таяния ледника длина пещеры за 25 лет уменьшилась с 24 до 6 км.

Таблица 4 Пять самых крупных карстовых полостей мира

Название	Страна	Протяженность, км	Название	Страна	Глубина м
Мамонтова	США	563	Жан-Бернар	Франция	1602
Оптимистическая	Украина	200	Лампрехтсофен	Австрия	1537
Джевел	США	170	Мирольда	Франция	1520
Хельлох	Швейцария	165	Пантюхина	Грузия	1508
Лечугия	США	143	Хайютла	Мексика	1475

В 1988 г. венгерские географы "ранжировали" страны мира не по одной, а по пяти крупнейшим пещерам (табл. 5). По состоянию на 1998 г., на первом месте по протяженности пещер с большим отрывом (2,5 раза) находятся США, затем следуют страны Европы (Украина, Швейцария, Франция). По глубине 3 первых места занимают страны Европы (Франция, Испания, Австрия), затем следуют Северная Америка (Мексика) и Азия (Грузия).

Таблица 5 Страны, в которых расположены 5 самых крупных полостей мира (все, кроме Оптимистической, - в известняках)

№№	Страна	Суммарная протяженность, км	№№	Страна	Суммарная глубина, м
1	США	1129	1	Франция	6,9
2	Украина	442	2	Испания	6,6
3	Швейцария	324	3	Австрия	6,4
4	Франция	305	4	Мексика	6,3
5	Испания	291	5	Грузия	6,2

Приведенные данные свидетельствуют о "спелеологической активности" бывшего СССР (крупнейшие полости имеются в Грузии, Казахстане, России, Таджикистане, Украине), стран Центральной Америки (Мексика) и Океании (Папуа). Страны "традиционной" спелеологии лишь меняются в этих списках местами, отражая многолетнее соперничество их спортивных школ.

Кроме протяженности и глубины крупнейших полостей, МСС ведет учет ряда других параметров карстовых и некарстовых полостей мира.

*Самые северные по расположению* - пещеры в глетчерном льду (Шпицберген, 79° с.ш.) и гидратационная пещера в гипсах (Новая Земля, 71° с.ш.).

*Самые южные по расположению* - взплозионно-фумарольная пещера-онкос на склоне вулкана Эребус (Антарктида, 77° ю. ш.) и карстовые пещеры Новой Зеландии (45° ю. ш.).

*Самая высоко расположенная карстовая полость* - пещера Ракиот (+6645 м, мраморы массива Нанга Парбат, Индия); из крупных полостей: в Евразии - гидротермокарстовая Сыйкырдуу (+4600 м, 2050/-268, Памир), в Южной Америке - речная система Мальпо де Каукиран (+3992 м, 2141/-407, Анды).

*Самая низко расположенная карстовая полость* - пещера Колонель (-372 м, каменная соль массива Седом, берег Мертвого моря, Израиль). Самые низко расположенные затопленные морем пещеры (-200 м) обнаружены в известняках, слагающих континентальный склон Средиземного моря.

*Крупнейшие сплошные отвесы* пройдены в пещерах Вртиглавица (643 м, Словения), Холленхелле (450 м, Австрия), Минье (417 м, Папуа-Нов. Гвинея), Абац (410 м, Грузия).

*Крупнейшие залы:*

- по площади
  - Саравак (Малайзия, 167 тыс. м<sup>2</sup>, или 26 футбольных полей);
  - Торка дель Карлиста (Испания, 76,6 тыс. м<sup>2</sup>).
- по объему
  - Саравак (Малайзия, 25 млн. м<sup>3</sup>, или 10 пирамид Хеопса),
  - Миао (Китай, 5 млн. м<sup>3</sup>),
  - Бенуа (Папуа-Нов. Гвинея, 5 млн. м<sup>3</sup>).

*Длиннейший сифон:* Ду де Коли, Франция, 4055 м.

*Глубочайший сифон:* Воклюз, Франция, -310 м.

*Длиннейшая заполненная водой пещера:* Леон Синкс, США, 16732 м.

*Самый высокий подъем уровня воды в пещере:* Луир, Франция, +450 м.

## 6.9. Подземные ландшафты

Выдающийся русский географ Н. А. Гвоздецкий в 60-е гг. XX в. обратил внимание исследователей на то, что карстовые явления - не редкость, каковой они считались в XIX и даже в начале XX в., при слабой географической и геологической изученности отдельных стран и поверхности земли в целом. Поэтому изучение карстовых процессов - отнюдь не частная проблема геолого-географических наук. В полной мере это относится и к подземным пространствам. Как следует из приведенного краткого обзора, карстовые и некарстовые полости очень широко развиты на всех континентах (рис. 48).

Интересно сопоставить распространение подземных полостей в пределах разных климатических зон. Изучение карста было начато в *умеренном поясе*, характеризующемся значительными различиями между летом и зимой, средним количеством атмосферных осадков (250-1000 мм), частым выпадением и стаиванием снега. В пределах этого пояса располагаются карстовые регионы Северо-Западной, Средней и Восточной Европы, части Северной, Центральной и Восточной Азии, Канады, юга Южной Америки и Новой Зеландии с большим количеством полостей.

Почти нет пещер в *субарктическом и арктическом* (антарктическом) поясах, для которых характерны большие колебания годовых температур, малое количество осадков (менее 250 мм), наличие многолетнемерзлых пород. Возможно, это объясняется их недостаточной изученностью.

Очень много полостей находится в *субтропических поясах*, для которых характерно большое количество годовых осадков (500-более 1000 мм) при их четком сезонном ходе. В этих поясах находятся карстовые районы Южной Европы, части Малой, Центральной и Восточной Азии, Соединенных Штатов Америки, Чили, Аргентины, Парагвая, Уругвая, юга Бразилии, Африки и Австралии, части Новой Зеландии.

*Тропические пояса* отличаются повышенной температурой воздуха (при ее слабых сезонных колебаниях), высоким (более 1000 мм) количеством осадков. К ним относятся регионы Западной и Южной Азии, Центральной и Южной Америки, Северной и Южной Африки, почти вся Австралия.

*Субэкваториальные и экваториальный пояса* отличаются малыми температурными колебаниями и четким сезонным ходом осадков (много более 1000 мм). В них входят карстовые районы части Южной Азии, Центральной Африки, Центральной и Южной Америки, где в последние годы открыто много очень крупных и своеобразных по морфологии полостей.

Такие существенные различия в климате, естественно, породили особое, климатическое, направление в изучении карста и наземных карстовых ландшафтов. Интерес к нему возрос после того, как в "классическом" карсте Словении, в настоящее время находящемся в условиях умеренного климата, были обнаружены формы, предположительно образованные в более холодных или значительно более теплых (даже жарких) условиях. Дальше все было, как в поэме А. К. Толстого "История государства Российского":

*Не далее как к святкам  
Я Вам порядок дам.  
И тотчас за порядком  
Уехал в Амстердам.*

Только поехали карстологи и спелеологи отнюдь не в Амстердам, а в полярные страны (Ж. Корбель, М. Пулина и др.) и в тропики (М. Свитинг, Р. Вильяме и др.). Изучив особенности карста высоких и низких широт "в чистом виде", они вернулись в свои карстовые регионы. Углубленный палеогеографический анализ показал, что, действительно, в той же Словении в начале антропогена (примерно 1,5-2 млн. лет назад) карст развивался в условиях значительного похолодания, а в палеогене (65-25 млн. лет назад) - потепления...

Ну а как же подземные полости? В какой мере они реагируют на изменения ландшафтных условий поверхности? Еще в 1928 г. В. П. Семенов-Тяньшанский выдвинул идею о необходимости выделения пещерного ландшафта как самостоятельной ландшафтной категории. В 40-е гг. ее поддержали и развили Н. А. Гвоздецкий, а в 60-70-е - Б. А. Гергедава, Л. И. Маруашвили и А. Г. Чикишев. Наиболее полно эту проблему осветил В. Н. Андрейчук. Подземный ландшафт - природный комплекс с особой подземной топографией, климатом, гидрографической сетью, отложениями, растительностью, животным миром. Подземный ландшафт тесно связан с наземным. Лучше других изучены эти связи для карстовых ландшафтов, однако данные свидетельствуют о необходимости исследования и других типов ландшафтов.

Воздержимся даже от самого общего изложения современных представлений о составе, структуре, функционировании и динамике развития подземных ландшафтов. Это слишком специальный вопрос, рассмотрение которого увело бы нас далеко от темы. Понятие "подземный ландшафт" просто используется нами для "организации" материала. В отдельных главах будут рассмотрены некоторые направления изучения подземных пространств: в главе 7 - особенности их микроклимата; в 8 - их гидрология, в 9 - отложения, в 10-12 - живые и вымершие обитатели, в 13-15 - проблемы археологии. Остальные главы посвящены использованию подземных пространств и некоторым аспектам их охраны.

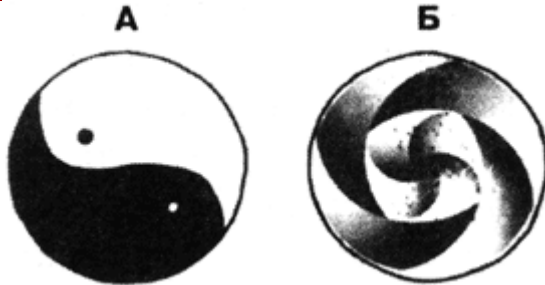
## 7. Климат пещер

*Вам случилось входить в подземелье  
Прямо с пыльного, знойного дня,  
Чтоб от сырости руки немели,  
Чтобы слепли глаза без огня?*

Л. Ошанин

### 7.1. Свет во тьме

Рис. 55. Древнекитайский символ единства противоположностей Ян Инь (А) и эмблема VIII Международного спелеологического конгресса (Б).



Пещеры ассоциируются у человека с абсолютным мраком. Между тем известны шахты, в которые на большую глубину от поверхности проникают солнечные лучи.

В 1959 г. крымские спелеологи преодолели "ламповое стекло" Бездонного колодца на Чатырдаге, впервые в СССР спустившись на

глубину 145 м (рис. 19). Их поразило, что здесь можно было свободно вести записи без фонаря: лучи солнца, многократно отраженные оглаженными водой розово-красными стенами, проникали в самые дальние уголки придонного зала. Над конусом снега поднимался сиреневый туман испарений... На еще большую глубину (417 м) проникают солнечные лучи в гигантский ствол пещеры Минье на острове Новая Гвинея, куда на добрые 200 м может опуститься вертолет (рис. 54).

Свет и тьма - пример самого яркого контраста в природе, который привел человека к познанию одного из основных законов диалектики. Еще в XI в. до н. э. древнекитайские мудрецы изображали единство противоположностей в виде черно-белой окружности Ян-Инь (рис. 55), где Ян - небо-Отец, а Инь - земля-Мать. Отождествление природы и человека привело к вере в возникновение всего сущего благодаря половому воспроизводству. Сексуальные отношения мужчины и женщины стали моделью, по аналогии с которой осознавались природные связи и конструировались диалектические противоречия - день и ночь, солнце и луна, восход и заход, лето и зима, тепло и холод, огонь и вода, сухое и мокрое, твердое и мягкое. На страницах дошедших до нас рукописей философы древности раскрывали тайны познания, связанные с возникновением абстрактных понятий, также объединяющих противоположности. Это бог и черт, добро и зло, белое и черное, правое и левое, четное и нечетное, материальное и духовное, количество и качество, активность и пассивность. "Тайна двойного" - в единстве, и владеть ею могут только посвященные, умные, высокоморальные люди. Познание этой великой тайны - спираль, по которой развертывалось формирование человека от гениальных догадок прошлого до системного анализа современности. Во все времена это был путь выявления связей в пространстве и во времени, способ охвата целого в единстве, умение увидеть за "деревьями - лес". Символу Ян-Инь посвящена обширная литература, из которой мы узнаем, что многие верования азиатских, европейских, африканских народов восходят к пещерам... Недаром трансформированный в объемную фигуру символ Ян-Инь был избран в качестве эмблемы VIII Международного конгресса спелеологов в 1981 г. в США (рис. 55).

Но вернемся из глубин философии к глубинам Земли. Еще в средние века люди иногда замечали на стенах пещер переливы золотисто-зеленых искорок. Легенды

рассказывали, что это трудолюбивые гномы сложили здесь россыпи драгоценных камней. Но стоит взять их в пригоршню и вынести на свет, как они превращаются в сырые комочки земли. Пронизывающие их тонкие матово-зеленые нити - это ростки пещерного мха-шизостега. Свет, который излучает мох, не его собственный. Округлые клетки пещерного мха, как оптические линзы, собирают невидимые человеческому глазу кванты света, преломляют их в виде узкого луча и направляют на хлорофилловые зерна. А те создают из неорганических соединений питательные органические вещества. Частично отражающийся от зерен хлорофилла свет и создает таинственные огни в глубине пещер.

В тропиках обитают светляки, снискавшие всемирную славу пещере Уайтомо (Новая Зеландия). Тихо скользит лодка по течению подземной реки. Не горят электрические фонарики, но в пещере светло. Со стен и сводов льется зеленовато-синий свет. Мириады светящихся точек созвездиями покрывают потолок, с него свисают фестоны и занавеси, состоящие из отдельных нитей, унизанных светящимися каплями. Стукнет весло о камень - сияние гаснет. Все умолкает - разгорается так, что можно читать...

В пещере Уайтомо обитают личинки грибного комарика *Arachnokaempna Luminosa*. Жизнь его начинается с того, что самка откладывает на стенах пещеры крохотные (доли миллиметра) круглые яйца. Дней через двадцать из тесной оболочки появляется червячок-личинка. Она сразу вспыхивает ярким светом и начинает плести себе домик-трубочку. Закончив работу, личинка выпускает изо рта тонкую "леску" с 60-70 капельками липкой слизи. Привлеченный светом комар подлетает к нити и прилипает к ней. Личинка "сворачивает" свое удище и проглатывает его вместе с жертвой. Через 8-9 месяцев личинка убирает ловчие сети, окукливается и повисает на тонкой шелковинке. Куколки тоже светятся, то вспыхивая, то погасая. Затем из них выводится комарик, вылетает из пещеры, встречает самку, и жизненный цикл повторяется. Свечение пещеры Уайтомо - сложный процесс, при котором 99% биохимической энергии высвобождается в виде "холодного" света, который светлячок может по своему желанию "включать" или "выключать".

В середине XX в. была раскрыта еще одна тайна пещер. Если на долю секунды включить электрический фонарь или облучить стены пещеры, покрытые натечками, лампой-вспышкой, возникает призрачное свечение, вызванное флюоресценцией. Так что тьма пещер не абсолютна. И, безусловно, правы спелеологи, избравшие своим девизом латинскую поговорку *post tenebras spera lucem* - "после мрака надеюсь на свет". Часто эти надежды реализует воображение человека. А. Е. Ферсман в одной из своих геохимических работ писал: "Вообразить - открывать - это значит вносить частицу собственного света во тьму пещер, где обитают разнообразные возможности, формы и величины..."

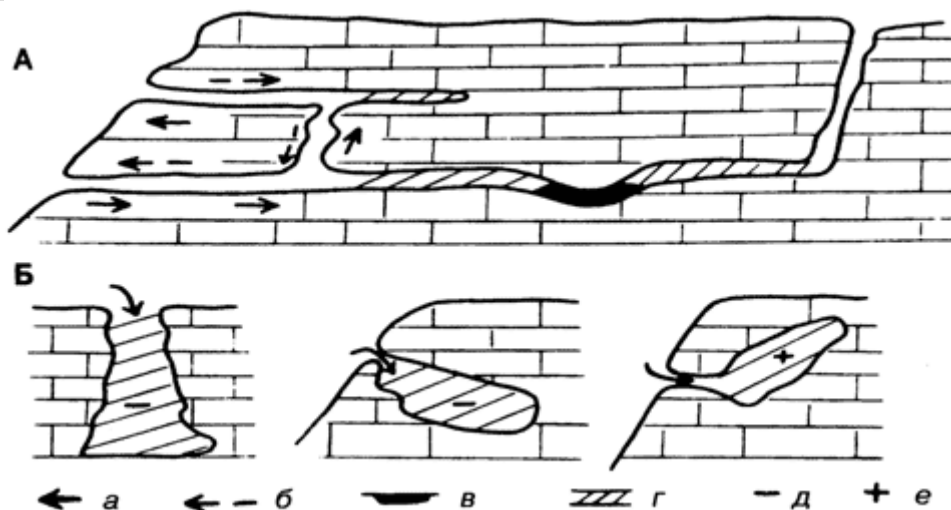
Иногда познание таинственного мира пещер принимает удивительные формы. В 1966 г. вышла из печати книга "Моя двойная ночь". Ее автор, Колет Ришар, женщина нелегкой судьбы. Родилась она в 1935 г. в Версале и через два года полностью ослепла. В 10 лет Колет получила в награду за отличную учебу небольшую книгу Н. Кастере о пещерах, набранную шрифтом Брайля. Так перед ней открылся мир подземных дворцов. Но прежде чем попасть в них, Ришар с помощью известных французских альпинистов М. Эрцога, Л. Тере, Г. Ребюффа овладела основами скальной и ледовой техники, совершила восхождения на альпийские вершины. Еще через 5 лет осуществилась ее мечта: Колет познакомилась с Норбером Кастере и стала первой в мире слепой пещерницей... На ее счету десятки пройденных пещер, в том числе - спуск на глубину 720 м в знаменитую Пьер Сен-Мартен. Единственная ее "слабость" как спелеолога - любовь к одиночеству. Безмолвие пещер, их "двойная темнота" не страшат Колет. Легкий свист ее "зрячего друга", карбидной лампы, придает особую поэтичность подземному миру...

## 7.2. Владения Эола

Согласно греческой мифологии Эол - повелитель ветров, правитель острова Эолия, где нашел приют Одиссей во время своих странствий. В гомеровских и более поздних сказаниях Эол уже поэтический образ владыки ветров; он восседает со скипетром на вершине горы, над пещерой, в которой заключены ветры. Приходится только поражаться образности и точности представлений древних греков: в пещерах и шахтах почти всегда ощущается движение воздуха. Иногда это теплое дуновение, напоминающее нежный западный ветер Зефир; иногда - холодные порывы, сродни северному Борею...

Рис. 56. Схема движения воздуха под землей.

А - динамические пещеры, Б - статические пещеры. Направления движения воздуха: а - холодного (зима, ночь), б - теплого (лето, день), в - сифоны. Зоны: г - с замедленным движением воздуха, д - с воздухом пониженной температуры, е - с воздухом повышенной температуры



Что же приводит в движение воздух под землей? Основных причин две: нарушение равновесия между внешним и внутренним столбами воздуха и перепад атмосферного давления. Их описывают две модели - динамическая и статическая.

К динамическому типу относятся полости, имеющие два входа, расположенные на склонах или на склоне и плато, либо состоящие из галереи, соединенной с поверхностью узкими трещинами (рис. 56). Воздух в пещере обычно более влажен, чем поверхностный. Поэтому равновесие между их столбами нарушается и возникает сезонная тяга (наподобие тяги в печке): зимняя восходящая и летняя нисходящая. Это приводит к значительному охлаждению нижней и прогреву верхней части пещеры. Например, в Красной пещере в Крыму средняя годовая температура воздуха нижних этажей +8 °С, а верхних - +11. Скорость движения воздуха в таких пещерах весьма значительна: обычно она составляет 0,3-2,0 м/с, увеличиваясь в сужениях до 5-10 м/с.

Коэффициент воздухообмена (отношение объема воздуха, проходящего через пещеру за сутки, к объему полости) в динамических пещерах достигает 15-25 раз в сутки, а в узких коррозионно-гравитационных шахтах даже 75-120 раз в сутки. Поэтому в главных, хорошо проветриваемых ходах таких пещер воздух всегда более свежий, чем в тупиковых. С этим, однако, связана одна из специфических опасностей пещер, дым от факелов или от костра, неосторожно разведенного у входа, может доставить много неприятностей людям, находящимся в глубине пещеры.

В двух- или многоходовых пещерах часто проявляются различные второстепенные причины возникновения движения воздуха: колебания атмосферного давления, эффект разрежения, связанный с водными потоками, порывы ветра на поверхности. В постоянно обводненных пещерах большое влияние на направление и интенсивность воздушной циркуляции оказывают сифоны (рис. 56). Когда они закрыты, дальняя часть пещеры "отключается" от ближней. Летом сифоны открываются и

возникает очень сильная воздушная тяга, иногда меняющая сезонное направление движения в ближней части пещеры на обратное.

Очень активно движение воздуха у подземных водопадов. Движущаяся масса воды увлекает за собой воздух, как насосом, загоняя его в самые дальние уголки пещеры. Здесь наблюдается еще одно интересное явление: баллоэлектрический эффект. Вода, падающая с большой высоты, разбрызгивается на мелкие (менее 1 мм в диаметре) капли, которые приобретают значительный заряд ( $0,7-1,0 \times 10^{-12}$  кулон/см<sup>3</sup>). Поэтому у подземных водопадов особенно легко дышится.

С высокой электризацией воздуха пещер связано и то, что входы в них "притягивают" молнии... Специальные наблюдения, выполненные в Пиренеях, показали, что процент поражения молниями в привходовых частях пещер статистически выше, чем при укрытии от грозы просто под скалами...

Еще одно интересное явление - "пещерное дыхание". Оно наблюдается в плоских или объемных лабиринтах (Оптимистическая и Кристальная - в Подолии, Красная и Эмине-Баир Хосар - в Крыму, Винд - в США и пр.). Суть его в том, что на входах в пещеры или в сужениях, разделяющих их отдельные части, отмечается пульсация воздуха по скорости (0-5 м/с) и по направлению (зимняя тяга сменяет летнюю). Периодичность "дыхания" может колебаться от  $n \times 10^1$  мин. до  $n \times 10^0$  с. Имеется несколько гипотез, объясняющих механизм этого природного феномена. Р. Заар предложил модель, связывающую "пещерное дыхание" с атмосферным давлением на поверхности. Но их изменения на протяжении суток, как правило, не совпадают. Р. Подзимек считает, что пещера "дышит" при накоплении в воронкообразном входе более холодного воздуха, который затем прорывается через столб теплого воздуха, поднимающегося из пещеры. Такой механизм действительно описан на входе в лабиринт Озерной пещеры (Подолия). Но он объясняет только длиннопериодические (десятки минут - часы) изменения тяги, так как для накопления холодного воздуха во входной воронке нужно время.

Как часто бывает в науке, ответ пришел с совершенно неожиданной стороны. В 30-е годы в Америке, а затем и во всем мире, появилась забавная игрушка. Это небольшая (10 см длиной) металлическая лодочка, в которой установлен миниатюрный паровой котел - два спаянных очень тонких листика жести площадью 1 см<sup>2</sup> со входной (питающей) и выходной (выдающей) трубочками, выведенными в корму. Котел заполняется пипеткой, вода доводится до кипения при помощи небольшой плошки с парафином и фитилька, и... лодочка начинает довольно быстро двигаться по воде, издавая звук: "пат-пат-пат". Эффект "пат-пат" - ритмичного сжатия и расширения металлической гофрированной емкости-сильфона - оказался очень важным для обеспечения работы космических двигателей. Он описывается сложными уравнениями 5-7 степеней. С докладом на эту тему в 1963 г. в Москве выступили американские математики Дж. Финн и Р. Керл. Но Керл увлекался спелеологией. И он доказал, что "пещерное дыхание" имеет такую же природу. Только движителем для него служит не свечка, а процесс конденсации, приводящий к нелинейному выделению некоторых количеств тепла. Воздух в пещере то сжимается, то расширяется - пещера "дышит".

Почти одновременно к такому же выводу на большом фактическом материале по пещерам Крыма пришел и автор: на лентах термографов и гигрографов зафиксированы мелкие пульсации температуры и влажности, хорошо коррелирующиеся с "дыханием" пещер.

Направления движения воздуха в пещерах являются хорошим поисковым признаком. Сотни крупных полостей были открыты зимой, по проталинам в снегу, которые возникают на выходе теплого пещерного воздуха, или напротив, - по струе холодного воздуха, вырывающейся из незаметной щели в борту воронки. Иногда возникали и более сложные ситуации. В 50-60 гг. близ г. Сочи было описано несколько довольно крупных пещер: Воронцовская, Лабиринтовая, Кабаний провал, Долгая, расположенные на разных отметках (перепад до 50 м). Воронцовскую и Лабиринтовую пещеры удалось соединить довольно быстро, пройдя небольшой сифон. Поиск здесь

проводился круглый год, поэтому спелеологи скоро заметили удивительную особенность Лабиринтовой пещеры: поток воздуха всегда **только выходил из нее...** В 1979 г. мы обсудили этот феномен на семинаре старших инструкторов и пришли к выводу, что необходимо искать связь Лабиринтовой с более высоко расположенным Кабаньим провалом. После разборки глыбового навала у входа и преодоления нескольких полусифонов она была действительно установлена. Возникла Воронцовская система протяженностью 10,6 км. Ее связь с Долгой пещерой сомнений не вызывает, но "просочиться" через узкие щели спелеологам пока не удалось.

Движение воздуха под землей, к ужасу метеорологов-классиков, иногда подчиняется законам гидравлики. Здесь "работают" уравнение неразрывности потока (в расширениях скорость движения меньше, в сужениях - больше) и закон Бернулли, учитывающий давление воздуха, скорость его движения, высотное положение разных частей изогнутого канала и наличие местных сопротивлений (поворотов, расширений и пр.). Хорошие расчетные зависимости для определения теплового режима и степени проветриваемости рудников разработаны в горном деле. Применяв их к спелеологии, мы поняли многие, ранее считавшиеся загадочными, явления. Например, во всех 150 карстовых полостях нижнего плато Чатырдаг (Крым) тяга "опрокинута", то есть летом наблюдается "зимнее", а зимой - "летнее" движение воздуха. Объясняется это явление тем, что пещеры нижнего плато, находящиеся на высоте 700-900 м над уровнем моря, связаны непроходимыми для человека трещинами с колодцами и шахтами верхнего плато (1100-1500 м). Вскоре этот вывод был подтвержден инструментально: на склоне Чатырдага, на высоте около 300 м, в разгар лета был обнаружен выход холодного воздуха с температурой +5 °С, хотя в пещерах нижнего плато она даже зимой много выше (8,5-9,5°С).

К *статическому типу* относятся так называемые "холодные и теплые мешки" (рис. 56). Это одновходовые полости, слабо связанные трещинными системами с поверхностью. К "холодным мешкам" относятся нивально-коррозионные колодцы и шахты, а также пещеры-поноры. Зимой всегда (а летом - ночью) охлажденный, более плотный наружный воздух заполняет их до уровня входа. Летом теплый воздух может прогреть только верхнюю часть полости. Нижняя ее часть прогревается очень медленно - за счет теплопередачи через стенки и постепенно возникающего местного конвективного теплообмена. Средняя годовая температура в таких полостях составляет - 3 -6 °С. Поэтому в них часто возникают скопления снега и образуется пещерный лед.

К "теплым мешкам" относятся древние, ныне осушенные пещеры-источники. Заполняющий их теплый летний воздух зимой охлаждается только за счет теплопроводности стенок. Их средняя годовая температура составляет 8-10 °С, а температура теплого сезона - 14-16 °С. Главная причина возникновения движения воздуха в таких полостях - изменение атмосферного давления. При его увеличении возникает слабая тяга внутрь, уменьшении - наружу. Интенсивность тяги, естественно, невелика, а коэффициент воздухообмена обычно не превышает единицы. Ощутимый "барометрический ветер" возникает только в случае, если очень крупные статические полости-лабиринты соединяются с поверхностью узким каналом. В пещере Винд (США) скорость тяги в сужениях достигает 150 км в час (40 м/с).

### 7.3. Человек-термостат

В жару и в мороз температура тела здорового человека почти неизменна. Это определяется свойствами воды, из которой в основном состоит наш организм. Удельная теплоемкость воды (кал/г °С) зависит от температуры, имея минимум при 36-37 °С. Поддержание постоянных тепловых параметров - условие нормального протекания биологического процесса при любых внешних условиях. Однако если для химических реакций характерно повышение их скорости с ростом температуры, то для биологических процессов существует оптимальный минимум теплотатрат. Кровь и



лимфа, циркулирующие по телу,- прекрасные теплоносители, они способствуют превращению организма человека в подвижный физиологический термостат с саморегулированием.

Но человек все время перемещается, попадая в разные внешние условия. Мы уже видели, что спелеологические объекты располагаются во всех климатических поясах от экваториального до арктического и антарктического (рис. 48) и на разных высотах (от +6 +1 км, пещера Ракиот в Гималаях, до -3 -4 км, золото- и уранодобывающая шахта Витватерсранд в Южной Африке). Они контактируют с двумя зонами атмосферы тропосферой (0:+7 км) и подземной тропосферой (0:4 км), особенности которых изучают науки географического цикла. В пределах этих зон все метеорологические параметры испытывают сильные колебания.

*Атмосферное давление* меняется от 300 (на высоте 7 км) до 350 (на уровне моря) и даже 1125 мм рт. ст. (на глубине 4 км) Работая в зоне индифферентности (0 +2000 м), спелеологи не замечают особых изменений в своем организме, в зоне полной компенсации (+2000 +4000 м) организм начинает работать нормально только после нескольких дней акклиматизации, в зоне неполной компенсации (выше 4000 м) у многих могут наблюдаться признаки горной болезни - гипоксии. С ее проявлениями можно столкнуться при изучении карстовых (Сыйкырдуу, +4600 м) и ледниковых (Памир, 5900...6100 м) пещер Таджикистана. Проявления горной болезни индивидуальны (встречаются не у всех членов группы или в разное время), а границы - возрастают с увеличением континентальности климата (Альпы - +2800, Кавказ - +3400, Тянь-Шань - +4100, Тибет и Гималаи - +5500 м).

*Температура воздуха* на поверхности моря в разных климатических поясах колеблется от -65 до +34 °С. А к верхней границе тропосферы убывает (средний градиент 0,5 °/100 м). В подземной тропосфере, начиная с некоторой глубины (10-25 м), она нарастает от среднегодовой температуры местности (геотермический градиент +3°С/100 м). Таким образом, при отсутствии искусственной вентиляции температура в шахтах на глубине более 1 км должна превышать 30 °С.

*Абсолютная влажность воздуха* уменьшается с высотой от 20-30 мм рт. ст. на уровне моря до 0,3-0,5 мм рт. ст. на высоте 5-7 км.

*Газовый состав воздуха.* У земной поверхности сухой воздух содержит 78,08 объемных % азота, 20,95% - кислорода, 0,93% - аргона, 0,03% - углекислого газа, 0,015% - иных газов (криптон, ксенон, гелий, водород, радон, метан и пр.). Местами воздух обогащается другими газами и соединениями, которые образуются при сгорании топлива. Соотношение основных компонентов воздуха с высотой не меняется.

В состав атмосферного воздуха входят также аэрозоли - твердые и жидкие частицы разного происхождения, имеющие диаметр 0,001-5 мкм, различные бактерии и пр. Их количество максимально в приземном слое и уменьшается с высотой. Так, например, в 1 м<sup>3</sup> солдатской казармы содержится 220 000 микроорганизмов-сапрофитов, в больничной палате - 40000, а на высоте 4 км - всего 330. Часть молекул атмосферных газов и аэрозолей несет электрический заряд. С высотой содержание ионов в воздухе возрастает.

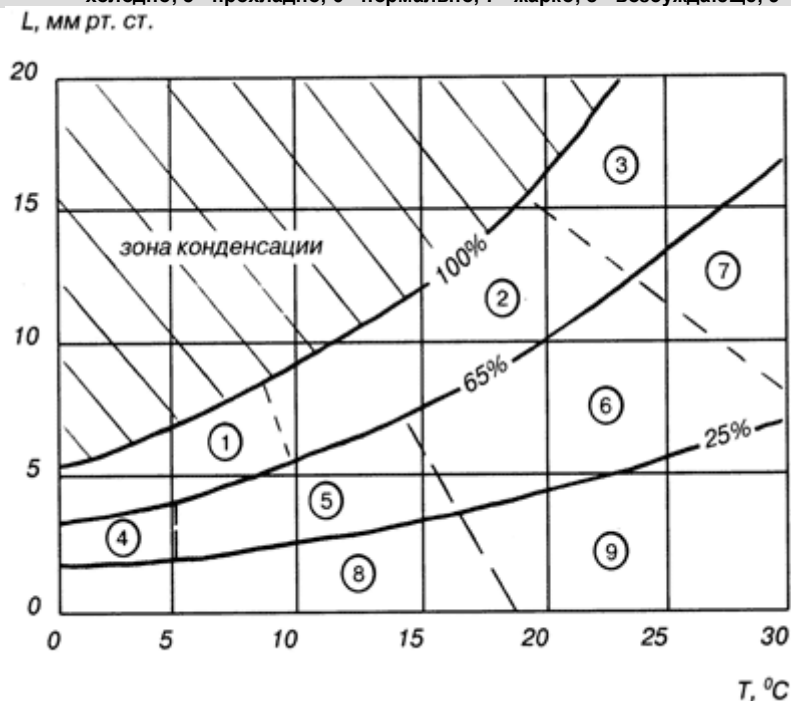
Атмосферный воздух находится в непрерывном движении. Его активное перемешивание обеспечивают ветры. До высоты 1000 м за счет трения сила ветра испытывает сильные колебания (0-30 м/с), а с высотой возрастает, достигая ураганной силы (свыше 30 м/с).

Человек на открытом воздухе подвергается воздействию не средних состояний всех метеоэлементов, а их реальному сочетанию, то есть влиянию погоды. В любой точке земли погода определяет состояние человека, которое врачи оценивают по 7-балльной шкале: очень холодно, холодно, прохладно, комфортно, тепло, жарко, очень жарко. "Термостат" человека реагирует на его ощущения специфическими терморегуляторными реакциями: потоотделением или дрожью, изменениями пульса и дыхания; а сам человек - действиями: изменением позы, снятием теплой одежды и пр. Но как поведет себя организм человека в чуждой ему среде карстовых полостей? Чтобы ответить на этот

вопрос, необходимо изучить особенности пещерной среды. Этим занимается специальная наука - спелеометеорология.

Известный французский спелеолог Ф. Тромб в 50-е гг. построил график, наглядно иллюстрирующий микроклиматические условия пещер через соотношение температуры, абсолютной и относительной влажности воздуха (рис. 57). В пределах каких полей чаще всего приходится работать под землей? Ответ на этот вопрос дают многочисленные наблюдения, выполненные в разных карстовых полостях мира.

**Рис. 57. Наиболее вероятные микроклиматические условия проведения спелеологических исследований (по Ф. Тромбу, с дополнениями автора).**  
Условия пребывания под землей: 1 - холодно, влажно; 2 - холодно, очень влажно; 3 - изнуряюще жарко; 4 - холодно; 5 - прохладно; 6 - нормально; 7 - жарко; 8 - возбуждающе; 9 - раздражающе жарко



Температура воздуха в пещерах колеблется в очень широких пределах: от отрицательных (-20...-40 °С) в ледниковых полостях полярных и горных стран до положительных (+25...+38 °С) в полостях тропиков и субтропиков, а также в глубоких искусственных выработках. Американские спелеологи Мур и Сьюлливан предложили формулу, связывающую температуру в нейтральной части пещер (Т, °С) с широтой местности (L, °) и высотой над уровнем моря (Н, м):

$$T = 38 - 0,6L - 0,002H$$

Естественно, это средние цифры, зависящие от местных условий, геотермических особенностей региона, морфологии пещер, интенсивности их проветривания и пр.

Относительная влажность в большинстве пещер и искусственных выработок близка к 100% (исключение представляют небольшие статические пещеры, расположенные близко к поверхности). Исходя из этого можно рассчитать абсолютную влажность воздуха в них,- для разных широт и высот она меняется от 5 до 30 мм рт. ст.

Таким образом, наиболее вероятными условиями пребывания человека под землей в низких широтах будут "прохладно", "возбуждающе", "жарко" и "раздражающе жарко"; в средних - "холодно", "холодно, влажно", "холодно, очень влажно"; в высоких - "очень холодно", "холодно, влажно". Наш природный термостат слабо приспособлен к таким условиям, так как в большинстве случаев температура человеческого тела значительно превышает температуру подземной атмосферы. Это определяет основную угрозу - переохлаждение.

В воздухе теплопередача происходит тремя путями: излучением (45%), теплопроводением (35%), испарением пота, мочеиспусканием и нагревом вдыхаемого

воздуха (20%). В воде, теплоемкость которой в 4, а теплопроводность - в 25 раз больше воздуха, основная масса тепла теряется за счет теплопроводения. Поэтому водолазные нормы не допускают погружение без гидрокостюма при температуре менее 17°C. Охлаждение спелеолога происходит особенно быстро, если воздух и вода находятся в движении, так как он вынужден обогревать все новые слои.

В 50-60 гг. проблема защиты от переохлаждения решалась на уровне интуиции: холодно - наденем побольше, жарко - расстегнемся. В слабо обводненных, сравнительно неглубоких (100-3000 м) пещерах и шахтах этого было достаточно. С появлением более сложных объектов, где работать приходилось не в обычной одежде, а в надетом под комбинезон тонком резиновом костюме, пришлось заняться теорией. Выяснилось, что охлаждение происходит постепенно. Первая его стадия - ощущение холода, дрожь, инертное поведение. Организм борется с ним усиленным теплообразованием, повышением интенсивности окислительных процессов. Вторая стадия - "гусиная кожа", озноб, побледнение, иногда судороги. Мышечные нагрузки и в этом случае позволяют вернуться к норме. Третья стадия - необычное поведение, плохая координация, боли в мышцах, паралич голосовых связок, потеря сознания. Переохлаждение сопровождается снижением периферической (кожа, конечности) и центральной (сердце, мозг, легкие) температуры до 30 °С. Дальнейшее понижение центральной температуры (30-25 °С) приводит к смерти. Это определяет первую помощь при переохлаждении: изоляцию от холодных стенок и пола пещеры, обсыхание, теплые напитки, периферийное и центральное разогревание и пр. Если пострадавший уже перестал дрожать, нельзя растирать его, давать алкоголь, так как это может привести к внезапной остановке сердца.

Лучшие меры борьбы с переохлаждением - специально подобранная одежда, грамотная тактическая схема исследований. Медицинская комиссия французской спелеологической школы рекомендует примерное меню при выходе под землю на 20 часов: завтрак на поверхности - 8 часов утра (произвольный набор продуктов питания, желательна зелень); обед - 12-13 часов (горячий суп, рисовая каша, орехи, кофе); полдник - 17 часов (сухофрукты, суп или кофе); ужин - 23 часа (пюре, сыр, шоколад, кофе или суп); подъем на поверхность - 4 часа утра (сухофрукты). В 90-е гг. для спелеологов бывшего СССР эти рекомендации звучат издевательски, но... Сказанного, вероятно, достаточно, чтобы стало ясным: жизнеобеспечение под землей - дело серьезное. Если нас ждет сложный объект, нельзя рассчитывать на русское "авось". Надо обратиться к учебникам по медицине и физиологии.

Довольно долго спелеологи Европы страдали в пещерах в основном от переохлаждения, а перегрев считался возможным лишь в далеких от нас тропиках. Первый сигнал пришел из пещер массива Алек (Кавказ). По глубине они немного превосходили крымские, но отличались довольно сильной обводненностью, чередованием вертикальных колодцев, наклонных галерей и узких "шкуродеров". Наличие воды заставляло работать в облегчающем гидрокостюме, ограничивающем теплоотдачу. И сразу появились грозные признаки: общая слабость, вялость, сухость во рту, тошнота, покраснение или побеление лица, частое, поверхностное дыхание. Не надо быть врачом, чтобы понять - это перегревание. Спешно пришлось разрабатывать специальные правила, предусматривающие периодическую вентиляцию, быстрое охлаждение после преодоления узких лазов (погружение в ванночки), прием стимулирующей дозы элеутерококка. Так снова проявилась полярность спелеологии, когда приходится вести борьбу "на два фронта".

Пещеры - великолепный полигон для проверки различных средств жизнеобеспечения, необходимых не только спелеологу, но и военным или космонавтам. Например, как обеспечить полноценный сон в подземном лагере? Специалисты чешского спелеологического общества разработали гамак с собственным источником тепла, в котором можно спать без спального мешка. Он состоит из подвесной системы, к которой крепятся три слоя синтетической ткани, внешний из которых алюминирован. Под гамаком ставится емкость со 150 граммами парафина, с фитилем из стекловолокна.

Теплый воздух поступает по трубке, обогревая гамак до 30-37°C. В нем можно даже высушить намокшую одежду.

Эта особенность спелеологии широко используется разными фирмами для опробования и рекламы своей продукции. Недаром крупные экспедиции легко находят спонсоров, бесплатно снабжающих их новым оборудованием, средствами жизнеобеспечения, специальными наборами продуктов. К сожалению, в странах бывшего СССР пока далеко не все фирмы и коммерческие предприятия понимают, что такое настоящая реклама.

#### 7.4. Собачьи пещеры

Еще в античные времена были известны пещеры, посещение которых опасно для жизни. В небольшую пещеру Канини близ Неаполя человек мог зайти свободно, но сопровождающие его собаки погибали. Стоило наклониться к четвероногому другу - и человек тоже терял сознание. Это объяснялось высокой концентрацией углекислого газа в приземном слое воздуха (до 77%). Газ поступал в пещеру по трещинам в известняках и вулканических породах. Такие же пещеры известны в других районах Европы (Збрашовская, Чехия, 36%), Азии (Кармал, Иран, 24%), Америки (Калифорния, США, 19%).

Иногда сообщения о наличии CO<sub>2</sub> в пещерах основывались на недоразумении. Например, в Крыму первое упоминание о нем принадлежит академику П. Кеппену (1821 г). При описании Туакской пещеры на южных обрывах Карабийского массива он цитирует письмо полковницы Дарьи Штеге. *"Выстрелив во вход два раза из ружья, чтобы отогнать злых духов, мы прошли 70 или 80 аршин самую зараженную атмосферу, дойти до конца пещеры я не смогла как по собственному расслаблению сил и дурноте, так и по жалобам моих спутников..."* Так появилась легенда об углекислом газе в Туакской пещере, которая проникла даже в научную литературу.

Массовые обследования более 700 полостей Крыма в 60-е гг. показали, что в его пещерах и шахтах нет опасных для жизни концентраций CO<sub>2</sub>, хотя фоновое содержание повышено по сравнению с атмосферным воздухом на порядок (0,2-0,7 объемных %). Тем опаснее было исключение - Бездонный колодец на Агармыше. Исследования гидрогеолога Ю И Шутова показали, что в холодный период содержание углекислого газа в нем близко к фоновому (0,5%), а вот в теплый оно повышается до 2,4-3,2%, и огромная "бутылка" колодца заполняется опасной для жизни смесью почти до горлышка.

Спуски Ю И Шутова, несмотря на некоторые технические сложности, закончились благополучно. Но так бывает не всегда. 1.10.1972 г в пещере Кюв де Сорье (Франция) погибли Жан Жако и Шарль Жан, а затем пытавшийся спасти их мэр городка Робер Шоссе. Удушье произошло в результате высвобождения CO<sub>2</sub> из кармана, внезапно вскрытого обрушением гипсового блока. В 80-90 гг. с высокими концентрациями CO<sub>2</sub> (более 4%) столкнулись спелеологи в дальних частях пещеры Золушка (Молдова-Украина). Исследования черновицких медиков показали уменьшение количества сердечных сокращений у мужчин и увеличение - у женщин (в состоянии покоя), и увеличение у всех - под нагрузкой. После 3-4 часов работы в загазованной части пещеры фиксировались утомляемость, сонливость, жажда, раздражительность, потеря координации, снижение внимательности (увеличение числа ошибок при топосъемке).

Что же это за коварный газ? Оксид углерода - бесцветный газ, имеющий слегка кисловатый вкус. Благодаря большему удельному весу, чем кислород, он накапливается в нижних частях пещер, образуя "озера". Человек хорошо приспосабливается к атмосфере, содержащей до 3% CO<sub>2</sub>, концентрация более 12% абсолютно смертельна, диапазон 3-6% - спорный. Последние достижения космической медицины выявили, что при концентрации 3-6% пребывание здорового человека в загазованной атмосфере допустимо 60-90 минут, 5-7% - переносится индивидуально (через 15-20 минут ощущается теплота во всем теле, легкая головная боль), при концентрации более 7%

проявляется токсический эффект, требующий напряжения сил для сохранения работоспособности. Повышение концентрации  $\text{CO}_2$  в воздухе до 6% вызывает увеличение глубины дыхания с 670 до 2100 мл, частоты - с 14 до 27 раз в минуту.

Изучение сотен пещер в разных районах мира показывает, что повышенное на порядок содержание  $\text{CO}_2$  является тем "фоном", на котором развиваются все процессы под землей (формирование пещерных минералов, развитие спелеофауны и пр.) Имеется даже предположение, что углекислый газ сыграл определенную роль в эволюции человека. В зависимости от объема пещер, в которых укрывался первобытный человек, и наличия естественной вентиляции при обогревании кострами в них возникали зоны его повышенной концентрации. В наиболее укрытых от опасности и плохо вентилируемых частях пещер, очевидно, укрывались женщины с маленькими детьми. Так формировалось "привыкание" к повышенной концентрации  $\text{CO}_2$ , которая в количестве 2-3% активизирует нервные клетки подкорковых образований головного мозга, тонизирует кору его больших полушарий.

Откуда же берется  $\text{CO}_2$  под землей? Известно несколько его источников: атмосферный или почвенный воздух, окисление органических или неорганических соединений, имеющихся в пещерах и во вмещающих породах, подток сухих струй газа и пр. Сейчас появилась возможность определения источников  $\text{CO}_2$  в конкретной пещере. Для этого следует изучить изотопный состав углерода, входящего в его молекулу. "Облегчение" углерода на 5-25 промилле (обогащение изотопом  $\text{C}_{13}$ ) характерно для реакций окисления органических веществ почвы; на 40-70 промилле - для окисления углеводородов метанового ряда; отяжеление на 5-10 промилле - для  $\text{CO}_2$  глубинного генезиса. Так что, как всегда, проблема диалектична: с одной стороны, углекислый газ - враг всему живому, с другой - его более глубокое изучение раскрывает многие тайны неживой природы и человеческого организма.

В практике исследования пещер известны случаи отравления и другим оксидом углерода - СО. Угарный газ не имеет цвета и запаха. Он образуется при взрывах, работе двигателей внутреннего сгорания, источников открытого огня. Симптомы отравления им - головная боль, одышка, учащенный пульс; возможны быстрая потеря сознания и судороги. В 1946 г. чуть не закончилось трагедией первое погружение в источник Воклюз с аквалангом, когда Дюма и Дюфур, а затем Тайи и Морандье испытали сильнейшее отравление: в баллоны из-за неисправности компрессора был закачан воздух с примесью СО.

Еще один опасный газ, встречающийся под землей, - это сероводород ( $\text{H}_2\text{S}$ ). Он немного тяжелее воздуха, бесцветен, при большом разбавлении пахнет тухлыми яйцами, однако быстро наступает адаптация к запаху. Отравление возникает при концентрации 0,2-0,3 мг/л, содержание выше 1,0 мг/л - смертельно. Токсичность сероводорода проявляется в раздражающем действии на глаза и органы дыхания, к которым затем присоединяется поражение центральной нервной системы и паралич сердца. Сероводород част в пещерах, через которые разгружаются на поверхность минеральные воды. Именно в небольшой пещере Мацестинская близ Сочи чуть не погиб в начале XX в. Э. Мартель. Он так увлекся ее обследованием, что потерял сознание. В 1971 г. опытные спелеологи П. Дебре и М. Роке погибли от отравления  $\text{H}_2\text{S}$  в воздушном куполе за сифоном одной из пещер юга Франции. Позже выяснилось, что через купол проходила жила окисленного сернистого минерала. Сероводород часто встречается в вулканических пещерах совместно с  $\text{SO}_2$ ,  $\text{CO}_2$ ,  $\text{N}_2$  и другими газами. По сообщению Г. А. Максимовича, сложная по составу смесь газов заполняет пещеры, образованные при горении пластов угля.

Таким образом, газовый состав воздуха в пещерах и подземных пространствах может быть самым различным - "нейтральным", полезным или опасным для человека. Ну а как обстоит дело с его чистотой? Вот тут все вроде бы благополучно. Немногочисленные замеры, выполненные в гипсовых пещерах Подолии (Кристалльная, Озерная), в известняковых пещерах Кавказа (Ново-Афонская) и в соляных копиях Закарпатья и Приуралья (Солотвино, Соликамск), показали, что воздух подземелий

очень чист и содержит не более 100 микробов в 1 м<sup>3</sup>. В. Н. Андрейчук доказал, что вследствие естественной вентиляции карстовые пещеры многократно очищают поверхностный воздух от разных примесей. Так что пещеры - это "легкие земли".

## 7.5. Звук под землей

Пещеры нередко представляют как мир вечного безмолвия. *"Мертвая тишина подземелья наложила на души Тома и Бекки свою влажную, липкую лапу"*, - писал Марк Твен более ста лет назад. В других литературных источниках, напротив, смакуются тайны "поющих гротов", "стонущих пещер", "воющих колодцев". Где же истина?

Под землей можно выделить пять основных источников звука: падение камней, шум воды или воздуха, деятельность животных или человека. Звуки четырех первых групп, как и на поверхности, существуют независимо от нас. Уместно вспомнить спор средневековых схоластов: шумит ли водопад, который некому услышать? Но он теряет смысл, если заменить субъективное восприятие звука объективными физическими характеристиками.

Звук - это изменение давления, которое распространяется в воздухе во все стороны в виде синусоидальной волны, характеризующейся скоростью, длиной, частотой и интенсивностью. Скорость звука зависит от упругих свойств среды и температуры. В воздухе при температуре 18°C она составляет примерно 340, а при 0°C - 1550 м/с. Длина звуковой волны - это расстояние между двумя последовательными зонами максимума или минимума давления, а частота - число волн, проходящих через данный участок среды за секунду. Единицей измерения частоты принят герц - 1 цикл колебаний в секунду. Человек воспринимает звуковые волны с частотой от 20 до 20 000 Гц. Ниже располагается область инфра-, а выше - ультразвука. Интенсивность - это энергия, переносимая звуковой волной через единицу площади в единицу времени. Порогом слышимости является интенсивность 10-16 Вт/см<sup>2</sup>. Кроме этих основных характеристик звук различают еще по высоте (основной частоте) и по тембру (набору наложенных друг на друга синусоид). Если в звуке характерные частоты не выделяются, говорят о шуме.

Вооружившись этими необходимыми физическими знаниями, начнем "охоту" за звуком под землей. Падение отдельных камней вызывает короткие, как удар хлыстом, одиночные звуки. А осыпание - нарастающий гул. Движущаяся вода является источником самых разных звуков - от монотонного "кап-кап" и еле слышного журчания ручья до грозного рева водопада, срывающегося во многометровую пропасть. Небольшой ручей с расходом 0,5-2,0 л/с генерирует звук с частотой от 40 до 8000 Гц, причем максимум приходится на область около 2000 Гц. Чем больше воды в ручье, тем более "расплывчатым" становится максимум. Это приводит к изменению тембра звучания, что является одним из свидетельств начинающегося подземного наводнения. В водопадах на возбуждение звуковых колебаний расходуется около 1% мощности. Шум возникает при вспенивании дробящейся воды, когда происходит кавитация, - в ней образуются и захлопываются пузырьки разных размеров. При подъеме воды в карстовых сифонах за счет взаимодействия со сводами, имеющими различную форму, иногда возникают инфразвуковые волны. При частоте около 1,0 герц они накладываются на  $\alpha$ -ритм головного мозга и вызывают хорошо знакомые спелеологу чувства дискомфорта, беспричинного страха. И к этому "внутреннему голосу" следует обязательно прислушиваться.

Морские пещеры также полны звуков. Одна из самых известных "звучащих" пещер мира находится на острове Стаффа (Гебридские о-ва). Она имеет протяженность 70 м и высоту у входа 30 м. В тихую погоду волны, набегающие на базальтовые колонны, подпирающие своды, издают мелодичные звуки, а во время прибоя из пещеры доносится громоподобный гул - вода сжимает воздух в дальней части пещеры, и он прорывается наружу. Эти звуки, слышимые на несколько километров, вдохновили композитора Мейербера (1794-1864 гг.) на написание оратории "Фингалова пещера".

Движение воздуха под землей может быть довольно интенсивным. В Красной пещере (Крым) в сужениях зафиксированы местные скорости, достигающие 10 м/с (36 км/час). В пещере Винд (США) в одном из узких ходов иногда бушует настоящий ураган (150 км/час).

Тембр звучания ветровых пещер зависит не только от скорости движения воздуха, но и от характера обдуваемой поверхности. Если она гладкая, то раздается равномерный, то усиливающийся, то ослабевающий гул. Если с основным отверстием связан лабиринт более узких ходов, тональность звука меняется. Возникает "клокотание", которому иногда дают звукоподражательные названия. Например, на склоне вулкана Арагац (Армения) описаны дующие колодцы и трещины, получившие в народе название "гыр-гыр". А. Гумбольдт описал на р. Ориноко "поющие скалы". Стены гротов и трещин здесь покрыты тоненькими листочками слюды, которые поют утром и вечером при смене направления овевающих их воздушных потоков. В Тигровой пещере (Таджикистан) мелодичные звуки издают соляные сталактиты. Тембр звучания определяют их диаметр и длина. Неожиданные звуки возникают близ водопадов. Увлекаемый водой воздух иногда прорывается даже через закрытые сифоны, что сопровождается урчанием и бульканьем.

Самые разнообразные звуки привносит под землю, конечно, человек. Это голоса и сигнальные свистки, стук забивающего крюк молотка и шелест горящего примуса, ритмичный шум легочного автомата акваланга и музыка... На всю жизнь запомнился мне полевой сезон далекого 1963 года. В работе Комплексной карстовой экспедиции принимал участие московский геофизик Ю. Баулин. Метод радиопросвечивания, которым он пользовался, предельно прост: чувствительный радиоприемник с подвижной антенной, геологический компас и блокнот - вот все, что нужно. Настраиваясь на частоту широкоэмиттерных радиостанций данного района, по изменениям радиопеленга и интенсивности сигнала можно установить, имеются ли в этих направлениях значительные пустоты. Но за внешней простотой метода кроется много тонкостей, - недаром Юрий день и ночь "колдовал" над своим ПИНПом, наполняя пещеры Караби чуждыми им звуками - бравурными маршами Анкары, томными танго Будапешта, лирическими песнями Киева...

Пещеры, благодаря большим размерам залов и множеству натеков, обладают удивительной акустикой. Это знал еще первобытный человек, магические обряды которого требовали специфического звучания голоса. В 1983 г. французские археологи выяснили, что участки, где расположены пещерные рисунки, также обладают своеобразной звуковой палитрой, напоминающей то дробный топот стада, то рык льва... Это была если не цветомузыка, то своеобразная музыка цвета.

Сиракузский царь Дионисий, живший в I в. до н. э., отличался подозрительностью и жестокостью. Для подслушивания он использовал пещеру, сохранившую до нашего времени название "Дионисиево ухо". Она имеет длину около 25 м и ширину до 75 м. С поверхностью ее связывает извилистый проход, а все происходящие в пещере разговоры фокусируются в одной точке, где была сооружена специальная камера. Так тайное становилось для царя явным.

Древнее греческое предание повествует о красивой молодой нимфе Эхо, обитавшей в лесах и на холмах. Однажды к ним в гости явился сам Зевс. Эхо взяла на себя незавидную роль - отвлекать внимание ревнивой жены громовержца. За это Гера лишила ее речи, сохранив способность повторять лишь окончания слов. Так из легенды родилось слово "эхо", давшее имя интересному физическому явлению.

На полуострове Юкатан (Центральная Америка) есть легендарный колодец жертвоприношений - сеноте Чичен-Итце. В глубоком и широком колодце крики жертв вызывали отражение звука. Многократное эхо выдавалось жрецами за голоса подземных духов, вещающих об урожае или бескормице.

С детства у нас осталась не только в памяти, но и в подсознании, как холодок по спине, фраза бессмертного Марка Твена: *"Том крикнул, но в темноте пещеры отдаленное эхо прозвучало так странно, что он больше не пытался кричать..."* Так что

же такое эхо? Это отражение звука от поверхности, расположенной на значительном расстоянии. Для получения четкого эха от источника звука до отражающей поверхности должно быть от 250 м до 4 км. Только в этом случае через 180 миллисекунд звук возвращается к нам. Если запаздывание снижается до 80 миллисекунд, эхо начинает усиливать концы слов; до 70-40 - создает тембровые искажения, до 30 миллисекунд и менее - отраженный звук воспринимается слитно с прямым, усиливая и обогащая его тембр.

Под землей залы с размерами более 200 м встречаются довольно редко. Зато в пещерах очень много основных (стены, своды) и вторичных (натечные формы) поверхностей. Поэтому отраженные волны перекрываются с исходными, возникает реверберация - послезвучание - продолжительностью 1,0-1,1 с. Именно поэтому во многих пещерах мира размещают концертные залы (Ново-Афонская, Грузия; Аггтелек, Венгрия; Постойна, Словения; Гибралтар, Испания и пр.). В одной из пещер США создан даже "пещерный рояль", в котором молоточки вместо струн ударяют по сталактитам разной длины и толщины.

Источником звука, слышимого человеком, являются также некоторые птицы. В средних широтах это чаще всего голуби или каменные стрижи, гнездящиеся в слабоосвещенных привходовых частях пещер; в низких широтах наибольший интерес представляют обитатели пещер гуахаро (Ю. Америка) и саланган (Ю. Азия). Крики, издаваемые гуахаро, находятся в звуковом диапазоне 1500-7000 герц, а продолжительность их не превышает 0,001 с. Гуахаро питаются плодами пальм, и звуковая локация нужна им только для ориентировки в темноте пещер, где они укрываются днем. Стрижи-саланган обитают в труднодоступных уголках пещер. В отличие от гуахаро это дневные насекомоядные животные. Во время охоты они пользуются зрением, но в пещерах используют эхолокацию, издавая щелчки частотой 4-5000 герц, продолжительностью 0,002-0,006 с.

Наконец, мощным источником звука под землей являются летучие мыши. Их "рабочий диапазон" очень широк и для разных родов и видов меняется в пределах от 10000 до 150000 герц. Человек воспринимает лишь малую часть спектра звуков, испускаемых летучими мышами (10000-20000 герц), да и эта его способность уменьшается с возрастом. Египтяне и ранние эллины даже считали, что старость начинается с момента, когда перестаешь слышать писк летучей мыши.

Большая часть звуков, испускаемых летучими мышами, лежит в ультразвуковом диапазоне. И наше счастье, что диалоги рукокрылых с окружающей средой не воспринимаются ухом человека. Американский ученый Алвин Новик доказал, что громкость импульса, испускаемого складчатогубом, наиболее распространенной летучей мышью Америки, доходит до 145 децибелов; это сравнимо только с уровнем шума стартующего реактивного самолета.

В 80-90 гг. появились сообщения о Гроуте скелетов в Хакасии (Россия). У обследовавших его опытных спелеологов начало возникать неясное чувство тревоги, перерастающее в волнение, а затем - в панический страх. Исследования специалистов-медиков Сибирского отделения Академии медицинских наук показали, что в пещере происходит аperiodическое нарастание магнитного поля, не связанное с его изменениями на поверхности, но зато хорошо коррелирующееся с ощущением дискомфорта у спелеологов.

Инфразвуковые колебания в пещерах могут генерировать ветер, падающая вода, микросейсмические колебания, землетрясения. Доказано, что в определенных условиях инфразвуковые волны порождают магнитные бури. Довольно давно установлен и эффект "полостных структур", в определенных точках которых возникает сильное электрическое поле. А что такое сложная пещера, состоящая из переплетения ходов, лазов, колодцев, тоннелей, как не полостная структура?!

Талантливый геолог и писатель-фантаст И. Ефремов писал в романе "Туманность Андромеды": "Только в пещерах бывает такая тишина... на страже ее стоит косная материя земной коры". Так прав ли И. Ефремов?



Под землей живет, притаилось, а иногда выплескивается в самых удивительных проявлениях целое море слышимых и не слышимых человеком звуков. И знаем мы о нем пока далеко не все.

## 7.6. Каждому времени - свои страхи

Отношение к подземному миру на протяжении веков неоднократно менялось. В раннем средневековье полагали, что под землей располагается ад. Затем в Западной Европе появились многочисленные "драконьи", а в России - "индрикеры" пещеры. В XVI-XIX вв. пещеры не без оснований населяли разбойниками. В конце XIX в. считалось, что главная опасность пещер - лабиринты, из которых невозможно найти выход.

В 20-е гг. XX в. мир потрясло "проклятье фараона": серия загадочных болезней и даже смерти людей, причастных к вскрытию гробницы Тутанхамона. Серьезные ученые относились к нему, как к мифу той же группы, что и "цифровая мистика пирамид". Дело в том, что этого проклятия не содержит ни одна из расшифрованных надписей, оно противоречит и египетскому похоронному ритуалу, требующему выказывать усопшим благоговение и уважение /14/.

Вторая мировая война заслонила собою и пирамиды, и мумий. Но факты продолжали накапливаться, выстраиваясь в некую систему. Краковский журналист Зб. Швиенх собрал тысячи фактов из Польши и Египта, Италии и США, Великобритании и Южной Америки, свидетельствующих, что смерть людей, причастных ко вскрытию саркофагов и гробниц, - не такое уж необычное дело. Что же вызывало их?

Еще в 1906 г. Г. Дарлинг обнаружил новый вид сапрофитных грибов - гистоплазма, размножающийся в почве или на контакте с гуано летучих мышей и птиц. Для его развития необходима довольно высокая температура (18-23 °С) и влажность воздуха (более 70%). Сейчас известно три вида грибов: *Histoplasma capsulatum*, *H. Duboisii*, *H. farciminosum*. Встречаются они в тропических пещерах Африки, Центральной и Южной Америки, возможно, Южной Азии. Переносчиками заболевания являются также летучие мыши и птицы.

Наиболее тяжелой формой заболевания является легочный гистоплазмоз. После 5-15 дней инкубационного периода он проявляется ознобом, кашлем, болью в груди, одышкой, слабостью. Инфекция быстро распространяется, поражая легкие, а затем - почки, печень, центральную нервную систему.

Нарастает анемия и через 4-10 месяцев наступает смерть. При узелковой форме возможен рак легких. Противогрибковые антибиотики дают результат лишь при своевременном вмешательстве.

В 1962 г. микробиолог Каирского университета Э. Таха сообщил, что он обнаружил болезнетворный грибок *Aspergillus niger*, обитающий в мумиях, пирамидах и склепах, тысячелетиями остававшимися закрытыми. Он провоцирует лихорадку и сильнейшее воспаление дыхательных путей, которым часто болеют археологи и сотрудники музеев Египта. Открытие Тахи было тем более убедительным, что через несколько дней он погиб в автомобильной катастрофе. Вскрытие показало, что ее причиной был острый приступ бактериальной эмболии.

В 1973 г. в гробнице польских королей в Вавеле был открыт саркофаг Казимира IV Ягеллончика, сооруженный почти 500 лет назад. В 1992 г. краковский микробиолог Б. Смык обнаружил в нем неизвестные науке бактерии, грибы и плесень, а также - *Aspergillus flavus*, атакующий людей, живущих на болотистых местностях. Именно с ним связана серия неожиданных смертей тех, кто принимал участие в исследовании саркофага.

Сказанного достаточно, чтобы прийти к выводу о вполне вещественных причинах гибели людей, которые вторгаются в подземные пространства, долгое время изолированные от внешнего мира, или исследуют тропические пещеры, зараженные

гистоплазмозом. К счастью; это один из немногих случаев, когда мы встречаемся под землей с действительно болезнетворным началом.

В 1946 г. человечество вошло в атомный век, и перед ним возникла новая опасность - радиация. Трагедия Чернобыля в 1986 г. показала ее возможные масштабы. Какова опасность радиационного поражения под землей?

Существуют три типа радиационного воздействия: альфа-излучение (испускание протонов), бета-излучение (испускание электронов) и гамма-излучение (выбрасывание порций энергии из нестабильных атомов-нуклидов). В 50-60 гг. наиболее опасными для человека считались бета- и гамма-излучения. Общие сведения о радиоактивности карбонатных, сульфатных и соляных пород, имеющиеся в справочниках, свидетельствовали, что в карстовых полостях можно ожидать проявления радиоактивности, составляющие  $2-8 \times 10^{-12}$ /экв. Ра/г. Исследования экспедиции московского геофизика В. Н. Дахнова в семи пещерах Крыма полностью подтвердили эти цифры: в 88% случаев величина радиоактивности не превышала  $5 \times 10^{-12}$  г/экв. Ра/г. Радиоактивность натечных форм несколько меньше ( $1,5-2,5 \times 10^{-12}$ ), а глин - больше этой величины ( $7-10 \times 10^{-12}$ ). Подтвердили эти исследования и результаты попутных замеров, выполненные в сотнях других пещер мира. Радиационную опасность представляли только полости, проходящие близ рудных тел, содержащих радиоактивные минералы, или гидротермальные полости с заполнителем из таких минералов. Например, в 1989 г. Международной Тюямуюнской экспедиции при работе в пещере Ферсмана, где был открыт первый в России радий, пришлось завести на всех участников карточки радиационного контроля.

Положение резко изменилось, когда в 60-70 гг. в США, а в 80-е гг. в Европе (Великобритания, Чехия, Венгрия) появились первые публикации о радоне в пещерах. Русскоязычных читателей ввела в проблему небольшая статья В. М. Наседкина и А. Б. Климчука, опубликованная в сборнике "Свет" в 1989 г. Оказалось, альфа-радиация не так безвредна, как считалось раньше. Основной ее естественный источник - радон. Это бесцветный, не имеющий запаха и вкуса, тяжелый (в 7,5 раз тяжелее воздуха) газ, образующийся при распаде изотопов радия. Источником радия является уран, в малых концентрациях распространенный во всех породах земной коры. Радон химически инертен и легко диффундирует из породы в окружающую атмосферу. Интенсивность диффузии возрастает с понижением атмосферного давления и повышением температуры. В подземных естественных и искусственных пустотах содержание радона может существенно увеличиваться. В результате распада радона образуются короткоживущие изотопы полония, свинца, висмута, являющиеся альфа- и бета-излучателями. Вдыхая воздух, содержащий аэрозольные частицы с осевшими на них дочерними продуктами распада, человек может получить существенную дозу альфа-радиации. Концентрацию радона обычно выражают в беккерелях на кубический метр ( $\text{Бк}/\text{м}^3$ ), а для определения допустимых доз используют более сложные расчетные критерии.

Первые работы по изучению содержания радона в пещерах бывшего СССР дали ошеломляющие результаты. Оказалось, что повышенное в 10-300 раз по сравнению с открытой атмосферой содержание радона - такое же атрибутивное свойство пещер, как повышенное в 1-30 раз содержание углекислого газа. В отдельных пещерах Подолии (Оптимистическая, Озерная), Крыма (Мраморная), Кавказа (Илюхина, Арабикская, Азишская), Средней Азии (Кап-Кутан, Хашим-Ойик, Геофизическая) содержание радона колеблется от  $n \times 100$  до  $n \times 10000$   $\text{Бк}/\text{м}^3$ . Максимальные значения получены в Крыму (Глиняный зал Мраморной пещеры,  $39 \text{ } 300 \text{ } \text{Бк}/\text{м}^3$ ) и в Средней Азии (Геофизическая,  $68 \text{ } 100 \text{ } \text{Бк}/\text{м}^3$ ). Выявлен ряд важных особенностей распределения радона по сезонам и морфологическим элементам пещер. В ряде полостей можно получить предельную годовую дозу радиации за один рабочий выход или за пять дней пребывания в подземном лагере.

Несмотря на неполноту имеющихся данных, уже можно сформулировать некоторые общие требования "спелеологической" радиационной безопасности. Во-

первых, необходимо продолжать радиометрическое обследование пещер; во-вторых, оценку радиационной опасности следует производить отдельно для постоянных работников (экскурсионные пещеры, подземные стационары, лаборатории); в-третьих, в пещерах с высоким содержанием радона надо применять специальные меры безопасности - ограничение общего времени пребывания под землей, планирование работ на зимний период, когда концентрация радона минимальна, использование респираторов, отказ от курения в пещерах (риск заболевания раком легких, создаваемый курением и альфа-радиацией, не складывается, а умножается).

Совершенно не изучен вопрос о содержании радона в искусственных подземных полостях и сооружениях, где также следует ожидать его повышения. Радиационная опасность различных сооружений зависит не только от их положения, но и от строительных материалов. Использование "безотходной технологии" в Канаде и США привело к тому, что в стены многих зданий были заложены материалы, дающие повышенный альфа- и гамма-фон. Пришлось проводить радиационную съемку, отселить много семей, сносить дома.

Интересную гипотезу выдвинула винницкая журналистка Л. Белозерова. Она обратила внимание на резкое ухудшение состояния здоровья Адольфа Гитлера после посещения им ставки "Вервольф" на Восточном фронте. Симптомы болезни - слабость, перерождение нервной системы, отклонения в психике - очень похожи на те, что поразили ликвидаторов Чернобыльской аварии. Анализы бетонных и гранитных блоков "Вервольфа" показали, что фашистское логово "светит" по-крупному.

Но как увязать все сказанное с тем, что многие спелеологи 50-х гг. (в том числе - и автор) провели под землей месяцы и годы, хотя по современным данным во многих пещерах можно было бы находиться сутки и недели, а кое-где - даже часы? Радон многолик. В небольших дозах, сопоставимых с фоновой дозой за месяц, он используется на многих курортах. Вот еще одна загадка для упрямо не желающей развиваться спелеомедицины.

Как и в случае с углекислым газом, выявились и некоторые "положительные" стороны повышенной альфа-радиации. Детальная радонометрическая съемка пещер-лабиринтов и крупных вертикальных полостей является великолепным средством их микроклиматического зонирования, выявления основных путей воздухообмена и прогнозирования возможных продолжений. Ведь известно, что за узкими "газящими" щелями скрываются крупные залы.

В конце XX века различные специалисты (геологи, биологи, медики) начали обращать внимание на так называемые "геопатогенные" зоны (ГПЗ). Одни считают, что ГПЗ - болезнетворные земли, длительное пребывание на которых ведет к раку, рассеянному склерозу, полиартриту, гипертонии; другие полагают, что ГПЗ - разрывы в земной коре, близ которых происходит выделение гелия, аргона и других газов, накопление электрической энергии, концентрация водных потоков. Некоторые специалисты даже дают точный "адрес" таких зон - участки пересечения разрывов и сгущения трещин, кладбища, свалки и пр. В этот перечень по неясным для спелеологов причинам попали и подземные пространства. Днепропетровский ученый В. В. Воробьев (1993) прямо указывает, что "над карстовыми пустотами и подземными выработками наблюдается резкий всплеск опасной для человека энергии". Итак, ад, драконы, индрики, разбойники, "проклятье фараона", радон, геопатогенные зоны...

Кто знает, какие "пугала" появятся в пещерах в XXI веке?

## 8. Вода под землей

*Есть много струй в подлунном мире,  
Ключи поют в пещерах, где темно,  
Звеня, как дух...*

К. Бальмонт

### 8.1. Многоликая страница

Карстовые пещеры являются порождением движущейся воды и одновременно - ее вместилищем. Еще натурфилософы Древней Греции отмечали многообразие форм существования воды: в атмосфере она находится в виде пара; в порах, трещинах и кавернах - в капельно-жидком виде, стекая по их стенкам; в пещерах образует скопления стоячей (лужицы, озера) или движущейся (ручьи, реки) воды; в благоприятных климатических условиях она формирует значительные скопления снега и льда. Законы движения воды в разных состояниях различны и исследуются методами метеорологии, гидрологии и гляциологии. Чтобы правильно оценить особенности подземного ландшафта, спелеологу приходится использовать основные положения как этих, так и многих других научных дисциплин. Попробуем и мы кратко ознакомиться с "тонкостями" поведения воды под землей.

С парообразной влагой связана одна из самых противоречивых проблем современной гидрогеологии - проблема конденсации. Первые упоминания о возможности конденсации влаги в пещерах Средиземноморья принадлежат древнегреческим философам Фалесу Милетскому и Аристотелю (VII-VI вв. до н. э.). В XVII в. их идеи развили Рене Декарт и Цезарь Кюн, а в 1887 г. Отто Фольгер предложил гипотезу о преобладающем значении конденсации в питании подземных вод. В 1890-91 гг. с ее резкой критикой выступил метеоролог Отто Ганн, и лишь глубокие исследования русского гидролога А. Ф. Лебедева (1908-1936 гг.), оставшиеся почти неизвестными за рубежом, возродили эти идеи на новой теоретической основе.

Прежде всего, было установлено, что парообразная влага может передвигаться независимо от потока воздуха. Она перемещается из зон с большей абсолютной влажностью ( $e$ , мм рт. ст.) к зонам с меньшей влажностью, а при их равенстве - из зоны с большей температурой воздуха ( $t$ , °C) к меньшей. Оценить значения  $e$  и  $t$  на поверхности и под землей можно легко с помощью психрометра.

Второй важный момент. По микроклиматическим данным, в теплый период времени (апрель-сентябрь) абсолютная влажность воздуха под землей на 1-7 мм рт. ст. ниже, чем на поверхности. Таким образом, возникает устойчивый поток влаги из атмосферы в карстовые пещеры и шахты, где и происходит ее конденсация.

Теоретические выкладки А. Ф. Лебедева хорошо подтверждались наблюдениями в карстовых районах. По историко-археологическим данным, именно конденсационную влагу использовали жители античных и средневековых поселений Южной Европы и Центральной Азии; гидрогеологические данные свидетельствуют о существовании небольших, но постоянных источников близ горных вершин, перевалов, на изолированных возвышенностях - останцах, где питание дождевыми осадками близко к нулю; гидрологи давно отметили, что карстовые реки не пересыхают все лето, причем их расходы в период без дождей, длящийся иногда 3-4 месяца, поддерживаются на одном уровне (3-6 л/с). Наконец, прямые эксперименты по получению влаги в специальных установках с различным наполнителем (глыбы, щебенка, галька, песок), проведенные в самых разных климатических зонах - от сухих субтропиков до тундры, - показали, что каждые 5 м<sup>3</sup> наполнителя генерируют в среднем 1 литр воды.

В 60-70-е гг. в разных районах бывшего СССР были выполнены десятки тысяч замеров микроклиматических параметров полостей. Их обработка показала, что расходы 25 различных карстовых источников, расположенных в 30-1800 м над уровнем моря, строго следуют за изменениями температуры и абсолютной влажности атмосферного воздуха. Только реагируют они на них по-разному и запаздывают на 1-16 часов, что определяется геологическими и гидрогеологическими особенностями района. Связь между расходом и влажностью характеризуется очень высоким коэффициентом корреляции (0,84+0,12). Расчеты показали, что конденсация под землей в среднем составляет 3,5% от годового количества атмосферных осадков. Казалось бы, мелочь. Но не спешите с выводами. Дело в том, что около 50% выпадающих осадков испаряется и, следовательно, не идет на питание подземных вод. Это повышает реальный вклад конденсации до 7% от осадков. Кроме того, конденсация происходит в теплый период, когда дождей сравнительно немного. Поэтому в отдельных карстовых районах летняя конденсация составляет до 30% от разности осадки/испарение, обеспечивая работу одного условного карстового источника с расходом 4-5 л/с с каждого квадратного километра территории.

Казалось бы, проблема решена. Но гидрогеологи, далекие от спелеологии, не верили ее "ползучим" методам. Повод для сомнений был: ведь конденсация происходит только в теплый период, а зимой абсолютная влажность под землей выше, чем на поверхности! Отсюда напрашивается вывод - зимнее испарение компенсирует летнюю конденсацию...

Пришлось опять залезть под землю. Материалы по крымским пещерам не давали ясного ответа, так как там снег в горах стаивает 5-7 раз за зиму, все время "подпитывая" карстовые воды. В такой ситуации отделить конденсационные воды от инфильтрационных почти невозможно. Другое дело - высокогорье и приполярные области, где он лежит всю зиму! "Первый звонок" прозвучал в шахте Снежная на Бзыбском массиве (Грузия). В стремлении преодолеть рубеж 1000 м А. Морозов, Д. Усиков, Т. Немченко и их коллеги с 1977 г. начали проводить зимние экспедиции. В это время им не угрожали катастрофические паводки (летом здесь иногда выпадает до 100 мм осадков в сутки!). Правда, резко повышалась опасность лавин на подходах (что и привело в 1985 г. к трагической гибели трех спортсменов во главе с опытным А. Морозовым). Работая зимой под землей, спелеологи обратили внимание на то, что, несмотря на низкие температуры, на поверхности (до -30 °С), капель под землей не прекращалась.

"Второй звонок" последовал из гипсовых пещер Пинего-Кулойского плато (Архангельская область). В 1981 г. спелеологи В. Н. Малков и Н. К. Франц рассказали о результатах наблюдений над "зимней" конденсацией. Оказалось, что ее интенсивность увеличивается с понижением температуры воздуха на поверхности.

Теперь оставалось обосновать фактические наблюдения теоретическими расчетами. Для этого опять пришлось вернуться в Крым, где имелся богатейший банк данных по микроклимату пещер. В холодный сезон температура воздуха под землей составляет в среднем +10 °С, абсолютная влажность - 9,0 мм рт. ст., а на поверхности -10 °С и 2,2 мм рт. ст. Таким образом, действительно, в этот период происходит вынос влаги из карстового массива. Но (очень важное "но") происходит он не в открытую атмосферу! Парообразная влага из глубины массива поднимается вверх, конденсируется в верхней, охлажденной части массива и на нижней поверхности покрывающего его снега и в виде капли поступает по трещинам и полостям обратно в глубину массива. Таким образом, летняя конденсация - это прибавка в водном балансе карстовых массивов, а зимняя - "вечный двигатель" коррозионных процессов в приповерхностной зоне.

Но не надо думать, что проблема конденсации разрешена. Конденсационная влага в момент зарождения (*in statu nascendi*, как говорят химики) обладает нулевой минерализацией и очень высокой агрессивностью - способностью растворять горную породу. Это определяет роль конденсации в холодном (образование микроформ на стенах, разрушение натечков) и горячем (образование пещер-шаров над поверхностью

термальных, нагретых свыше 20 °С вод) спелеогенезе. Конденсационное происхождение имеют (или могут иметь) десятки подземных новообразований - сталактиты, коры, кораллиты, геликтиты, цветы и пр. Далеко не все ясно и в теории конденсации, и в методах ее определения.

Все это дало основания для постановки Международным союзом спелеологов специальной программы по комплексному изучению конденсационных процессов в карстовых коллекторах. К ее разработке в 90-е гг. подключились лучшие специалисты мира. Можно утверждать, что через несколько лет здесь нас ждут важные открытия.

## 8.2. "Кап-кап - капает вода..."

Второй формой движения воды, проникшей под землю в виде атмосферных осадков или образовавшейся вследствие конденсации, является капельно-жидкая. Ну уж тут-то не будет никаких неожиданностей, подумаете вы. Ведь капли дождя мы наблюдаем и на поверхности...

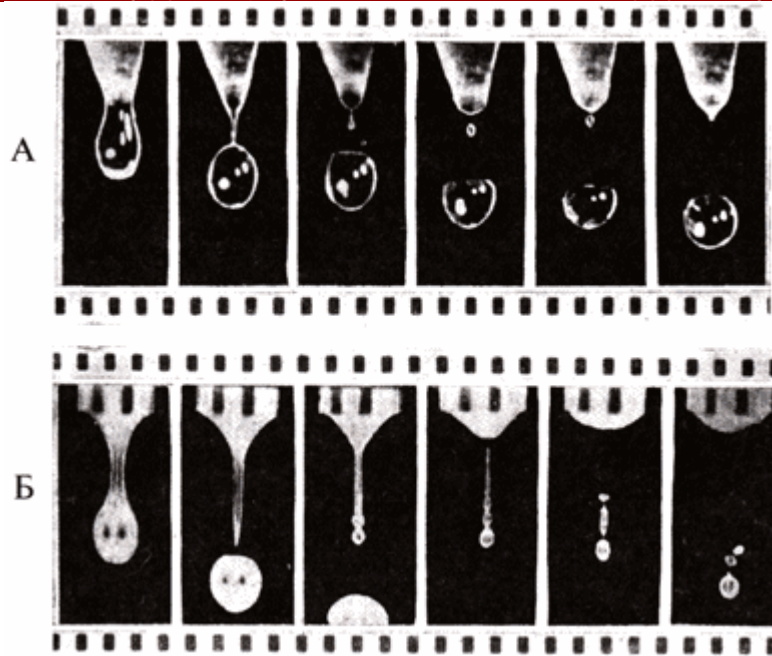
Каплям, действительно, посвящены десятки серьезных исследований и популярных книг /5, 8 и др./ . Они всегда в движении, в динамике рождения, преобразования, исчезновения. Их полет - это колебания размеров и формы, распад и слияние, испарение и конденсация. С микроскопических капель горючего начинались ракетная авиация и ракетостроение. Многообразие проблем, связанных с ними, породило мысль о создании науки о капле - "сталагмологии". Не утомляя читателя математическими формулами, коснемся только некоторых особенностей поведения капель воды в карстовых полостях.

"...Мы сидим на покрытом глыбами известняка втором этаже Красной пещеры. Над нами на 135 метров (45-этажный дом...) взметнулся купол Голубой Капели. Там, в недостижимой высоте, зарождаются капли. В свете наших сильных фонарей видно, как происходит их отрыв. Они набирают скорость - кажется, прямо в лицо летят сверкающие шарики... Но нет. Они проносятся мимо. Удар - и во все стороны разлетаются блестящие осколки. Воздух насыщен водяной пылью и пронизан волнами ритмичных звуков, создающих тот неповторимый фон, который свойствен только подземному миру..."

Приведенные строки - выписка из полевой книжки автора, по специальности гидрогеолога. Интересно сравнить их с восприятием сидевшего рядом физика и кристаллографа Владимира Илюхина. В его блокноте несколько коротких фраз со знаками вопроса: *Размеры капель? Скорость и характер падения? Удар?* Ответы на них пришли значительно позже.

Размеры капель воды, образующихся в карстовых полостях, зависят от диаметра питающего канала или ширины трещины, интенсивности поступления воды (времени каплеобразования), температуры, поверхностного натяжения (для чистой воды - 70 дин/см), плотности воздуха и многих других причин. Используя формулу Стокса и выполнив ряд несложных расчетов, можно прийти к понятиям о "маленькой" и "большой" каплях. Маленькая капля имеет размеры, при которых сила поверхностного натяжения больше, чем сопротивление воздуха. Маленькие капли имеют диаметр меньше 0,02 мм. Большие капли (диаметр около 1 мм), напротив, имеют размеры, при которых сила поверхностного натяжения меньше, чем сопротивление воздуха. В условиях пещер мы имеем дело в основном с большими каплями, маленькие капели образуются только близ водопадов, где происходит дробление водяной струи.

Рис. 58. Капелька, возникшая из перемычки, возвращается к сталактиту (А) или образует множество капель-спутников (Б) (по Я. Гегузину /8/).



Процесс образования капли далеко не так прост, как кажется. Его удалось восстановить, только используя киносъемку. Набухающая капля увеличивает свой объем, постепенно достигает предельной для данной трещины кривизны (рис. 58). Выходя из трещины, она образует тонкую перемычку, затем отрывается от нее и падает. Перемычка же меняет форму, постепенно превращаясь во вторую каплю меньших размеров. Судьба ее неожиданна: она не летит за большой каплей, а как бы подсакивает вверх, поглощаясь трещиной. Если приток воды из трещины сравнительно большой, то из перемычки образуется множество капель-спутников.

Расчеты свидетельствуют, что маленькие капли летят со скоростью, пропорциональной квадрату их радиуса (около 1 м/с), а крупные - до 10 м/с. Сопротивление воздуха расплющивает их - плоская лепешка, надутая воздухом, становится подобной парашюту. Образующая его "пленка" в конце концов прокалывается воздушной струей и распадается на более мелкие капли. Если диаметр капель недостаточен для парашютирования, они начинают вибрировать - менять форму от сферической до эллипсоидальной. Это влияет на отражение света: капля смотрится то темной, то светлой, а на фотографии возникает "пунктир".

Движение капель происходит равноускоренно. По формуле  $S = gt^2/2$  легко рассчитать, что при скорости скапывания 0,1 с расстояние между двумя смежными каплями через 0,1 с будет 5 см, а через 1 с - уже 93,1 см... Именно это является причиной образования капель из струй, вытекающих из полностью заполненных водой трещин.

Поведение капель в полете помогло разгадать еще одну загадку. В шахтах массива Алек впервые было отмечено, что температура воды в верхней и нижней частях 40-50-метровых каскадов различается на несколько десятых долей градуса. Причем увеличение температуры происходит не при стекании, а в свободном полете. Вода имеет вязкость, поэтому при переходе к более "экономной" сферической форме часть освобожденной энергии расходуется на нагрев капель.

Что же происходит при ударе капли о преграду? Конечный результат ясен: каждый спелеолог видел эгугационные ямки, выдолбленные в скале или в натеке капающей водой. Но какова кинематика этого процесса? Почему "капля камень долбит"? При столкновении капли с преградой она испытывает на себе гидродинамический удар: через нее в противоположном падению направлении распространяется волна торможения (наш современный мир подсказывает аналогию - внезапная остановка у светофора

распространяется на все автомашины в пределах квартала). Используя закон Ньютона (сила есть произведение массы на ускорение), легко определить давление, развиваемое в момент удара, - до  $100 \text{ кг/см}^2$ ... Его вполне достаточно для разрушения породы, поворота песчинок и косточек, на которых нарастают слои кальцита, образуя пещерный жемчуг.

### 8.3. Порядок и хаос

Регулярно падающие из отдельной обводненной трещины капли - классический пример упорядоченной во времени динамической системы. Однако она легко переходит в неупорядоченную - хаотическую. Если скорость поступления воды из трещины мала, то образование и отрыв капель происходят очень медленно и распадаются на два процесса. Набухающая капля начинает совершать колебательные движения вверх-вниз, а отрыв ее от перемычки происходит в любой момент времени. Оставшаяся часть капли, втянувшись обратно в трещину, начинает колебаться внутри нее с амплитудой, зависящей от притока воды. Взаимодействие между ними и порождает хаотический процесс.

В пещерах часто наблюдается пространственно-временной хаос, выражающийся в неупорядоченной капели с плоских потолков, на первый взгляд не связанной с трещинным водопритокком. Механизм его довольно прост: капли, образующиеся на потолке, "подпитываются" из трещин за счет образования тонкой пленки воды. Капля, образующаяся в каком-либо месте потолка в результате случайных причин, начинает расти благодаря перетеканию воды от ближайших капель. Рост выделившейся капли ведет к подавлению других. Этот нелинейный процесс повторяется в разных точках поверхности, создавая хаотическую картину падения капель.

Реальная картина формирования капель на плоских поверхностях и их последующего стекания по стенам пещер осложняется влиянием сил адгезии (прилипания). Рассмотрим простейший случай - стекание капли воды по наклонной стене. Здесь все происходит почти так же, как при скольжении твердого кубика по гладкой поверхности, - действуют сила тяжести, сила реакции опоры и сила трения. Любой участок жидкости, контактирующий с поверхностью, со временем оказывается перед необходимостью оторваться от нее. Положение и размеры капли определяются значениями поверхностных натяжений на границах раздела фаз: жидкость - воздух (ж-в), жидкость - порода (ж-п) и порода - воздух (п-в), которые воздействуют на нее, подобно лебедю, раку и щуке. "Щука" (ж-п) стремится сократить площадь контакта жидкости с породой, препятствуя растеканию и способствуя образованию сферической поверхности капли; "рак" (п-в), напротив, стремится увеличить площадь этого контакта, а "лебедь" (ж-в), как и положено, "тянет" вверх, действуя на каплю под углом к поверхности контакта и помогая то "щуке", то "раку". В результате этого взаимодействия скатываться по поверхности начинают лишь капли, достигшие диаметра 4 мм... Но капля воды не твердый кубик. И перемещается она подобно гусенице: в тыльной части капли вода отрывается от поверхности и перетекает в лобовую часть.

Но стены пещер далеки от абсолютно гладкой поверхности. Они обладают шероховатостью, которая меняет угол скатывания капель. Наличие продольных и поперечных бороздок способствует растеканию воды. Она объединяется в струйки, которые движутся не прямолинейно, а по извилистому пути, "выбирая" наиболее подходящую дорогу. Порой, кажется, что вода движется случайно. На самом деле процесс закономерен: выступы препятствуют, а выемки и борозды способствуют растеканию воды. Если вода движется не отдельными струйками, а тонким слоем, ее поверхность как бы покрыта муаром интерферирующих волн.

Движение воды в виде капель и струй под землей изучено слабо. Это "ничейная зона", не попадающая в поле зрения гидрогеолога, карстолога и минералога. А между тем именно с ней связано образование многих форм микрорельефа пещер, являющихся великолепной иллюстрацией самоорганизации неживой материи, изучением которой



начала заниматься новая наука - синергетика. Переход от порядка к хаосу и от хаоса к порядку в пещерах осуществляется в самых разных формах: если движение воды - это динамический процесс, то осаждение карбонатного материала с образованием различных отложений - спелеотем - это переход к статике. Об их особенностях мы поговорим позже.

#### 8.4. Обманчивая гладь

Поверхность озер породила ряд поэтических сравнений: зеркальная, гладкая, спокойная, вечная... Ни один из этих эпитетов не применим к карстовым озерам. Много интересного можно рассказать об исчезающих озерах севера России или о полях Словении, днища которых за несколько часов затапливаются водой и столь же быстро осушаются.

Но вернемся под землю... Капель и струйки гравитационной воды, стекая по стенам, образуют на дне пещер подземные озера. Согласно классификации Г. А. Максимовича они могут иметь коррозионно-котловинное, аккумулятивно-котловинное, плотинное или сифонное происхождение. Котловинные озера в основном "подвешенные", располагающиеся выше уровня подземных вод. Образуются они за счет растворяющей деятельности воды или в результате накопления на дне пещеры песчано-глинистых отложений. Пополняются они во время паводков и, так как под землей почти нет испарения, имеют слабо меняющиеся уровни, которые иногда фиксируются красивыми оторочками кальцита. Они могут терять воду, которая уходит в трещины, открывающиеся после землетрясений (пещера Домбровского в Крыму), или прорывают пробку глины на дне (шахта Эмине-Баир-Хосар). Тогда только по остаткам оторочек на стенах залов можно сказать, что здесь некогда была вода. Объем таких озер невелик и редко превышает первые сотни кубических метров.

Подвешенные озера часто являются существенным препятствием для спелеологов. Яркое описание борьбы с таким озером в шахте В. Пантюхина на Бзыбском массиве дал И. Вольский /6/: *"Ход расширяется и заканчивается небольшим озерком на дне. В него стекает тонкая струйка воды. Ага! Значит, она должна вытекать где-то там, за стеной. Сажусь в озеро, которое мгновенно мутнеет, так как чистой воды в нем тонкий слой - ниже мягкая глина. Толкаю ноги под стену. Получается засунуть только до колен. Пробую прокопать для себя канаву в этом месиве. Понемногу выходит. Свод, под который я пытаюсь проникнуть, примерно на полметра ниже уровня озера. Через четверть часа подобной возни я уже почти весь залез ногами вперед под свод. Жижжа подступила к лицу, набираю воздуха, закрыл рот и снова вперед, вперед... Решающий рывок - и я отфыркиваюсь на той стороне глиняного сифона"*. Отважное прохождение Игоря Вольского позволило преодолеть рубеж 600 м, а затем выйти на максимальную в бывшем СССР отметку - 1508 м.

Плотинные озера возникают в руслах подземных рек у скоплений обрушившихся со сводов камней или у натечных плотин, вырастающих в потоке при ритмичном отложении карбоната кальция. С серией из нескольких десятков таких озер, разделенных двухметровыми плотинами, в 60-е гг. мы столкнулись при исследовании Красной пещеры. Такие озера обычно существуют довольно долго и исчезают, только если река пропиливает или прорывает плотину. Их объемы также невелики (100-500 м<sup>3</sup>).

Самые удивительные и опасные для спелеолога - сифонные озера, заполняющие U-образные каналы неизвестной глубины и протяженности. Встретив сифонное озеро, спелеолог решает нелегкую задачу: что за ним? Вариантов здесь два: или это "подвешенный" сифон, преодолев который можно вести исследование дальше (именно так были открыты продолжения в сотнях пещер и шахт мира); или это "люк", ведущий в подвальные этажи карстовой системы, полностью заполненные водой и никогда от нее не освобождающиеся (тогда единственный шанс продолжить работу - использовать акваланг, о чем мы рассказывали в гл. 4).

Решить эту проблему иногда помогают наблюдения за поведением сифонного озера. В ближней части Красной пещеры, в каких-то 50 м от входа, есть удивительный канал, резко выделяющийся чистотой своих стенок от покрытых глиной каналов в стенах второго этажа пещеры. Было ясно, что в паводок из этого канала вытекает вода. Но действительность оказалась более загадочной: вода заполняет канал только в первый (не обязательно самый большой) паводок... Разливаясь по полу галереи, она образует временное озеро, которое частью стекает на первый этаж, частью с бульканьем уходит обратно. Разгадка оказалась простой: метрах в пяти ниже, зажатый между двумя водяными пробками, находится небольшой зал. В начале первого в этом году паводка воздух в нем сжимается и "выстреливает" водой, как стреляет пробкой детский пистолет-пугач. Вторично воздух попадает в зал только в летнюю межень. Такое периодическое подтопление - довольно редкий и сравнительно безопасный случай.

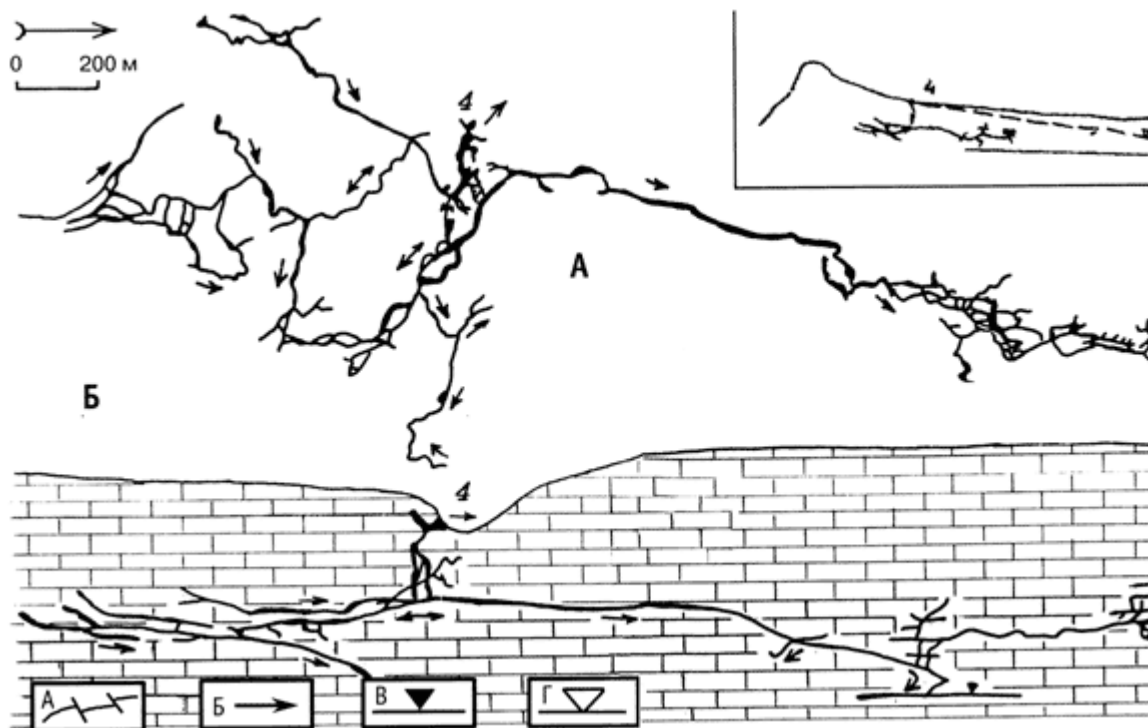
Значительно опаснее подъем уровня карстовых вод, при котором затапливаются все (или почти все) ходы пещер. Исследования Скельской пещеры (Крым, рис. 9) показали, что при наложении дождей на снеготаяние уровень подземных озер в ней поднимается на 45 м и из входа в пещеру вырывается бурный поток. Классическим стал пример подтопления карстовой системы Шкоциан-Тимаво в Словении. Река Нотранська поглощается провальными воронками и поступает в Шкоцианску пещеру. Пройдя по ней 2,5 км, она уходит в сифон, а затем прослеживается во вскрытой пещере Качна Яма и в шахте Лабодница, выходя через 50 км в подводном источнике Тимаво близ Триеста. Вследствие ограниченной пропускной способности сифонов уровень воды во всех трех полостях испытывает резкие колебания: в Шкоциане до 94 м (1826 г.), в Качной Яме и Лабоднице - до 117 м (1965 г.). Паводок 1965 года прошел во время IV Международного спелеологического конгресса, и его участники, посетив Шкоциан через 10 дней, могли оценить последствия - размытые и занесенные илом пешеходные дорожки, бревна, застрявшие в 30-40 метрах над ними, разбитые прожектора... Горе тем, кто находится в это время под землей.

Именно в такой ситуации оказалась в августе 1988 г. группа крымских спелеологов в шахте Пантюхина. Спустившись до дна, они при подъеме оказались запертыми водой в тупиковом Крымском ходе. Подъем воды продолжался 12 часов, тремя волнами со скоростью от 0,22 м/мин (в начале) до 0,02 м/мин (в конце паводка); затем ее уровень на протяжении 23 часов оставался практически постоянным (колебания 1-2 см). Все это время спелеологи провели в куполе последнего, самого верхнего зала... Это был как бы водолазный колокол, избыточное давление в котором, по ощущениям Е. Сандрова, работавшего водолазом, достигало 5 атмосфер. Позднее это подтвердилось и данными основной группы: пещера была затоплена на 50 м выше кровли зала... В эти тяжелые часы характер каждого проявлялся по-разному. Евгений Очкин как руководитель группы подбадривал ребят, а как врач - контролировал их состояние; флегматичный Евгений Сандров дремал; обычно жизнерадостная Галина Шемонаева грустила, думая о своей маленькой дочери; Василий Ерастов вел наблюдения, фиксируя время и высоту подъема воды, а также все сопутствующие ему явления ("вжимание" небольшого сифонного озера, звуки переливающейся где-то в недрах гигантской системы воды, свист воздуха, уходящего в немедленно заделанные глиной щели...). К счастью, воздуха им хватило. Еще около суток спелеологи спускались до развилки вслед за отступающей водой, пока не вырвались из заключения. Быстро поднявшись по главному ходу, они успели отменить по телефону (а с поверхности - по радио) вылет спасательного отряда, сформированного из лучших спелеологов Крыма. Этот уникальный случай свидетельствует, как опасны исследования сложных карстовых систем и какой непомерно высокой может быть цена спортивных достижений и научных открытий...

Еще более удивительная пещера известна во Франции. Это знаменитая Луир на массиве Веркор, сложенном меловыми известняками, смятыми в пологую синклиналию складку. Вход в пещеру расположен в борту долины, выработанной по оси складки. Она начинается стометровой галереей, в конце которой располагается

каскад колодцев общей глубиной 200 м. Из них можно попасть в два объемных лабиринта (рис. 59).

**Рис. 59. Затопление пещеры Луир, Франция (по П. Гарнье, 1990).**  
 А - план, Б - разрез, В - положение системы в массиве Веркор. А - галереи пещеры, Б - направления движения воды в межень; уровни воды: В - в межень, Г - в паводок; постоянные источники: 1 - Арбуа; периодические источники: 2 - Бурнийон, 3 - сифон Арбуа, 4 - Луир



Протяженность пещеры 20,6 км, амплитуда 547 м (+25... -451 м). Ее питание осуществляется с бортов синклинали, представляющих собой горные хребты высотой 800-1800 м. В межень в пещере известны только отдельные, не связанные между собой потоки с расходами до 3 м<sup>3</sup>/с. В паводок вся система постепенно затопливается (темп подъема воды 12-22 м/час); нижняя часть (-200...-451 м от входа) - ежегодно, верхняя (-40...-200 м) - один раз в два-три года. Во время весеннего или зимнего снеготаяния происходит излияние воды из входа. За 100 лет оно наблюдалось 18 раз: в 1887, 1892, 1896, 1902, 1935, 1951, 1956, 1959, 1968, 1969 (три раза!), 1973, 1982, 1983, 1984, 1986 и 1990 гг. Продолжительность излияния составляла 2-6, реже - 20-48 часов. Разгрузка подземных вод происходит в 15 км от входа, на склоне массива, через пещеры-источники Бурнийон и Арбуа. Между пещерой и источниками имеются связи, доказанные опытами с окрашиванием воды. Об очень хорошей проницаемости массива свидетельствует высокая скорость движения красителя (до 9,5 км/сут) и быстрое увеличение расхода источников (от 0 до 50 м<sup>3</sup>/с за 15 минут!).

Исследования системы Луир-Бурнийон - это своеобразная "спелеологическая рулетка". Чтобы хоть немного обезопасить работы в объемных лабиринтах, входные колодцы пещеры оборудованы постоянными лестницами. Но надо еще успеть добраться до них... Особенно опасны спелеоподводные исследования источников на склонах. Несмотря на это, и здесь пройдены довольно крупные сифоны (в Бурнийоне 200/-40 и 270/-17, в Арбуа - 605/-10). Емкость системы в паводок превышает 12 миллионов м<sup>3</sup>. На основании ее исследований А. Манжен предложил новый расчетный метод определения расхода турбулентного потока в закарстованных известняках.

Пещерные озера, возникающие на уровне карстовых вод, иногда имеют огромные размеры, достигая 1-2 гектаров (рис. 35).

### 8.5. Мир без форм

В своем стремлении проникнуть как можно глубже в недра земли спелеолог неизбежно выходит к подземным водотокам, которые свободно текут между каменными стенами или полностью заполняют округлые каналы-сифоны. Знание их особенностей необходимо и карстологу, и спортсмену. Без него не ответить на бесчисленные "почему", возникающие при изучении карста.

Прежде всего, каковы параметры подземных потоков? На заре спелеологии своеобразным порогом был расход в десятки литров в секунду. Если он превышал два ведра (примерно 20 л/с), то исследования считались невозможными. Шли годы. Менялись снаряжение, техника и тактика, и в конце XX в. зародилось новое направление: работа при расходах подземных потоков сотни м<sup>3</sup>/с... Именно такие расходы имеют в малую воду подземные реки, обнаруженные в Индонезии, Малайзии, Папуа-Новой Гвинее.

Второй параметр - скорость течения. Следует различать среднюю и местную скорости. Средняя скорость характеризует подземный водоток на всем его протяжении и определяется с помощью запуска красителя или использования других способов индикации. По данным более тысячи экспериментов, в разных районах мира она составляет 2,5 км/сут (0,03 м/с). Максимальная средняя скорость, полученная в массиве Пинаргезю в Турции, почти на два порядка выше - 155 км/сут. (1,3 м/с). Отдельные замеры, выполненные в основном в пещерах Европы, дают максимальные значения местной скорости до 10 м/с (по правилам горного туризма преодолевать водные преграды можно только при скоростях движения воды до 1 м/с...). Но спелеологу надо не просто преодолеть поток, но работать в нем.

Скорости, рассмотренные выше, это те, с которыми движется отдельная частица воды, проходящая путь от точки А до точки Б. Но ведь в воде могут возникать и волны... Проведем простой мысленный эксперимент: возьмем заполненную водой 600-метровую трубу с двумя закрытыми вентилями на концах. Откроем их и посмотрим, как скоро придет в движение вода у вентиля Б. Это произойдет после "добегания" звуковой волны, которая распространяется в воде со скоростью примерно 1,5 км/с. Проведем простой расчет ( $t = 0,6/1,5$ ), получим, что это произойдет практически мгновенно (через 0,4 с). А вот краска, запущенная у вентиля А, при средней скорости движения воды в трубе 0,03 м/с появится у вентиля Б через 20 тыс. секунд (5,5 часа). Именно комбинация этих двух процессов, осложненных местными условиями (пещера - это не труба), определяет удивительное поведение карстовых источников, связанных с сифонными системами.

Следующий очень важный вопрос: как движется вода. Давно известно, что имеются ламинарные и турбулентные потоки. При ламинарном движении струйки жидкости движутся строго в одном направлении, очень экономно расходуя свою энергию; при турбулентном - они пересекаются, быстро теряя энергию. Английский гидродинамик О. Рейнольдс еще в 60-е гг. XIX в. предложил специальный критерий для их разделения. Он дал им такую образную характеристику: *"Жидкость можно уподобить отряду воинов, ламинарное течение - монолитному походному строю, турбулентное - беспорядочному движению. Скорость жидкости и диаметр трубы - это скорость и величина отряда, вязкость - дисциплина, а плотность - вооружение. Чем больше отряд, быстрее его движение и тяжелее вооружение, тем раньше распадется строй. Турбулентное движение возникает в жидкости тем быстрее, чем выше ее плотность, меньше вязкость, больше скорость и диаметр трубы"*. В карстовых полостях происходит непрерывная смена видов движения: и в пространстве (вниз по течению реки), и во времени (в высокую и малую воду). Это создает большие трудности при практических расчетах, так как ламинарное и турбулентное движения описывают разные уравнения гидродинамики.

Следующая особенность движения подземных вод - неразрывность потока, обоснованная еще в XVIII в. Д. Бернулли. Генеральная идея очень проста: если какой-то неизменный объем жидкости перемещается по трубе с расширениями или сужениями, то он должен двигаться с разной скоростью: быстрее - в сужениях, медленнее - в расширениях. Облеченный в строгую математическую форму (сумма энергий давления,

положения и кинетической в любом поперечном сечении постоянна), он стал мощным оружием в руках гидрологов и гидрогеологов. С его помощью удалось объяснить множество прихотей движущейся воды, этого "мира без форм".

В спелеологии критерий Рейнольдса и уравнение Бернулли определяют морфологию образующихся полостей, характер их поверхностей, особенности размыва стенок, переноса и отложения твердых частиц и многое-многое другое. Далеко не все загадки подземного мира еще разгаданы. Одна из них - "холодное кипение".

...Весной 1915 г. в Атлантический океан вышел новый английский миноносец "Деринг". По проекту скорость его должна была вдвое превышать достигнутую ранее. Машины работали на максимальных оборотах, корабль дрожал, вода за кормой кипела, а скорость не увеличивалась. На базу он вернулся с изуродованными непонятными углублениями гребными винтами. Так ученые впервые столкнулись с кавитацией (от латинского - пустота). Если спросить специалиста-гидравлика, возможна ли кавитация в пещерах, он уверенно ответит "нет", так как там не бывает достаточно высоких скоростей движения воды. И ошибется.

Физика процесса кавитации довольно проста. Вода при обычном давлении (1 атм.) кипит при 100 °С. Но если понизить давление до 0,006-0,043 атм., то кипение возможно в диапазоне температур 0-30 °С. На поверхности обтекаемых движущейся водой или движущихся в ней предметов образуются каверны - пузырьки, наполненные парами воды. Образуюсь в зоне пониженного давления и исчезая (конденсируясь, растворяясь) там, где давление выше, пузырьки меняют характер течения, вызывая большие потери энергии, шум и кавитационную эрозию обтекаемых поверхностей. Особенно агрессивны пузырьки в момент исчезновения ("схлопывания"), которое происходит практически мгновенно. Частицы жидкости, окружающей пузырек, с огромной скоростью устремляются в освободившееся пространство, ударяясь друг о друга. На этих участках давление повышается до 100 тысяч атм. Исчезновение пузырьков напоминает взрыв микроскопической мины. Если обтекаемые поверхности могут растворяться, то возникает кавитационная коррозия: парциальное давление  $\text{CO}_2$  в пузырьках воздуха, растворенных в воде, выше, чем в атмосфере.

Кавитация наблюдается на лопастях быстро вращающихся гребных винтов, турбин, насосов, в водоводных тоннелях электростанций. опыты показали, что для ее возникновения нужны скорости потока более 6 м/с. Но ведь в пещерах отмечены местные скорости до 10 м/с! Так возникает самовозбуждающийся процесс: сперва начинается кавитационная коррозия, затем зарождаются микровпадины и гребешки, усиливающие ее. Возможна кавитация и при падении капель воды. Фотосъемка со скоростью 1000 кадров в секунду показала, что в момент "приземления" капля сперва сплющивается, а затем растекается со скоростью, достаточной для возникновения кавитации.

В последние годы выяснилось, что кавитация может возникать и при отсутствии движения. Если в жидкости, омывающей неподвижные поверхности, вследствие сейсмических или иных причин возникают ультразвуковые волны, то во впадинах формируются пузырьки газа, исчезающие на гребнях. Сильная кавитация отмечена также в морских пещерах, находящихся в зоне прибоя, а также - во фреатических полостях при движении воды через каналы, разделенные перемычками. Так что спелеолог, не подозревая об этом, не раз сталкивается с проявлениями кавитации.

Итак, мы кратко рассмотрели некоторые особенности поведения парообразной и капельно-жидкой воды под землей. О воде в твердой фазе (лед) поговорим дальше. А сейчас попробуем подвести некоторые итоги.

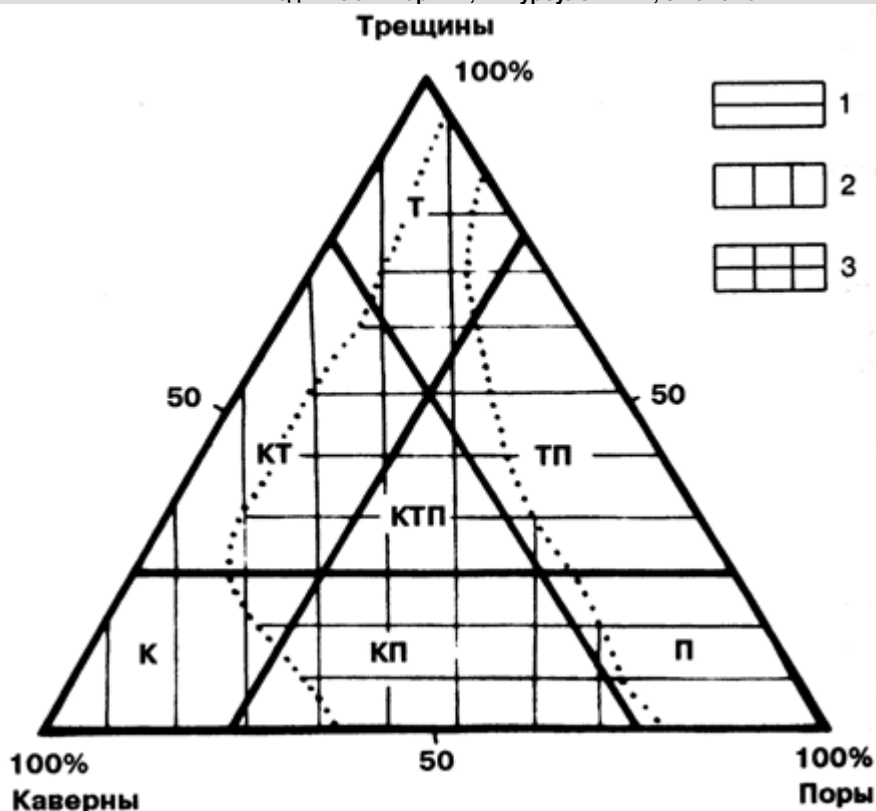
Гидрогеология как самостоятельная наука сложилась в начале XX в., в основном на основе изучения закономерностей ламинарного движения в поровых средах (песок). В середине XX в. в ней выделилось направление, посвященное трещинным коллекторам, в которых часто наблюдается турбулентное движение. В конце XX в., в связи с хозяйственным освоением закарстованных территорий и развитием спелеологии, начала складываться гидрогеология карста. По аналогии хотелось бы сказать, что это раздел,

посвященный каверновым коллекторам с турбулентным движением, но это будет ошибкой. В природе все много сложнее.

На рис. 60 объединены две треугольные диаграммы, предложенные американским геологом Т. Аткинсоном. Принципы их построения очень просты: основания равностороннего треугольника отвечают 0%, жирные линии - 25%, вершины - 100% количеств данного признака. Так выделяются поля поровых (П), трещинных (Т), каверновых (К), смешанных двойных (ТП, КП, КТ) и тройных (КТП) коллекторов. Штриховка соответствует трем формам движения воды в них: турбулентной (1), ламинарной (2) и смешанной (3). Следовательно, если мы имеем дело с карстом, где в разных соотношениях встречаются К, Т, П, КТ, КП, ТП и КТП-коллекторы, то в нем должны иметь место в основном турбулентное и смешанное движения воды.

**Рис. 60. Комбинированная диаграмма для определения типа коллекторов и видов движения карстовых вод (по Т. Аткинсону, 1985, переработано автором).**

**Коллекторы: К - каверновые, Т - трещиноватые, П - поровые, ТК, КП, ТП, КТП - смешанные; Движение карстовых вод: 1 - ламинарный, 2 - турбулентный, 3 - смешанный**



Несмотря на обилие работ, посвященных гидрогеологии карста, это все еще "наука будущего". Необходимо найти теоретические решения и разработать расчетные характеристики, дающие ответы на ряд нерешенных вопросов. С позиций гидрогеолога любой горный массив - "черный ящик", о процессах, происходящих внутри которого, можно лишь догадываться по реакциям, наблюдаемым на входе (в области питания) и на выходе (в области разгрузки). Карстовый массив, являясь очень трудным объектом для исследований, в то же время обладает ценным свойством - он доступен для спелеологических исследований. Изучение гидрологического компонента подземного ландшафта спелеологическими методами в комбинации с набором классических гидрогеологических методов открывает путь к новым открытиям и неожиданным решениям.

## 9. Рожденные во тьме

*...Гляжу - сокровища кругом:  
В роскошных формах сталактит  
Холодной накипью блестит.*

В. Бенедиктов

### 9.1. Глина - это не грязь...

Одним из важнейших компонентов подземных ландшафтов являются отложения пещер. Их классификации посвящены десятки работ специалистов-карстологов всего мира. Например, в 1985 г. Р. Цыкин выделил 18 генетических типов отложений, образующихся в пещерной обстановке. Здесь присутствуют практически все осадочные и кристаллические образования, известные на поверхности, но представлены они специфическими формами. Подробное описание пещерных отложений - дело специалистов. Наша задача - дать читателю общее представление о том, что можно встретить под землей. Для этой цели более подходит классификация, предложенная Д. С. Соколовым и переработанная Г. А. Максимовичем /19/. Она включает 8 типов пещерных отложений: остаточные, обвальные, водные механические, водные хемогенные, криогенные, органогенные, антропогенные и гидротермальные.

Остаточные отложения. На протяжении сорокалетней "пещерной" деятельности автору не раз приходилось сопровождать под землей группы неспециалистов. Первая их реакция: "как здесь грязно..." Приходилось объяснять, что глина - не грязь, а один из типов отложений, обязательно присутствующих под землей.

Рис. 61. Глинистые вермикуляции на стенах Красной пещеры, Крым.



История остаточных отложений - история капли воды. В карстующихся породах в небольших количествах (1-10%) обязательно содержится примесь песка или глины, состоящая из  $\text{SiO}_2$ ,  $\text{Al}_2\text{O}_3$ ,  $\text{Fe}_2\text{O}_3$ . При растворении известняков или гипсов нерастворимый остаток накапливается на стенах трещин, сползает на дно галерей, смешивается с другими пещерными отложениями. Карстолог Ю. И. Шутов подсчитал, что из одного кубического метра юрских известняков, слагающих Крымские горы (вес его около 2,7 т), образуется 140 кг глины ( $0,05 \text{ м}^3$ ). Исследования показали, что она сложена минералами иллитом, монтмориллонитом, каолинитом, полевым шпатом, кварцем. От их соотношения зависят свойства глин: часть из них набухает при увлажнении, закупоривая мелкие трещины, часть,

напротив, легко отдает воду и быстро осыпается со стенок. Иногда в образовании налетов глины на стенках принимают участие и бактерии: в 1957 г. французский исследователь В. Комартен доказал, что некоторые виды микробов могут получать углерод непосредственно из известняка ( $\text{CaCO}_3$ ). Так на стенах пещер образуются червеобразные или округлые углубления - "глинистые вермикуляции", заполненные продуктами, непригодными даже для бактерий (рис. 61).

Остаточные отложения не имеют практического значения. Исключение, пожалуй, представляет случай, когда пещера находится неподалеку от действующих карьеров, где полезные ископаемые добываются взрывным способом. После сильных взрывов, эквивалентных местному сейсмическому толчку силой до 7 баллов, глины могут сползать со стенок трещин, временно закупоривая водопрводящие каналы источников. Известны случаи, когда их расход падал до нуля, а затем из источников начинала идти "красная вода", выносящая взвешенные глинистые частицы...

## 9.2. В грохоте обвалов

В фундаментальной сводке Г. А. Максимовича /19/ обвальным отложениям посвящено всего 5 строчек... Считалось, что они не несут почти никакой информации. Исследования 60-90 гг. показали, что это не так. Они подразделяются на три группы разного происхождения.

**Термогравитационные отложения** образуются только у входа в пещеру, там, где велики суточные и сезонные колебания температур. Их стены "шелушатся", присводовая часть полости растет, а на ее полу накапливаются щебенка и мелкозем. Немецкий спелеолог И. Штрайт, потратив более десятка лет и применив изощренные математические методы обработки материалов, доказал, что количество этого материала, его состав, размеры, форма частиц, число их ребер и граней хранят зашифрованную информацию об изменениях климата района на протяжении десятков тысяч лет. Среднеазиатские карстоведы по пятнам этих отложений, выделяющимся на голом склоне, уверенно обнаруживают с противоположного склона малозаметные входы в пещеры.

**Обвально-гравитационные отложения** формируются на всем протяжении пещер, но особенно обильно - в зонах тектонической трещиноватости. Щебенка, дресва, небольшие глыбы, упавшие со сводов, дают представление о геологическом строении высоких залов, которое трудно изучить непосредственно (для исследования купола Большого зала в Карлсбадской пещере США американский спелеолог Р. Кербо использовал даже воздушный шар!).

Наибольший интерес представляют **провально-гравитационные отложения**. Смена предпологов имеет большой смысл: при обвале на дне галереи накапливается только тот материал, который имеется в самой пещере; при провале свода в нее поступает материал с поверхности, а при обрушении междуэтажных перекрытий возникают огромные залы... Эти отложения представлены блоками и глыбами весом в сотни тысяч тонн. Участки пещер, где они встречаются, представляют фантастическое зрелище. Многие из них настолько неустойчивы, что угрожающе скрипят, когда на них поднимается спелеолог.

Красновато-бурая поверхность известняков покрыта белыми "звездами" - следами ударов упавших камней. Неуютно чувствует себя человек в этом хаосе. Но часто и здесь можно найти как-то сразу успокаивающие закономерности...

В 1989 г. симферопольские спелеологи обнаружили, а в 90-е исследовали и оборудовали для экскурсий одну из самых красивых пещер Крыма - Мраморную на Чатырдаге. В ее центральной части располагается самый большой в Крыму обвальный зал (площадь - половина футбольного поля!), получивший в духе времени ироническое название зала Перестройки. К нашему удивлению, в хаосе его глыб наметился порядок: одни из них лежат горизонтально, другие - наклонены под углами 30-60°, третьи - перевернуты "вверх ногами", и некогда наросшие на них сталактиты сейчас превратились в "сталагмиты"... Секрет в том, что слагающие пещеру известняки сами падают под углом 30°. Поэтому при отрыве пласта в своде зала он смещается шарнирно, с поворотом и даже переворотом.

Кроме блоков и глыб к провально-гравитационным отложениям относятся еще поваленные натечные колонны. Лучше других они изучены в сейсмических районах - в



Крыму, на юге Франции, на севере Италии. При этом удалось установить прямые и обратные связи карстования и сейсмологии. Сильные землетрясения вызывают обрушение сводов пещер. Если образующиеся при этом блоки и глыбы трудно напрямую связать с ними, то ориентированные поваленные колонны иногда уверенно указывают на эпицентры землетрясений. Так, в Крыму описано около 60 колонн, лежащих на горизонтальном полу (это очень важно, так как на наклонных полах они могут откатиться и сменить ориентировку). 40% их тяготеет к Судакской, 40% - к Ялтинской и по 10% - к Алуштинской и Севастопольской эпицентральной зонам. Это свидетельствует о миграции очагов сильных землетрясений в антропогене от Судака до Севастополя. К сожалению, пока не найдена расчетная схема, позволяющая объяснить механизм смещения гигантов, имеющих длину до 8 м (шахта Монастырь-Чокрак), диаметр до 3 м (Красная пещера) и вес до 70 т (шахта Мира). Ясно только, что они были сильнее, чем землетрясения исторического периода.

Когда происходили такие землетрясения? Спелеология и здесь дает сейсмологам надежный метод датировки. Натечные колонны - "минералогические" отвесы, в которых зафиксировано положение геофизической вертикали данной местности на протяжении всего ее роста. Если после падения на них нарастают сталактиты или сталагмиты (рис. 62), то по их возрасту, определенному любым абсолютным методом (радиоуглеродным, ядерно-магнитного резонанса и пр.), можно определить возраст колонны ("не ранее чем..."). По Крыму пока есть только две радиоуглеродные даты, дающие для поваленных колонн зала Перестройки возраст 10 и 60 тысяч лет. В других пещерах мира этот диапазон еще шире - от 10 до 500 тыс. лет...

Обратная связь карста и сейсмологии проявляется в том, что при провале свода пещеры образуются блоки весом до 2-3 тысяч тонн. Удар о пол при падении с высоты 10-100 м высвобождает энергию, составляющую  $1 \times 10^{15}$  -  $10^{17}$  эрг, что соизмеримо с энергией землетрясений (ташкентское землетрясение 1966 г. -  $1 \times 10^{18}$  эрга). Правда, она локализуется в небольшом объеме породы, но может вызвать ощутимое местное землетрясение силой до 5 баллов.

Спелеологические методы уточнения карт сейсмического районирования широко использовались во Франции при определении мест размещения атомных электростанций. Такие же работы, существенно изменившие первоначальные представления специалистов, были проведены в 90-е гг. в Крыму. Это лишний раз доказывает, что в природе все взаимосвязано и нет естественных объектов, не несущих полезную информацию. Надо только уметь получить ее.

Чтобы закончить эту тему, коротко коснемся еще одного вопроса. В какой мере землетрясения опасны для работающего под землей спелеолога? Сведения по этому поводу немногочисленны, но наводят на раздумья. Во время крымского землетрясения 1927 г. в шахте Эмине-Баир-Хосар на Чатырдаге находилась группа из гидрогеологического отряда П. М. Васильевского. Она вообще не ощутила семибалльный толчок, который вызвал панику среди их проводников на поверхности. 1.05.1929 г. во время Гермабского землетрясения (9 баллов) в Бахарденской пещере находились экскурсанты. Они услышали нарастающий гул, со стен посыпались

Рис. 62. Регенерированные колонны в пещере Максимовича, Крым.



отдельные камешки, по озеру у их ног пошли пологие волны... Землетрясение Вранча 4.03.1977 г. (8 баллов) ощущалось в пещере Топчика (Болгария) лишь по слабому колебанию уровня и температуры воды в подземном водотоке. Казалось бы, ясно: даже самые сильные сейсмические толчки под землей затухают (явление "декаплинга", доставившее немало хлопот при подписании договора о запрещении ядерных взрывов). Но не будем спешить с выводами. По свидетельству Л. И. Маруашвили, во время Балдинского землетрясения 1957 г. была заполнена обрушившейся породой и прекратила существование как географический объект карстовая шахта Ципурия (Грузия). После землетрясения 27.08.1988 г. в шахте Весенняя (Бзыбский массив, Грузия) произошло смещение глыбового завала на глубине 200 м. Спелеологи, только что выбравшиеся из него, уцелели лишь по счастливой случайности. Нет, с землетрясениями шутки плохи - и на земле, и под землей...

### 9.3. Порождение движущейся воды

Следующая примечательная группа отложений пещер - водные механические отложения. Знакомство с ними также не доставит большого удовольствия неспециалисту. В Красной пещере есть озера, где почти по пояс погружаешься в вязкую глину, часто оставляя в ней подошву ботинка, а то и нижнюю часть гидрокombинезона... Но геолог видит в этих отложениях источник разнообразных сведений об условиях "жизни" карстовых полостей. Для их получения, прежде всего, необходимо изучить состав отложений.

Минералогический анализ иногда сразу дает ответ на вопрос, откуда поступает вода. Если состав отложений соответствует составу минералов вмещающих пород, то пещера сформирована местными, автохтонными потоками. Поэтому еще в далеком 1958 году, только начиная исследования Красной пещеры, мы уже знали, что начало ее надо искать на плато Долгоруковского массива, в шахте Провал, - ведь только в пределах питающего ее водосбора есть кварцевая галька. Изучая пещеры долины Косцельской в Татрах, польские спелеологи обратили внимание на то, что пещеры, находящиеся в одном месте, но на разной высоте над дном долины, имели разный состав песчаного заполнителя: чем ближе ко дну, тем богаче спектр находимых в нем минералов... Изучение палеогеографии района показало, что это связано с глубиной врезания реки, постепенно "добравшейся" до водосборов центральной части Татр, сложенных некарстующимися породами.

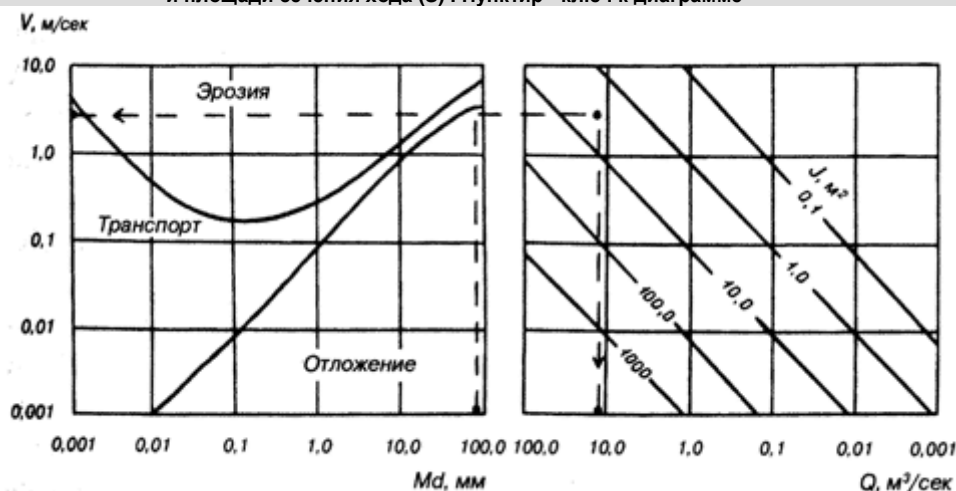
Конечно, при детальном исследовании эта схема выглядит значительно сложнее. Приходится отбирать сотни проб, разделять их на фракции по размеру, удельному весу, магнитным и прочим свойствам, определять и подсчитывать под микроскопом содержание отдельных минеральных зерен и т. д. Наградой бывают удивительные находки. В пещерах Крыма неожиданно обнаружены минералы: муассанит, когенит, иоцит, до того известные только в метеоритах; в пещерах Болгарии обнаружены прослои вулканического пепла, которые есть основания связывать со взрывом вулкана на о-ве Санторин в Эгейском море в 25 и 4-1 тысячелетиях до н. э.

Так протянулась ниточка, связывающая исследователей пещер XX века с проблемами Атлантиды и гибели минойской культуры...

Второе направление исследований водных механических отложений - изучение их крупности. Она может быть различной - от метровых валунов, иногда находимых в пещерах, образованных ледниковыми потоками, до тончайшей глины, частицы которой имеют микронные размеры. Естественно, и методы их исследований разные: прямой обмер, использование набора сит, применение обычных и ультрацентрифуг. Что же дают все эти, часто длительные и дорогие, работы? Основное - восстановление древних палеогеографических условий существования пещер. Между скоростью подземных потоков, диаметром каналов, по которым они движутся, и размерами переносимых частиц имеются связи, выражаемые довольно сложными формулами. В их основе лежат

все те же уравнения неразрывности потока Бернулли, "помноженные" на не менее известное уравнение Стокса, описывающее скорость оседания частиц в стоячей воде разной температуры и плотности. В результате получается красивая номограмма, предложенная чешским спелеологом Р. Буркхардтом, - график, по которому, зная площадь поперечного сечения хода и диаметры частиц, отложившихся на его дне, можно оценить среднюю и максимальную скорость и расход некогда бушевавших здесь потоков (рис. 63).

**Рис. 63. Номограмма (по Р. Буркхардту).**  
**Определение скорости (V) и расхода (Q) подземного потока по крупности песчано-галечниковых отложений (Md) и площади сечения хода (S). Пунктир - ключ к диаграмме**

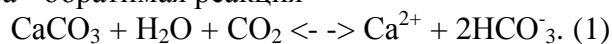


Изучение водных механических отложений позволяет дать ответ и на некоторые теоретические проблемы, в частности вопрос о том, в какой гидродинамической зоне закладывалась данная пещера. В 1942 г., обнаружив на дне ряда пещер США тонкую глину, опытный геолог и спелеолог Дж. Бретц предположил, что они образованы путем растворения известняков медленно текущими водами: ведь только в них возможно осаждение глинистых частиц! Через 15 лет, выкопав в десятках этих же пещер глубокие шурфы, карстовед Девис установил, что жирные глины лишь венчают очень сложный многометровый разрез заполнителя. Под глинами располагались слои песка и гравия, принесенные мощным потоком, затем следовала натечная кора, которая могла образоваться только при длительном осушении пещеры, ниже - опять в разрезе появлялась глина, лежащая на валуны... Так водные механические отложения помогают специалистам "прочитать" историю развития пещер.

#### 9.4. "Капль верхняя" и "капль нижняя"

Термины "сталактит" и "сталагмит" (от греческого "сталагма" - капля) ввел в литературу в 1655 г. датский натуралист Олао Ворм. Через сто лет в русской литературе появилось не менее образное определение Михаила Ломоносова: "капль"... Действительно, эти образования связаны с капельной формой движения воды. Мы уже знаем некоторые особенности поведения капли как жидкости. Но это не просто вода, а раствор, содержащий те или иные компоненты. Когда в основании обводненной трещины формируется капля раствора, это не только борьба силы поверхностного натяжения и силы тяжести. Одновременно начинаются химические процессы, приводящие к выпадению на контакте раствора и горной породы микроскопических частиц карбоната кальция. Несколько тысяч капель, сорвавшиеся с потолка пещеры, оставляют после себя на контакте порода/раствор тонкое полупрозрачное колечко кальцита. Следующие порции воды уже будут образовывать капли на контакте кальцит/раствор. Так из колечка образуется все удлиняющаяся трубочка. Самые

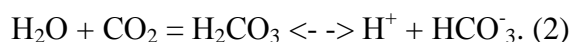
длинные трубочки (брчки) 4-5 м (пещера Гомбасек, Словакия). Казалось бы, несложна и химическая суть процесса - обратимая реакция



При растворении известняка реакция идет вправо, с образованием одного двухвалентного иона Са и двух одновалентных ионов  $\text{HCO}_3^-$ . При образовании натечков реакция идет влево и из этих ионов образуется минерал кальцит. Но и здесь есть "подводный камень", и даже не один...

Во многих учебниках по географии и геологии образование сталактитов объясняют испарением воды. Не избежал этой ошибки в своих ранних работах и А. Е. Ферсман. Но мы уже знаем, что в пещерах дефицит насыщения воздуха влагой близок к 0. В таких условиях преобладает не испарение, а конденсация.

Реакция (1) на деле идет в несколько стадий. Сперва вода взаимодействует с углекислым газом:



Но угольная кислота слабая и поэтому диссоциирует на ион водорода ( $\text{H}^+$ ) и на ион  $\text{HCO}_3^-$ . Ион водорода подкисляет раствор, и только после этого начинается растворение кальцита. Значит, в формуле (1) только один ион  $\text{HCO}_3^-$  поступает из породы, а второй - не связан с нею и образуется из привнесенных в карстовый массив воды и углекислого газа. Это на 20-30% уменьшает расчетную величину активности карстового процесса. Рассмотрим лишь один простой пример. Пусть сумма всех ионов, находящихся в воде, составляет 400 мг/л (в том числе - 200 мг/л  $\text{HCO}_3^-$ ). Если мы используем анализ для оценки питьевой воды, то в расчет включаются все 400 мг/л (нам все равно, откуда взялись отдельные компоненты, находящиеся в воде, важно, что они там есть). Но если по этому анализу рассчитывать интенсивность карстового процесса, то в расчет следует включать сумму ионов минус половина содержания иона  $\text{HCO}_3^-$  ( $400 - 100 = 300$  мг/л). Такие ошибки в расчетах имеются в работах многих карстологов мира, в том числе имеющих высокие научные степени и звания.

Затем необходимо оценить, какой перепад парциальных давлений  $\text{CO}_2$  имеется в системе. В 40-50 гг. считалось, что карстовый процесс идет только за счет  $\text{CO}_2$ , поступающего из атмосферы. Но в воздухе земного шара его всего 0,03-0,04 объемных % (давление 0,0003-0,0004 мм рт. ст.), и колебания этой величины по широте и по высоте над уровнем моря незначительны. А между тем давно подмечено, что более богаты натечками пещеры умеренных широт и субтропиков, а в пещерах высоких широт и больших высот их совсем мало... Изучение состава почвенного воздуха, выполненное группой венгерского спелеолога Ласло Якуча, показало, что содержание  $\text{CO}_2$  в нем 1-5 объемных %, то есть на 1,5-2 порядка больше, чем в атмосфере. Немедленно возникла гипотеза: сталактиты образуются при перепаде парциального давления  $\text{CO}_2$  в трещинах (такое же, как в почвенном воздухе) и воздухе пещер, имеющего атмосферное содержание  $\text{CO}_2$ . Последнюю коррективу внесло непосредственное определение  $\text{CO}_2$  в воздухе пещер. Окончательный "диагноз" гласит: сталактиты образуются в основном не при испарении влаги, а при наличии градиента парциального давления  $\text{CO}_2$  от 1-5% (почвенный воздух и вода в трещинах) до 0,1-0,5% (воздух в пещерах).

Пока питающий канал сталактита открыт, по нему регулярно поступают капли. Срываясь с его кончика, они образуют на полу одиночный сталагмит. Происходит это довольно медленно (десятки - сотни лет), и поэтому такие тянущиеся друг к другу формы во многих оборудованных пещерах мира получили образное название "вечных любовников". Когда питающий канал зарастет, будет забит глиной или песчинками, одного из любовников ожидает "инфаркт" - повышение гидростатического давления в канале. Его стенка прорывается, и сталактит продолжает расти уже за счет стекания пленки растворов по его внешней стороне (рис. 64). Если вода высачивается вдоль плоскостей напластования и наклонных трещин в своде - возникают ряды сталактитов, бахромы и занавеси самых причудливых форм и размеров.

В зависимости от постоянства водопритока и высоты зала под капельниками образуются одиночные сталагмиты-палки высотой 1-2 м и диаметром 3-4 см; "расплющенные", похожие на пни спиленных деревьев, или конусовидные, напоминающие башни или пагоды формы. Это самые крупные натечные образования пещер, имеющие размеры в несколько десятков метров. Самым высоким сталагмитом в мире сейчас считается 63-метровый гигант в пещере Лас Вильяс (Куба), а в Европе - 35,6-метровый, в пещере Бузго в Словакии. При срастании сталактитов и сталагмитов образуются сталагнаты, постепенно превращающиеся в колонны. Отдельные из них достигают 30-40 м (высота) и 10-12 м (диаметр). При стекании в виде пленок и плоских потоков образуются каскадные натеки самых разных форм и размеров.

Кроме перечисленных широко распространенных форм в субэральных условиях (то есть в воздушной среде) образуются всевозможные причудливые образования, напоминающие цветы (антодиты), пузыри (блистеры, баллоны), кораллы (кораллоиды, попкорн, ботриоиды), спирали (геликтиты) и пр. Наибольшее удивление и у обычных посетителей, и у специалистов вызывают геликтиты. Самые крупные из них, длиной 2 м, описаны в Джаул-Кейв (ЮАР). В Новой Зеландии описан спиральный гипсовый геликтит "Пружина" длиной 80 см (Флуур-Кейв). Огромные гипсовые "лапы" длиной 5-7 м описаны в пещерах Кап-Кутан (Туркмения) и Лечугия (США). Механизм образования подобных форм до конца не разгадан, их изучением занимаются минералоги многих стран. В последние годы зародилась новая, аэрозольная гипотеза образования некоторых субэральных форм. Так перебрасывается мостик между изучением конденсации и ионизации воздуха и проблемами спелеогенеза.

Не менее разнообразны субаквальные формы. На поверхности подземных озер образуется тонкая минеральная пленка, которая может прикрепиться к стене ванночки или к сталактиту, достигшему уровня воды, превратившись в тонкую пластинку. Если уровень воды в ванночке колеблется, то образуется несколько уровней нарастания, напоминающих кружевные оторочки. В слабо проточных ванночках и руслах подземных рек образуются натечные плотины-гуры, имеющие высоту от нескольких сантиметров до 15 м (Лос Бриджос, Бразилия). На дне ванночек или в микроуглублениях в теле натека часто образуются пещерные жемчужины, как и настоящий жемчуг, состоящие из десятков концентров нарастания. Особняком стоит удивительное образование - "лунное молоко". В разных условиях оно может быть полужидким, сметаноподобным, плотным, как творог, сыпучим, как мука. При высыхании лунное молоко превращается в тонкую белую пыль, и спелеолог, вылезая из узкой вертикальной трубы-камина, похож на "антитрубочиста". Лунное молоко имеет около сотни синонимов, его образование "объясняют" более 30 гипотез. Единой теории пока нет, как нет, вероятно, и одной формы "лунного молока" - оно полигенетично...

Как указывали известный русский минералог Д. П. Григорьев (Санкт-Петербург) и один из лучших диагностов пещерных минералов мира - В. И. Степанов (Москва), многообразие форм пещерных отложений объясняется особенностями их онтогенеза: зарождения, избирательного роста и вторичных изменений. В этом направлении пещеры открывают широчайшие возможности кристаллографу и минералогу, лишь бы сохранить натечное убранство до их прихода... К сожалению, исследования тонкостей минералогии и геохимии пещер - пока удел любителей. Эти трудоемкие работы не находят заказчика -

Рис. 64. Разрез сталактита обрастания. Пещера Максимовича, Крым.



натечные отложения пещер, определяя их внешнюю красоту, в основном не имеют значения в практике.

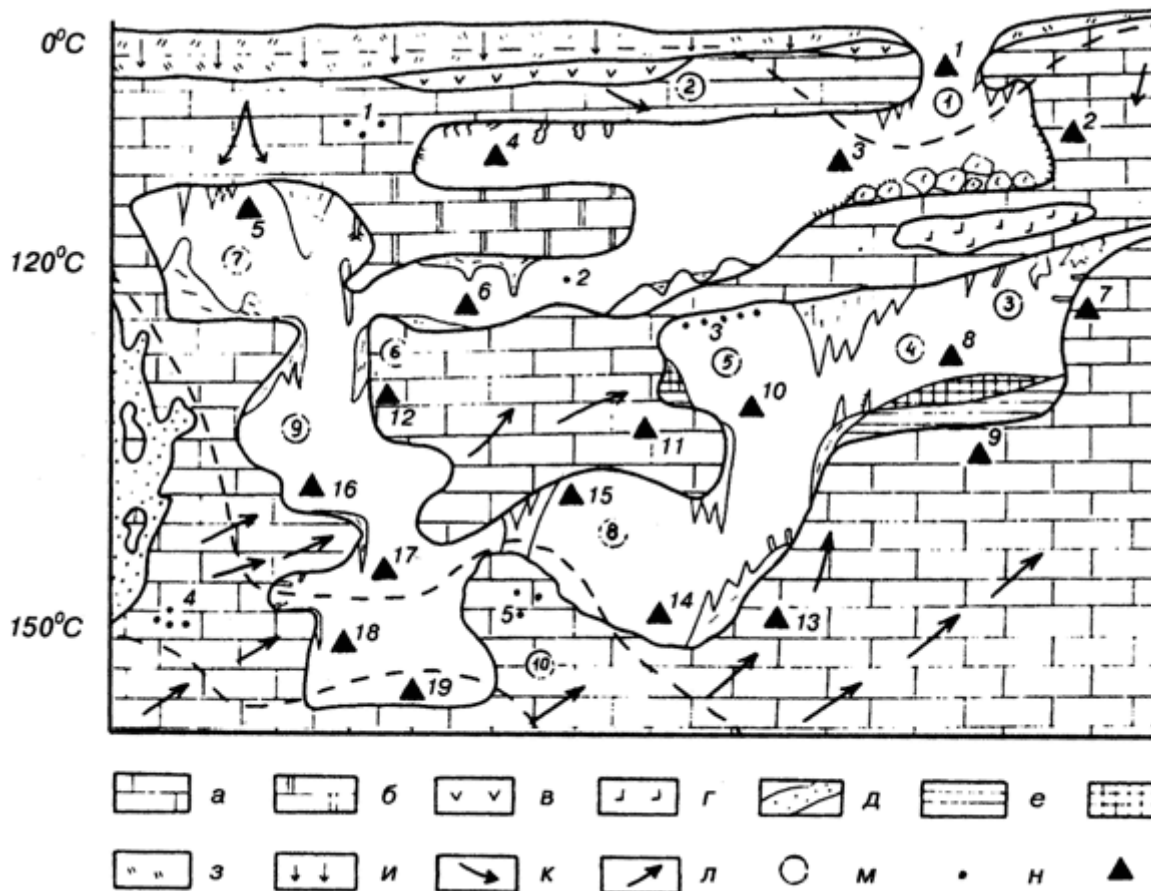
С 70-х гг. XX в. положение начало потихоньку меняться: через внешнюю "экзотику" форм все ощутимее стали просвечивать внутренние закономерности, имеющие не только минералогический интерес. Приведем лишь несколько примеров. В 1970 г. Г. А. Максимович, обобщив разрозненные данные из многих пещер мира, доказал, что карбонатные натечи разной морфологии и размеров образуются при разной интенсивности водопритока. Так, покровные натечи и плотины образуются при расходе воды 1-0,01 л/с; конусовидные сталактиты от 0,0005 до 0,00001 л/с; эксцентричные формы - менее 0,000001 л/с. Блестящее предвидение русских минералогов Н. П. Чирвинского и А. Е. Ферсмана о значении ориентированного роста минералов сейчас развернуто в стройную концепцию естественных отвесов и уровней. В 80-е гг. она была блестяще использована для реконструкции новейших тектонических движений в карстовых районах Италии и Франции в связи со строительством атомных станций. Годичные циклы сталактитов и сталагмитов, хорошо видимые на рис. 64, оказались лишь частным случаем проявления космических ритмов.

В талантливой книге геолога и спелеолога Владимира Мальцева "Пещера мечты. Пещера судьбы", изд-во "Астрель", 1997 - минералогии одной из красивейших пещер мира - Кап-Кутан в Туркменистане - посвящена целая глава. Парадоксальное название ("Наука дилетантов") не помешало автору популярно, но в то же время - вполне профессионально рассказать о современных представлениях о формировании многих минеральных образований пещер - от простейшего сталактита до таинственного эксцентрика.

Очень интересен и химический состав водных хемогенных отложений. А. Е. Ферсман еще в начале XX в. писал, что традиционные представления о кальците как основном минерале пещер верны лишь отчасти. В 80-е гг. в фундаментальной сводке обаятельного американского минералога Карол Хилл и темпераментного итальянского спелеолога Паоло Форти /36/ приведены данные о 186 минералах пещер мира. На первом месте по количеству минеральных видов (числитель) стоят рудные минералы. По числу форм, в которых они кристаллизуются (знаменатель), - карбонаты. Всего под землей встречены минералы 10 классов: рудные - 59/7; фосфаты - 34/4; минералы разных классов - 28/6; оксиды - 12/19; силикаты - 11/14; карбонаты - 10/27; сульфаты - 10/16; нитраты - 6/4; хлориды - 4/9; гидрооксиды - 4/3. Подтвердилось и предвидение А. Е. Ферсмана о формировании минералов пещер в разных геохимических обстановках. Очевидно, не все они выявлены и охарактеризованы. В частности, только начинается изучение минералогии термальных пещер (рис. 65).

**Рис. 65. Геохимические обстановки образования водных хемогенных отложений пещер /36/.**

Породы и отложения: а - известняки, б - доломиты, в - гипс, г - каменная соль, д - рудное тело, е - глина, ж - гуано, з - почвы; воды: и - почвенные, к - инфильтрационные, л - термальные; м - классы минералов (1 - лед, 2 - сульфаты, 3 - нитраты, 4 - галоиды, 5 - фосфаты, 6 - сернистые, 7 - карбонаты, 8 - оксиды, 9 - металлы карбонатов, 10 - сульфиды); н - особые условия образования (наличие: 1 - пирита, 2 - бактерий, 3 - колоний летучих мышей, 4 - гидротермальных растворов, 5 - пирита и марказита); о - минеральные виды и формы их выделения (1 - ледяные сталактиты; 2 - дендриты эпсомита, мирабилита, тенардита; 3 - коры эпсомита и мирабилита; 4 - кристаллы гипса, барита, целестина; 5 - различные кальцитовые образования; 6 - лунное молоко; 7 - соляные формы; 8 - гидрокальцит; 9 - фосфаты алюминия; 10 - нитрофосфаты; 11 - минералы цинка и железа; 12 - оксиды сульфидов; 13 - ванадинит, флюорит; 14 - оксиды железа и свинца; 15 - лимонит, гетит; 16 - церуссит, азурит, малахит; 17 - сталактиты опала; 16 - гемиморфит; 19 - кристаллы кварца)



## 9.5. Ледяное царство

Водные хемогенные отложения - порождение жидкой и парообразной воды. Вода в виде снега и льда характерна для пещер, где постоянно или сезонно наблюдается отрицательная температура воздуха.

Скопления снега образуются только в подземных полостях с большими входами. Снег залетает в пещеру или накапливается на уступах шахт, срываясь вниз небольшими лавинами. Известны случаи формирования подземных снежных конусов объемом десятки-сотни кубометров на глубине 100- 150 м под входным отверстием (Крым, Бездонная, рис. 19). Одно из самых больших скоплений снега описано в шахте Снежная (Грузия). Первоначально снег поступает во входную воронку глубиной 40 м и площадью по верхнему краю 2000 м<sup>2</sup>. Отсюда он поступает в 130-метровую шахту шириной от 2 до 12 м (область транзита). Через отверстие в ее дне он попадает на глубину 200 м, в Большой зал, где образует конус площадью около 5 тыс. м<sup>2</sup> и объемом более 50 тыс. м<sup>3</sup>. В разные годы его конфигурация меняется, так как в снегу образуются снежно-ледовые пробки или округлые проталины - каналы дождевого стока, меняющие пути поступления снега с поверхности.

Лед в пещерах имеет различный генезис. Чаще всего происходит уплотнение снега, который сперва превращается в фирн, а затем - в глетчерный лед; реже этот лед даже

начинает двигаться, образуя подземный ледник (Аржантьер, Франция); наконец, совсем редко отмечается сохранение в пещерах льда, образованного в условиях многолетней мерзлоты (Сюрприз, Россия), или затекание наземных ледников (Кастельгард, Канада). Второй путь образования пещерного льда - попадание в холодные (статические) пещеры талой снеговой воды (Бузлук, Украина). Третий путь - охлаждение воздуха в ветровых (динамических) пещерах (Айсризенвельт, Австрия), и четвертый - образование сублимационных кристаллов атмосферного происхождения на охлажденной поверхности горной породы или на льду. Интересно, что льды разного генезиса имеют различную минерализацию: самый "пресный" (всего 30-60 мг/л) - сублимационный и глетчерный лед, самый "соленый" - лед из гипсовых и соляных пещер (2 и более г/л). Особый случай - ледяные пещеры, образованные непосредственно во льду горных или покровных ледников. Их ледовые вторичные образования связаны с таянием и замерзанием вмещающего льда (Аймфьёмет, Норвегия и пр.)

Пещеры со льдом чаще всего встречаются в горах, на высоте от 900 до 2000 м. Одна из наиболее известных - Айсризенвельт в Австрии. Вход в нее находится на высоте 1656 м, лед покрывает дно входной галереи на расстоянии до 1 км, в разные годы занимая площадь 20-30 тыс. м<sup>2</sup>. Одна из самых больших пещер-ледников - Добшинская (Словакия). На площади 12 тыс. м<sup>2</sup> здесь накопилось более 145 тыс. м<sup>3</sup> льда, образующего мощные каскады (возраст льда их нижних слоев до 7 тыс. лет) и ледяные натеки (возраст 1-2 года). В России наиболее известна Кунгурская ледяная пещера. Скопления льда образуются в ней в зимний период и только в привходовой части. Объем образующегося льда зависит от погодных условий холодного периода и от посещаемости пещеры.

Являясь простейшим минеральным соединением из группы оксидов, лед образует все формы, свойственные обычным натечкам. Чаще других встречаются "замерзшие водопады" - каскады высотой до 100 м (Айсризенвельт), сталактиты, сталагмиты, колонны высотой 10-12 м, различные драпировки; реже - ледяные геликтиты длиной до 10 см и прозрачные гексагональные кристаллы, образующие агрегаты до 60 см в диаметре. Бывает, замерзают и подземные озера, гладкий поверхностный лед которых иногда покрывается снизу сложными подводными формами нарастания (пещеры Пинего-Кулойского района и Сибири).

## 9.6. За удобрениями - под землю

В пещерах часто скапливаются различные органические отложения: гуано, костяная брекчия, фосфориты, селитра, которые являются великолепным удобрением.

Наиболее широко распространены отложения гуано - помета летучих мышей или птиц. В средних широтах оно редко образует промышленные скопления. Обычно это тонкие прослойки или конусовидные кучи высотой 1-2 м и диаметром 2-5 м, образующиеся под местами прикрепления небольших (десятки - сотни особей) колоний летучих мышей. В более низких широтах всех континентов летучие мыши образуют огромные колонии, достигающие 10-25 миллионов особей (Бракенская, Новая, США). В таких пещерах, а также - в полостях, где гнездятся птицы, скопления гуано достигают 40 м по мощности (Киркуло, Куба), а запасы - 100 тысяч тонн (Карлсбадская, Мамонтова, США). В ряде пещер Северной и Южной Америки запасы гуано выработаны полностью; на Кубе оно до сих пор считается "черным золотом". В пещере Киркуло ежегодно добывается до 1000 тонн гуано, а запасы его оцениваются в 80 тыс. тонн. Расходы по промышленной добыче гуано составляют всего 15% от его продажной цены. В Таиланде доход от эксплуатации нескольких "гуановых" пещер достигает 50 тыс. долларов. На эти деньги существует несколько буддийских храмов и общинных училищ.

Гуано - ценнейшее удобрение. В нем содержится от 12 до 30% соединений фосфора, азота, калия. Удобрения из гуано - концентрат. Чтобы пользоваться им, не повредив корневую систему растений, надо "разбавлять" его черноземом в соотношении



1:5, 1:10. Пещерные месторождения гуано эксплуатируются также в Венесуэле, Малайзии, Кении. Местные жители используют его в подсобном хозяйстве во многих карстовых районах мира (Франция, Испания, Италия, Словения, Греция, Узбекистан, Вьетнам, Австралия и пр.). В последние десятилетия в связи с "шампиньонным бумом" во Франции гуано используют при выращивании грибов.

В пещерах, где имеется гуано, входящие в его состав фосфор и сера дают начало растворам кислот, которые взаимодействуют с коренными породами и натечками. В результате возникают коррозионные формы - "гуановые" горшки, купола, ниши, а также - целый спектр (более 50!) еще слабо изученных фосфатных минералов. В пещерах, где формирование гуано продолжается и в настоящее время, очень богат и специфичен животный мир, многие представители которого являются носителями заболеваний. В 60-80 гг. при исследовании пещер низких широт тяжело заболели многие европейские спелеологи, очень восприимчивые к "тропическим" вирусам. Сейчас у пещер с гуано ставят предупреждающий знак: "Опасно: гистоплазмоз".

Несколько реже фосфорсодержащие отложения образуются в пещерах, богатых костными останками позвоночных. В Европе особенно хорошо изучены костеносные пещеры Драхенхеле и Михнитц (Австрия) и Куерси (Франция). Фосфорсодержащие отложения представляют собой рыхлые песчано-глинистые и землистые красно-бурые породы, богатые окисью фосфора (22-25%), кремнезема (22-27%), алюминия и железа (2-5%). Костяные брекчии часто цементируются карбонатными натечками. В ряде пещер Бельгии, Франции, Китая брекчии, содержащие костные останки позвоночных, полностью выработаны для нужд промышленности.

Скопления биогенной селитры ( $\text{NaNO}_3$ ) изредка встречаются в пещерах, которые служили убежищем для диких животных или загонами для скота. Во многих пещерах штатов Кентукки (Мамонтова), Ю. Виргиния (Синнет), Индиана (Вайандот), Джорджия (Кингстон) в США, предгорного Крыма и Кавказа в XIX в. селитра добывалась для производства пороха. В частности, небольшой пороховой завод на "пещерном сырье" работал в Севастополе во время англо-франко-русской войны 1854-1855 гг. Интересно, что наличие розеток селитры на стенах является свидетельством сравнительно низкой (всего 70-80%) влажности воздуха пещер.

Строго говоря, к органогенным относятся и антропогенные отложения, связанные с пребыванием под землей человека. Они имеют ряд особенностей, и поэтому мы рассмотрим их ниже.

## 9.7. Отложения горячих растворов

В разделе "Тайны подземных сфер" (гл. 4) мы рассказали о том, как были открыты гидротермальные пещеры. В них обнаружен ряд обычных и специфических минералов, общее количество которых быстро увеличивается и к концу 90-х гг. превысило 30. В ряде случаев температура образования гидротермальных минералов подтверждена методом гомогенизации включений. Иногда находки тех или иных минералов являются "сигналом" о возможности образования пещеры горячими растворами. В их числе находятся ангидрит (Дианы, Румыния), анкерит (полости, вскрытые угольными шахтами Донбасса, Украина), арагонит (Збрашовская, Чехия, ряд пещер Средней Азии), барит (Баритовая, Киргизия), гематит (Винд, США), кварц, киноварь, рутил (Магиан, Таджикистан) и пр. К гидротермальным образованиям А. Е. Ферсман относил и некоторые разности зональных отложений кальцита - мраморные ониксы, в погоне за которыми уничтожено натечное убранство многих красивейших пещер...

Гидротермальные образования имеют не только специфический состав, но и формы выделения. Среди них часты хорошо ограненные кристаллы, одиночные или нарастающие друг на друга кристаллы (исландский шпат из пещер Крыма). И. Кунски описал "гейзермиты", растущие при поступлении гидротермальных растворов снизу. А

по одной из гипотез, с гидротермальными растворами связано образование пересекающихся перегородок - боксворк - на стенах пещеры Винд (США).

Изучение гидротермальных минералов связывает спелеологию с учением о месторождениях полезных ископаемых. Известны карстовые месторождения свинца и цинка, сурьмы и ртути, урана и золота, бария и целестина, исландского шпата и бокситов, никеля и марганца, железа и серы, малахита и алмазов /17/. Это специальная, очень сложная тема, требующая особого рассмотрения.

## 9.8. Краски подземного мира

Первую попытку связать между собой природу минералов с их цветом предпринял А. Е. Ферсман. Работая в основном в пещерах карбонатного карста, он обратил внимание на их светлую цветовую гамму - от белого льда пещер Крыма до желтых и кирпично-красных натек Тюя-Муюна.

Спустя 60 лет после работ Александра Евгеньевича мы знаем много больше о цвете минералов пещер. Он зависит от наличия ионов металлов, степени окисленности и гидратированности их соединений, наличия механических примесей и органического материала /36/. Железо и его окислы определяют красную, оранжевую и желтую, буро-коричневую и палевую окраску минералов; марганец - синюю; медь - зеленую, синюю (сине-зеленую), серо-желтую; никель - бледно-зеленую и лимонно-желтую; примесь глины - красную, оранжево-коричневую и желто-коричневую; органические вещества, гуано летучих мышей, гуминовые фульвокислоты - красную, оранжевую, желтую, синюю, красно-коричневую, коричневую, янтарную окраску. Ахроматические тона (белый, светло-серый, серый) имеют лед и ряд минералов, содержащих примесь марганца.

Все эти цвета по-разному распределяются на поверхности натек, образуя четкие слои или намечая причудливые контуры, не подчиняющиеся силе тяжести. Большую роль в восприятии цвета имеет "фактура" поверхности. Совершенно по-разному смотрятся коренные породы на свежем изломе или покрытые тонкой железисто-марганцевой корочкой, сухие и смоченные водой.

Особую прелесть придает натекам умелая полировка, вскрывающая их внутреннее строение (рис. 64). Наконец, немалую роль играет сила света и характер освещения. Одно - осматривать пещеру при свете стеариновой свечи; другое - при факелах; третье - при электрическом освещении. В этом отношении пещеры изменчивы, как Протей...

Меняет цвет и лед. Покрывая тонким слоем стены колодцев, он почти бесцветен, и через него "проступает" цвет камня или натек. Чем толще слой льда, тем менее он прозрачен и постепенно приобретает собственный, голубовато-белый или белый оттенок.

В Силицкой пещере (Словакия) известны ледяные натёки красного цвета (за счет примеси глинистых частиц). Если вода замерзает медленно, то лед более прозрачный; если быстро - то зажатые пузырьки воздуха определяют молочный оттенок льда...

Цвет стен и натек в значительной мере определяет ощущения человека. Часто окраска предупреждает: "осторожно! здесь произошел свежий обвал"; "здесь - зона затопления в паводок"; "здесь - падают камни"...

Резкие изменения цветовой гаммы пещер настораживают, создают приподнятое или, напротив, гнетущее настроение. Недаром в некоторых из них (Аптелек, Венгрия) дают концерты цветомузыки.

Выше мы уже говорили о флюоресценции натек. Цвет их свечения обычно оранжево-красный, бледно-зеленый, желто-зеленый, голубовато-зеленый, бледно-голубой, фиолетово-синий, фиолетовый. Связан он с наличием микропримесей меди, цинка, стронция, марганца. Наличие ионов железа, напротив, "тушит" свечение. Отчего же оно происходит? Энергия излучается и поглощается порциями - квантами. Когда атом вещества поглощает квант света, его электрон "перескакивает" на более высокий

энергетический уровень - орбиту, более далекую от ядра. Но такое возбужденное состояние неустойчиво: электроны стремятся занять положение, где их энергия будет наименьшей. Поэтому рано или поздно этот атом возвращается в нормальное состояние, "срываясь" на прежний уровень и возвращая разницу энергий в виде кванта света. Время, которое электрон проводит в возбужденном состоянии, и есть длительность послесвечения. В пещерах она аномально велика и достигает 2-6 секунд (обычно около 0,015 секунды...). Причина этого явления еще не выяснена, но это не мешает нам любоваться натеками, сперва как бы наливающимися изнутри прохладным цветным огнем, который обрисовывает их причудливые очертания и медленно меркнет...

## 10. Обитатели подземного мира

*Спускался я на дно пещер,  
Где сумрак ядовит и сер,  
И где увидеть мы могли б  
В воде озер безглазых рыб.*

Н. Гумилев

### 10.1. Ольм и индрик

Мифы и предания древних народов богато населяли подземный мир. В пещерах рождались Боги, жили Герои. Здесь же находилось и царство Мертвых. Иезуит Афанасий Кирхер (XVII в.) полагал, что земля, как сыр, пронизана дырами. Там, во многочисленных пещерах, затаились всевозможные монстры - герои греческих, римских и библейских легенд. Среди них особое место занимают драконы. Выйдя на поверхность из своей пещеры (недаром в мире столько Драконовых пещер!), они не всегда могли найти дорогу обратно и блуждали по свету, становясь жертвами благородных рыцарей. С таким чудовищем бился не на жизнь, а на смерть драконоборец Винкельрид, родосского дракона-скитальца убил в 1345 г. благородный рыцарь Деодатус...

Такими "сенсациями" переполнены средневековые трактаты, высмеянные А. Франсом в романе "Остров пингвинов". Облик драконов часто определяли реальные зоологические и палеонтологические находки. Дракон Винкельрида "срисован" со скелета плезиозавра (только его передние ласты переделаны в крылья), родосский дракон - довольно точная копия летающей ящерицы из лесов Явы.

Основой легенд о героях, победивших драконов, вероятно, являлось аргосское сказание о Персее, сыне Зевса и красавицы Данаи. Это он, убив Медузу Горгону, "мимоходом" сразил морского дракона, грозившего смертью прекрасной Андромеде. Христианская религия по-своему "отредактировала" древнюю легенду. Персей был канонизирован как святой рыцарь. В XI в. легенда о Святом Георгии-драконоборце проникла на Русь. О его битве с вышедшим из пещеры драконом напоминают более 200 рукописных списков на русском, сербском, греческом, латинском, немецком, французском и многих других языках. А искусственный дракон, на радость детворе, и сегодня каждый час брызжет огнем из пасти у входа в небольшую Смочу яму под Вавельским замком (Польша).

Суеверия иногда возводят в ранг всемогущих страшилищ самых безобидных животных. "Ольм, страшный дракон, затеял игру в горах", - сообщили священнику жители словенской деревни Ситтих. Это было в 1751 г., во время наводнения. Бурные потоки вырывались из входов в карстовые пещеры. Они-то и вынесли на поверхность виновника всех бед - бледное, похожее на тритона существо с двумя красными пучками жабр по бокам головы и с крохотными лапками. Священник заспиртовал это странное существо и отослал натуралисту Вальвасору, который описал его под именем морского божества Протея, обладавшего способностью превращаться то в дракона, то во льва. С изучения протеев, в XX в. ставших эмблемой словенского карста, и началась наука биоспелеология.

Протей (*Proteus anguinus*) действительно оказался обитателем подземного мира. Длинное, до 28 см, червеобразное тело протеев окрашено в желто-белый, реже - мясо-красный цвет. У него слабые, непригодные для ходьбы лапки с 3 и 2 пальцами, малюсенькие, скрытые под кожей глазки, заметные лишь у молодых животных. Кроме жабр у него имеются и легкие, но дышать ими он может 2-4 часа. Питается протей пауками, рачками, насекомыми, добывая их с помощью осязания и обоняния. Ламарк использовал протеев как иллюстрацию своей теории об эволюционных изменениях животных под влиянием среды. Протей относится к семейству, в котором насчитывается

5 видов: один - европейский (пещерный) и четыре - североамериканских (наземных). Сейчас в Южной Америке обнаружен еще один подземный вид.

В таинственной "Голубиной книге", имевшей в средние века хождение на Руси, есть такие строки:

*У нас Индрик-зверь, всем царям зверь,  
И он ходит, зверь, по подземелью,  
Яко солнышко по поднебесью.  
Он проходит все горы белокаменные,  
Прочищает ручьи и проточины,  
Пропускает реки в кладези студеные...*

Что же это за таинственный "подземный зверь"? По всему русскому Северу, Сибири, Маньчжурии и Китаю распространены легенды о звере-кроте ростом со слона. "Тин-Шу постоянно держится в пещерах, похож на мышь, но достигает величины быка; он выкапывает себе пещеры в местностях, покрытых скалами и лесами",- повествует китайский трактат Бун-зоо-ганн-му, составленный в XVI в. Так людская молва связала с пещерами мамонтов, находимых во многолетней мерзлоте. Ну, а Индрик? Профессор С. Усов доказал, что слово "Индрик", так же как и встречающиеся в русских легендах другие названия этого зверя (инрог, индрог, индра), происходит от ненецкого "йенгора" - подземный вожак, мамонт.

Мамонт дал название многим пещерам мира: одним - по их гигантским размерам (Мамонтова в США), другим - по находкам их зубов или костей (шахта в Крыму, местонахождение в Южной Дакоте, США). О последнем стоит рассказать более подробно. При строительных работах кости мамонта были обнаружены на дне провальной воронки диаметром около 50 м с 14-метровой карстовой полостью на дне. В результате прорыва напорных вод в ней образовался водоем глубиной более 5 м. Спускавшиеся на водопой мамонты не всегда могли выбраться наверх по скользким бортам воронки. В этой естественной ловушке, имеющей возраст около 26 тысяч лет, найдены кости десятков особей мамонтов, гигантского медведя, волка, суслика, луговой мыши. Надо отдать должное нашим американским коллегам: сотрудники Северо-Аризонского университета проф. Ларри Агенброд и его ассистент Джим Мид за 20 лет провели огромную работу... Местонахождение "взято под крышу" - над ним построено музейное здание, причем экскурсии проводят по участку, где продолжаются раскопки. В 1985 г. его посетило 50 тысяч человек, что в значительной мере окупало стоимость исследований. Местонахождение является гордостью штата и городка Хот-Спрингс.

О взаимоотношениях мамонтов и пещер можно говорить только по костным остаткам. Зато "слоновьи пещеры" существуют и сегодня. В Кении известна соляная пещера Китум, стены которой покрыты желобками, оставленными бивнями слонов. Они заходят сюда, чтобы полакомиться солью. Английский зоолог Р. Боуел наблюдал, как слоны карабкаются по крутому склону вулкана Элгон, чтобы добраться до небольшой пещеры на 345 м выше равнины, где они обитают. Здесь, пользуясь хоботом, слоны "добывают" комья глинообразного цеолита. Они поедают его, чтобы восполнить нехватку в организме натрия и калия.

## 10.2. Рождение биоспелеологии

Первые сведения о подземной фауне содержатся в книге иезуита Кирхера . В XVIII-XIX вв. открытия продолжались, хотя описания пещерных животных были небезошибочными, а сведения о них - неполными. К концу XIX в. в списках фауны отдельных пещерных районов числилось до сотни видов различных животных.

Термин "биоспелеология" (раздел биологии, изучающий подземную жизнь) ввел в 1903 г. француз А. Вирено. Расцвет биоспелеологии связан с деятельностью румынского ученого Эмиля Раковицэ (1868-1947). В 1904 г. он описал слепого рачка из Драконовой пещеры на о-ве Мальорка, в 1907 г. основал международную научную ассоциацию "Биоспелеолоджика", в 1920 г. создал в г. Клуж (Румыния) первый в мире институт

спелеологии. Э. Раковицэ и его сотрудник Ж. Вандель обследовали более 1500 пещер Европы и способствовали исследованиям обитателей подземелий во всем мире. В бывшем СССР они проводились в очень скромных масштабах. Лидером отечественной спелеологии был московский биолог Яков Авадьевич Бирштейн (1911-1970), основатель серии публикаций под рубрикой . Сейчас его дело продолжают С. Левушкин, Н. Залесская, С. Головач, В. Книсс, Р. Джанашвили и несколько других энтузиастов.

В настоящее время принято выделять пещерную фауну - особый комплекс животных, обитающих в пещерах и трещинах горных пород. Такое расширенное понимание биоспелеологии (или, как иногда говорят биологи, - биоспеологии) привело к выделению стигобиосферы (по имени мифической реки Стикс, протекающей через царство мертвых). Болгарский биолог Л. Цветков считает, что эта сфера располагается от основания почвенного разреза до нижнего предела биосферы. Стигосфера в основном населена различными бактериями. Особое место в ней занимают пещеры, где обитают представители 7 типов животных - простейшие, губки, кишечнополостные, черви, членистоногие (ракообразные, паукообразные, многоножки, насекомые), моллюски и хордовые (рыбы, амфибии, рептилии, птицы, млекопитающие). Всю спелеофауну подразделяют на три группы, между которыми, правда, нет четких границ: троглобионтов, троглофилов и троглоксенов.

Троглобионты - животные, проводящие под землей всю жизнь и здесь же размножающиеся. Некоторые из них были известны еще первобытному человеку. В пещере Трех братьев (Франция) среди палеолитических рисунков обнаружено изображение насекомого, в котором зоологи признали пещерного кузнечика. Пещерные животные обратили на себя внимание и Ч. Дарвина, который считал, что многие вопросы эволюционной теории следует разрабатывать с учетом особенностей этих странных существ. "Некоторые из них очень аномальны, представляя собой как бы живые окаменелости", - писал великий английский натуралист.

В чем же проявляется аномальность троглобионтных животных? Прежде всего, во внешнем облике. Большинство обитателей пещер лишено глаз и окраски (пигментации). Ножки и усики насекомых тонкие, длинные и покрыты чувствительными волосками и щетинками. Осязание заменяет им в темноте зрение. Облик их чем-то напоминает глубоководных животных, с которыми их связывают тесные родственные связи. Мухи, теряя крылья, становятся похожими на жуков, а жуки, имеющие вздутое брюшко и тонкую талию, напоминают муравьев. В подземных водоемах плавают полупрозрачные рачки-бокоплавы; только черная полоска кишечника, забитого илом, выделяется на фоне их беловатого тела. Очень резко отличаются от своих поверхностных родственников и пещерные позвоночные. Они имеют недоразвитые глаза, укороченные конечности, дышат жабрами.

Постоянная температура и высокая влажность пещер обуславливают особенности физиологии и образа жизни троглобионтов. Обмен веществ у них замедлен, а жизненные циклы растянуты. Поэтому подземные бокоплавы живут не два года, как поверхностные, а 10-15 лет. У подземных животных исчезает цикличность в развитии, стираются грани водной и воздушной сред обитания: водное животное может долго находиться на суше, а сухопутный жук или многоножка спокойно "путешествуют" по дну водоемов. Питаются обитатели пещер бактериями, развивающимися в иле подземных озер, низшими грибами типа плесени, пометом летучих мышей, листьями и веточками растений, заносимыми в пещеру с поверхности. Есть в пещерах и свои хищники - жужелицы, стафилиниды, сенокосцы, лжескорпионы.

Сухопутная троглобионтная фауна пещер формируется из видов, обитающих на поверхности, в лесной подстилке, почве, норах животных, а водная в основном имеет морское происхождение. Многие троглобионты - реликты более или менее древних плейстоценовой или неогеновой фаун. Как писал Ч. Дарвин, пещеры - это палеонтологический зоопарк, в значительной мере населенный осколками давно погибших на поверхности форм. Среди троглобионтов много эндемиков, то есть видов и родов, имеющих относительно небольшой ареал распространения.

Сведений об общем количестве троглобионтов в пещерах мира нет. В Северной Америке, например, описано около 1200 троглобионтов. Между общим количеством видов в данном типе и процентом троглобионтов нет пропорциональности. Я. А. Бирштейн указывает, что из 15 тысяч простейших только 5 (0,03%) являются троглобионтами, а из 5500 видов плоских червей - 25 (0,5%)...

С изучением троглобионтных представителей пещерной фауны связано много фундаментальных проблем биологической науки: внутривидовая дифференциация, приспособление организма к чуждой среде, пищевые взаимоотношения, выживание в чрезвычайных ситуациях и пр. В связи со вступлением человека в атомную эру последний вопрос особенно актуален. П. Фарб приводит следующие данные. В 1883 г. в Зондском проливе между островами Ява и Суматра произошел взрыв вулкана Кракатау, эквивалентный взрыву водородной бомбы мощностью 10 000 мегатонн. В воздух было поднято свыше 20 км<sup>3</sup> скального материала, в радиусе 40 км - уничтожено все живое. Лишь через 9 месяцев на этой территории появились пауки, через 3 года - цветковые и папоротники, через 23 - пальмы и тростник, через 25 лет - насекомые, улитки и птицы, через 50 - низкорослый лес, птицы и летучие мыши. Жизнь же в пещерах архипелага не прекращалась ни на день...

Троглофилы - пещеролюбивые виды животных, иногда образующие обособленные сообщества, могущие обитать и на поверхности. Нередко хорошо приспособлены к жизни под землей, используя пещеры как укрытия или для охлаждения, необходимого в их жизненном цикле. Наиболее яркие примеры - летучие мыши и... крокодилы. В определенной мере к троглофилам относится и человек (во всяком случае - спелеолог). Троглофилами являются и многие зеленые растения. Некоторые их виды, нуждаясь в малом количестве света, проникают довольно далеко от входа в пещеры. Так, для развития цветковых и лишайников хватает 0,4 %, а для папоротников и водорослей - даже 0,05% нормального дневного света.

Троглоксены - животные, обитающие на поверхности, попадающие под землю активно (бабочки, мухи, насекомые) или пассивно (с потоками воды). Эта группа животных наименее интересна для специалистов.

Биоспелеологические проблемы очень сложны и специфичны. Поэтому рассмотрим только отдельные вопросы, представляющие более общий интерес.

### **10.3. Среди моготов и крокодилов**

Под таким интригующим названием польский спелеолог Пш. Бурхард опубликовал книжку об экспедиции 1960 г. на Кубу. Аллегориями здесь и не пахло: пещеры Кубы зачастую заложены в останцах тропического карста - моготах, а крокодилов предостаточно в болотах вокруг лагеря. И все же аллегория была: контур острова от Пинар дель Рио на западе до Сант-Яго де Куба на юго-востоке напоминал крокодила...

В далекие 50-е гг. группа киевских спелеологов исследовала пещеры в долине Хосты (Западный Кавказ). После возвращения из одной особенно узкой полости от их одежды остались лохмотья. "Вы как в пасти аллигатора побывали", - заметил один из подсевших к костру местных жителей. Так возникло непонятное имя пещеры - Пасть Аллигатора.

В 1961 г. прохождение Красной пещеры (Крым) остановил Пятый Обвальный зал. На профиле он был удивительно похож на раскрывшего пасть крокодила. Но, как шутили ребята, они не убоились бы и настоящего крокодила в этом коварном зале: от его дальней точки до сифона в шахте Провал осталось еще 2300 пока не пройденных метров...

В 1973 г. на VI Международном спелеологическом конгрессе в Чехословакии нам довелось побывать в Збрашовской гидротермальной пещере. Самую длинную остановку гид сделал в зале "У крокодила", а через несколько дней в часовне Святого Креста в

Карлштайнском замке нам показали "голову дракона". Это была мумифицированная голова крокодила, найденная в пещерах Чешского карста.

И вот в 1987 г. в английском журнале появилась статья "Анкаранская пещера крокодилов". Мистификация?.. Но оказалось, что это действительность. Массив Анкаран на севере Мадагаскара сложен среднеюрскими известняками. Его пересекает река Стикс, имеющая температуру воды 25-27 °С. Суммарная протяженность пещерных ходов массива 98 км, что при его длине 30 км и ширине 8 км достаточно примечательно. Но главное, на юге массива в реке обитает малагасийская популяция нильских крокодилов длиной до 6 м. В сухой сезон, когда болота высыхают, они прячутся в пещерах, поднимаясь далеко вверх по подземной реке. В ней обитают также рыбы, угри, крабы, креветки. Крокодилы имеют нормальный облик и не лишены пигментации, являясь в данном случае типичными троглофилами.

К троглофилам относятся и "монашьи тюлени", которые обнаружены на восточном берегу Сардинии. Они живут в подземном озере, имеющем длину 300 м и ширину около 100 м. Пещеры Тарханкута (Равнинный Крым) признаны пригодными для акклиматизации и сохранения популяции черноморских тюленей. Вероятно, это не единственные случаи их обитания под землей.

К троглофилам можно отнести и речных рыб, проникающих в обводненные карстовые полости и проходящих по ним большие расстояния. В 50-е гг. при строительстве Каховской ГЭС на Днепре проводился большой комплекс изысканий в зоне влияния будущего водохранилища. Местные жители рассказывали, что в большую воду на Днепре они неоднократно встречали крупную рыбу в колодцах, заложенных в закарстованных неогеновых известняках в десятках километров от реки. Такие же факты, но уже с морской рыбой, приводили старожилы Равнинного Крыма. Но это - слухи. А вот и факты. В 1983 г. в карстовом озере Городно Новгородской области поймали леща, меченного металлической пластинкой № 567. Ихтиологи установили, что несколько лет назад этот лещ был выпущен в озеро Ильмень, в 250 км от места поимки...

Кроме рыб-троглофилов известны и рыбы-троглобионты. В Центральной и Восточной Африке, на Мадагаскаре, в Южной Азии, Океании, Северной, Центральной и Южной Америке известно около 50 видов слепых рыб, принадлежащих 12 семействам шести отрядов. Первая рыба-троглобионт обнаружена в Мамонтовой пещере еще в 1842 г. Последняя по времени находка принадлежит московскому геологу В. Мальцеву, который в 1979 г. обнаружил в карстовом провале массива Кугитанг-Тау (Туркменистан) слепых рыбок. Экспедиция 1981 г. отловила 10 экземпляров этих рыбок, обитающих в проточной воде подземного озера с температурой 24°C. Пещерный голец Старостина - это новый для науки вид, отличающийся от всех известных представителей этого рода (рис. 66). Слепой голец - первая находка троглобионтных рыб на территории бывшего СССР. Он занесен в Красные книги Туркменистана и Международного союза охраны природы.

Рис. 66. Слепой голец из пещер Кугитанга, Туркменистан (фото С. А. Смирнова).



О пещерных троглобионтах можно рассказывать много. Иногда они задают биологам такие загадки, на которые пока нет ответа. Ракообразные - обширная и разноликая группа животных, по современной систематике включающая 8 классов и более 50 отрядов. Американский зоолог Дж. Ягер недавно открыл

в подводной пещере Лукейан на Багамских островах необычного рачка. Лукейан и сама достаточно примечательна: она образована при растворении известняков в зоне смешивания пресных и соленых морских вод. При колебаниях уровня океана положение зоны растворения меняется. Так образовались этажные лабиринты сталактитовых пещер,



при последнем поднятии океана затопленные водой. Погружение в пещеру производится с суши, через "голубую дыру" - провал в своде пещеры. Верхний слой воды в ней пресный с постоянной температурой 22 °С. Ниже располагается слой более плотной морской воды с температурой 23-25 °С. В полной темноте, на глубине 19 м (то есть в соленой воде!) были обнаружены бокоплавцы, различные рачки, слепые рыбы, а также новое полупрозрачное червеобразное животное - рачок спелеонектес. При длине около 2,5 см рачок состоит из головного щита и 32 одинаковых сегментов туловища с плавательными ножками на каждом. Он плавает спиной вниз, причем ножки бьют по воде не одновременно, а "со сдвигом по фазе" При этом по телу рачка пробегают волны...

Сочетание черт строения спелеонектеса настолько своеобразно, что его нельзя отнести ни к одному известному отряду или даже классу ракообразных. Пришлось "открывать" для него в систематике новый класс - Remipedia (гребленогие). Самое удивительное, что он обнаруживает сходство только с палеозойскими ракообразными: девонским *Lepidocarpus* и карбоновым *Tesnusocaris*, вымершими 300-400 тысяч миллионов лет назад.

Свойства подземных троглобионтов настолько примечательны, что их мало выявить и описать. Необходимо углубленное изучение условий их жизни на уровне современной науки. Поэтому во всех странах мира (увы, кроме бывшего СССР!)

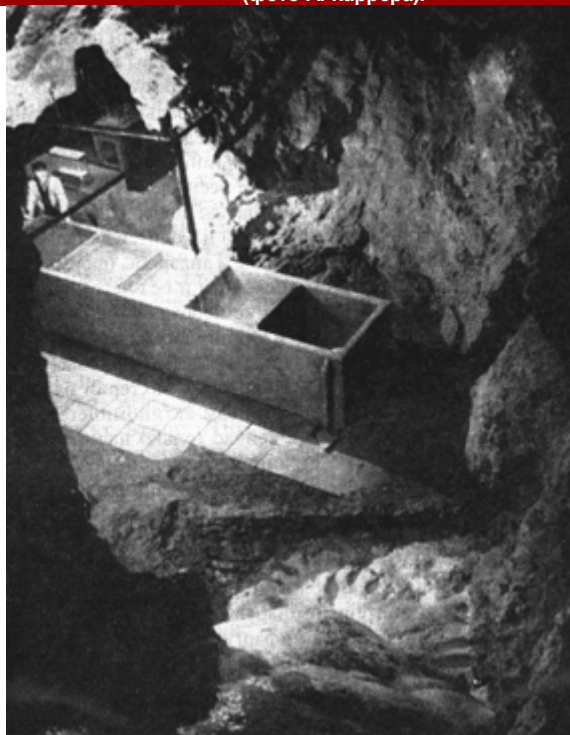
созданы подземные биоспелеологические лаборатории. Наиболее известна лаборатория, основанная в 1947 г. во Франции, в пещере Мули. Это 600 метров галерей, подземная река, богатые натечные отложения, скопления глины и песка. Чтобы не нарушать микроклиматический режим пещеры, исследователи проходят через специально пробитый входной тоннель со шлюзовой камерой; здесь есть телеметрическая связь с поверхностью, аквариумы для пещерных животных (рис. 67) и многое-многое другое. Создателем и первым директором лаборатории был известный французский биоспелеолог Ж. Вандель.

В 1987 г. на юге Франции в департаменте Ардеш открыт первый биоспелеологический музей. В небольшой 200-метровой пещере собраны обитатели подземного мира - летучие мыши, рыбы, земноводные, пауки, насекомые. Особенно популярен он среди школьников Центральной Европы.

#### 10.4. Пастбища бактерий

Биологи давно установили, что существенную роль в жизни обитателей пещер - их защите, питании, размножении и развитии играет глина. Например, рачок нифаргус живет под поверхностью воды, где устраивает себе в глине норку с несколькими входами. Когда уровень воды падает, он закупоривает входы и пережидает сухое время. Я. А. Бирштейн показал, что грунт некоторых пещерных водоемов (пещеры Рион ГЭС) на 10-20% по весу состоит из бактерий. Образуется своеобразная цепочка: бактерии

Рис. 67. Подземная биоспелеологическая лаборатория. Мули, Франция. Зал аквариумов: бассейн для протеев (фото А. Каррера).



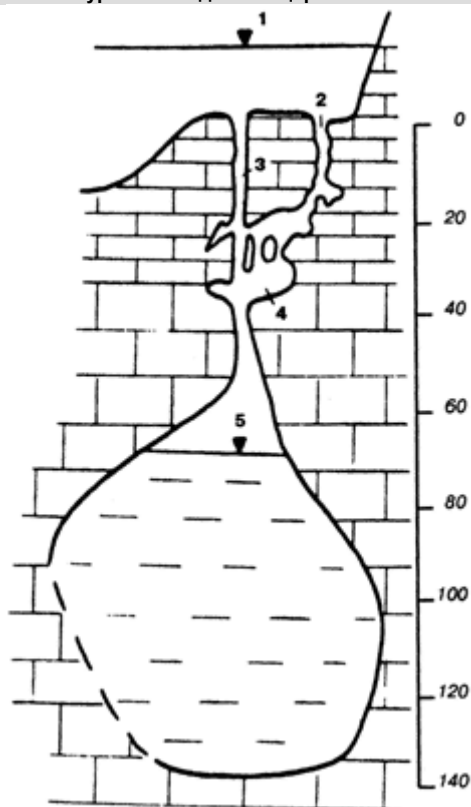
питаются минеральными солями и органическими соединениями; их поедают одноклеточные существа - протесты; протистов - глиноеды; глиноедов - хищники. Таким образом, в основе всего лежит глина, играющая роль своеобразного пастбища для пещерных животных.

Систематика пещерных бактерий находится в стадии разработки. Среди них имеются аэробы и анаэробы (формы, способные расти в присутствии кислорода и без него); автотрофы и гетеротрофы (синтезирующие необходимые для жизни вещества из неорганических и органических соединений); психрофилы и термофилы (живущие в водах ледниковых пещер и горячих источников) и пр. Некоторые бактерии близки к сине-зеленым водорослям или к грибам-актиномицетам. Словом, это целый мир, который сейчас только начинает приоткрывать свои тайны. На страницах спелеологических журналов все чаще появляются статьи, посвященные микробиологии пещер; в 1994 г. прошел даже специальный междисциплинарный симпозиум...

Изучение живых организмов пещер является мощным орудием познания гидрогеологии карстовых массивов. Еще в 60-е гг. Я. А. Бирштейн, обнаружив в Скульской пещере (Крым) рачка-троглобионта нифаргус, а в Скульском источнике в смежном тектоническом блоке - троглофила гаммарус, уверенно заявил, что эти водотоки между собой не связаны (нифаргус и гаммарус - антагонисты). При реализации в 60-70-е гг. обширной программы водной мелиорации горных районов Югославии применялась необычная последовательность работ. Карстовый массив первыми изучали биоспелеологи, по составу пещерной фауны и особенностям ее питания, выполняющие предварительное районирование территории; затем в работу включались спелеологи, наносившие на план все проходимые для человека пещеры; за ними шли гидрогеологи, проводившие опыты с окрашиванием и уточняющие пути движения подземных потоков. И только потом в бой вступала "тяжелая артиллерия" - начинали исследования геологи и геофизики. Это позволило сэкономить много сил и средств, избежать просчетов при сооружении плотин.

Рис. 68. Разрез пещеры Петек, Турция (по А. Бозовичу).

1 - проектный уровень воды в водохранилище; 2 - водовороты возникшие при заполнении водохранилища; 3 - шахта пройденная для заполнения пещеры; 4 - пещера, вскрытая скважинами и шахтой; 5 - уровень воды в пещере



К сожалению, известны примеры и обратного. При сооружении плотины Кебан (Турция) американская фирма Эбаско отказалась от услуг спелеологов. Геологические условия строительства были очень сложными. В основании сооружения залега­ли известняки и мраморы с прослоями доломитов и сланцев, разбитые тектоническими нарушениями и пронизанные ходами пещер. Это потребовало проведения огромного объема исследований и сооружения цементационных завес (338 км буровых скважин, более 150 тысяч тонн цемента)... Однако при заполнении водохранилища внезапно возникли водовороты, засасывающие даже бревна. Пришлось спускать воду, бурить скважины. Под дном водохранилища была вскрыта огромная пещера Петек, имеющая длину более 90 м, ширину 30 м и высоту 50 м (рис. 68). Три года заполняли ее смесью ломаного камня, песка, гравия и глины (для этого была сооружена шахта, через которую в пещеру опущен бульдозер). Затем в нее было закачано более миллиона кубометров специально подобранного цементного раствора. Полностью победить фильтрацию так и не удалось - в стенах пещеры были обнаружены более древние гидротермальные полости, по которым вода уходила в другую речную систему.

Очень велика, хотя до конца не выяснена роль бактерий и грибов в образовании различных пещерных отложений. В монографии "Пещерные минералы мира" /36/ приведены десятки интересных примеров. Железобактерии часто определяют окраску карбонатных натечков; гетеротрофные бактерии участвуют в образовании лунного молока и кальцитовых цветов; микрогрибки, попадая на потолок пещеры, прорастают в каплях воды и участвуют в образовании сталактитов; нитрифицирующие и серобактерии формируют азот- и серосодержащие минералы. Многие автотрофные и гетеротрофные бактерии вызывают микробиальную коррозию известняков и натечков, "выедая" в них углубления и даже сквозные отверстия. Особенно активна биокоррозия на контакте натечков и гуано летучих мышей.

Завершая короткий рассказ о биологии пещер, необходимо коснуться еще одной очень важной проблемы. Вторжение человека в подземный мир неизбежно приводит к нарушению экологического равновесия, сложившегося на протяжении десятков и сотен тысяч (а иногда - и миллионов) лет. Опыт оборудования пещер для туризма свидетельствует об изменениях их микроклимата, "цветении" натечков, гибели наскальной живописи при развитии бактериальной, грибковой и водорослевой микрофлоры. Проблема "лампенфлоры", возникающей при освещении пещер, обязательно обсуждается на всех международных спелеологических конгрессах. От решения ее зависит сохранение жизни под землей в относительно стабильном состоянии.

# 11. Живые радары

*Воздух, спертый под сводами, ожил,  
Шум неясный поплыл;  
Слышно веяние крыл:  
Я летучих мышей потревожил*

П. Драверт

## 11.1. Биология летучих мышей

Одним из самых замечательных животных-троглофилов, без сомнения, являются летучие мыши. Необычный внешний вид (рис. 69), перепончатые крылья вместо передних лап, бесшумный стремительный полет, ночной образ жизни - все это послужило основой для распространения суеверий о летучих мышах.

В мифологии древних греков летучие мыши были посвящены богине Персефоне, супруге Аида, царя загробного мира. Они считались предвестниками несчастья - болезни, приближения шторма, нападения бандитов. В Библии летучие мыши упоминаются как "нечистые", до которых нельзя даже дотрагиваться. На многих иконах чертей рисовали с крыльями летучих мышей. В Индии их считали "болотными духами", которые подстерегают путников, заманивая их в трясины; в Камеруне злые духи "ю-ю" имеют вид летучих мышей, скрываются в пещерах и вылетают оттуда для своих черных дел по ночам, в Мексике с летучими мышами ассоциируется демон Хикал, злой гений хитрости и обмана. В рассказах об оборотнях, широко распространенных в разных странах мира, летучие мыши часто играют главную роль как наиболее удобное средство общения для нечистой силы. Этот "вид транспорта" предпочитают и души умерших грешников для путешествия в ад.

Рис. 69. Летучих мышей семейства ложных подковоносов (*Myrpsididae*) можно принять за чертей... (по А. Трассе).



Но в некоторых странах отношение к летучим мышам более благожелательное. В Финляндии существует поверье, что ночью душа спящего человека покидает его тело в образе летучей мыши; убить летучую мышь - значит погубить уснувшего земляка. Ученому и философу Ибн Сине (XI в.) принадлежит рецепт: "...возьми летучую мышь, отруби ей голову, высуши и смели ее; щепоть порошка дай выпить больному с сиропом и уксусом. Поможет...". В Китае летучие мыши считаются священными. Слова "счастье" и "летучая мышь" на китайском языке звучат одинаково: "фу". Так что же такое летучая мышь с позиций современной биологии?

Летучие мыши произошли от какого-то предка современных насекомоядных в палеоцене. Первый их представитель, найденный в ископаемом состоянии в раннем эоцене (примерно 50 миллионов лет назад), уже ничем не отличался от современной летучей мыши. Они относятся к отряду рукокрылых (*Chiroptera*), одному из наиболее многочисленных среди млекопитающих по числу видов. Основной их признак отражен в названии отряда - передние конечности летучих мышей обратились в крылья.

Удлиненные предплечья, метакарпальные кости и фаланги пальцев (кроме первого) служат каркасом для тонкой эластичной перепонки, натянутой между ними, боками тела и задними конечностями. Отряд рукокрылых насчитывает десятки миллиардов особей и представлен почти 1000 видами, объединяющихся в подотряды.

Подотряд крыланов включает 200 видов, обитающих в тропиках и субтропиках Восточного полушария. Это довольно крупные зверьки, весом до 1 кг. Несмотря на активность в ночное время, летучие лисицы и летучие собаки в основном пользуются визуальными средствами ориентировки и редко используют пещеры в качестве убежищ.

Подотряд летучих мышей насчитывает 800 видов, широко распространенных по всему земному шару, и включает 17 семейств. Это зверьки небольших размеров, с длиной тела от 28 до 140 мм. Многие из них обитают под землей, больше полагаясь на ультразвуковую локацию. Летучих мышей можно встретить и на поверхности (в дуплах старых деревьев, под крышами сараев, на чердаках). Продолжительность жизни летучих мышей достигает 17 (большой подковонос) и даже 20 лет (усатая ночница). Они обладают рядом интересных физиологических особенностей, определяющих образ жизни и поведение.

Рукокрылые имеют различные вкусы. Большинство из них - насекомоядные и обладают завидным аппетитом. "Суточная норма" достигает одной трети веса зверька: одна водяная ночница за вечерний вылет поедает до 500, а за лето - более 60 тысяч комаров. Общий вес насекомых, отловленных летучими мышами в штате Техас, достигает 20 тысяч тонн ( $10^{12}$  комаров!)

Ложные вампиры питаются мелкими птицами, рыбой, мышами, ящерицами. За ними водится даже каннибализм. Вампиры обитают главным образом в тропиках. Сядясь на спящее животное (для "мягкой посадки" они имеют специальные подушечки), вампиры смачивают волосы и кожу жертвы слюной, имеющей анестезирующее вещество и фермент, препятствующий свертыванию крови. Срезая острыми зубами тонкий слой кожи, они создают языком вакуум и... кровь течет прямо в рот. За год один мексиканский вампир выпивает до 7 литров крови.

Рыбоядные летучие мыши питаются в основном рыбой, которую "видят" с воздуха по следу, оставленному плавником, или по эхосигналу, отраженному от плавательного пузыря. За день они съедают до 40 рыбок.

Крыланы питаются в основном плодами манго, баобаба, банана, пальмовых либо цветами и нектаром.

Летучие мыши - гетеротермные животные: в период активности температура их тела относительно высока и не зависит от температуры окружающего воздуха. Именно поэтому диапазон полостей, где они обитают, очень широк - это холодные пещеры Аляски и теплые пещеры тропиков; цинковые рудники штата Нью-Йорк (глубина более 1100 м) и пещеры, расположенные на высоте до 5 км над уровнем моря. Скопления летучих мышей повышают температуру воздуха в пещерах (на Кубе - до 36-37 °С). В зависимости от производимой работы в очень широком диапазоне (от 16 до 420 ударов в минуту) меняется и число сердцебиений. Это определяет многие черты жизни этого зверька, в частности его способность впадать в зимнюю спячку. Летучие мыши спариваются перед спячкой, но оплодотворение и дальнейшее развитие зародыша происходит только весной. Количество детенышей в помете у разных видов - один-два. Мать кормит детеныша молоком полторы-две недели, а в конце третьей они уже способны к полету. Летучие мыши имеют и другие удивительные особенности, но это уже - рассказ для специалистов.

## 11.2. Ошибка адмирала Деница

Начиная вторую мировую войну, фашистская Германия рассчитывала на быструю победу на Западе. Ставка делалась на резкое увеличение количества подводных лодок. В 1939 г. флот Англии и Франции имел в строю 58 подводных лодок, а Германия и Италия

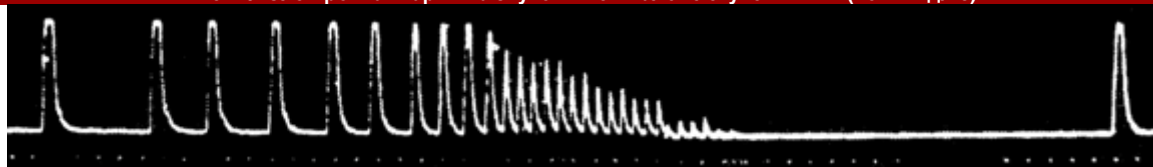
- 93. По плану ими предусматривалось доведение их числа к октябрю 1941 г. до 179, к марту 1942 г.- до 245, к началу 1943 г.- до 308 единиц. Командующий подводным флотом адмирал фон Дениц был уверен в успехе и лично доложил об этом фюреру.

Но события на море показали, что адмирал ошибался. В Англии был создан Комитет по изучению вопросов борьбы с подводными лодками, который разработал гидролокатор для их обнаружения в подводном положении. Главным действующим лицом в нем была... летучая мышь, точнее - ее природный эхолокатор.

Перемещение в пространстве и охоту летучая мышь осуществляет с помощью ультразвуковых сигналов разной интенсивности, структуры и назначения. Плодоядные крыланы издают короткие (0,002-0,003 с), слабые сигналы в пределах частот 10-150 кГц. Подковоносые мыши охотятся за насекомыми "в режиме ожидания". Они повисают на ветке или уступе скалы и ощупывают окружающее пространство высокочастотным звуковым рупором, образованным системой складок, окружающих рот и ноздри. При этом они испускают длительный сигнал (0,05-1,00 с) с частотой от 60 до 120 кГц. "Поймав" своим излучением пролетающее насекомое, подковонос срывается с места и настигает его. Наиболее сложные звуки издают насекомоядные мыши, ведущие активную охоту (ночницы и пр.). Короткий (всего 0,002 с) сигнал начинается на частоте около 90 кГц и кончается на 45 кГц. При этом меняется его структура (рис. 70). Мыши этих видов охотятся как бы в режиме "частотного модулирования".

История открытия природного радара летучих мышей полна драматизма. В 1793 г. аббат Спалланцани, профессор биологии университета в Падуе, пришел к выводу, что эти животные обладают неизвестным людям чувством. Позднее С. Журен обнаружил, что оно сродни слуху: если залепить уши воском, летучая мышь начинает наткаться на препятствия. Но раз люди не слышат этих звуков, значит - это что-то сверхъестественное, решил знаменитый Жорж Кювье, и... эксперименты были прекращены почти на сто лет. Только в 1938 г. Дональд Гриффин экспериментально доказал, что летучие мыши издают ультразвуковые сигналы. Все стало ясно, но... лишь на первый взгляд.

Рис. 70. Электронная картинка звуковых сигналов летучей мыши (по Р.Ридлю).



Допустим, в одном зале летают сто летучих мышей (на самом деле их может быть на 2-3 порядка больше). Сто пискков одновременно раздаются в воздухе. Каждая мышь должна выделить отражение своего сигнала на фоне многочисленных помех. Каким компьютером она должна обладать, чтобы за полсекунды, проходящие от засечки насекомого до его поимки, решить задачу о сближении двух тел, неравномерно движущихся в трехмерном пространстве, определить характер, размеры, направление и скорость движения цели, дать команду своему телу - "на взлет"!

"Компьютер" летучей мыши обладает поразительной оперативной и долговременной памятью. Зверьки после одного-двух заходов на цель усваивают пространственное положение предметов, а затем используют это знание для лучшего достижения биологического эффекта. Долговременная, кинестетическая память связана со способностью животного запоминать, а потом многократно воспроизводить программу движения, не пользуясь дополнительными эхолокационными сигналами...

Или еще один вопрос: "говорят" ли летучие мыши? Исследования австралийских ученых показали, что словарный запас у них большой: "уип", "бззу", "чер-чер" и так далее - 22 слова (у обезьян - всего 17!). Все звуки, которыми обмениваются летучие мыши, можно разделить на четыре группы. Первая группа "слов" охватывает отношения между матерью и детенышем. Новорожденный мышенок сперва издает тонюсенький

короткий писк, затем - радостное щебетание и облегченный вздох: "мама вернулась"! По этой серии звуков мать почти безошибочно находит новорожденного (опыты показали, что лишь в 17% случаев она кормит чужого детеныша). Вторая группа слов связана с военными действиями. Она содержит подстрекательные призывы и возгласы, устрашающие противника. Начало и конец сражения отмечаются высоким гудением. Крики третьей группы можно услышать лишь в пору спаривания. Это пiski, "ограждающие" брачную территорию, шелканье ухаживания, характерные звуки согласия на брак. И наконец, имеется сторожевой сигнал, похожий на отрывистый звук кларнета, которым мыш-наблюдатель предупреждает об опасности.

С чем же можно сравнить летучую мыш? Проще всего - с современным истребителем-перехватчиком, снабженным радиолокатором и бортовой ЭВМ. Но, пожалуй, интереснее представить себе спелеолога, "оснащенного" как летучая мыш. Он свободно перепархивает с уступа на уступ, крутой спиралью спускаясь на дно глубоких колодцев или поднимаясь к сводам куполов; его конечности вооружены небольшими, но очень крепкими крючьями, позволяющими закрепляться на незначительных выступках; на голове его находится источник света, то дающий узкий 30-40-метровый луч, то освещающий обширное пространство. Чтобы лучше ориентироваться, можно мигать лампочкой, "пробегая" широкий диапазон частот: от инфракрасного до ультрафиолетового; при необходимости - пользоваться сменными фильтрами, позволяющими видеть объект то в оранжевом, то в голубом, то в желтом свете, или применять бинокль с просветленной оптикой... Вот насколько богаче восприятие подземного мира у летучей мыши! И обеспечивает его крохотный кусочек вещества: вес мозга летучей мыши не превышает десятой доли грамма... Есть о чем задуматься конструкторам космических аппаратов!

### 11.3. Хоминг рукокрылых

Одной из особенностей рукокрылых является их привязанность к местам своего зимнего и летнего обитания. Способность летучих мышей к ориентации называют "инстинктом дома", "чувством направления", "хомингом". Термин "хоминг" сейчас получил наибольшую популярность у биологов. Первые наблюдения за перелетами летучих мышей еще в XVIII в. проводил англичанин Дж. Уайт. В XIX в. и в начале XX в. многие стали свидетелями внезапного появления или массового пролета летучих мышей. Но откуда они появлялись?

Ответ на этот вопрос дало широкое использование нового метода - кольцевания. Впервые его применил в 1916 г. американец Г. Аллен. Сейчас количество окольцованных во всем мире мышей приближается к миллиону. В Англии, например, уже не встретить подковоноса без метки. В СССР к 1992 г. было окольцовано примерно 25 тысяч мышей, принадлежащих к 28 видам.

Сперва кольцо прикреплялось на лапку зверька, но он часто портил номер зубами. Сейчас принято крепить его на лучевой кости. Обычно используются легкие алюминиевые кольца серий и "У", имеющие название страны, города или учреждения, серию и номер (например, MOSKWA X-79921). В Чехии применяются пластмассовые кольца, в США - компостер, оставляющий на летательной перепонке светлый шрам в виде номера, и радиоактивные метки.

Опыты с кольцеванием дали неожиданные результаты. Оказалось, что не все летучие мыши подвержены сезонной миграции. Ночницы, северные кожанки, ушаны, обитающие преимущественно в пещерах, штольнях и кряжах, как правило, на зиму не улетают либо мигрируют на короткие расстояния (40-50 км) в поисках лучшего убежища. Вечерницы, нетопыри, кожаны и другие виды, обитающие не только в пещерах, напротив, совершают далекие перелеты. Миграционный инстинкт летучих мышей как биологическое приспособление к изменениям условий жизни возник во время оледенения. В Европейской части России и на Украине отмечены три основных

направления миграции: юго-западное (Австрия, Чехия, Венгрия), южное (Румыния, Болгария, Турция, Крым) и юго-восточное (Северный Кавказ). Дальность миграции при этом составляет от 300 до 900 км. "Абсолютный рекорд" (2347 км) принадлежит летучей мышью, окольцованной в Воронежском заповеднике (Россия) и пойманной у г. Пазарджик (Болгария). В восточном полушарии рекордные миграции совершают складчатогубы. Из Бракенской пещеры (США) они улетают в Колумбию (Южная Америка, 1300 км).

Осенний отлет летучих мышей начинается в августе и заканчивается в октябре. Первыми "стартуют" самки, затем - молодежь, последними - сильный пол. Разные виды мышей используют свои излюбленные пути, часто проходящие над морем. Иногда миграция происходит вместе с ласточками, стрижами, скворцами. Весенний прилет всегда более дружный.

Суточные миграции совершаются рукокрылыми практически каждый день для удовлетворения потребности в пище. Лучше всего они изучены для видов, образующих значительные колонии. В бывшем СССР это подковоносы, длиннокрылы и остроухие ночницы из Бахарденской пещеры (Туркменистан, 20-30 тысяч особей); в Европе - нетопыри-карлики из пещеры Суре-Маре (Румыния, 80-100 тысяч особей), в Северной Америке - складчатогубы из Бракенской (США, 10 миллионов особей) и Новой (США, 30 миллионов особей) пещер. Вылет летучих мышей - великолепное зрелище, иногда входящее в программу посещения пещер. Летом 1988 г. автор имел возможность полюбоваться таким "шоу" в знаменитой Карлсбадской пещере (США). За тридцать минут до начала вылета посетители занимают места на прогретых солнцем каменных скамьях, амфитеатром окружающих гигантский провальный вход. Короткая, отрепетированная до секунд лекция о летучих мышах, их особенностях и повадках, "перекрестный огонь" разнообразных вопросов и точных, остроумных ответов, и вот на фоне быстро темнеющего южного неба появляются первые мыши-разведчики. Совершив несколько коротких бросков в стороны, они как бы "проваливаются" в стометровое горло пещеры. Затем начинается массовый вылет.

Зверьки образуют спиралеобразный вихрь, в котором поднимаются все выше и выше, постепенно превращаясь в сплошной черный поток. Затем от него отрываются отдельные стаи, исчезающие вдали...

Поведение летучих мышей представляет значительный интерес и для биолога. Оказывается, из пещеры вылетают не все мыши (на месте остается примерно половина популяции); а сам вылет происходит не одновременно (это могло бы привести к гибели многих зверьков). Наблюдения в Бахарденской пещере показали, что первыми из нее вылетают подковоносы (максимум, 50 штук в минуту, достигается на 10-й минуте), затем длиннокрылы (440 шт. на 30-й минуте) и остроухие ночницы (200 шт. на 50-й минуте). Что является регулятором такого поведения? Пока ответа нет, как нет ответа на вопрос, почему в одних случаях вихрь вылетающих мышей вращается вправо (большинство пещер мира), в других, более редких, - влево (пещеры Карловых Вар, Чехия)...

В заключение приведем еще один удивительный факт, связанный с кольцеванием. В конце 80-х гг. французские зоологи нашли в одной из пещер Мадагаскара кости страусоподобной бегающей птицы-эпиорниса, истребленной человеком в XVII-XVIII вв. Сенсацией было обнаружение на его большой берцовой кости бронзового кольца с оттиском печати цивилизации Мохенджо-Даро, появившейся на полуострове Индостан в 5-м тыс. до н. э. Радиоуглеродный анализ костей подтвердил эту дату. Сразу возникло несколько новых вопросов: о древних связях Индии и Африки, о целях кольцевания и т.д.

#### **11.4. Враги или друзья?**

Часто можно слышать мнение, что летучие мыши - вредные для человека животные. Действительно, некоторые виды крыланов приносят ощутимый ущерб фруктовым садам и плантациям кокосовых пальм (Индия, Бразилия), крики крупных



колоний летающих собак на деревьях иногда заглушают шум городского транспорта (Таиланд), нападения вампиров ослабляют животных и способствуют их заражению различными болезнями (Африка, Азия). Подсчитано, что летучие мыши в Латинской Америке приносят ущерб, достигающий 250 млн. долларов в год. Но в целом они почти не угрожают человеку. Вампиры нападают на него сравнительно редко, а случаи покуса летучими мышами других семейств вообще единичны. В 80-е гг. в нескольких регионах Западной Европы были зарегистрированы случаи бешенства у летучих мышей и заражения людей, укушенных ими. Изучением этого вопроса занялись эксперты ВОЗ - Всесоюзной организации здравоохранения. Оказалось, что пораженность зверьков бешенством очень мала (0,1-0,2%). Заражение возможно только через укус, поэтому не рекомендуется брать летучих мышей в руки и беспокоить в их убежищах. Всем укушенным мышами необходимо сделать прививки, однако сокращать их численность нецелесообразно, так как приносимая ими польза огромна.

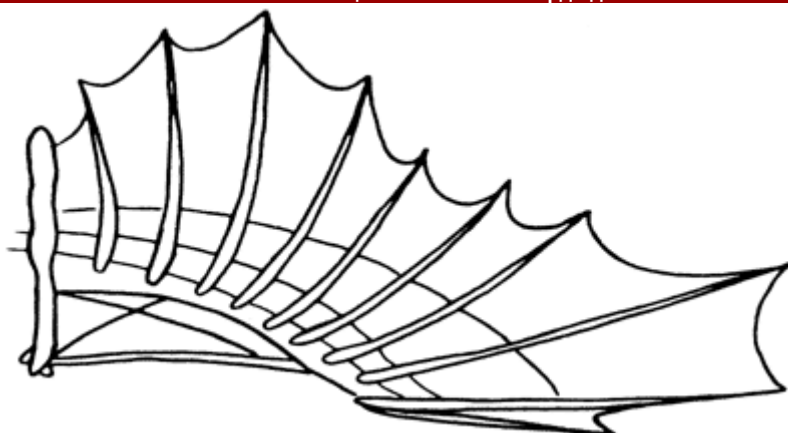
В жарких странах известны случаи вирусного грибкового заболевания - гистоплазмоза, поражающего спелеологов в пещерах с большим скоплением гуано летучих мышей. Международная организация Красного Креста и Красного Полумесяца предложила даже ставить у пещер, где обнаружен этот грибок, специальные предупреждающие знаки.

В целом летучие мыши, особенно в средних широтах, безусловно, полезные животные, необходимые для поддержания биологического равновесия в природе. Например, в Европейской части России летучие мыши уничтожают представителей 13 из 32 известных отрядов вредных ночных насекомых: совок, шелкопрядов, пядениц, листовёрток, молей и пр. Сотня летучих мышей, охраняя поля от вредителей, заменяет тонну ядохимикатов... Некоторые летучие мыши (нектарницы) являются превосходными опылителями; так как они лишены цветового зрения, то опыляют невзрачные цветы зеленого и коричневого цвета, не привлекающие внимания насекомых; крупные крыланы иногда употребляются в пищу.

Гуано летучих мышей, скапливающееся в огромных количествах в некоторых пещерах тропиков и субтропиков, используется как великолепное удобрение. Но, вероятно, более велики все же "косвенные" доходы от использования летучих мышей как кладовой патентов природы. Приведем лишь самые интересные факты.

В 1505 г. Леонардо да Винчи в одной из своих рабочих тетрадей дает эскиз летательной машины, прообразом которой является крыло летучей мыши (рис. 71). В 1890 г. поднялся в воздух и пролетел 50 м летательный аппарат Клемана Адера "Эол". Он был склеен из бамбуковых пластинок и воспроизводил в увеличенном виде скелет летучей мыши. "Эол" приводила в движение небольшая паровая машина с пропеллером из птичьих перьев. В 1912 г. американский изобретатель Хирам Максим, потрясенный гибелью "Титаника", предложил использовать для обнаружения айсбергов принцип эхолокации, заимствованный у летучих мышей. Эта идея была воплощена в 1940 г. в виде радарных установок и "Асдика" - прибора для обнаружения подводных лодок.

Рис. 71. Эскиз "летающей машины" Леонардо да Винчи.



Летучие мыши дали толчок развитию бионики - науки о конструктивных системах, копирующих функции живых организмов. Без их изучения невозможно и развитие современной радиолокационной техники. Недаром в монографии Э. Ш. Айрапетянца и А. И. Константинова "Эхолокация в природе" (1974) названия многих разделов имеют не биологическое, а техническое звучание: "предел обнаружения", "пороговая чувствительность", "оценка помехозащищенности"...

Однако человек пытался использовать свойства летучих мышей не только для защиты (радар), но и для нападения. Летучая мышь обладает непревзойденной "грузоподъемностью" - три пятых от собственного веса. В 1944 г. американские специалисты сконструировали миниатюрные фосфорные бомбочки, которые прикреплялись к телу летучих мышей. В контейнерах, вмещающих несколько тысяч зверьков, их планировалось доставить самолетами к берегам Японии. В поисках укрытия от солнечных лучей мыши должны были забиться на чердаки деревянных домов, под крыши пагод и складов. На этот проект было затрачено более 2 миллионов долларов. Спас Японию от "живых бомбардировщиков" приезд инспекции. Во время проверки "биологического оружия" сторел ангар с новейшим истребителем, лаборатория и автомашина, в которой приехала комиссия. Разгневанный генерал признал летучих мышей "неуправляемыми", а работы прекратил..

У летучих мышей нет серьезных врагов: кошки, куницы, совы отлавливают лишь единичных животных. Однако распространение спелеологических исследований во всем мире ведет к катастрофическому уменьшению количества мышей в пещерах. В 1975 г., объявленном ЮНЕСКО годом охраны пещер, в Австрии даже был выпущен специальный календарь, одна из страниц которого посвящена летучим мышам. В Австрии, Англии, Болгарии, Венгрии, Германии, Италии, Польше, Португалии, Словении, Финляндии, Швеции, Швейцарии, Чехии истребление летучих мышей приравнено к браконьерству.

Во всем мире ведется большая разъяснительная работа о пользе летучих мышей. В бывшем СССР на белых листах Красной книги записаны обыкновенный длиннокрыл, гигантская вечерница, широкоухий складчатогуб. Во Флориде (США) хозяева одного ранчо даже соорудили "небоскреб" для летучих мышей - домик с жалюзи на стенах, высотой 8 м и объемом 60 м<sup>3</sup>. В округе полным-полно комаров, так что от союза человека и летучих мышей выигрывают обе стороны...

## 11.5. В зале Гумбольдта

В мире животных не только летучие мыши имеют природные радары. 14 сентября 1994 г. весь мир отмечал 225-летие со дня рождения Александра Гумбольдта, знаменитого немецкого естествоиспытателя, путешественника, ученого-энциклопедиста. Во время путешествия в "равноденственные области Нового Света" в 1799 г. он посетил знаменитую пещеру Гуахаро. Пройдя по ней несколько сотен метров до большого зала, сейчас носящего его имя, Гумбольдт спугнул тысячи птиц, "хлопанье крыльев которых и крики звучали, как рев бури". Жирные козодои-гуахаро живут только в Венесуэле, Колумбии и Перу. Они являются предметом промысла американских индейцев. Пользуясь тем, что днем птицы спят, они заходят в пещеры и убивают их палками. Затем из них вытапливается светлый жир - "масло гуахаро", который не портится около года и считается лекарством от многих болезней.

Гуахаро из пещеры того же названия в Венесуэле образуют огромную колонию (19 тысяч шт.), гнездящуюся в привходовой галерее протяженностью более 1 км. Это крупная, размером с большого цыпленка, оранжево-коричневая птица с размахом крыльев около 100 см (рис. 72). Гуахаро залетают в пещеру, издавая пронзительные звуки, за что и получили свое испанское имя ("плачущая" или "стонущая"). В 1953 г. Д.

Гриффин установил, что во время полета в темноте птицы производят громкие щелчки с низкой частотой, лежащей, правда, еще в пределах слуха человека. Гуахаро питаются в основном плодами косточковых пальм. Звуковая локация, значительно менее совершенная, чем у летучих мышей, используется ими лишь для топографической ориентации, а не для поиска пищи (они "различают" предметы, имеющие диаметр более 35 см).

Рис. 72. Гуахаро, вылетающая из гнезда (фото А. Шнелля).



В настоящее время пещеру Гуахаро ежегодно посещает около 40 тысяч туристов. Поэтому на VIII Международном спелеоконгрессе в США был поднят вопрос о необходимости реализации специальной программы ее охраны.

Гуахаро - не единственный представитель пернатых, обитающих в глубине пещер и использующих акустический способ ориентации при полете в темноте. В юго-восточной Азии широко распространены стрижи-саланганы, гнездящиеся в пещерах по соседству с летучими мышами. В отличие от гуахаро, саланганы - дневные насекомоядные птицы. Во время охоты они используют зрение, но, направляясь к гнезду,

"включают" эхолокацию, издавая резкие низкочастотные щелчки. Их гнезда, построенные из смеси слюны, глины, веточек и травинок, используются для еды и как лекарство.

Среди грызунов (белая крыса, рыжая полевка, соня-полчек) также отмечается зачаточная форма эхолокации. В Саблинских каменоломнях под Санкт-Петербургом следы грызунов обнаружены в полутора километрах от входа. Отмечена способность их слуховой системы воспринимать ультразвуковые сигналы. У насекомоядных (землеройки) также слабо развита эхолокация. Мадагаскарский щетинистый еж-тенрек, лучше других владеющий ею, стал любимым "подопытным кроликом" исследователей. Биологи продолжают поиски и других наземных животных, воспринимающих ультразвуковые сигналы или пользующихся ими.

## 12. Тропой Ефремова

*Я в обширной пещере.  
Глухо... Пусто... Темно...  
Здесь когда-то давно  
Хоронились дикие звери.*

П. Драверт

### 12.1. У истоков тафономии

Почти каждый скажет, кто написал "Туманность Андромеды" и "Лезвие бритвы", "Таис Афинскую" и "Час Быка", но вот автора монографии "Тафономия и геологическая летопись" назовут немногие. А между тем все они принадлежат одному человеку - палеонтологу Ивану Антоновичу Ефремову, в жизни которого явь тридцати экспедиций в Зауралье и пустыню Гоби, степи Оренбуржья и дебри дальневосточной тайги переплелась с научным вымыслом земных и космических путешествий.

И. А. Ефремов был первооткрывателем гигантских кладбищ динозавров. Их раскопки привели к выводу, что образование местонахождений позвоночных - не "одноразовый акт", а сложный процесс, состоящий из трех последовательных этапов: накопления костных остатков, их захоронения и фоссилизации (окаменения). Каждый из них может осуществляться по-разному.

Так, например, костные остатки могут накапливаться в результате жизнедеятельности наземных животных (включая человека) и птиц, работы поверхностных и подземных вод, "сортирующих" кости по размеру и форме; обвалов и других геологических процессов. Захоронение костей также может происходить по-разному: в логове волка или в лессовой толще, под песчаным завалом и во многолетней мерзлоте. Сохранность костей зависит от условий фоссилизации. Органическая костная ткань или разлагается, что через несколько десятилетий приводит к исчезновению костей, или замещается неорганическим веществом: кальцитом, апатитом, кремнеземом, окислами железа и пр.

Если на всех этих этапах условия для сохранения костей были благоприятными, формируются местонахождения, среди которых принято выделять водораздельный, речной, прибрежноморской, болотный, битумный и пещерный типы. Пещерный тафономический тип был выделен на основании палеонтологических раскопок, которые обычно проводились только в навесах и привходовых частях пещер.

В 1960 г. в шахтном отряде Комплексной карстовой экспедиции появился невысокий худощавый юноша, аспирант Института зоологии АН Украины Г. Бачинский. Он счастливо сочетал в себе глубокие специальные знания и энтузиазм спелеолога.

С его приходом редкие находки костей из карстовых полостей Крыма "заговорили". Он безошибочно классифицировал их, называя не только саму кость (плюсна, предплюсна и т. д.), но и животное, которому она принадлежала. Скоро Георгий полностью акклиматизировался в Крыму, и положение изменилось: он не просто определял случайные находки, но, опираясь на учение Ефремова, прогнозировал, где их можно встретить.

"Ну-ка, Саша, копни", - говорил он нашему коллектору, воспитаннику археологического кружка Малой Академии Наук Александру Ларионову. Саша копал, и из-под покрытого глиной натека появлялся череп пещерного медведя или лопатка пещерного льва...

Несколько лет напряженной работы в пещерах Крыма, Подолии, Карпат дали результат. В пещерном типе местонахождений удалось выделить тафономические фации гротов и навесов, горизонтальных пещер, пещер со входами в обрывах, вертикальных колодцев и шахт.

Бачинский успешно защитил кандидатскую диссертацию, хвалебный отзыв на которую дал сам И. А. Ефремов. А мы зачитывались у костра рукописью романа "Лезвие бритвы", которую он подарил соискателю с теплой надписью. Так мы оказались на "тропе Ефремова", с которой не сходим уже пятый десяток лет.

Костный материал, собранный в пещерах, дает очень богатую и разнообразную информацию. По набору костей можно установить количество и видовой состав особей, которым они принадлежат; воссоздать фаунистический комплекс, который образуют эти особи, а по нему - определить климат того времени.

Характер костных остатков (целые, раздробленные, обожженные, окатанные и пр.) говорит о том, как формировалось местонахождение, а наличие остатков жизнедеятельности человека или животных - как использовалась пещера; разрозненные находки ориентированных трубчатых костей говорят о направлении и силе подземного потока; наконец, находки костей животных часто дополняют представления археологов о жизни первобытного человека, его знаниях, умениях и психологии.

## 12.2. Свидетельство о смерти

Совместные работы биологов и спелеологов позволяют заполнить почти все строки этого неприятного, но неизбежного для всего живого документа. Вместо фамилии и имени указываются род и вид животного (например - пещерный медведь, *Spelaearctos spelaeus* Ros), вместо города - название пещеры и ее элемент (Красная пещера, 5 этаж), вместо причин смерти - сведения о количестве костей (50) и особей, которым они принадлежали (3). Анализ этих материалов позволяет предположить, что смерть вызвало внезапное подтопление берлоги с тремя особями медведей разного возраста (именно в режиме подтопления работает сегодня обычно сухой 2-й этаж пещеры). Остается незаполненной одна графа: время смерти...

Довольно точный ответ на этот вопрос дает палеогеография - наука, занимающаяся воссозданием физико-географических условий, существовавших в прошлом на поверхности Земли. Медведь (*Ursus arctos*) и пещерный медведь (*Ursus spelaeus*) входят в верхнепалеолитический фаунистический комплекс. Одновозрастны им такие животные, как мамонт, шерстистый носорог, лошадь, бизон, сайга, северный олень, песец, лемминг и пр. Согласно шкале геологического времени это поздний плейстоцен, отстоящий от нас на 120-100 тысяч лет.

Но как быть, если по обломку кости нельзя установить ни "имя", ни "фамилию" животного? Это довольно частая ситуация. Значит ли это, что такая находка, с большим трудом доставленная на поверхность, совершенно бесполезна? Разум специалиста не может примириться с этим. И снова поиски, которые вскоре начали давать первые результаты.

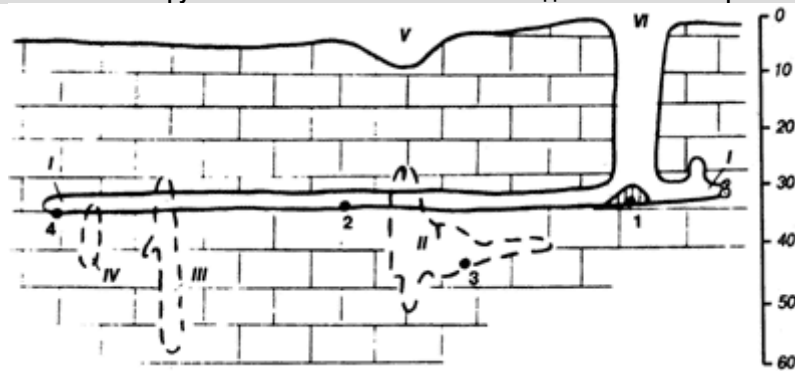
Еще в начале XIX в. был предложен метод определения возраста костей по содержанию в них фтора. Однако, как показали дальнейшие исследования, он дает более или менее надежные результаты для одной местности, только если фоссилизация кости идет с замещением фосфорсодержащим минералом - апатитом. Украинский геолог академик И. Г. Пидопличко в 1957 г. предложил более универсальный метод - прокаливание. Суть его очень проста. При фоссилизации органическая часть костной ткани - коллаген - замещается минеральной. Если прокалить кость, оставшийся незамещенным коллаген сгорит, а заместитель останется. Тогда по убыли веса при прокаливании можно судить о возрасте кости.

Несмотря на кажущуюся простоту метод прокаливанию несколько лет не давал стабильных результатов. Вот тут-то и пригодилось двойное, геологическое и биологическое, образование Г. А. Бачинского. Собрав из пещерных местонахождений Украины десятки тысяч костей разного возраста, он занялся их лабораторной обработкой. Оказалось, что для надежной возрастной датировки костей в интервале от эоцено до голоцена можно использовать три независимых метода: определение

показателя двупреломления слагающих кристаллов (N<sub>m</sub>, меняется от 1,608 до 1,565), плотности (γ, меняется от 2,94 до 2,12 г/см<sup>3</sup>) и показателя прокаливания при 100-400 °С (K<sub>п</sub>, меняется от 2,9 до 24,0%). Совместное применение этих методов, по возможности дополняемое фторовым методом, дает почти стопроцентную уверенность в результате.

Что же дают эти данные спелеологу? Он получает возможность датировать костные находки из разных частей пещеры. Поясним это на примере вскрытой пещеры Геофизическая на Ай-Петринском массиве в Крыму. Она состоит из входной шахты, горизонтального хода, трех внутренних колодцев глубиной 15-20 м и системы ходов на дне одного из них (рис. 73). В пещере в четырех местах найдены кости разных животных. Кости первой группы имеют только голоценовый возраст (K<sub>п</sub> 23,7); второй и третьей - в основном среднеплейстоценовый (K<sub>п</sub> 17,9); четвертой - позднеплиоценовый (K<sub>п</sub> 3,8). Совместный анализ морфологии пещеры, взаимоотношений поверхностных карстовых форм и подземных отложений, положения костных остатков и их возраста позволяет восстановить историю формирования системы (*римские цифры на рисунке*).

**Рис. 73. Разрез вскрытой пещеры Геофизическая, Крым.**  
1-4 - места обнаружения костей животных I-VI - последовательность образования полости



Первой в допозднеплиоценовое время заложилась горизонтальная галерея (I), которая должна иметь продолжение за глыбовым завалом (II); затем в раннем-среднем плейстоцене за счет последовательного поглощения стока образовались внутренние колодцы (II, III, IV); а при формировании коррозионной карстовой воронки в среднем-позднем плейстоцене (V) образовался огромный шестиметровый сталактит в своде колодца (VI); наконец, в позднем плейстоцене или в самом начале голоцена над куполом в своде галереи возникла провальная входная шахта (VI), через которую начал поступать голоценовый костный материал. Немного позже эту схему удалось подтвердить геофизическими методами - было прослежено недоступное продолжение галереи, а в 330-метровом южнобережном обрыве пройдена Мисхорская пещера.

Однако коллаген и сегодня раскрыл не все свои тайны. Его крупная белковая молекула может накапливать в себе дефекты. При изучении "жесткости" коллагена методом ЯМР (ядерно-магнитного резонанса) выяснилось, что его структурные особенности зависят от возраста. На примере костей крыс, быков и человека установлено, что с возрастом температура плавления гидратов коллагена снижается с 40 до 5 °С. Возможно, скоро будет предложен метод, позволяющий по обломку кости определять не только время смерти животного, но возраст особи, в котором она погибла.

### 12.3. Медведь - домашнее животное?

Из короткой статьи в энциклопедии можно узнать немного: пещерный медведь - род вымерших медведей; пещерные медведи в плейстоцене обитали в лесистых местностях и на открытых равнинах Евразии, часто - в пещерах; по строению скелета они близки к бурому медведю... В романе Ж. Рони "Борьба за огонь" описаны схватки

первобытного человека с медведем, их соперничество за владение пещерным домом. Чтобы захватить пещеру, людям приходилось выкуривать зверей дымом, а затем загораживать входы каменными стенами. Пещерные медведи и люди - враги, говорят одни исследователи и в подтверждение ссылаются на череп медведя, в котором глубоко засел каменный топор. Однако в некоторых пещерах Франции, где жили неандертальцы, обнаружены каменные прямоугольные ящики, прикрытые плоскими плитами. В каждом из них лежит несколько черепов пещерного медведя. В пещерах Михнитц и Минерв найдено несколько сотен тысяч аккуратно сложенных черепов пещерного медведя. Может быть, захоронение их останков - это первый культовый обряд человечества?

Не одна страница увлекательных книг Н. Кастере посвящена описанию открытой им в пещере Монтеспан "художественной галереи" с изображениями различных животных. Что заставляло человека создавать эти древнейшие произведения искусства? И почему именно пещерному медведю принадлежит одно из главных мест на этой "выставке"? Врагам не ставят памятников, их портреты не рисуют...

Немецкий зоолог Г. Вендт в увлекательной книге "Я искал Адама" выдвинул смелое предположение: во время похолодания, вызванного оледенением, травы и корни, которыми в основном питались медведи, стали доступными только два-три месяца в году. Остальное время медведи проводили в пещерах, которые постепенно становились их тюрьмой. Зубы работали мало и у молодых медведей за долгую зиму вырастали так, что смыкали им пасти. На большинстве черепов пещерных медведей последнего периода их существования найдены следы воспаления челюстей. Изменения костной ткани свидетельствуют о том, что животные, обитавшие в сырых пещерах, болели рахитом, артритом, а также актиномикозом - болезнью, которая сейчас поражает овец, коз, коров... Так, может быть, пещерный медведь - не грозный убийца, а мирное травоядное животное? Проводя треть жизни в спячке, он был для неандертальцев чем-то вроде живой кладовой с пищей. Медведя убивали в темном углу пещеры почти так же, как сейчас убивают в хлеву корову или свинью. Отсюда и пошел культ медведя, хранителя племени от зимнего голода, такой же естественный, как земледельческие и скотоводческие культы.

Интересное подтверждение этой гипотезы недавно получено из Южной Америки. В Патагонии обнаружены пещеры с многочисленными костными остатками гигантского ленивца - гринотерия. Часть пещеры, отгороженная каменной стеной, образовала что-то вроде загона. На его полу - толстый слой навоза, а в ближней части пещеры - расщепленные человеческой рукой обугленные кости.

Постепенно пещерный медведь вымер или был истреблен, а его место занял значительно меньший по размерам, но гораздо более подвижный и опасный бурый медведь, культ которого сохранялся среди сибирских племен и лапландцев до конца XIX в. Кости бурых медведей также встречаются в пещерных местонахождениях, но совсем в другой ситуации. Они часты в пещерах-ловушках, куда звери попадали через вертикальные колодцы, гонимые холодом или привлеченные запахом полуразложившихся трупов. Такие пещеры, содержащие кости десятков особей, описаны известными палеозоологами Н. И. Бурчак-Абрамовичем и Н. Д. Оводовым на Бзыбском массиве (Кавказ) и в Сибири.

Предположение Г. Вендта нашло еще одно подтверждение в 90-е гг. Новая методика анализа коллагена костей ископаемых животных, разработанная парижскими учеными, показала высокое содержание в костях пещерных медведей стабильного изотопа  $C^{13}$  и пониженное -  $C^{15}$ . Это свидетельствует, что они были вегетарианцами.

В пещерах часты находки не только останков пещерных медведей, но и следов их "забав". Еще в 1821 г. палеонтолог Гольдфусс описал в пещерах Франции и Австрии "шлифованные глиняные горки". Медведи забирались на них, часто преодолевая очень узкие ходы, а затем съезжали в небольшое озерко в их основании. Предполагают, что таким образом они боролись с донимавшими их паразитами. Не менее известны следы когтей медведей на стенах пещер, иногда находящиеся на высоте около 2 метров от

пола. Но ведь североамериканский медведь-гризли и сегодня так метит деревья в пределах своей охотничьей территории...

Во многих пещерах Евразии находят большое количество костей пещерной гиены - *Crocota spelaea* Goldfuss. Этот крупный (высота в холке до 1 м) сильный зверь имел очень мощные зубы. Поэтому костные остатки обычно сильно разрушены и несут характерные следы погрызов. Обилие непереваренной костной ткани в экскрементах гиен приводит к их быстрой фоссиллизации с образованием копролитов. Очень большое скопление ископаемых копролитов обнаружено в одесских катакомбах. Одна из штолен этого огромного лабиринта вскрыла древнюю карстовую пещеру, заполненную красно-бурой глиной. Раскопки обнаружили здесь богатейшее местонахождение позвоночных, из которого описаны кости верблюдов, шакалов, лисиц, гиен, мастодонта, страуса, черепах и пр. Обратило на себя внимание и огромное количество копролитов лисиц и гиен. Их изучение позволило И. А. Одинцову выделить новый вид лисицы, восстановить палеогеографические условия формирования местонахождения и... защитить кандидатскую диссертацию.

С одесским местонахождением связана еще одна интересная история. В 1959 г. профессор И. Я. Яцко обнаружил среди костей зубы без эмали, трубчатые кости страуса и кости задних конечностей верблюда со следами обработки (продольные желобки, расколы, округленные сквозные отверстия и пр.). Возраст находок по комплексу фауны определялся как средний-поздний плиоцен; возможность образования повреждений естественным путем или в результате деятельности животных ученый исключал. Отсюда очень осторожный, но однозначный вывод: перед нами результат деятельности прачеловека (в 1959 г. об инопланетянах еще не думали...). Публикация статьи вызвала бурную реакцию. Шумиху в газетах быстро пресекли партийные органы, а вот в ученном мире "круги" расходились долго. Итоги дискуссии по этой и многим подобным находкам подвел в 80-е гг. палеонтолог Н. К. Верещагин. Он привел много примеров, когда деятельность грызунов (дикообразы, сурки, полевки, мыши) приводит к образованию из трубчатых костей "идолов", "амулетов", "флейт". В более крупных костях (лопатки, черепа) возникают округлые отверстия, которые описываются как действие огнестрельного оружия инопланетян или результат хирургической операции эпохи неолита...

Можно много рассказывать об интересных особенностях отдельных пещерных местонахождений. Остановимся только на нескольких из них. В 1958 г. сотрудник Коми филиала АН СССР Б. И. Гуслицер открыл в пещере Медвежья (Печерский Урал) крупное местонахождение позвоночных (более 100 тысяч костей, принадлежащих животным 40 видов, в том числе пещерному медведю, мамонту, волосатому носорогу). Это одна из самых северных пещерных стоянок палеолитического человека. В 1974 г. перуанские археологи обнаружили в пещере Ушку Мачай, на высоте 4 тыс. метров, кости приземистой крепкой лошади и кремневый наконечник. Это самое высокорасположенное местонахождение позвоночных в мире! В 1975 г. французские спелеологи обнаружили в одной из пещер "кладбище животных". Скопление костей имеет протяженность 800 м, среднюю ширину 4 м, а высота его местами достигает 25 метров. До сих пор это уникальное местонахождение полностью не исследовано.

Большинство костных остатков имеет плейстоценовый возраст, не превышающий по разным оценкам 0,7-1,5 млн. лет. Реже встречаются плиоценовые местонахождения (например, Одесское, 2 млн. лет). Но бывают и фантастические находки. К ним относят семейку ящеров-игуаноносов (3 особи) в пещере Авен Берниссарт (Бельгия) и камброзавров (200 тонн костей) в пещере Камбро (Сихотэ-Алинь). Компьютер определил, что камброзавр имел длинную голову с 78 острыми зубами-конусами диаметром у основания 52 см и длиной 84 см. Передвигался он на могучих задних лапах (каждая - 8 т весом), опираясь на 27-метровый хвост... Но ведь динозавры вымерли в первой половине мелового периода, более 120 млн. лет назад. Значит, пещеры, в которых обнаружены кости ящеров, во всяком случае, не моложе... В 1985 г. была сделана еще одна сенсационная находка. В пещере Эмборо (Ю. Англия) обнаружены зубы



примитивного млекопитающего - кюнотерия, а также - рептилий-лепидозавров и архозавров, имеющие дорэтский (поздний триас, около 210 миллионов лет назад) возраст. Кюнотерий был насекомоядным животным, ведущим ночной образ жизни.

Так пещеры дают нам информацию о древнейшей жизни на Земле, а палеозоологические находки позволяют уточнить возраст пещер.

## 12.4. Успех рыбака - удача ландшафтоведа

Видовой состав и численность животных из пещерных местонахождений - богатейший материал для палеогеографического анализа, археологических и палеоландшафтных реконструкций.

Костные остатки позволяют восстановить климат и растительность антропогена. Так, например, исследования пещер свидетельствуют, что в периоды оледенений на Русской равнине степная часть и предгорья Крыма служили убежищем для способных к миграции животных. Холод и снег загоняли сюда стада сайгаков, лошадей, ослов, северных оленей; следом за ними проникали сюда песцы, белые куропатки, полярные совы. В эпоху вюрма, 70-15 тысяч лет назад, на широте нынешнего Симферополя был климат арктической тундры. Первобытным охотникам здесь было раздолье! Об этом свидетельствуют находки во многих пещерах зубов мамонтов (Мамонтовая, Караби), костей пещерного медведя и льва, носорога и пещерной гиены (Эгиз-Тинах, Кристальная, Аверкиева, Медвежья и пр.). В конце последнего оледенения лиственные леса расселились из ущелий, заняв холмистые нагорья полуострова. Сменился и состав фауны, находимой в пещерах: здесь появились кабан и косуля, гигантский и благородный олень, дикий кот и рысь (Эмине-Баир, Монастырь-Чокрак, Ени-Сала-11). Еще два-три тысячелетия - и список пополнили свиньи и овцы, козы и собаки (Геофизическая, Кастере, Мира).

Часто палеозоологические находки дают основания говорить о значительном изменении водности рек. Так, в небольших пещерах и гротах на берегах Бельбека обнаружены кости черноморского лосося, вырезуба, рыбаца, судака. Луч грудного плавника, найденный в 1952 г. археологом В. Д. Лебедевым, принадлежит сому длиной более 170 см. Такой улов делает честь не только рыбакам позднего палеолита! Очевидно, реки Крыма в это время были значительно более полноводными и имели участки затопляемой поймы. Это подтверждают и находки в палеолитических стоянках Крыма бобров (Чокурча) и птиц-гидрофилов (Аджи-Коба). Находки почти целых скелетов пещерных медведей в ряде пещер Крыма и Кавказа свидетельствуют об их внезапной гибели при затоплении берлоги.

Находки отдельных видов животных позволяют говорить об изменениях конфигурации суши и моря. Если на противоположных берегах крупного водного бассейна существовали одни сухопутные виды, вероятно, их связывали "палеогеографические мосты". Иногда здесь далеко не все ясно: например, Горный Крым по разным видам фауны и флоры обнаруживает связи с Балканами, с Турцией и с Кавказом... Пещерные находки нередко позволяют скорректировать представления палеозологов. До последнего времени считалось, что на территории бывшего СССР все полуобезьяны и обезьяны (отряд приматов), в миоцене-плиоцене заселявшие Закавказье и Северное Причерноморье, к началу антропогена были вытеснены отсюда или уничтожены. Изучение пещеры Кударо в верховьях Риони показало, что макаки в Центральном Закавказье жили еще в среднем палеолите (200-100 тыс. лет назад).

Очень большое значение имеют костные находки для археологов. В культурном слое палеолитической стоянки Староселье близ Бахчисарая (Крым) обнаружены кости 2 гигантских оленей, 4 шерстистых носорогов, 5 северных оленей, 5 пещерных гиен, 7 благородных оленей, 8 мамонтов, 9 быков, 14 сайгаков, 16 диких лошадей и... 287 диких ослов. Зоологов поразила последняя цифра: ведь дикий осел - быстроногое животное, передвигающееся со скоростью 50-60 км в час! Оказалось, что куэстовый рельеф

крымского предгорья создавал идеальные условия для загонной охоты именно на лошадей и ослов, которые и сейчас любят отдыхать "на ветерке", стоя у крутых обрывов. Так совместные усилия спелеологов, зоологов и археологов помогли раскрыть "охотничьи секреты" наших далеких предков.

## 13. От обезьяны к человеку

*Конечно, цель всего творенья - мы,  
Источник знания и прозренья - мы,  
Круг мироздания подобен перстню,  
Алмаз в том перстне, без сомненья, мы...*

Омар Хайям

### 13.1. Слезает с дерева...

Ироничные строки Хайяма вряд ли следует понимать буквально. Во всяком случае, если человечество - алмаз в перстне мироздания, то довольно мутной воды... Особенно много неясного в нашей предыстории. О происхождении человека написаны сотни работ, построены десятки схем соотношений геологической и археологической периодизации двух последних периодов развития Земли - неогенового и четвертичного. Да и как не быть противоречиям, если абсолютный возраст четвертичного (или антропогенового) периода оценивается разными научными школами от 700 тысяч до 2 миллионов лет. Оставим споры специалистам. Примем в качестве ориентира схему, предложенную археологом П. И. Борисковским (/3/, табл. 6), и проследим, как "гранился" алмаз человечества в лаборатории природы. Конечно, и здесь не обошлось без пещер...

Таблица 6. От обезьяны к человеку (по П.И. Борисковскому)

Миллионы лет				Тысячи лет													
25	20	15	10	5	1	800	600	400	200	100	80	60	40	20	100		
Гоминоиды				Парантропы		Архантропы			Палеоантропы			Неоантропы					
Дриопитек Дарвина	Рамапитек пенджабский	Австралопитек бойсов массивный		Питекантроп яванский		Синантроп		Неандерталец ранний классический			Кроманьонец						
Палеолит														М е з о л и т	Н е о л и т		
						ранний			средний	поздний							
						дошель	шель	ашель	мустье								
Неоген				Четвертичный													
Миоцен	Плиоцен		Эоплейстоцен		Плейстоцен								Голоцен				

Около 30 миллионов лет назад, в олигоцене, сформировалась большая группа человекообразных обезьян, обитавших в основном на деревьях. Из них выделились дриопитеки (первая находка в 1834 г., Франция), рамапитеки (1934 г., Индия), кениепитеки (1975 г., Африка), сивапитеки (1979 г., Индия), уранопитеки (1981 г., Греция), амфипитеки (1985 г., Бирма). В конце миоцена-плиоцена дриопитеки дали начало ветвям ныне живущих обезьян Азии (гиббон, орангутанг) и Африки (горилла, шимпанзе) и тупиковым ветвям, не дожившим до нашего времени (массивный и бойсов австралопитеки). Лишь одна ветвь (африканский австралопитек, 1924) оказалась прогрессивной. Переходное положение между обезьяной и человеком нашло отражение и в названии группы, объединяющей этих существ: "пессимисты" называли ее группой

австралопитеков (гр. питекос - обезьяна), "оптимисты" - параантропов (пара - возле, около; антропос - человек).

Становление этой группы заняло 8 миллионов лет и закончилось (согласно принятой нами шкале) около миллиона лет назад. И это неудивительно - для формирования человека необходимо, прежде всего "поднять голову" - перейти к прямохождению и, освободив передние конечности, научиться использовать их для трудовых операций. Австралопитеки были двуногими и могли довольно быстро передвигаться по открытой местности в вертикальном положении, что способствовало их быстрому прогрессу. 2,5-2,0 миллиона лет назад от австралопитеков отпочковываются собственно гоминоиды. Их древнейший представитель - *Homo habilis*, человек умелый, который более 1,5 миллиона лет сосуществовал с поздними австралопитеками. Формирование человека происходило на фоне кардинальных изменений климата: 6,5-5,0 миллионов лет назад образовался единый ледниковый купол Антарктиды, похолодание охватило Новую Зеландию, акваторию Индийского и Тихого океанов. Их уровень понизился на 70 м, что вызвало иссушение низких широт. 2,5-2,2 миллиона лет назад началось оледенение Северного полушария. Леса средних широт начали отступать к югу, а в тропических и субтропических поясах резко увеличилась площадь, занятая саваннами. Австралопитеки начали приспосабливаться к новым условиям, к использованию мясной пищи. Это требовало быстрых перемещений, ловкости в движениях, орудий для охоты и для разделки туш. Так появился более совершенный *Homo habilis*.

Остатки зубов и костей австралопитека обнаруживают в основном в позднеплиоценовых озерных или речных отложениях. Но именно он является "пещерным Адамом": в пещере Таунг (Южная Африка) в 1924 г. найден череп ребенка, а в пещере Макапан в рыхлом заполнителе, чередующемся со слоями золы, обнаружены куски черепа и зубы австралопитека, обожженные кости антилоп, павианов, зебр, многочисленные каменные орудия. Это был Каин, уже поднявший руку на Авеля, о чем свидетельствует челюсть взрослого человека, раздробленная сильным ударом. "Только человек способен убить дубинкой живое существо", - с некоторым самодовольством утверждал археолог Р. Дарт.

## 13.2. Выпрямляемся...

Реализовать первые знания и умения, полученные австралопитеками, удалось питекантропам и синантропам, обычно объединяемым в группу архантропов (*Homo erectus*). Первая находка обезьяночеловека питекантропа (рис. 74) была сделана в 1891 г. на о-ве Ява. Голландский врач Е. Дюбуа нашел его черепную коробку и бедренную кость в рыхлых отложениях на глубине 15м. Кости находились явно в переотложенном состоянии, что очень затрудняло определение их возраста (от 1,2 до 0,5 млн. лет). В 30-е гг. здесь же были найдены остатки черепов питекантропов, которые уточнили представления об его облике (рост 170 см, прямая походка, низкий череп с массивными челюстями).



В 1907 г. О. Шотензак обнаружил в одной из каменоломен Германии крупную массивную челюсть с огромными зубами. Так в науку вошел "гейдельбергский человек", о котором написано много книг, но известно немного. Жил он одновременно со слонами, носорогами, бизонами (0,4 млн. лет тому назад) и, очевидно, использовал кремневые орудия.

В 1954 г. в горах Атласа (Северная Африка) были обнаружены челюсти и теменные кости атлантропа (0,4 млн. лет назад). Вместе с черепом были найдены отщепы и ручные рубила шелльско-ашельского типа. Мало мы знали об архантропах, пока не были сделаны первые пещерные находки.

С 1919 г. на протяжении 40 лет продолжались раскопки у селения Чжоукоудянь, давшие миру кости более 60 особей обоего пола, в том числе - 15 детских. Пекинский человек (синантроп, рис. 74) обитал в пещерах. На протяжении тысячелетий он использовал огонь для обогрева и приготовления пищи (мощность зольника 7 метров!), употреблял в пищу более 70 видов млекопитающих. Пещера Коцетанг, где сделано большинство находок, - это огромный зал (длина 175 м, ширина 50 м, высота 50 м). Потолок зала обрушился около 100 тысяч лет назад, а возраст костей, захороненных под навалом, достигает 0,4 млн. лет. Археологи установили, что синантропы применяли загонную охоту, использовали орудия из кварца, кремня и рога, питались поджаренным на огне мясом. Не чужд был им и каннибализм, жертвами которого становились старики и дети... К сожалению, полный скелет синантропа так и не найден. Сейчас пещера Коцетанг объявлена культурным памятником и находится под охраной государства. При ней работает музей.

Архантропов связывают с неантропами различные переходные формы. Среди них чаще всего называют "тотавельского человека" и азыхантропа. В 1971 г. в деревушке Тотавель, в пещере Кон д'Арго, были найдены кости одного из древнейших европейцев (0,2 млн. лет). Это лицевая часть черепа молодого (около 20 лет) человека с сильно выступающей верхней челюстью, низкими глазными впадинами, мощными подглазничными валиками. Человек из Тотавеля знал огонь, занимался охотой, использовал грубые рубила и ножи из осколков кварца. На внутренней поверхности его черепа имеются бугорки, связанные с центром речи.

Азыхская пещера находится на юге Азербайджана. Эта многослойная стоянка состоит из 25 отличающихся по составу слоев, в которых в 70-е гг. найдены кости 45 видов животных и фрагменты челюсти человека (0,25 млн. лет), которого по ряду признаков относят к пренеандертальцам. В пещере найдена площадка, выложенная из подобранных по форме и по размерам камней, а также - четыре кострища. В эти же годы останки человека, переходного от питекантропа к неандертальцу (0,25-0,20 млн. лет), найдены в Бургосской пещере (Испания).

В 1992 г. в пещере Куэва Майор (Испания) в 500 м от входа, в основании 15-метрового колодца, соединяющего верхнюю галерею с нижней, обнаружено 170 костных остатков 20 особей *Homo erectus* (0,2 млн. лет). Вместе с костями человека здесь имелись кости медведей, но - никаких орудий... Предполагают, что это своеобразное кладбище: первобытные люди сбрасывали трупы сородичей в колодец, на дне которого они и были захоронены, испытав лишь незначительное перемещение.

### 13.3. Умнеем...

Значительно больше известно о жизни палеоантропов и неантропов, объединяемых общим именем *Homo sapiens* - человек разумный. Палеоантропов представляет "классический неандерталец" (*Homo sapiens neanderthalensis*, рис. 74). Официально годом его "рождения" считается 1857 г., хотя чешский археолог К. Скленаж утверждает, что первые находки были сделаны еще в 1839 г. в пещере Энгис

(Бельгия) и в 1848 г. в Гибралтарской пещере. В долине р. Неандер (Германия) было много пещер, заполненных отложениями глины и костей, которые использовались в сахарной промышленности для изготовления фильтров. Так бы и погибли 14 частей скелета первобытного человека, если бы их не подобрал у Фельдгофской пещеры школьный учитель Фульротт. Через год он выступил на съезде естествоиспытателей и врачей в Бонне с сенсационным сообщением о новом типе вымершего человека - неандертальце. Его доклад вызвал бурю: Фульротт поставил под сомнение ни много ни мало - божественное сотворение человека... Против него поднялся сам всемогущий профессор Р. Вирхов. "Битва ученых" за первого пещерного пра-человека продолжалась более полувека. К этому времени подоспели и новые находки: в 1887 г. в пещере Бек-о-Рош Пюид были найдены останки двух человеческих скелетов, схожие с неандертальскими, а вместе с ними много кремневых орудий, костей мамонта, шерстистого носорога и других животных. Они получили и возрастную датировку (0,10-0,15 млн. лет). С этого времени уже никто не сомневался в открытии Фульротта.

"Ареал распространения" неандертальцев непрерывно расширялся, а новейшие методы датировки уточняли возраст находок. Перечислим только самые интересные из них, связанные с пещерами. В 20-30 гг. XX в. найдены погребения мустьерской эпохи в Крыму (пещеры Киик-Коба, грот Староселье) и в Узбекистане (Тешик-Таш), скопления костей промысловых животных (пещеры Чокурча, Крым; Драхенлох, Швейцария и пр.). В конце XX в. раскопаны пещеры Наал Хамуд (Израиль, 0,1 млн. лет); Сель-Унгур (Узбекистан, пятикратное заселение пещеры, 100-35 тыс. лет до н. э.); пещеры Армянского вулканического нагорья (2 тысячи кремневых изделий и 4 тысячи заготовок к ним, 60 тыс. лет до н.э.); Анюйская пещера (Алтай, первая находка в Северной Азии, 70-60 тыс. лет до н. э.); пещеры Пенейос (Греция, 45-27 тыс. лет до н. э.).

Наряду с находками, подтверждающими ставшие школьными представления о возрасте палеоантропов, бывают и сенсации.

Недавно в пещерах близ Назарета (Израиль) обнаружены остатки 30 скелетов, по своей анатомии не отличающиеся от современных людей. Люминесцентный анализ обгорелых кремней из пещеры показал, что они жили 100-90 тыс. лет назад, то есть за 50-60 тысяч лет до того, когда, по предыдущим оценкам, появились неантропы. Назвали их протокриманьонцами.

Сейчас в мире известно около 150 костных остатков неандертальцев.

Воссоздан облик наших далеких предков. Они были несколько выше современного человека; ходили слегка наклонившись вперед; их физические особенности позволяли развивать скорость и поднимать тяжести намного большие, чем доступны сегодня даже чемпионам Олимпийских игр. Реконструкции облика человека мустьерской эпохи, выполненные по методу М. М. Герасимова (рис. 74), не свидетельствуют и о его интеллектуальной отсталости. Объем мозга в 1200-1300 см<sup>3</sup> вполне обеспечивал развитие второй сигнальной системы, которая позволяла управлять поведением другого индивидуума и получать более полную информацию о внешнем мире. Всем этим и многим другим, более специальным знаниям о палеоантропах мы в основном обязаны "пещерным" находкам.

Что же было дальше? Был ли переход к неантропам простым накоплением качественных изменений или и у палеоантропов возникали свои "тупиковые" ветви развития? Английский исследователь Мак Коун выдвинул гипотезу, что известные науке неандертальцы - это боковая ветвь развития рода "Номо". Кроманьонцы, как и современные люди, ведут свое начало от еще неизвестной нам группы "прогрессивных параантропов". Но так это или нет, и что случилось с неандертальцами?

Здесь попробуем немного пофантазировать. В 1989 г. была опубликована книжка о снежном человеке /18/. В ней собраны многочисленные сказы, воспоминания и документы об этом феномене. Приведем лишь несколько из них, касающихся пещер.

Генерал-майор Н. С. Топильский в 1925 г. служил в пограничных войсках. Преследуя басмачей, красноармейцы обнаружили в пещере на склоне Язгулемского хребта (Таджикистан) труп человекоподобного существа мужского пола, 165- 170 см

высотой. Он порос серовато-бурой шерстью без подшерстка; на коленях имелись мозолистые образования, нижняя часть стоп и ладони покрыты грубой кожей, на лице, кроме подобия усов, волос не было. Убитый имел мощную грудную клетку, массивные надбровные дуги, сплюснутый нос и развитые челюсти с крупными зубами...

В этой же книжке сообщается о находках одами-сохряя в пещерах Памира, о встречах пастухов с особями человеко-обезьян около горных озер, об экспедициях "Гиссар-77" и "Гиссар-80", во время которых их участники неоднократно видели и слышали гоминоидов около пещер. Если добавить сообщения о голуб-яване Таджикистана, каптаре Северного Кавказа, мешеодаме Азербайджана, алмаса Монголии, йети Гималаев, бигфуте Северной Америки - получается солидное "досье", которым нельзя пренебрегать. Тем более что изображение таинственного гоминоида имеется среди палеолитических рисунков пещеры Хойт-Цэнхэрийн-ангуй (Монгольский Алтай), а его чучелам до сих пор поклоняются в некоторых ламаистских монастырях...

Около 40 тысяч лет тому назад наших предков или двоюродных дедушек палеоантропов сменили неантропы, которые физически уже не отличались от современного человека. Но, как и сегодня, человечество не было в то время абсолютно однородным. Ученые обнаруживают в скелетах неантропов второстепенные отличия, так сказать, "древние расы". Наибольшую известность получила кроманьонская раса.

Кро-Маньон - пещера отшельника Маньона,- собственно, не пещера, а небольшой навес в коралловых известняках Центрального Французского массива, вскрытый железной дорогой.

В слое желтой глины был обнаружен скелет мужчины, женский череп со следом ранения над глазницей, многочисленные кости животных, каменные орудия, а также - 300 мелких обломков просверленных раковин морских моллюсков. Исследования показали, что находки из Кро-Маньона имеют возраст около 25 тыс. лет. Вскоре человек кроманьонской расы был обнаружен в гроте Ложери, Абри-Дуруте, в пещере Гримальди во Франции; в Козьей пещере в Англии и в десятках других полостей.

Открытия продолжались и во второй половине XX в. Все датировки удивительно схожи. В Европе это Пэдуря (Румыния, 20 тыс. лет) и Капова (Россия, 15 тыс. лет); в Африке - пещера Гиены (Египет, 35 тыс. лет); в Азии - Данг-Ла (Шри-Ланка, 28 тыс. лет) и Хоабинь (Вьетнам, 17 тыс. лет); в Австралии - Барж (Квинсленд, 30-11 тыс. лет) и Фрейзер (Тасмания, 23 тыс. лет); в Северной Америке - Вайоминг (9 тыс. лет) и Форт-Блисс (Калифорния, 12 тыс. лет), в Южной Америке - Патча-Матчай (Перу, 9 тыс. лет) и Феле (Аргентина, 11 тыс. лет).

Кроманьонец носит звучное латинское имя *Homo sapiens sapiens*, несущее в себе как бы удвоенную мудрость. Это ко многому обязывает, и одним из ее первых проявлений было изменение отношения к пещерам. Пещеры стали человеку не только обиталищами, местами охоты или погребения, но и святилищами, художественными галереями.

## 14. Homo habilis - человек умелый

*Вы из тех, кто, душой не сробев,  
Добывали во мраке былого  
Первый лук на звериной тропе,  
Первый звук нерожденного слова...*

Н.Браун

### 14.1. Огонь и свет

Заслужить высокое звание Homo habilis - значило овладеть рядом совершенно необходимых умений, приобрести сумму знаний. Во мраке пещер одним из первых понадобилось умение сохранять и добывать огонь. Постоянные очаги палеолитических убежищ использовались для обработки продуктов питания и создания комфортной среды обитания. Но одновременно они были своеобразным социокультурным центром, символом бытового, производственного и идеологического единства древних микроколлективов. Вероятно, отсюда берут начало многие культы и обряды, в том числе и неугасимый огонь на захоронениях павших в сражениях XX века...

До последнего времени археологи считали, что огонь начал служить человеку примерно 0,5 млн. лет назад, когда Homo erectus или ранний Homo sapiens поселились в холодных областях Европы и Азии. Обожженные кости возрастом 0,7- 1,0 млн. лет считались следствием действия естественного огня (молния, лесной пожар). Но в 1988 г. в Сварткапской пещере (Южная Африка) обнаружено 270 костей антилопы, зебры, кабана, одного из видов гоминид. Их возраст-1,0- 1,8 млн. лет. Находки костей в разных слоях указывают на многократное разведение огня именно умелым человеком.

Пока точно не установлено, как человек впервые получил огонь. В безбрежном море легенд и мифов, доносящих до нас мысли и ассоциации из первобытного прошлого, особое место занимает образ титана Прометея. Спасая людей от холода, Прометей похитил с Олимпа искру небесного огня (по другой версии - огня из подземной кузницы Гефеста). В девственной природе пожар, давший людям огонь, мог быть вызван ударом молнии или потоком раскаленной лавы. Оставалось "приручить" огонь, научиться переносить его под землю, поддерживать, охранять. Ради этого возводились первые заслоны из камней (пещера Терра Амата у Ниццы), складывались очаги (пещера Ла Мут, Франция), создавались культы огня - объединяющей и разделяющей, создающей и разрушающей стихии (бог Агни в ведической мифологии, пещеры Индии) и женщин - хранительниц очага (пещеры Западной Европы).

Следующим шагом было формирование умения добывать огонь. До сих пор не ясно, когда и как впервые был получен огонь руками человека. Еще и сегодня живут среди туземцев Огненной Земли и эскимосов традиции иссекания огня, а у индейцев - сверление деревянных пластинок...

Появление огня в пещерном доме стимулировало изготовление новых орудий (обожженные наконечники копий), развитие ремесел (обжиг глины, примитивная металлургия). Обычный костер дает температуру до 700°C. Поэтому надо было перейти от костра к печам (700-900°C, 7-4 тысячелетия до н. э., медная и бронзовая металлургия, керамика). Между 3 и 2 тысячелетиями до н.э. был преодолен следующий рубеж (1400°C и выше, железная металлургия, стекло). Можно много рассказывать о металлургии прошлого. Отметим только, что самая древняя железоделательная печь (2 тысячелетие до н. э.) найдена в пещере Мумбва (Замбия). В Европе металл появился значительно позднее, в 750 г. до н. э. (Гальштадская пещера, Чехия).

Использование огня сразу выделило человека среди других живых существ на Земле. Оно дало ему новые орудия труда и охоты, позволило использовать жареную, а



затем и вареную пищу, что привело к настоящей революции в его развитии, оздоровило условия пребывания в пещерных жилищах (дым отгонял комаров, гнус, мошку). У костров было не только уютно, но и светло. Разделить эти две ипостаси огня человеку удалось только через много сотен лет. Первые находки светильников каменного века относятся к 1879 г. Однако профессиональные историки высмеяли ее как неловкую мистификацию. Сомнения отпали только в 1897 г., когда археолог и медик Эмиль Ривьер нашел в пещере Ла Мут каменную лампу с резным рисунком головы дикого козла на внешней стороне. Такой же рисунок, но только больший по размерам, первобытный художник сделал и на стене пещеры.

Сейчас только в музеях Франции хранится более 900 "пещерных светильников". После внимательного изучения выяснилось, что лишь 85 из них - несомненно, древние лампы (сохранились следы обжига камня, микроскопические остатки угольков хвойных растений, фитилей из моха и лишайника, животного жира). Яркость таких светильников в шесть раз меньше, чем обычной свечи, но этого достаточно, чтобы передвигаться по пещере, делать простейшую работу, рисовать. Остальные 815 изделий - ступки для растирания краски, "палитры" для их смешивания и плошки для хранения. Наиболее древние пещерные светильники датируются 25-17 тыс. лет до н. э.

## 14.2. Собираательство, охота, земледелие

Изучая отдельную пещеру или группу пещер, находящихся в одной местности, археолог видит только часть, "осколок" общей картины жизни людей; переходя к изучению большой территории, имея в своих руках материалы находок на поверхности и под землей, он видит ее значительно более полной, но все равно "плоской", ограниченной временными рамками той или иной эпохи (палеолит, неолит и пр.). Специалисты-этнографы, сопоставляя данные, полученные разными исследователями на всем земном шаре, работают с "объемными" картинами, где в качестве третьей координаты выступает время. Как же представляют себе ученые формирование ХКТ - хозяйственно-культурных типов человечества?

В раннем-среднем палеолите на Земле проживало около 12 миллионов человек. Выйдя за пределы экваториальной экологической ниши (по данным новейших иммунологических исследований, единым центром формирования человечества была Центральная Африка), оно расширило территорию своего обитания. Регрессия Мирового океана, осушив значительную часть шельфа, облегчила миграцию первобытных охотников и собирателей из Старого Света в Новый Свет, в Австралию и Океанию. Они обживались на новых землях, осваивали охотничьи угодья. В позднем палеолите наступил кризис охотничьего хозяйства, ограничивший рост человечества (4 млн. человек). Начался переход к производящим формам хозяйства (интенсивное собираательство, земледелие, скотоводство). В разных природных зонах он продолжался разное время и происходил по-разному.

Огромную роль в развитии земледелия сыграли огонь и вода. В лесной и лесостепной зоне еще в палеолите люди научились использовать грозную силу огня, а в неолите он стал важным элементом подсечно-огневого земледелия в лесах Евразии, а затем - Африки и Америки. В засушливой зоне навыки ирригации возникли уже в мезолите.

На рубеже 4 и 3 тысячелетий до н.э. численность человечества достигла 14 миллионов. Возникли древние города-государства Шумера и Древнего Египта; появились ранние классовые, а затем - классовые отношения с общинными и государственными конфликтами, политическим противоборством, бесконечными войнами, экологическими кризисами. Человечество бурно росло (1 тыс. до н. э. - 50 млн.; начало н. э. - 170 млн.; 1500 г. - 425 млн., 1900 г. - 1625 млн., 1997 г. - 5500 млн.). В его структуре непрерывно сокращалась доля собираателей, охотников и кочевников, возрастала - земледельцев, скотоводов, жителей городов.

Находки в пещерах иллюстрируют все этапы этого сложного процесса. Об успехах собирателей говорят кучи моллюсков в прибрежных пещерах мира; огромные количества костей животных пещерных местонахождениях позволяют воссоздать облик фауны прошлого и определить методы охоты; остатки земледельческих орудий иллюстрируют прогресс в обработке земли (деревянные лопаты, мотыги с каменными наконечниками, орудия с медной или бронзовой рабочими частями). Перечислим только наиболее интересные пещерные находки.

В нашем представлении бумеранг - типичное австралийское оружие. Однако сейчас он обнаружен на всех континентах, кроме Антарктиды. Археологи нашли в пещере на юге Польши бумеранг из кости мамонта (23 тыс. лет); в пещерах Австралии и в гробнице Тутанхамона найдены деревянные бумеранги (10 и 3 тыс. лет).

В пещере Торрельба (Испания) найдены скелеты нескольких десятков слонов, между ребрами одного из них торчало двухметровое деревянное копьё. В пещере Кударо (Грузия) найдены каменные шары. Связанные ремнем, они поражали животных на расстоянии 30-40 м (подобное же оружие, болас, применяли еще в XIX в. индейцы-патагонцы). Около 12 тыс. лет назад появились лук и стрелы. Находки их наконечников из кремня, кости, сталактитов часты во многих пещерах, а их изображения - в наскальных рисунках-петроглифах. Интересно, что еще в 1814 г. в Париж входили отряды башкирской конницы, вооруженной луками...

### 14.3. Пища

"Кухонные" остатки из многих пещер мира дают ответ на вопрос, что ел первобытный человек. По костям животных можно установить его "меню". Например, в пещере Кара-Унгур (Казахстан) - это мясо оленя и джейрана, косули и кабана, лошади и быка; из птиц - фазан и горная куропатка; из земноводных - черепаха; здесь также найдены многочисленные кости разных рыб.

Но пещеры дают представление и о том, как ели наши предки. Изучив остатки жевательного аппарата десяти неандертальцев из пещеры Крапина в Словении, ученые установили, что первая зубочистка появилась 100-50 тыс. лет назад: борозды по бокам зубов свидетельствуют об их регулярной чистке. Использование примитивных зубочисток приводило к повреждению эмали и воспалению ткани зубов.

Самая древняя ложка (13-12 тыс. лет) обнаружена в пещере де-Фонтале (Франция). Ручка ее выполнена в виде звериной лапы, а широкая часть покрыта резным рисунком, изображающим северных оленей.

Археологи давно спорят о назначении глиняных горшков, находимых (обычно в виде черепков) в разных пещерах. В пещере Франхти (Греция) собрано более миллиона черепков, принадлежавших однотипным по форме сосудам. Сперва их использовали только для хранения зерна и семян (ранний неолит), и лишь в среднем неолите они стали использоваться для приготовления пищи. Раскопки в пещерах Техуакан (Мексика) и Анкау (Перу) дали первые находки кукурузы (5-3 тыс. до н. э.) и фасоли (10-5 тыс. до н. э.). Исследования показали, что ее не собирали, а специально выращивали, отбирая лучшие сорта (своеобразная селекция).

Американские исследователи установили, что пища первобытного человека на 65% состояла из овощей и фруктов, на 35% - из мяса диких животных, содержавшего всего 5% жира (в современной говядине его 25-30%! ). Это предохраняло их от гипертонии и ряда других заболеваний.

Во многих пещерах (Коцетанг, Китай; Липтовска, Словакия; Тешик-Таш, Узбекистан) обнаружены раздробленные человеческие кости и неполные скелеты. Предполагают, что это следы каннибализма. Антропофагия отмечена в пещерных находках с палеолита до мезолита. Вероятно, поедали своих сородичей не с голоду, а осуществляя какой-то магический обряд.

## 14.4. Речь и музыка

Животные чутко реагируют на поведение друг друга, издавая при этом различные звуки. Их количество у разных видов животных различно. Шимпанзе, очень близкий по своему строению к человеку, издает около 30 звуков. Они делятся на две категории - "жизненные шумы", которые издает животное в состоянии покоя, и эмоциональные (радость, настороженность, ярость). Ученые спорят, какая из них легла в основу языка. Но ясно одно - речь уже в первобытном обществе была основным видом общения.

Время, когда предки научились связно говорить, дискусионно, а расхождения в его оценке огромны: от 2 миллионов до 100 тысяч лет... В пещере Кармель (Израиль) обнаружен скелет неандертальца (60-50 тыс. лет) с хорошо сохранившейся U-образной подъязычной костью (первая находка!). Значит, несмотря на тяжесть челюстей, он уже мог говорить!

Специалисты в области физиологии речи по следам прикрепления мышц на черепях гоминоидов восстановили морфологию челюстей *Homo habilis*. Он имел массивный язык, не соприкасающиеся между собой губы и мог произносить такие гласные, как "и", "а", "у", а также все фонетические варианты звуков "с" и "т". Как писал О. Мандельштам, *"язык-медведь ворочается глухо в пещере рта..."*

Но человек из пещеры Тотавель (Франция) уже имел голосовой аппарат, подобный нашему. С помощью компьютера ученые воссоздали прохождение звука из его легких до кончика губ. "Аах-аах, чен-чен, реу-реу", - разнеслось по лаборатории. Неизвестно, что выражали эти звуки, но наши предки-охотники имели довольно обширный словарь.

В 1908 г. в с. Мезин Черниговской области было обнаружено поселение людей каменного века, построенное из бивней и крупных костей мамонта. В 1954-1961 гг. И. Г. Пидопличко и И. Г. Шовкопляс обнаружили в руинах одного из них раскрашенные кости мамонта. Сперва предполагалось, что это атрибут религии кроманьонца. Более детальные исследования привели к удивительному открытию: это набор ритмично-ударных инструментов. Бедро мамонта использовалось как ксилофон, череп - как барабан, бивни - как колотушки, мышечки - как кастаньеты.

Теперь стали понятны многие пещерные находки: раковины-свистки (Китай), флейты из трубчатых костей (Франция), "звучащие" бусы (Дам-Дам-Чешме, Узбекистан), барабаны, трещотки и трубы из рога (пещеры Европы). Возраст их различен - от 100 до 12 тысяч лет до н. э. Часты и изображения пляшущих фигурок на стенах пещер. Так что оглушающие синкопы современных дискотек имеют глубокие исторические корни...

В 1983 г. французский спелеолог И. Резникофф предположил, что в пещерах Пиренеев (Портель, Фонтенель, Нио) палеолитические рисунки, возможно, имеют акустическое значение. В 90-е гг. эти исследования продолжил американский ученый С. Уаллер. Он исследовал акустику десятков пещер Европы, Северной Америки и Австралии. Оказалось, что первобытный человек, расписывая стены, выбирал такие места, которым свойственно необычное эхо; при этом происходит усиление звука с 3 децибел на участках без рисунков до 23- 31 децибелы в местах с рисунками (пещеры Ласко, Фонт-де Гом). Звукозапись эха в сочетании со слайдами изображений дает полное представление о том, как древний человек сочетал музыкальное и изобразительное искусство, пытаясь привлечь объект будущей охоты.

## 14.5. Биология и медицина

Среди материальных свидетельств взаимоотношений древних людей с живой природой на первом месте, естественно, стоит пещерная живопись. Первые находки (средние века, эпоха Возрождения, новое время) оставались непонятыми или считались подделкой. Лишь в 1861 г. была опубликована первая находка палеолитической графики из пещеры Шаффо (Франция), получившая признание специалистов (рис. 75). Сейчас на

территории Евразии известно более 10 тысяч пещерных рисунков, среди которых выделяются анималистические и абстрактные.

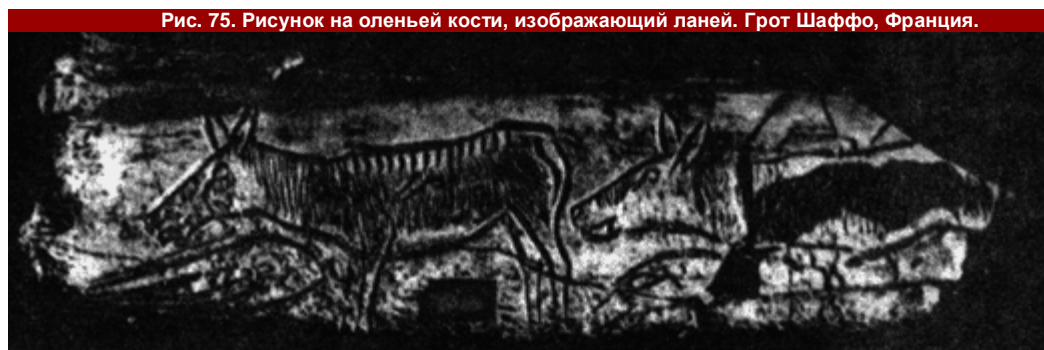


Рис. 75. Рисунок на оленьей кости, изображающий ланей. Грот Шаффо, Франция.

Анализ анималистических рисунков свидетельствует о глубоких биологических знаниях древнего человека. Обратим внимание лишь на несколько их удивительных особенностей.

*Достоверность.* Именно по рисункам на стенах пещер Ж. Кювье реконструировал скелет мамонта, положив начало палеонтологии. Возникавшие сомнения (величина головы, раздвоенность конца хобота) после находок его полных скелетов решились в пользу древних художников. Любопытно, что достоверность изображений не зависела от их масштаба: известны рисунки с увеличением (2:1, Ласко), в натуральную величину (Нио) и с уменьшением (1:400, Ле Мут).

*Широта знаний и избирательность изображаемого.* Аборигены Австралии изобразили на стенах пещер 23 вида съедобных рыб, 93 вида моллюсков и 240 видов растений. Ясно, что занимались они в основном собирательством. Для Европы характерен иной набор изображений, представленных в основном млекопитающими (лошадь, бизон, олень, тур, лань, медведь, лев, носорог, мамонт, реже - кабан, волк, заяц). Среди изображений рыб в палеолите преобладают лососевые, угри, карпы; среди птиц - перелетные водоплавающие (утки, гуси, лебеди, журавли). Часты изображения гадюк, саламандр, черепах, кузнечика, божьей коровки. Меньше внимания уделяется флоре (колосья). Вывод ясен: основным занятием была охота!

*Передача сезонных признаков.* Для пещерной живописи характерно изображение животных в расцвете их физического развития. Если это быки - то отъевшиеся за лето молодые животные с буграми мышц и жировых отложений; фигурки самцов и самок, сочетающиеся с графическими орнаментами, позволяют говорить, что охотники палеолита знали сроки беременности ряда промысловых животных: у самок быков - 10 лунных месяцев, у лошадей - 12. Очевидно, в связи с этим и строился ритм охотничьих промыслов общины.

*Разделение по сферам обитания.* В пластике рисунков палеолита четко прослеживается традиция пространственного распределения животного мира: отдельно изображаются сухопутные млекопитающие, птицы и обитатели воды, земноводные и пресмыкающиеся.

Все особенности "контурной" живописи палеолита проявились и на более поздних этапах, при использовании затушевки фигур животных, а затем - их красочной моделировке, выделяющей объемные световые соотношения.

*Медицина.* При разделе туш первобытный человек получил первичные знания по анатомии и физиологии животных, которые, естественно, переносил на себя. Средняя продолжительность жизни в первобытном обществе не превышала 25 лет, увеличившись в древнем мире и средние века до 30- 35 лет. Болел ли первобытный человек? Или это, действительно, "золотой век" человечества, как искренне верил французский философ Жан-Жак Руссо?

Около 100 лет назад голландский врач У. Дюбуа нашел в пещере Тринтиль (Ява) бедренную кость питекантропа, жившего около 700 тысяч лет назад. Под головкой кости имелись выросты. Диагноз - экостоз. В пещере Ла Шапель (Франция) найден скелет неандертальца, шейные позвонки которого срослись (артрит). Палеопатологи доказали, что кости первобытного человека несут следы таких болезней, как переломы, опухоли, артриты, туберкулез, искривление позвоночника, кариес зубов. В мумиях аборигенов Америки найдены склеротические бляшки. Лечились ли наши предки? Кости скелета мужчины из пещеры Шанидар (Малая Азия) имели много повреждений (сросшийся перелом левой стопы, ампутированная выше локтя правая рука, поврежденные глазницы). Калека, вероятно один из вождей племени, прожил после этих травм минимум 20 лет! Известны многочисленные случаи прижизненной ритуальной ампутации отдельных пальцев рук и трепанации черепов (12-1 тыс. лет до н.э.). Возражения некоторых современных ученых о природном происхождении таких отверстий опровергаются их прямоугольной формой и признаками полного заживления краев раны.

В пещере Шанидар получены бесспорные доказательства использования неандертальцами (минимум 60 тыс. лет тому назад) лекарственных растений для лечения. Цветы тысячелистника, крестовника, эфедры, алтея, мускари были связаны в букетики и разложены по всему погребальному ложу. Спектральный анализ показал, что многие из них произрастали далеко от пещеры, и, следовательно, собирались намеренно.

Новейшие методы обнаружения следов гемоглобина, используемые в криминалистике (вспомним первое знакомство доктора Ватсона с Шерлоком Холмсом), позволяют получить данные, которые недавно считались бы научной фантастикой. В кровеносных сосудах мумии индийского мальчика, пролежавшей в Соляной пещере (США) 2 тыс. лет, обнаружены хорошо сохранившиеся эритроциты. Такие же находки сделаны в Египте и в Перу в остатках мышц мумий возрастом от 2,6 до 0,7 тыс. лет. Канадский археолог Т. Лой определил принадлежность крови на 86 каменных ножах, топорах и рубилах, изготовленных до 2,4 тыс. лет назад (олень-карибу, лось, морской лев, медведь-гризли). На отдельных орудиях имеется и человеческая кровь. Таким образом, появилась новая возможность изучения биологии палеолита, которая должна принести много интересного.

## 14.6. Горное дело

Горное дело зародилось с возникновением человеческого общества и развивалось в тесной связи с его потребностями и совершенствованием орудий производства. Первыми из них были роговые орудия и каменные топоры. Углубление в землю для добычи полезных минералов и горных пород привело к образованию экскавационных полостей. Много позже началось сооружение различных пирамид, храмов, крепостей, в цоколе и стенах оставались или специально создавались пустоты - конструкционные полости (табл. 2, с. 36), имеющие различное назначение. Коротко рассмотрим эту проблему.

**Экскавационные полости добывающего назначения.** Первые более или менее крупные полости, выработанные с помощью орудий из дерева и рога (протяженность до 100 м, глубина до 20 м), возникли в 4-2 тыс. до н. э. на территории Египта, Франции, Бельгии, Голландии, России при добыче кремня. Их насчитывается более 12 тыс. Они бывают горизонтальными (начинаются на склоне холма, Спьен, Бельгия) или вертикальными (Красное село, Белоруссия). Большой интерес представляет хорошо сохранившийся рудник Кшемионки (Польша). К 3-1 тыс. до н. э. относится "Железная пещера" - Башкапсара (Зап. Кавказ). Она состоит из 13 выработок длиной до 60 м, шириной до 30 м и высотой до 15 м, в которых добывали медную руду.

Дальнейшее развитие горного дела связано с появлением каменных орудий (мезолит, неолит), орудий из меди и бронзы (3-1 тыс. до н. э.), железа (IX-VIII вв. до н. э. - I-II вв. н. э.), производством специальных металлических орудий и машин (II-XV вв.),

выпуском их массовых серий (XV в.), сменой огневого способа добычи взрывным (XVI в.). Каждый из этих этапов оставил свои памятники, многие из которых сохранились до сих пор, представляя большой спелеологический интерес. Одним из примеров являются катакомбы - заброшенные древние выработки строительного камня.

**Экскавационные полости жилого назначения.** Естественные полости начали использоваться для жилья на заре человечества. Попытки приспособить их для более удобного использования - это, по сути, первая попытка сооружения искусственных полостей. Поэтому определить время, когда началось их сооружение, практически невозможно. Самым древним пещерным городом в мире сейчас считается Беер-Шева (Бирэс-Саба - львиный колодец) в 70 км от Иерусалима. Датируется он 4 тыс. до н. э. и состоит из разветвленной системы залов, коридоров и шахт. В VI-V вв. до н. э. подземные сооружения (ксенофтовы дома) были широко распространены от Греции до Кавказа. Многие из них выработывались в слоях вулканического шлака под корой базальтов.

Из средневековых пещерных городов надо упомянуть комплекс Вардзия в Грузии (XII в.), расположенный в долине Куры в 70 км от Боржоми. Он насчитывает около 500 жилых, культовых, военных, складских и других помещений, высеченных в отвесной скале из вулканического туфа и напоминающих гнезда ласточек. Помещения располагались в 5-6 ярусов. Размеры камер зависели от их назначения. Общий объем сооружения настолько велик, что при опасности в нем могло укрыться около 20 тысяч человек. Аналогичные пещерные города известны в Крыму (Мангуп-Кале, Эски-Кермен и др.), в Туркмении (Парапамиз), в Китае (лессовая равнина) и пр.

В некоторых районах мира в искусственных пещерах обитают и наши современники. Например, в долине р. Гереме (Турция) до сих пор имеются "подземные деревни", где проживает несколько сотен жителей.

**Экскавационные полости культового назначения.** Одни из первых культовых сооружений древности - могильные холмы в Древнем Египте (2 тыс. до н. э.) и в Индии (1 тыс. до н. э.). В IV в. до н. э. в районе города Пергам сооружен подземный храм бога-врачевателя Асклепия. Он включает два тоннеля по 50 м и зал с опорными колоннами высотой по 5 м. Как культовые используются некоторые катакомбы (например, римские), отдельные части подземных городов (Капподакия, Вардзия и пр.).

Со II-III вв. на территории Китая, Монголии, Средней Азии начинается строительство буддийских подземных монастырей (Донгхуанг, Лонгмен, Кара-Тепе и пр.). Самый поздний из них (IX в.) недавно обнаружен в Сайраме (Казахстан). Много подземных сооружений разного возраста (XI- XVIII вв.) известно в г. Киеве. На высоком правом склоне Днепра сооружены пещерные монастыри, соборы и церкви (Киево-Печерская лавра, Кирилловская церковь и пр.). Местами они заложены в два яруса (верхний - в лессах, нижний - в песчаниках).

**Экскавационные полости коммуникационного назначения.** К ним относятся протяженные тоннели для водоснабжения городов (тоннель длиной 1,6 км на острове Самос, подводный тоннель под р. Евфрат, X в. до н. э.), подземные осушительные каналы-куникулы загадочного государства этрусков (X- I вв. до н. э.), колодец Иосифа в Каире, состоящий из двух стволов глубиной 40 и 50 м, между которыми располагается куполообразная камера с бассейном для сбора воды (II в. до н. э.). Интересные решения для отвода и сбора воды найдены строителями Капподакии (II в. до н. э.- V в. н. э.), Вардзии (VI-XIII вв.), Крыма (Эски-Кермен) и пр. Протяженные тоннели-кяризы, способные пропускать до 300 м<sup>3</sup>/с воды, сооружены в XVI-XIX вв. в предгорных районах Западной Азии. Они сыграли свою печальную роль и в военных действиях конца XX в., укрывая моджахедов (Афганистан). Изобретение взрывчатых веществ способствовало транспортному тоннелестроению (конец XVII-II вв. до н. э.). Имеются многочисленные примеры вскрытия водоводными и транспортными тоннелями естественных полостей (тоннель ЕДФ - пещера Пьер Сен-Мартен, Франция; пещера Сюрприз, Грузия, и пр.).

**Эксплуатационные полости хозяйственного назначения.** Включают широкий спектр самых разных по размерам и назначению полостей - от небольших углублений (загоны для скота, жилища и пр.) до подземных заводов, ангаров, складов, холодильников, гаражей, нефтехранилищ и пр. Объемы единичных сооружений превышают 1 млн. м<sup>3</sup>, а территориально они известны на всех континентах, в горных породах любых типов.

Часто представляют собой комбинацию естественных и искусственных полостей, и тогда при их исследованиях тесно переплетаются спелеология и спелеистика.

Мы рассмотрели только некоторые знания и умения, приобретенные первобытным человеком и развившиеся позднее в целые направления техники или искусства. Но человек смотрел не только на землю и сооружал не только подземные храмы. Подняв голову, он часто заглядывался на небо и пытался отразить на стенах пещер свое восприятие окружающего мира. Что получилось из этого - увидим ниже.

## 15. Ах, вернисаж, ах, вернисаж...

*Пещерный человек учился рисовать.  
Не находя в изяществе резона,  
Тяжелым камнем начал выбивать  
Фигуру угловатого бизона...*

Е. Винокуров

### 15.1. Открытие Саутуолы

Изображения на стенах пещер южной Франции известны давно. Первым упоминанием об искусстве палеолита считается описание грота Руффиньяк (тогда известного под названием Кро дю Клузо), сделанное одним из любимцев Маргариты Наваррской. В 1575 г. Франсуа де Бельфлорес писал: *"...в Перигоре есть пещера: вошедших в нее встречают великие чудеса - здесь под землей... красивые залы и комнаты. В них алтари и росписи во многих местах изображают контуры или следы крупных и мелких зверей разных видов..."*

История научного открытия палеолитической живописи драматична. В 1868 г. в узкую трещину на склоне холма Альтамира (Испания) попала собака. Чтобы выволочить ее, хозяину пришлось раскидать немало камней, открыв вход в таинственное подземелье. Владелец собаки, адвокат Марселино Саутуола начал его исследование и вскоре обнаружил грубые каменные и костяные топоры, ножи, молотки. Но только в 1879 г. его шестилетняя дочь Мария увидела на плоскости нависающего свода рисунки. "Торос, Торос",- закричала она. Дон Марселино поднял голову и замер в изумлении: огромное стадо быков беспорядочно сгрудившейся массой заполняло все пространство потолка, сплетаясь в единый клубок... Открытие Саутуолы было подтверждено специалистом по древним культурам Х. Виланова и даже "освещено" посещением короля Испании, Альфонса XII, который оставил копотью свечи свой автограф на стене пещеры. Но затем последовали более печальные события...

Выдающийся археолог Мортилье не признал подлинности находок Саутуолы, а участники Международного археологического конгресса (Лиссабон, 1880) даже отказались осмотреть пещеру Альтамира... Слабым утешением была лишь весть о том, что в пещерную живопись поверил И. С. Тургенев, упомянувший о находках Саутуолы 18 мая 1880 г. в Москве, на открытии памятника А. С. Пушкину. В 1888 г., осмеянный и забытый, Саутуола скончался.

Рис. 76. Рисунок бизона из пещеры Альтамира, Испания.



Дальнейшая судьба пещеры Альтамира в чем-то напоминает судьбу ее первооткрывателя. В 1902 г. Э. Каргальяк обнародовал знаменитое в мире археологов "Покаяние скептика": *"Я впал в заблуждение, начало которому положено 20 лет назад, и вот его надо выкорчевать и устранить..."* Он публично попросил извинения у дочери Саутуолы Марии за то, что поставил под сомнение доброе

имя ее отца. В этом же году Каргальяк и де-Брейль тщательно исследовали рисунки Альтамиры, насчитав в ней более 150 изображений. Свежесть красок, впечатляющие



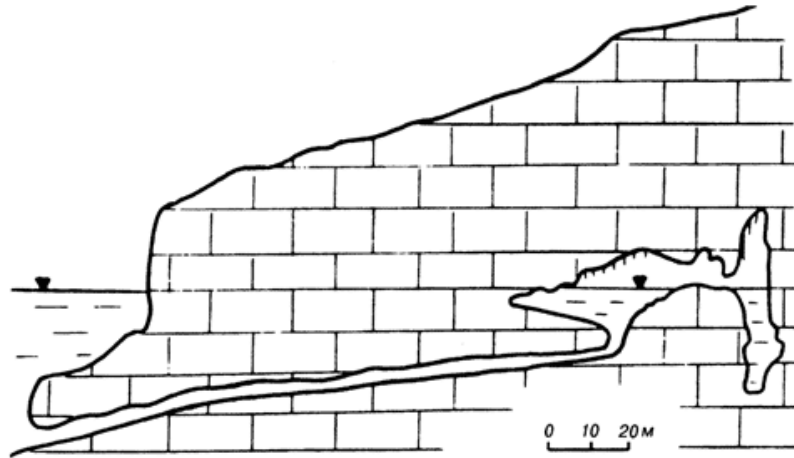
позы, жизненность рисунков произвели на них громадное впечатление. Позже оказалось, что здесь изображены не только быки, но и бизоны (рис. 76), лошади, кабаны, олени, а также - колдуны получеловеческого, полуживотного облика. Был доказан и позднепалеолитический (мадленский) возраст рисунков, написаны десятки статей и монографий. Пещера Альтамира была оборудована для посещения и стала модным объектом туризма. Только в 1935 г. через нее прошло 45 тысяч человек. Это вызвало опасные изменения температуры и влажности воздуха, появление бактерий и водорослей на освещенных натеках. Начали разрушаться и рисунки: изменился их цвет, "расплылись" контуры... В 1976г. пещера была закрыта для посещений. Через год восстановился естественный микроклимат, но не живопись. Тогда было решено создать "Альтамиру-2". На стене Научного музея в Мюнхене с применением новейших методов (тысячи фотограмметрических снимков, отливки из силиконового каучука, роспись с использованием природных красок и пр.) в натуральную величину (длина - 18 м, ширина - 6-10 м!) был воссоздан потолок пещеры со всеми рисунками. А сама пещера, названная Сикстинской капеллой палеолитического искусства, объявлена заповедной...

Альтамира вызвала "цепную реакцию открытий". В 1901 г. была обнаружена пещера Комбарель с гравированными фигурками зверей (14 мамонтов, 3 северных оленя, 2 бизона, 90 других животных) и Фонт-де Гом (гравировки и многоцветные изображения двухметровых зубров, мамонтов, северных оленей); в 1912 г. - в пещере "Трех братьев" (сыновей французского археолога Бегуэна) - рисунки оленей и человека в маске; в 1940 г. - непревзойденная Ласко с монохромной и полихромной росписью изображений диких лошадей, быков, оленей, горных козлов, мужчины с птичьей головой, лежащего перед убитым им бизоном. Впервые примененные методы радиоуглеродного датирования дали возраст 15 тысяч лет до н. э. - среднемадленское время позднего палеолита. И опять история повторилась. Ласко, оборудованная для туризма, "заболевает", ее тщетно пытаются "лечить" (использовано более 25 различных антибиотиков и даже химические яды), закрывают для посетителей. Сейчас близ настоящей Ласко сооружена и открыта для экскурсий ее точная копия - "Ласко-2".

Только во Франции сейчас известно более 130 пещер с позднепалеолитической живописью. Открыты они и в других странах: Испании (Гибралтарская), Греции (Левкадская), Италии (Басуа), Румынии (Пэдурия), России (Капова, Игнатьевская, М. Сья), Монголии (Гурван Цэнхэр), Индии (Бимбетка, Кришны ) и др. Поражает близость датировок рисунков: 35-10 тыс. лет до н. э. Правда, и здесь иногда бывают непонятные исключения. В 1971 г. в Западном Иране открыта значительно более древняя позднепалеолитическая живопись (60-40 тыс. лет). Приведенные данные убедительно свидетельствуют об отсутствии одного центра формирования культуры первобытного человека. "Школа живописи" находилась не только в окрестностях Пиренеев. Она имела "филиалы" в Кантабрийских и Динарских горах, на Урале и в отрогах Гималаев, на Кавказе, Эльбрусе...

Можно уверенно утверждать, что эпоха "великих открытий" в пещерной живописи еще не миновала. В 1985 г. сенсационное открытие на берегу Средиземного моря сделал аквалангист А. Коске. На глубине 36 м он обнаружил щель в скале, обрамленную кораллами и водорослями. Наклонный тоннель через 150 м вывел его в большой зал (рис. 77). В 1990-1991 гг. на его стенах были найдены изображения человеческих рук, десятки рисунков лошадей, бизонов, тюленей...

Рис. 77. Грот. Коске близ Марселя, Франция.



Дальнейшие исследования проводились морской археологической экспедицией министерства культуры Франции. 8 специально подготовленных исследователей и 11 водолазов обнаружили много незамеченных ранее рисунков эпохи палеолита, а также два кострища. Определение возраста древесины радиоуглеродным методом показало, что возраст рисунков не менее 18 тыс. лет.

## 15.2. "Пойманное пространство"

Открытие пещерных картинных галерей поставило перед археологами ряд вопросов: чем рисовал первобытный художник, как он рисовал, где размещал рисунки, что рисовал и, наконец, зачем он это делал? Изучение пещер позволяет с той или иной степенью достоверности ответить на них.

Палитра первобытного человека была бедной: в ней четыре основных краски - черная, белая, красная и желтая. Для получения белых изображений использовался мел и мелоподобные известняки; черного - древесный уголь и окислы марганца; красного и желтого - минералы гематит ( $\text{Fe}_2\text{O}_3$ ), пиролюзит ( $\text{MnO}_2$ ) и природные красители - охры, представляющие собой смесь гидроокислов железа (лимонит,  $\text{Fe}_2\text{O}_3 \cdot \text{H}_2\text{O}$ ), марганца (псиломелан,  $m \cdot \text{MnO} \cdot \text{MnO}_2 \cdot n \cdot \text{H}_2\text{O}$ ) и глинистых частиц. В пещерах и гротах Франции найдены каменные плиты, на которых растиралась охра, а также куски темно-красной двуокиси марганца. Судя по технике росписи, куски краски растирались, разводились на костном мозге, животном жире или крови. Химический и рентгеноструктурный анализ красок из пещеры Ласко показали, что использовались не только природные красители, смеси которых дают разные оттенки основных цветов, но и довольно сложные соединения, полученные путем их обжига и добавления других компонентов (каолинита и окислов алюминия).

Серьезное изучение пещерных красителей только начинается. И сразу возникают вопросы: почему использовались только неорганические краски? Первобытный человек-собиратель различал более 200 различных растений, среди которых были и красящие. Почему в одних пещерах рисунки выполнены разными тонами одного цвета, а в других - двумя цветами одного тона? Почему так долго входят в раннюю живопись цвета зелено-синие-голубой части спектра? В палеолите их почти нет, в Египте они появляются 3,5 тыс. лет назад, а в Греции - только в IV в. до н. э. Археолог А. Формозов считает, что наши далекие предки не сразу разобрались в ярком оперении "волшебной птицы" - Земли. Самые древние цвета, красный и черный, отражают суровый колорит тогдашней жизни: солнечный диск у горизонта и пламя костра, полный опасностей мрак ночи и приносящую относительное спокойствие тьму пещер. Красное и черное ассоциировалось

с противоположностями древнего мира: красное - тепло, свет, жизнь с горячей алой кровью; черное - холод, тьма, гибель... Эта символика универсальна. Долгим был путь от пещерного художника, имевшего в своей палитре всего 4 цвета, до египтян и шумерийцев, добавивших к ним еще два (синий и зеленый). Но еще дальше от них до космонавта XX века, взявшего в первые полеты вокруг Земли набор из 120 цветных карандашей.

Вторая группа вопросов, возникающих при изучении пещерной живописи, касается технологии рисунка. Проблему можно сформулировать так: звери, отображенные на рисунках палеолитического человека, "вышли" из стены или "ушли" в нее?

В 1923 г. Н. Кастере обнаружил в пещере Монтеспан позднепалеолитическую глиняную фигуру медведя, лежащую на земле. Она была покрыта углублениями - следами ударов дротика, а на полу обнаружили многочисленные отпечатки босых ног. Возникла мысль: это "макет", вобравший в себя закрепленные десятками тысячелетий охотничьи пантомимы у туши убитого медведя. Далее прослеживается следующий ряд, подтвержденный находками в других пещерах: макет медведя, выполненный в натуральную величину, одетый в его шкуру и украшенный настоящим черепом, сменяется его глиняным подобием; зверь постепенно "встает на ноги" - его для устойчивости прислоняют к стене (это уже шаг к созданию барельефа); затем зверь постепенно "уходит" в нее, оставив прочерченный, а затем и живописный контур... Так представляет себе возникновение

палеолитической живописи археолог А. Соляр.

Не менее вероятен и другой путь. По мысли Леонардо да Винчи, первый рисунок - это тень предмета, освещенного костром. Первобытный человек начинает рисовать, осваивая технику "обвода".

Пещеры сохранили десятки таких примеров. На стенах пещеры Гаргас (Франция) видны 130 "призрачных рук" - отпечатков рук человека на стене (рис. 78). Интересно, что в одних случаях они изображаются линией, в других -

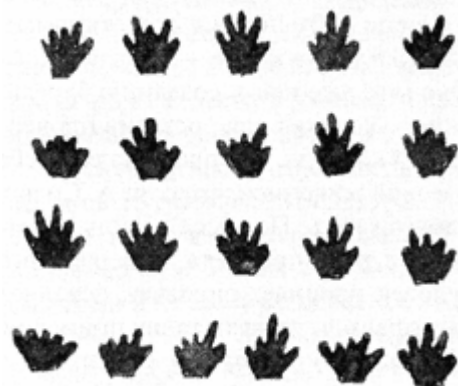
закраской внешнего или внутреннего контуров (позитивный или негативный трафарет), затем появляются рисунки, "оторванные" от объекта, который изображается уже не в натуральную величину, в профиль или фронтально. Иногда предметы рисуются как бы в разных проекциях (лицо и ноги - профиль, грудь и плечи - фронтально). Постепенно растет мастерство. Рисунок приобретает четкость, уверенность штриха. По лучшим рисункам биологи уверенно определяют не только род, но и вид, а иногда - подвид животного.

Следующий шаг делают мадленские художники: средствами живописи они передают динамику и перспективу. В этом очень помогает цвет. Полные жизни кони пещеры Гранд-Бен как бы пробегают перед нами, постепенно уменьшаясь в размерах... В дальнейшем этот прием был забыт, и подобные рисунки не встречаются в наскальной живописи ни в мезолите, ни в неолите. Последний шаг - переход от перспективного изображения к объемному. Так появляются скульптуры, "вышедшие" из стен пещеры.

Какая из приведенных точек зрения справедлива? Сопоставление абсолютных датировок фигурок, выполненных из костей и камня, свидетельствует, что они имеют примерно один возраст: 30-15 тыс. лет до н. э. Может быть, в разных местах пещерный художник шел разными путями?

Еще одна из загадок пещерной живописи - отсутствие фона и обрамления. Фигуры лошадей, быков, мамонтов свободно разбросаны по скальной стене. Рисунки как бы висят в воздухе, под ними не проведена даже символическая линия земли. На неровных сводах пещер животные помещены в самых неожиданных положениях: вниз головой или

Рис. 78. Отпечатки травмированных кистей рук человека из пещеры Гаргас, Франция.



боком. Нет в рисунках первобытного человека и намека на ландшафтный фон. Только в XVII в. н. э. в Голландии пейзаж оформляется в особый жанр.

Изучение палеолитической живописи дает специалистам обильный материал для поиска истоков различных стилей и направлений в современном искусстве. Так, например, доисторический мастер за 12 тысяч лет до появления художников-пуантилистов изобразил животных на стене пещеры Марсула (Франция) с помощью крохотных цветных точек. Количество подобных примеров можно множить, но более важно другое: изображения на стенах пещер - это сплав реальности сущего и его отражения в мозгу палеолитического человека. Таким образом, палеолитическая живопись несет информацию об уровне мышления человека того времени, о проблемах, которыми он жил и которые волновали его. Первобытное искусство, открытое более 100 лет назад, остается настоящим Эльдорадо для всевозможных гипотез по этому поводу.

### 15.3. Тигон или лигр?

В популярной литературе пещеры с наскальными рисунками часто называют палеолитическим Лувром или Эрмитажем. Сравнение не совсем удачное: любая картинная галерея - отдельные полотна, мало связанные с помещением. Пещерные изображения приспособлены к изгибам, выступам и трещинам той скалы, на которую они нанесены, используют ее фактуру и цветовую гамму. Попытки воссоздать их на макетах (пещеры Альтамира-2 и Ласко-2) показали всю сложность этого замысла. Но, оказывается, палеолитические рисунки еще более жестко привязаны к определенным местам пещер, чем это представлялось еще десяток лет назад. Об одном из видов привязки - "звуковом фоне" пещер - мы уже говорили. Последние исследования показали, что этот фон определяет и содержание рисунков: изображения копытных животных располагаются в наиболее шумных (по уровню эха), а кошачьих - в наиболее "тихих" участках пещер.

В 1957 г. археолог А. Леруа-Гуран занялся скрупулезной бухгалтерской работой. Он произвел переучет всех известных в то время памятников палеолитического человека, включив в них наскальные изображения (63 пещеры!) и сюжеты мобильного искусства (гравировки на кости, мелкие фигурки и пр.). Пространство пещер, где имеются рисунки, статистически достоверно подразделяется на 7 зон: I - вход с отдельными изображениями, II - повороты галерей и сужения между залами (иногда каждый поворот отмечается фигуркой другого животного); III - входы в ниши основных залов; IV - зона с последними рисунками; V - центральные части стен в залах или расширениях; VI - периферийные части центральных стен; VII - центральное пространство в нишах. Количественное соотношение сюжетов и порядок их расположения на стенах оказались подчиненными единому канону, обязательному для всех палеолитических художников Западной Европы. Это свидетельствует о наличии в палеолите некоторого единого уровня мировоззрения.

В 90-е гг. XX в. археолог Е. Анати продолжил исследования Леруа-Гурана, дополнив их сведениями о вновь открытых пещерах с рисунками (их число удвоилось), а также - об одновозрастных наскальных рисунках-петроглифах на поверхности. Всего было исследовано более 20 миллионов изображений из 780 объектов. Для обработки информации, естественно, использовалась ЭВМ.

Оказалось, что наскальные рисунки у неандертальцев практически отсутствуют. Их прообразом можно считать так называемые "макарони" - волнистые линии, нанесенные сразу несколькими пальцами или многозубчатым инструментом на глине или на поверхности скалы. Полагают, что это подражание гриффадам - следам когтей пещерного медведя. "Пещерная живопись" появилась только у кроманьонцев, причем раньше всего - в Африке (40 тыс. лет назад), затем - в Европе (34 тыс. лет), гораздо позже - в Австралии (22 тыс. лет) и в Америке (17 тыс. лет). Человеческое общество

развивается по одним законам, поэтому и потребность в рисунках проявлялась повсеместно, хотя не везде получала одно и то же выражение.

Все сюжеты пещерных рисунков разделяются на три крупные категории: пиктограммы, психограммы и идеограммы.

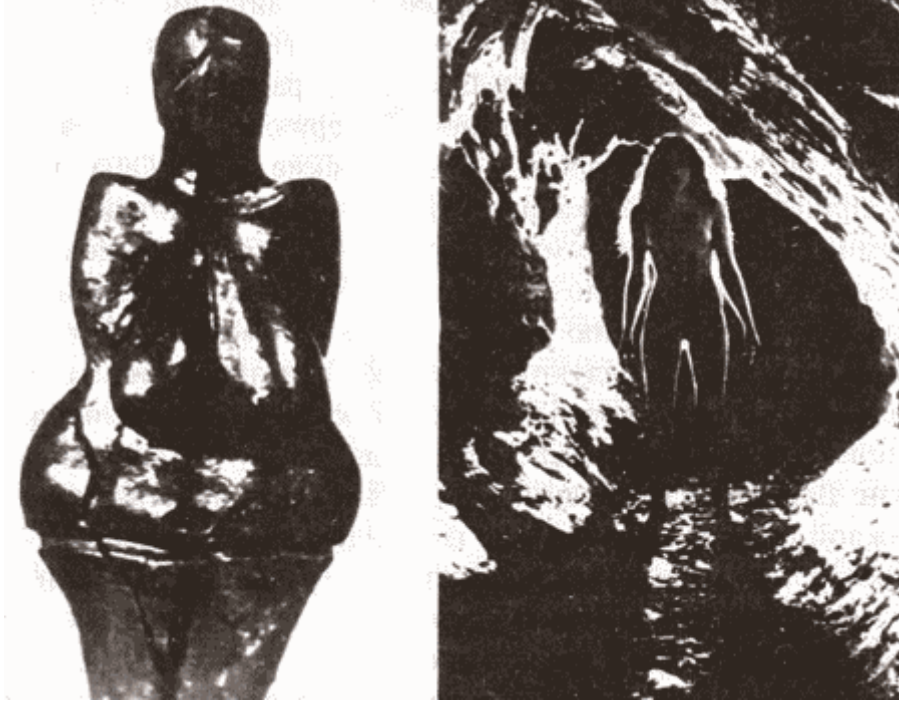
Абсолютно преобладают пиктограммы - изображения живого мира. Среди них чаще всего (90%) встречаются изображения животных. Позднепалеолитический человек был прежде всего охотником. Поэтому среди изображений встречаются зубры и туры, козы и бараны, лошади и олени, мамонты и носороги. Но количественное соотношение между ними необычное, отличающееся не только от наших школьных представлений, но и от данных, приведенных в научных монографиях. Первые два места занимают лошадь и бизон, третье - северный олень, четвертое и пятое - медведь и пещерный лев. А вот мамонту, символу ледникового периода, палеолитический художник уделил всего 1 % своего внимания! Эти расчеты корректируют находки костных останков животных. В отдельных местонахождениях на первые места выдвигаются местные охотничьи виды (например, в Крыму - ослы). Но общая картина не меняется.

Многие теоретики первобытного искусства строят свои гипотезы на предположении, что изображения на стенах со следами ударов дротиком - это "учебный класс", где юношей племени учили находить "убойные места" на теле животных, или символическая охота как элемент культа. Статистика показывает, что таких рисунков всего 2%. А вот рисунки лошадей и бизонов не просто преобладают (93%), но занимают центральные места среди композиций всех зон, в том числе и в основной, VII зоне. Это также свидетельствует о жестком каноне, которому подчинялись первобытные охотники. Не ради охотничьей удачи, не ради свободного искусства украшали они стены пещер рисунками. Они рисовали не то, что видели, а то, что нужно было видеть всему племени или первобытной общине.

Иногда рисунки древнего человека являются палеозоологическими загадками. Например, из 93 известных наскальных изображений пещерного льва лишь 13 - "типичные" львы; остальные похожи на льва и тигра одновременно. Палеобиолог М. Руссо предположил, что пещерный лев - гибрид льва и тигра, встречавшийся некогда в природных условиях. Он даже предложил названия для гибридов, живущих сейчас в зоопарках мира: тигр + львица = тигон, лев + тигрица = лигр... В пещере Горозомза (Южная Африка) обнаружен рисунок медведя, который в Африке не обитал, и... бронтозавра (вымер около 140 миллионов лет назад). Предполагаемые авторы рисунков, бушмены, поселились в этих местах всего 3,5 тыс. лет назад...

Второе место среди пиктограмм занимают изображения человека. Но в пещерной палеолитической живописи почти нет изображений людей как вида. Среди сотен изображений животных крайне редко попадаются фигуры, в которых можно заподозрить что-то человеческое. Иногда это схемы вроде линий с утолщением на одном конце, иногда какие-то морды или фигуры с человеческим корпусом, но с головой животного. Все это совершенно несопоставимо с реалистическими рисунками животных. Одни археологи видят в них охотников, совершающих магические обряды, другие считают, что это персонажи мифов и легенд. Среди изображений и скульптур, выполненных из самого разного материала - глины, камня, кости, рога, - резко преобладают женские (92%). Обычно они воспроизводят зрелую женщину с маленькой головой, выпуклыми грудями, мощными ягодицами и бедрами - словом, со всем, что обеспечивало (и обеспечивает сегодня) эмоции, нормальную репродукцию и воспитание потомства. Художник и скульптор словно радуются возможности преувеличить натуральные женские формы: в них заключено здоровье последующих поколений, процветание рода (рис. 79). Палеолитические Венеры - не богини (тогда они были бы стандартны в каждой пещере). Но нет: мы не найдем двух одинаковых фигурок! Статуэтки явно отражают культ реальных женщин.

Рис. 79. Вестоницкая Венера (пещера Дольни Вестонице, Чехия. Палеолит, коллекция музея "Антропос", Брно) и современная Афродита (фото С. Назариева, Париж).



Любопытно, что скульптуры палеолитических Венер распространены в приледниковой области и не заходят далеко на юг. Они не случайно "выбрали" прохладный климат. Здесь четко выделяются два сезона года: летний - охотничий, "мужской", и зимний - оседлый, "женский". А чем устойчивее оседлость, тем выше роль женщины в жизни общины, прочнее сплоченность рода вокруг нее.

Вторые по численности (хотя их всего 5%) - изображения людей вообще. Обычно это не живые существа ("свои"), а мертвые ("чужие"). Третье и четвертое места (по 1,5%) занимают рисунки птиц и земноводных. Археолог В. Н. Торопов считает, что в сознании палеолитического человека они четко противопоставлены "основным" животным - копытным и хищникам. Неясные на первый взгляд отношения между их изображениями символизируют одну из древнейших в истории человечества моделей мироздания - космическое дерево. Птицы заселяют верх композиции (небеса); копытные и хищники занимают ее центр, олицетворяя земное бытие; змеи-рыбы являются символами подземного мира. Эта космогоническая схема настолько устойчива, что в основных идеях пережила эпоху своих создателей, оставаясь и сейчас основой культурных традиций многих народов мира.

Значительно меньше психогамм, не имеющих определенного значения и создающихся под влиянием эмоций, и геометрических контуров-орнаментов. Среди психогамм особое место занимают схематические знаки, представляющие собой символы пола. В. Н. Торопов установил, что сочетания мужских и женских символов обычно сосредоточены в V, самой значимой зоне пещер с палеолитическими рисунками. В наше время, в особенности с позиций Фрейда, по которому каждый предмет, имеющий длину большую, чем ширину (башня, минарет, сталагмит), - символ фаллоса, а каждая пустота (тоннель, пещера, кольцо) - символ вульвы, проще всего свести все к сексу... Именно сексуальные видения вдохновили Н. Гумилева на красивые строки:

*Под землей есть тайная пещера,  
Там стоят высокие гробницы,  
Огненные звезды Люцифера, -  
Там блуждают стройные блудницы.*

Они же побуждают наших французских коллег выпускать сборники фотографий, посвященных "женщинам пещер".

Наши предки были скромнее... и мудрее. Они не отрывали удовольствие от продолжения рода. По наблюдениям Б. Л. Богаевского, для палеолитических рисунков характерны парные изображения: мужской и женский символы, самец и самка бизонов, чета северных оленей. Может быть, они имели особый смысл и были направлены на рост общины, увеличение количества промысловых зверей?

Наряду с фигурными и символическими изображениями палеолитическое искусство оставило нам очень много предметов, украшенных различными орнаментами. Ромбы, круги, прямоугольники, меандры и другие фигуры образуют различные группировки, в которых трудно найти смысл. Московский профессор А. Рогинский предположил, что орнамент как бы противопоставляется художественному образу. Изображение создается как попытка закрепления действительности, как результат борьбы с быстротекущим временем, как реакция на возрастающую сложность жизни, быструю смену впечатлений, изматывающую еще слабую нервную систему первобытного человека. Если бы кроманьонец заговорил, он вряд ли сказал бы лучше Гете: "Остановись, мгновенье, ты прекрасно!" Не умея говорить, он запечатлел это мгновенье...

Спасение от нервных перегрузок - повторение образов, их стандартизация, а затем - стилизация. В умиротворяющем тождестве, видимо, лежит секрет возникновения ритма, орнаментального, очень стилизованного искусства, в котором можно было "раствориться", создать на время искусственную тишину в душе. Первобытному человеку нужно было повторять впечатления, чтобы прийти в себя от их непрерывной смены. Ну а ритмика собственного тела, имеющая биологическую и космическую природу, определила строение орнамента, "настроила" его на некоторые магические повторения.

Наименее многочисленны идеограммы (знаки-указатели). Они могут быть очень простыми (вертикальная или горизонтальная черта, нечто, напоминающее наконечник стрелы или дротика) или более сложными (предполагается, что единичный силуэт у входа в пещеру имеет запретительное значение).

Попробуем кратко ответить на последний вопрос: зачем палеолитический человек рисовал? Гипотез по этому поводу предостаточно. Здесь и тезис "искусства для искусства" (первобытному человеку просто доставляло удовольствие рисовать мамонтов и оленей); и предположение о мемориальности рисунков, запечатлевших удачную охоту; и гипотеза об "учебном" назначении изображений. Французский исследователь палеолита А. Бегуэн в начале XX в. высмеял такие кабинетные построения, пригласив их авторов поползть вместе с ним по пещерам, где таятся древнейшие произведения живописи и графики. В пещеру Фонт-де-Гом приходится протискиваться через узкую щель, в Нио - ползти больше полукилометра по низкому ходу, в Ток-д'Одюбер - проплыть по подземной реке и подняться по узкой трубе, в Пасьеге, наоборот, спуститься в отвесный колодец... То же можно сказать и о новейших находках (Капова пещера на Урале и пр.). Создавая рисунки для своего удовольствия, человек выбрал бы другие места - доступные, заметные, может быть - освещенные. Художник, желающий увековечить некое событие, не стал бы рисовать зверей поверх старых изображений...

Нет, для наших далеких предков гравировки и росписи на скалах были не простой забавой, а частью тайных религиозных церемоний, без которых первобытный человек не мыслил благополучия своей общины. Их надо было проводить в укрытых от чужого глаза, труднодоступных местах. Именно поэтому для их отправления были избраны пещеры.

#### **15.4. Пещеры, боги и герои**

В религиозных представлениях многих народов мира божественное, небесное и даже космическое начала очень тесно связаны с земным и подземным. Отзвуками этих представлений является и то, что многие пещеры и их элементы названы именами

мифических объектов и героев. Посмотрим, как связаны боги и пещеры только в наиболее близких нам греческих преданиях /16/.

...Вначале существовал лишь вечный, безграничный, темный Хаос. Из него возник весь мир и бессмертные боги, в том числе богиня Земли Гея. Далеко под землей возникла ужасная бездна, полная вечной тьмы,- Тартар. Благодатная Земля без отца породила Небо (Урана), Горы и Море. В мире воцарился Уран, который взял себе в жены Гею (первое кровосмешение в истории!). Они породили шесть сыновей и шесть дочерей, могучих Титанов, которые восстали против отца. Победил младший из них, коварный Крон (греч. χρόνος время). От него богиня Рея в пещере Дикта на острове Крит родила и воспитала Зевса. После длительной борьбы с Кроном Зевс воцарился на Олимпе и разделил мир между братьями, взяв себе небо, отдав Посейдону море, а Аиду - подземное царство. У Зевса было много детей. От брака с собственной сестрой Герой (второе кровосмешение!) родился Гефест, бог подземного огня, проводивший большую часть жизни в подземной кузнице; от нимфы Майи в пещере Киликия в Греции родился Гермес, бог странников и торговли, обманщик и краснбай; от дочери фиванского царя Семелы в пещере родился бог растительности, покровитель виноделия Дионис; от супруги царя Тиринфа Алкмены родился легендарный герой Геракл. Пять из его подвигов тоже связаны с пещерами: именно в них обитали Немейский лев и Лернейская гидра (1 и 2 подвиги), в пещере жил мудрый кентавр Хирон (5 подвиг), в них располагались Авгиевы конюшни (6 подвиг), через Тенарскую пропасть (Пелопоннес) Геракл спустился в подземное царство и вывел наверх трехглавого пса Цербера (12 подвиг).

Тесно связаны с пещерами и другие греческие боги и герои. В пещерах на берегу великого Океана, сына Урана и Геи, живут три тысячи их дочерей - океанид. В пещере, увитой зеленью, из которой вытекает ручей, любила отдыхать дочь Зевса Артемида; в пещере пыталась скрыться от разгневанной Геры нимфа Эхо; в пещерах жили дочери Зевса и Фемиды Мойры, покровительницы девушек, хотевших выйти замуж; много времени проводил под землей бог лесов и рощ Пан, которому посвящена пещера в Афинском акрополе; с пещерой Полифема связано одно из путешествий Одиссея; в пещере кентавра Хирона до 20 лет прожил сын иолийского царя Ясон; сюда приходили боги, герои и люди, чтобы посоветоваться с мудрым кентавром; в сырых темных пещерах скрывались дочери царя Охомена, превращенные богом Дионисом в летучих мышей; в пещере горы Латама любовалась красотой спящего Эндимиона богиня Луны Селена... В пещере обитал и бог сна Гипнос; он лежал на ложе из натеков, с цветком мака в руке, а в глубине пещеры журчала река Забвения. В пещере Киликия обитала дочь Тартара и Геи, полуженщина-полузмея Ехидна. Под землей, в пещере, украшенной драгоценными камнями, жила дочь аргосского царя Даная. Сюда в виде золотого дождя проник Зевс, после чего она родила греческого героя Персея.

Властитель морей Посейдон, казалось бы, не связан с пещерами, но зато ему подчинено морское божество, старец Протей, обитающий в пещерах острова Фарос, где он пас тюленьи стада. Подобно морю, Протей мог менять свой образ, превращаясь в различных животных. Сын Посейдона Тесей с помощью дочери царя Миноса Ариадны разгадал тайну лабиринта и победил Минотавра. Через мрачную пещеру Тесей спустился в подземное царство.

Второй брат Зевса, Аид, был властителем подземного царства, в которое ведут бездонные пропасти. Там протекает священная река Стикс (названа по имени дочери Крона), водами которой клянутся боги; катит свои воды Лета, испив которые забываешь землю...

Таким образом, пещеры, бывшие некогда жилищами первобытных людей, стали считаться местом рождения и обитания богов. С пещерами Греции и Италии отождествляются входы в царство мертвых - Аид. Сперва это была Тенарская (в Лаконии), Пилосская (Пелопоннес), Авернская (Италия) пещеры. Затем "адреса" изменились: по средневековым представлениям, вход в ад находился на вулкане Гекла (Исландия), а в чистилище - на о-ве Св. Патрика. Не остались в долгу и наши



современники: в 1995 г. спелеолог Г. С. Романенко на основании изучения античных мифов пришел к выводу, что входом в ад считался Бездонный провал на г. Агармыш в Крыму...

Такие же легенды и мифы связывают пещеры богов и у других народов мира /43/. Их анализ - задача специального исследования. А здесь отметим только одну интересную особенность. В мифах народов Центральной и Южной Европы Аид (ад) отождествляется с "горячим" подземным царством. Отсюда и помещение входов в него в кратеры действующих вулканов, раскаленные могилы, рвы с горячей водой, озера с кипящей смолой (6-8 круги дантовского Ада). В мифах народов Северной Европы и Центральной Америки ад - это царство вечного холода и ледящих ветров. В чем причина этих различий - пока неясно.

Между мифологией и спелеологией существуют не только прямые, но и обратные связи. На страницах атласов пещер мира часто встречаются знакомые имена: пещеры Зевса, Пана, Геракла, залы Хаоса и Тартар, подземные реки Стикс и Лета, с мифологией связано и наименование удивительного пещерного животного - протей.

# 16. Использование подземных пространств

*Пещеры, я люблю ваш кров...*

П. Ронсар

## 16.1. Qui prodest - кому выгодно?

Этот обычный в судебной практике вопрос, ответ на который раскрывает мотивы поступков обвиняемых, нередко задают себе исследователи естественных и искусственных полостей. Наиболее полные сводки о возможностях использования подземных пространств (40-60 видов) опубликовали Х. Триммель (1968), Г.А. Максимович (1972, 1974), Р. Скриванис (1990) и П. Ф. Швецов (1992). Системный анализ, выполненный под руководством автора студентами Симферопольского университета Ириной и Максимом Козловыми, выявил более 130 различных видов использования подземных пространств. Оказалось, что между использованием пещер и искусственных полостей нет принципиальных различий. Удобнее всего характеризовать их по сферам деятельности: промышленной, сельскохозяйственной, коммуникационной, военной, социальной, культовой и научной.

**Промышленная сфера.** Типы и виды использования полостей:

- для добычи вмещающих пород (известняк, мел, каменная и калийная соли, песчаник и пр.);
- добыча выполняющих отложений (кремень, медь, золото, железо, свинец, серебро, мышьяк, уран, драгоценные камни, мраморный оникс и пр.);
- размещение заводов и объектов инженерного оборудования (железоплавильни, обогатительные фабрики, заводы точного приборостроения, ГЭС, АЭС, заводы по очистке воды, производству вина и пр.);
- хранение различных веществ, материалов, продуктов производства (холодильные установки, нефтепродукты, отходы промышленности и пр.).

**Сельскохозяйственная сфера.** Типы и виды использования полостей:

- выращивание грибов (шампиньоны);
- созревание сыров (рокфор и др.);
- овощеводство (огурцы, томаты, лук, помидоры);
- цветоводство (ландыши, жасмины, гвоздики, каллы и пр.);
- пчеловодство (хранение ульев, пчеломатериалов и пр.);
- добыча гнезд птиц (для еды и лечения);
- загоны для скота (мелкий и крупный рогатый скот, домашняя птица);
- скотомогильники.

Кроме того, из заполнителя полостей разных видов используются вода, гуано летучих мышей и птиц, костяная брекчия, гипс, мумие.

**Коммуникационная сфера.** Типы и виды использования полостей:

- пути сообщения (пешеходные, велосипедные, железнодорожные, водные);
- вокзалы, депо, стоянки автомашин;
- коллекторы (водопроводы, газопроводы, водонесущие и водоотводящие коммуникации, электрические и телефонные кабели).

**Военная сфера.** Типы и виды использования полостей:

- убежища и укрытия (мирные жители, военные, криминогенные элементы);
- коммуникационные сооружения (пути сообщения, узлы связи, типографии и пр.);
- фортификационные сооружения (укрепленные районы, бункера и пр.);
- заводы (для производства оружия, боеприпасов и пр.);
- полигоны (испытание оружия, стрельбища, места тренировок).

Из заполнителя полостей используются селитра (для производства пороха) и сталактиты (наконечники для стрел).

**Социальная сфера.** Типы и виды использования полостей:

- жилье (города, убежища, тюрьмы);
- водоснабжение (цистерны для сбора и хранения воды, колодцы);
- склады (вино, фрукты, медикаменты, золотой запас, клады, послания потомкам и инопланетянам, мусор и пр.);
- торговые помещения (магазины, рестораны, буфеты, мастерские, почта, телеграф и пр.);
- лечебные цели (лечебницы разных профилей, а также отложения: мумие, гипс, мирабилит, галмей, гнезда стрижей, вода);
- спортивно-экскурсионные цели (спортзалы, хоккейные поля, плавательные бассейны, учебные полигоны, спелеотуризм, экскурсии, танцевальные и концертные залы, музыкальные школы, проведение соревнований по спелеоориентированию, новогодние елки, фотографирование и пр.);
- культурно-просветительные цели (горные, археологические, биологические, фармакологические, спелеологические музеи; библиотеки, архивы и пр.).

**Культовая сфера.** Типы и виды использования полостей:

- отправления культов (первобытные святилища, языческие капища, ведические, индуистские, исламские, иудейские, синтоистские, христианские храмы, часовни, церкви, мечети, монастыри);
- отправления обрядов (инициация, бракосочетание, похороны и пр.).

**Научная сфера.** Типы и виды использования полостей:

- выяснение условий образования и существования полостей (маршрутные и стационарные геологические, гидрогеологические, микроклиматические, инженерно-геологические, биологические и прочие исследования);
- изучение процессов, происходящих в земной коре и в космосе (геофизические наблюдения - наклономерные, деформографические, сейсмические, электромагнитные и др.; астрофизические наблюдения - изучение космических излучений, частиц больших энергий и пр.);
- изучение жизни под землей (биологические наблюдения - жизнь животных в условиях вечной темноты, постоянной температуры и влажности; медицинские - изучение биоритмов человека при длительном пребывании под землей в спокойной и стрессовой обстановке, поведение человека и коллектива людей в условиях замкнутого пространства и информационной изоляции и пр.).

Изучение пещерных пространств дает важные результаты не только в перечисленных, но и во многих других научных направлениях геологии (минералогия, седиментология и пр.), гидрогеологии (изучение конденсации, особенностей движения подземных вод и формирования их гидрохимии, математики (проблемы топологии и пр.).

Таким образом, использование подземных пространств полифункционально. Оно началось с палеолита и продолжается на протяжении всей истории человечества. К концу XX в. отмечается резкое увеличение видов и типов использования пещерных пространств, а также - увеличение количества используемых для разных целей объектов. Поэтому возникает проблема их оценки как ресурсов. В. Н. Андрейчук и Г. А. Бачинский считают пещерные пространства природными ресурсами особого типа; В. П. Коржик рассматривает их отдельные компоненты (горная порода, атмосфера, вода, биота) как специфические виды природных ресурсов. Приведенные данные свидетельствуют, что их нельзя в полной мере соотносить ни с одним из типов ресурсов, выделенных Н. Ф. Реймерсом.

Пещерные пространства - это интегральные ресурсы. Отдельные их типы (емкостные, газообразные, жидкие, твердые) в разных комбинациях входят в состав общих ресурсов: природных (пространственные, энергетические, литосферы, гидросферы, атмосферы, биосферы), трудовых (лечебные, познавательно-

информационные, культурные, рекреационно-эстетические) и материальных (строительные, коммуникационные). Ресурсный подход к пещерным пространствам нуждается в выработке предложений и нормативов по их оценке, рациональному использованию и охране.

Наличие подземных пространств осложняет инженерно-строительное освоение территории. Если в 50-е гг. XX в. считалось, что естественные и искусственные полости оказывают влияние на устойчивость территории при глубине залегания до 20 м, то затем этот предел стал быстро увеличиваться. В настоящее время известны случаи их отрицательного влияния при глубине заложения 100-400 (Подмосковье, Приуралье, отдельные штаты США), а кое-где (Германия, Китай) - даже до 800-1000 м. Это заставляет по-новому подходить к геологической и экономической оценке территорий, где имеются пещеры и искусственные выработки.

Детальное рассмотрение возможностей использования подземных пространств уведет нас далеко в сторону. Поэтому остановимся только на нескольких из них, раскрывающих связи пещер с точными науками, археологическими и медико-биологическими проблемами.

## 16.2. Сравнение не есть доказательство

В 1915 г. в Московском университете защищал магистерскую диссертацию "отец русского карстоведения" А. А. Крубер. Один из его оппонентов, профессор А. Лейст, задал "коварный" вопрос: как определялась глубина карстовых шахт, в которые никто не спускался? Ответ был кратким: "по времени падения камня". Но дотошный физик потребовал разъяснений. Они свелись к следующему. В шахте Монастыр-Чокрак звук от удара камня о дно слышен через 5 с после начала его падения. Так как камень падает равноускоренно,  $S = v_0 + a \cdot t^2 / 2$ , где  $S$  - путь (глубина шахты, м);  $V_0$  - начальная скорость, м/с (равна нулю);  $t$  - время, с;  $a$  - ускорение свободного падения тел ( $9,8 \text{ м/с}^2$ ). Таким образом,  $S = 4,9 t_1^2$  ( $t_1$  - время падения камня). Но звук в воздухе распространяется равномерно, со скоростью 330 м/с. Поэтому  $S = 330 t_2$ . Получаем систему уравнений:

$$\begin{aligned} t_1 + t_2 &= 5 \\ 4,9 t_1^2 &= 330 t_2 \end{aligned}$$

из которых легко найти  $t_1$  и  $t_2$ , а затем и  $S$ .

Глубина полости по расчету оказалась примерно равной 100 м. (Забегая вперед, отметим, что только в 1963 г. удалось проверить этот расчет прямым замером; глубина полости составила 90 м.) Этим методом продолжали пользоваться до середины XX в. Еще в 1954 г. французский исследователь Ф. Тромб приводил в своей монографии "Спелеология" специальную таблицу, заменяющую расчеты. Но определить примерную глубину шахты - это лишь поставить задачу. Решить ее - значит спуститься на дно и благополучно выйти на поверхность. Вес спелеолога в полном снаряжении в среднем 90 кг. Сизальские, манильские и пеньковые веревки, которые использовались в конце XIX - начале XX вв., имели усилие на разрыв 385-1000 кг, что соответствует допустимой нагрузке 65-160 кг (1/6 разрывного усилия).

Положение осложнялось тем, что для подъема из шахты часто применялся "неподвижный блок" - веревка, переброшенная через ствол дерева. Согласно закону Эйлера, выведенному еще в начале XVIII в., в этом случае прилагаемая сила ( $T$ , кг) больше веса спелеолога ( $P$ , кг):  $T = P \cdot e^{\epsilon \cdot \phi}$ , где  $e$  - основание натуральных логарифмов,  $\epsilon$  - коэффициент трения (0,35-0,50),  $\phi$  - угол охвата блока, рад. Для подъема через неподвижный блок приходится прикладывать усилие 150-180 кг. Именно поэтому при первых подъемах часто использовали лошадей. Таким образом, даже работая в статических условиях, веревки уже были на пределе крепости.

В середине XX в. сизаль и пенька были вытеснены из альпинизма и спелеологии более легкими и устойчивыми ко внешним воздействиям веревками из полиамида (капрон, нейлон, перлон), полиэстера (терилен), полипропилена и пр. Их разрывное

усилие увеличилось до 1200-2400 кг. Однако применение новой техники (различные устройства для спуска и подъема) и тактики (использование одной или двух веревок, веревки и лестницы, веревки и троса и пр.) поставило новые задачи. Пришлось разрабатывать более сложные формулы, учитывающие разные коэффициенты трения соприкасающихся материалов, изменяющуюся геометрию зажимных устройств, возникновение динамической нагрузки и пр.

В качестве примера приведем лишь формулу, используемую для определения разрывающего усилия веревки,  $P$ , кг:

$$P = M + (M^2 + 4 * M * H * W / L)^{0,5},$$

где  $M$  - падающая масса, кг;  $H$  - высота падения, м;  $W$  - предельная статическая нагрузка, кг;  $L$  - длина рабочего конца веревки, м. Для простейшего случая ( $M = 90$  кг,  $H = 5$  м,  $W = 1500$  кг,  $L = 50$  м) величина  $P$  достигает 250 кг...

Необходимо учитывать, что прочность веревок ощутимо снижается при хранении, увлажнении, загрязнении, длительном пребывании на солнце, завязывании узлов и пр. Оценить степень потери прочности (а, следовательно, и риска) можно только с использованием математики.

Но вот спелеолог на дне. Начата работа, первый и обязательный элемент которой - топографическая съемка. Она полностью основывается на геометрии и тригонометрии, а оценка ее результатов - на теории ошибок. Большинство топосъемок пещер по международной шкале имеет 3-й класс точности - создание съемочной сети без закрепления точек, измерение магнитных азимутов компасом, вертикальных углов - эклиметром, а расстояний - мерной лентой (с точностью до  $1^\circ$  и 10 см). Общая ошибка съемки крупной пещерной системы может достигать 4%. Это значит, что при расчетной глубине пройденной шахты 500 м ее истинная глубина может находиться в пределах  $500 \pm 20$  м. В практике отечественной спелеологии в 60-80 гг. было принято использовать меньшую величину. Именно поэтому шахта Киевская на массиве Кырк-Тау внесена в список крупнейших с глубиной 990 м, хотя имелись замеры 1030 и даже 1080 м. Позднее это было признано "перестраховкой", и в литературу проникли цифры типа 1508 м (шахта В. Пантюхина). Уж 8 метров здесь явно "от лукавого"...

Один из важнейших параметров карстовой полости, используемый затем в морфометрии, спелеометеорологии, гидрохимии, - ее объем. Определение объема элементарной геометрической фигуры, имеющей сечение в виде окружности, квадрата, треугольника или прямоугольника, трудностей не представляет. Но как быть в пещере, где эти сечения непрерывно чередуются, меняя свои размеры (длина, ширина, высота, радиус и пр.)? Оказывается, имеется универсальная формула Симпсона, обходящая все эти трудности /12/:

$$V = h/6(b_1 + 4b_2 + b_3),$$

где  $V$  - объем полости,  $h$  - расстояние между сечениями,  $b_1, b_2, b_3$  - площади 1, 2 и 3 сечений. Единственное, что необходимо для расчетов, - набор данных о форме и размерах возможно большего числа сечений полости.

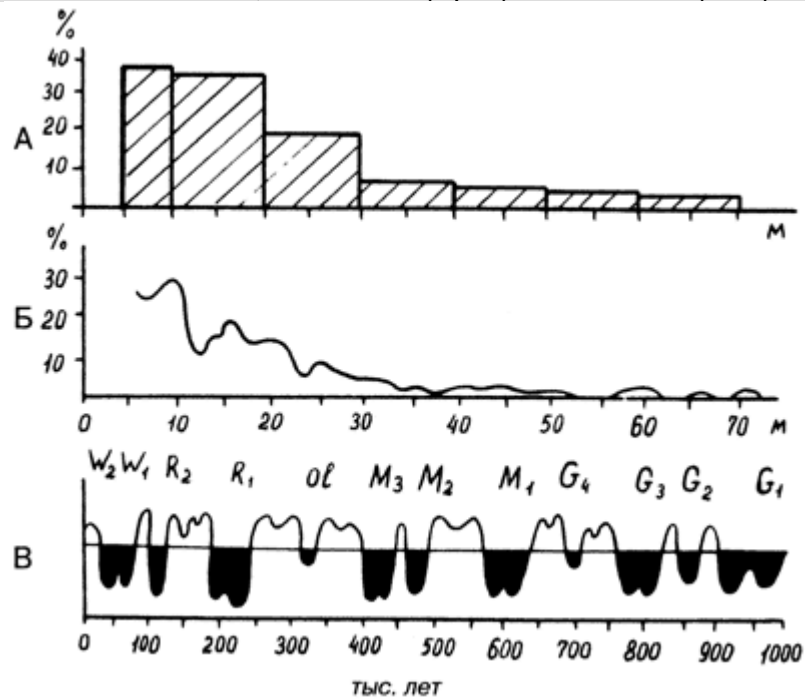
Современная спелеология имеет в своем арсенале и более точные методы. Например, чешские ученые разработали метод "щелевой" фотосъемки: лампа-вспышка, заключенная между двумя непрозрачными пластинами, "высвечивает" контур полости. Имея набор таких фотоснимков, увязанных между собой обычной топосъемкой, можно получить объем полости с ошибкой менее 15%, что вполне достаточно даже для инженерных изысканий.

Математика может пригодиться и при анализе особенностей заложения карстовых полостей. В Горном Крыму известно около 400 нивально-коррозионных колодцев и шахт, как помнит читатель, образованных тающим на их дне снегом. Они имеют разную глубину ( $H$ , м), которая является функцией площади входа ( $S$ , м<sup>2</sup>):

$$H = 0,5S + 7.$$

Итак, с глубиной "снежных" полостей все ясно. Но как они распределяются по глубине? Прежде всего, мы осреднили данные по 10-метровым интервалам и построили график-гистограмму (рис. 80 А).

**Рис. 80. Распределения нивально-коррозионных полостей Горного Крыма.**  
 Распределение по глубине (А, Б) и смена оледенений-межледниковий в антропогене (В). А - гистограмма; Б - по истинным значениям; В - оледенения (черное) и межледниковья (белое)



Как и многие геологические процессы, распределение нивально-коррозионных полостей по глубине имеет логнормальный характер: максимум в интервале глубин 10-20 м и закономерное убывание количества полостей к 70-80 м. Через десяток лет возникла идея: что мешает нам построить не гистограмму, а диаграмму, с шагом по глубине 1 м? Неожиданно возникла многовершинная (многомодальная) кривая с 12 пиками (рис. 80 Б). Попытки расчленить ее на более простые распределения, учесть размещение полостей на разных массивах, высоту их заложения, литологию карстующихся пород, количество выпадающих осадков и т. д. результата не дали. На всех "частных" графиках упрямо возникали эти же 12 пиков... Загадочные кривые надолго легли в один из ящиков стола.

Ответ пришел неожиданно. Перелистывая "Реферативный журнал", мы натолкнулись на кривую оледенений-межледниковий, составленную итальянским геоморфологом Ч. Эмилиани. "Стоп,- сказала подсознание,- такое мы уже видели".

Но где? Конечно же, на графике в ящике стола. Сравнение материалов показало их удивительное сходство. Для подтверждения его пришлось использовать более современную палеоклиматическую кривую В. А. Зубакова, построенную с учетом периодичности колебаний земной орбиты, и довольно тонкий математический аппарат. Особенно хорошо совпали пики, соответствующие оледенениям рисс-2, рисс-1, миндель-3, миндель-1, гюнц-4 и гюнц-3. Несколько хуже фиксировались оледенения глюч, миндель-2, гюнц-2. Пики, не имеющие аналогов в оледенениях, соответствуют климатическим минимумам межледниковых периодов. Таким образом, интенсивность образования карстовых полостей нивально-коррозионного класса увязывается с климатическими ритмами третьего порядка, проявляющимися в чередовании ледниковых и межледниковых эпох, обусловленном колебаниями количества и состава солнечной радиации /21/. Вот как глубоко завели нас совсем небольшие и неинтересные для спелеолога нивально-коррозионные колодцы и шахты!

Космические ритмы давно фиксируются в спилах древесных стволов в виде чередования колец разной толщины. Появилась даже специальная наука - дендрохронология, а лучшими "гидами в прошлое" считались деревья-долгожители - североамериканская секвойя или туркестанская арча, возраст которых достигает 2 тысяч лет. По ним созданы дендрошкалы, с помощью которых удается с точностью до 1 года

определить возраст каждого кольца. Однако А. Е. Ферсман еще в 1915 г. отмечал, что их аналогами являются годовые кольца сталактитов. Но, в отличие от деревьев, они могут на длительное время прекращать свой рост или даже подвергаться растворению. Это приводит к "выпадению" листов подземного календаря. Поэтому специалисты с большим интересом встретили сообщение крымских спелеологов о нахождении в русле подземной реки Краснопещерной естественных плотин-гуров, выросших прямо в потоке воды. Их рост никогда не прерывался, а количество сезонных слоев превышало 10 тысяч.

Расшифровка ритмограмм в трех натечных плотинах позволила выявить ритмы второго порядка протяженностью около 1800 лет, связанные с колебаниями общей увлажненности материков, и большое количество 11-летних ритмов, подчиняющихся гармоническим колебаниям солнечной активности. Компьютерная расшифровка ритмичности строения гуров пещер Европы и других материков - космической летописи за 10-12 тысяч лет - дело будущего.

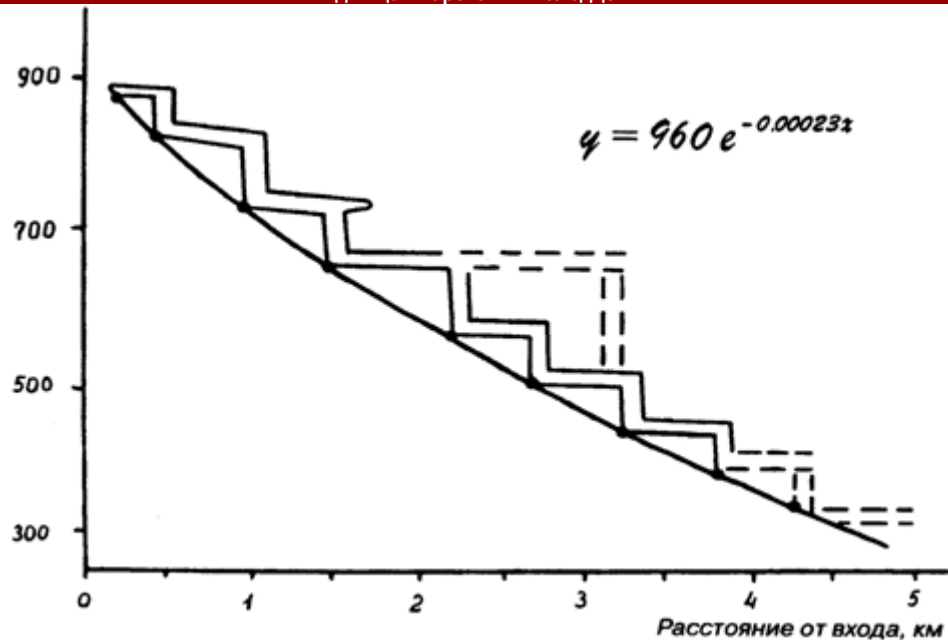
Более мелкие космические ритмы оказывают влияние на гидрогеологию карстовых массивов, определяя некоторые особенности спелеогенеза (формирования пещер). Приливы и отливы лунно-солнечной природы прослежены не только в Мировом океане, но и на суше, в земной коре, от экватора до 50-60° северной и южной широты. Они приводят к полусуточной пульсации воды в карстовых сифонах, а на большой глубине, в зоне замедленного движения карстовых вод, вызывают расширение трещин и пор за счет коррозии смешивания ("выжимание" воды из пор в трещины во время приливов и их обратное "засасывание" при отливах). Суточный эффект этого процесса ничтожно мал. Но природа нетороплива: его повторение на протяжении миллионов лет приводит к формированию полостей там, где вроде бы их быть не должно...

В гидрологии имеется понятие "выработанный профиль", или "профиль равновесия". Это теоретическая кривая, которой стремится достичь всеми своими точками реальный водоток. Она очень крутая в верхней, более пологая - в средней и совсем пологая - в нижней части. Описывает ее уравнение  $y = a \cdot e_{bx}$ , где  $x$  - расстояние от истоков,  $y$  - высота над уровнем моря,  $e$  - основание натуральных логарифмов,  $a$  и  $b$  - числовые коэффициенты.

Спелеологи давно обратили внимание на то, что подземные водотоки состоят из чередующихся участков наклонных, иногда меандрирующих галерей разной длины и соединяющих их вертикальных колодцев или шахт разной глубины. Казалось бы, никакого порядка! Но итальянский спелеолог Г. Абрами в 1968 г. выдвинул смелое предположение: может быть, подземные водотоки подчиняются той же закономерности? После публикации Атласа крупнейших пещер мира /35/ возникла возможность проверить эту гипотезу. 28 полостей, расположенных в Пиренеях, Альпах, Динаридах, Крыму и на Кавказе, легли днищами колодцев на теоретическую кривую (рис. 81). Определив ее числовые коэффициенты для данного карстового массива, спелеологи получили возможность предсказывать, как поведет себя полость дальше: ждать ли за сифоном наклонных, затопленных водой ходов, или готовить снаряжение для преодоления следующих колодцев... Хорошо "работает" этот метод и для предсказания сухих продолжений в верхней части карстовых систем. Кроме того, выяснилось, что вертикальные элементы карстовых систем хорошо коррелируются с этапами поднятий массива, что очень заинтересовало тектонистов и палеогеографов.

Не обойтись без математики и при определении "спелеологического потенциала" разных карстовых районов. Сведения о количестве пещер в разных странах мира противоречивы. По данным Х. Триммеля (1968), во Франции и в Италии внесено в кадастры более 10 тыс. полостей, в США - более 13-ти. Эти данные очень быстро устаревают. Кроме того, многое зависит от точки отсчета. В большинстве регионов бывшего СССР кадастры полостей включали объекты протяженностью или глубиной 10 м и более. После того как на Урале "порог" учета был снижен до 5 м, количество полостей в этом регионе сразу возросло с 670 (1980 г.) до 1870 (1993 г.).

Рис. 81. Реальный профиль карстовой водоносной системы и кривая предельного равновесия, рассчитанная по днищам карстовых колодцев.



К счастью для спелеологов будущего века, даже в хорошо изученных регионах сегодня далеко не все пещеры открыты и исследованы. Сколько осталось таких неоткрытых полостей? Ответ на этот вопрос попытался дать американский спелеолог и химик Р. Кирл. Пусть в данном районе имеется 1 полость с пятью входами, 2-е — четырьмя, 5 - с тремя, 26 - с двумя и 774 - с одним. Построив кривую их распределения и "спрямив" ее, применив полулогарифмический график, можно экстраполировать имеющиеся данные в область неизвестных пещер (с "нулем" входов). Для Горного Крыма их должно быть 1740. То есть сегодня нам известно только 35% от общего числа существующих полостей...

Спелеологам как представителям естественных наук часто приходится сравнивать между собой разные объекты: отдельные пещеры, их форму, размеры, микроклимат, обводненность. Но недаром французский математик Араго говорил: - сравнение не есть доказательство... Если подключить математику, достоверность выводов значительно повышается. Приведем лишь два примера.

В 60-е гг. были начаты исследования гипсовых лабиринтов Подолии (Украина). Понимая, что механизм их образования существенно отличается от крымского, автор предложил переточную модель: вода поглощается в бортах и днище одного притока Днестра и перетекает под водоразделом в долину смежной, более глубоко врезанной реки. Моделью для этой гипотезы послужила пещера Вертеба, расположенная в шейке меандра р. Серет и явно образованная при частичной потере стока этой крупной реки. Выдвинутая идея была подтверждена наблюдениями геофизиков: электроразведочными работами на предполагаемых путях перетока были обнаружены продолжения пещеры, заполненные глинистым материалом.

В 90-е гг. А. Климчук предложил обоснованную новыми фактическими данными артезианскую модель гипсового спелеогенеза. Пещеры прорабатываются не сверху или сбоку, а снизу, за счет подтока менее минерализованных напорных вод. Она убедительно объясняла многие особенности пещер Подолии, что, однако, не означало необходимости полного отказа от "переточного" механизма. По новейшим данным, приведенным в работе А. Климчука "Гипсовый карст мира" (1997), тринадцать пещер Подолии имеют коэффициент объемной закарстованности 0,002-0,007, а четырнадцатая (Вертеба) - 0,120. Возникает сомнение: а относится ли она к генеральной совокупности (то есть к группе пещер, имеющих артезианский генезис). Для проверки используем t-критерий:

$$t = (x - x_{cp})/\sigma,$$



где  $x$  - текущее, а  $x_{cp}$  - среднее значение коэффициента объемной закарстованности,  $\sigma$  - его среднее квадратическое отклонение. Расчет дает величину  $\tau = 2,3$ . Но для выборки из 14 членов нормированное отклонение  $\tau_a$  составляет 2,6. Так как  $\tau_a < \tau$  ( $2,6 < 2,3$ ), сомнительное значение коэффициента объемной закарстованности (0,120) не входит в генеральную совокупность. Это означает, что для пещеры Вертеба артезианская модель не подходит.

Второй классический пример касается сравнения двух выборок. При исследовании группы Воронцовских пещер на Кавказе в 50-е гг. были отобраны по три пробы инфильтрационной воды, имеющие минерализацию 100, 200 и 300 мг/л (пещера А) и 200, 400 и 600 мг/л (пещера Б). Сделан вывод, что вода из пещеры Б имеет в два раза более высокую среднюю минерализацию, чем из пещеры А (400 и 200 мг/л). Однако при малом объеме выборки сравнивать средние без дополнительной проверки опасно. Если число наблюдений заключено между 3 и 10, то для сравнения выборок следует использовать  $t_Q$ -критерий:

$$t_Q = (|X_{cp1} - X_{cp2}|) / [(Q_1 - Q_2) / (n_1 - n_2 - 4) * (1/n_1 + 1/n_2)]^{0.5} \geq 2,$$

$$\text{где } Q_1 = \sum(x_i - x_{cp})^2; Q_2 = \sum(x_i - x_{cp})^2.$$

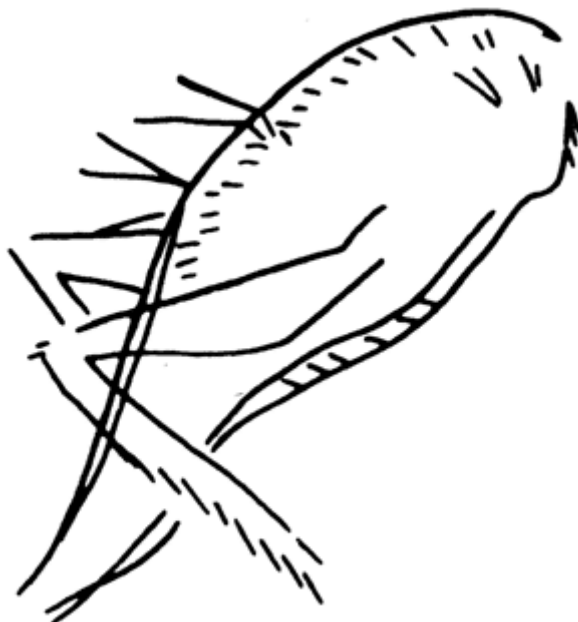
Выполнив вычисления, получаем  $t_Q = 1,4 < 2$ , то есть между пробами из пещер А и Б нет различий. Они принадлежат к одной генеральной совокупности с  $x_{cp} = 300$  и  $\sigma = 178$ ... Так математика страхует спелеолога от ошибочных выводов.

Читатель, естественно, понимает, что мы привели только самые простые примеры применения математики, свидетельствующие о ее возможностях. В разных случаях используются более сложные приемы обработки материалов и более мощные критерии оценки их результатов.

### 16.3. Магическая семерка

Еще совсем недавно развитие астрономии как науки связывалось с древнейшими земледельческими цивилизациями. Отдельные находки свидетельствовали о том, что охотники, собиратели, рыболовы разных частей света умели ориентироваться по небесным светилам, связывали сезонные изменения в природе с появлением определенных животных и т. д. Американский исследователь А. Маршак именно так интерпретировал рисунок кузнечика, выгравированный на кости мамонта из пещеры Трех Братьев (рис. 82): прискакал кузнечик - жди тепла!

Рис. 82. Кузнечик. Гравировка на кости из пещеры Трех братьев, Франция (17-15 тыс. лет до н. э.).



В 30-е гг. XX в. чешский археолог К. Абсолон обратил внимание на частое повторение числа 5 в рядах зарубок, надрезов, штрихов, из которых состояли узоры на различных предметах из пещер Дольни Вестонице, Пшедмости и пр. (Моравия). Значение этих находок оценили не сразу, но в 1938 г. историк математики Дж. Сартон включил "счетную палочку" из Вестонице в перечень древнейших доказательств становления счета у первобытного человека. Позднее выяснилось, что кроме 5 (число пальцев на руке) на предметах их пещерных

стоянок упорно повторяется число 4 (четыре стороны света, четыре ветра), давшие начало четырехконечному кресту и двадцатеричному (5\*4) счету индейцев Америки. Значительно реже встречается более древняя (пещера Пеш дель-Азе, Франция, 300 000 лет) троичная система (3-6-9), которой пока нет убедительных природных или этнокультурных объяснений.

В 60-е гг. появились первые публикации о наличии на предметах разного рода из палеолита (бивни мамонта, рога оленя, пряжки, статуэтки, рисованные композиции из пещер Ласко, Альтамира, Гранде, Вертеш) ритмически повторяющихся ямок и нарезок, состоящих из 7-14 элементов. Используя методы статистического анализа, историк Б. Фролов доказал, что число 7 с удивительным постоянством проявляется в орнаментах, мифах, обрядах, фольклоре народов, живших в разное время и в разных районах Земли. На 7 зон по значимости делятся палеолитические пещеры, семь линий или ямок обязательно присутствуют в орнаменте, нанесенном на женские статуэтки...

Детальный анализ выявил еще более удивительные закономерности. Черточки, нанесенные под углом к краю орнаментированного предмета, объединяются в группы ( $7 + 7 = 14$ ), а затем меняют направление наклона; каждая "двойная" группа соответствует одному и тому же природному явлению - нарастанию диска Луны до полнолуния и убыванию его до новолуния в течение 28-29 дней. При достаточно больших размерах орнамента (на браслете, бивне мамонта и пр.) на нем наносятся десять двойных групп. Так выглядит архаичная форма первобытного календаря, связанного с 10 лунными месяцами продолжительности беременности. Это подтверждается наличием рисунков, непосредственно изображающих фазы Луны (пещера Канчал де Маома, 8-7 тыс. лет до н. э.).

Теперь становятся понятными и некоторые другие рисунки первобытного человека. Во многих пещерах (заметим - и во многих более поздних мифах!) очень часты композиции, объединяющие быков и женские знаки (точки, округленные ромбы, треугольники, направленные вершиной вниз). Ключом к теме является одинаковый календарный срок беременности!

Не меньшую роль в формировании астрономических познаний палеолитического человека играло и Солнце. Смена сезонов года, происходящая примерно за 360 дней, сопоставляется со сроком беременности кобыл и ослиц. Может быть, именно поэтому рисунки лошади занимают первое место по численности? Солнечный год находит отображение не только в рисунках, но и в орнаментах: на многих из них к 282 черточкам (10 лунных месяцев) симметрично добавляются еще по 42, что дает 366 дней (солнечный год).

В древнешумерийской поэме, записанной на 12 глиняных табличках (3 тыс. до н. э.), повествуется о подвигах полумифического царя Гильгамеша. Разные эпизоды поэмы отражают чередование времен года и соответствуют названиям созвездий. Десятый месяц называется месяцем "Пещеры восходящего солнца". Исследования А. Маршака показали, что необходимый для земледелия комплекс знаний о периодичности природных процессов на Земле и их связях с небесными явлениями сложился уже 10 тыс. лет назад. Затем он непрерывно совершенствовался с учетом новых потребностей.

А. Гурштейн предположил, что следующим этапом формирования астрономических знаний первобытного человека было выделение в поясе Зодиака четырех особых точек: весеннего и осеннего равноденствия (уравнивание светлого и темного времени суток) и летнего и зимнего солнцестояния (высшей и низшей полуденной высоты Солнца над горизонтом). Это требует наблюдений за перемещениями Солнца на протяжении года и "закрепления" его положения среди созвездий. Первые представления о "квартете", включающем современные созвездия Близнецов (символ рождения новой жизни), Девы (символ лета), Стрельца (символ осени) и Рыб (символ зимы), судя по археологическим находкам из пещер, сформировались еще в 8-4 тысячелетиях до нашей эры.

Таким образом, сакрализация числа 7 (отнесение его к определенному религиозному ритуалу) произошла еще в позднем палеолите. Она имеет

астрономическую (фазы Луны) и биологическую (продолжительность беременности) природу. Но возможно, в чем-то правы и современные психологи, которые доказали ограниченность оперативных возможностей человека 7 однотипными единицами восприятия, памяти, действий...

Итак, находки в пещерах помогли специалистам разобраться в путях и методах формирования первичных астрономических знаний человека. Чтобы сделать следующие шаги, ему необходимо было перейти к систематическим наблюдениям. Так появились пещеры-обсерватории.

#### 16.4. Подземные обсерватории

Возникновение астрономии связано с ранней историей развития человеческого общества. Охота, скотоводство, позднее - торговля требовали умения ориентироваться в пространстве. Еще в незапамятные времена было замечено, что два раза в год Солнце всходит и заходит в определенных точках на востоке и западе, а отдельные яркие звезды в течение ночи совершают оборот вокруг некоторой точки. Такие периодические явления, как фазы Луны, смена дня и ночи, дали начало календарю. По этому поводу имеется огромная специальная литература, из которой выделим лишь некоторые моменты, связанные с пещерами.

На стенах многих пещер имеются "сезонные" рисунки - изображения змей, рыб, птиц, растений (рис. 82). В пещере Чокурча под Симферополем краевед А. Столбунов в 1979 г. нашел лопаточную кость мамонта со множеством нанесенных на нее точечных изображений (11-10 тыс. до н. э.). Астроном В. М. Чернов определил, что на ней изображен участок звездного неба северного полушария, на котором удалось отождествить 16 созвездий (Северная Корона, Гончие Псы, Волопас, Дева и пр.) и 102 звезды.

В 1987 г. болгарские спелеологи провели археологические исследования в небольшой пещере Байловского комплекса. На ее стенах обнаружены и изображения фаз Луны, выполненные черной органической (гуано летучих мышей) и лиловой минеральной красками. Возраст изображений восходит к 3 тыс. до н. э. Предполагается, что это первая в мире "школа" жрецов. Изображения фиксируют календарную последовательность выполнения ритуалов, определяемую положением Солнца и Луны. Астрономическая символика (астральные и солярные знаки, календари, композиции с космологическим содержанием) обнаружены во многих пещерах Болгарии.

В районе Дублина (Ирландия) находится сложенная из камней гробница (3 тыс. до н. э.). В день зимнего солнцестояния через отверстие в ее передней стене луч восходящего солнца освещает ритуальные знаки, нанесенные на ее заднюю стенку.

При раскопках в одной из пещер Китая найден панцирь черепахи, датированный по другим находкам XIV в. до н. э. На нем иероглифами записано сообщение о появлении на небе новой яркой звезды. Сейчас на этом месте находится источник гамма-излучения. Так что это, вероятно, самое древнее сообщение о вспышке Сверхновой.

На острове Наксос (Эгейское море) А. Петрохилос обнаружила много пещер и гротов с астральными знаками (1 тыс. до н. э.). Среди них выделяются спирали, символизирующие смену зимы летом, зодиакальные знаки и пр.

А. Нуньес-Хименес описал несколько пещер Кубы и Венесуэлы с концентрическими красными и черными кругами (1 тыс. до н. э.), олицетворяющими день и ночь. Некоторые круги перечеркнуты стрелой, направленной в сторону восхода солнца.

В 1054 г. вспыхнула Сверхновая звезда (на ее месте сейчас находятся Крабовидная туманность и оптический пульсар). Это феерическое событие наблюдали китайские астрономы, о чем рассказано в летописях, найденных в пещерах. Но его видели и индейцы Северной Америки. В пещере Галас (Нью-Мехико) в 1990 г. обнаружены глиняные чаши, расписанные изнутри. На них часты изображения Кролика,

символизирующего Луну. На одной из чаш скрючившийся Кролик держит в лапе круглый предмет с исходящими из него лучами. Взаимное положение Сверхновой и серпа Луны соответствует наблюдениям китайских астрономов.

Это же событие отражено на скальной плите в вулканической Папоротниковой пещере (Калифорния). Древний художник почти без искажений изобразил участок звездного неба со звездами Альтаир, Вега, Арктур, Спика, Антарес, Регул, серп Луны и Сверхновую в созвездии Тельца. Американский астроном Р. Престон считает, что пещерные обсерватории в Калифорнии (XII-VII вв. до н. э.) являются аналогом "наземных обсерваторий" (1 тыс. до н. э.), которых много в пустыне Аризона. Имеется даже проект поиска изображений Сверхновых на стенах пещер, с тем чтобы пополнить имеющиеся данные об этом редком явлении (1700 г.- Кассиопея А, 1604 г.- Кеплера, 1572 г.- Тихо Браге и пр.).

В пещерном монастыре Красен (Болгария) имеется келья, в стене которой пробито овальное отверстие со средним диаметром 30 см. По расчетам, в XIII в. н. э. солнечный луч освещал икону, расположенную на противоположной стене кельи, только два раза в год: в Сретенье (2 февраля) и в Преображение (6 августа). Так в монастыре действовала астрономическая система, позволяющая точно определять наступление весны и церковного праздника, связанных с ожиданием богатого урожая в конце года.

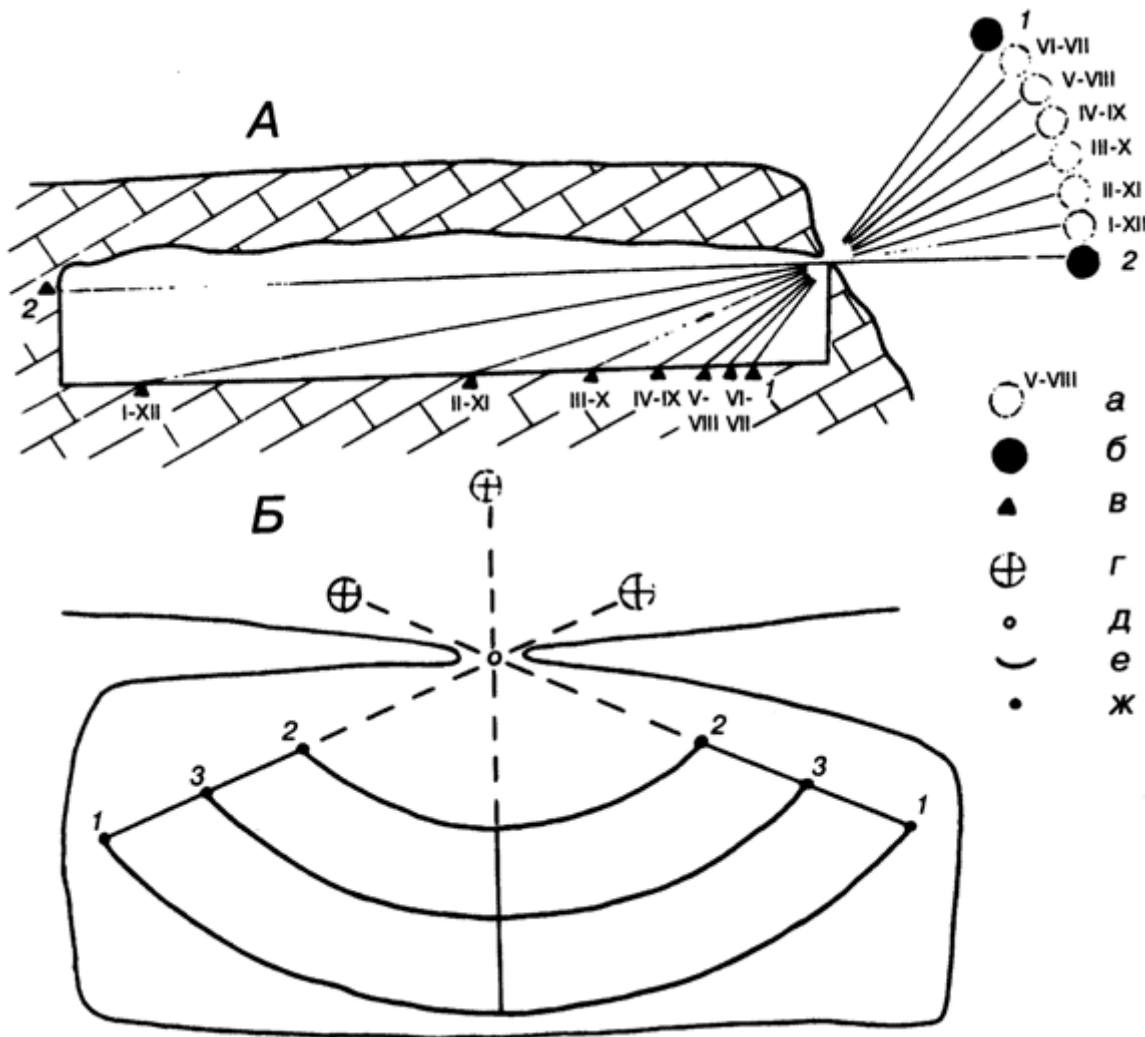
К пещерным изображениям обращаются и в конце XX века. Французский ученый А. Лот считает, что фрески грота Тасилли (Сахара) изображают живых существ в скафандре. Такой же рисунок найден в Японии. Возраст их одинаков - около 5 тыс. лет. Во многих пещерах Франции и Испании (Трех Братьев, Нио, Альтамира) найдены наскальные рисунки, напоминающие неопознанные летающие объекты. Так ли это? Кто знает...

Таким образом, пещеры являются настоящей "каменной библиотекой", хранящей астральные и космические представления человечества, переплетающиеся с его повседневной, земной деятельностью. Э. Тайлор /26/ на обширном этнографическом материале проследил связь движения Солнца с загробным миром: *"В силу самого простого поэтического сравнения с ежедневно восходящим и заходящим солнцем, олицетворяющим человеческую жизнь в прелести рассвета, в блеске полудня и в угасании при захождении, мифическая фантазия установила в религиозных верованиях всего мира, что страна отошедших от нас души лежит на далеком западе или в подземном мире"*. Миф солнечного заката вошел в представления людей относительно будущей жизни, трансформировавшись из древних фантазий дикарей в догматы церковников средневековья и позднейших мистиков...

Итог всему подводит статья Г. Хофера, опубликованная в Вестнике Союза спелеологов Германии в 1993 г. Проанализировав планы и разрезы большого числа подземных обсерваторий, он дал общую схему перемещения солнечных лучей по полу и стенам пещеры на протяжении года и суток (рис. 83). Очевидно, такой "механизм" работает в очень многих пещерах, надо только найти их.

Рис. 83. Пещера как естественная обсерватория (по Г. Хоферу, 1993).

А - годичный цикл (в разрезе пещеры): а - положение Солнца в разные месяцы; б - солнцестояние: 1 - летнее, 2 - зимнее; в - положение солнечного луча на полу и стене пещеры в разные месяцы.  
 Б - суточный цикл (в плане пещеры): г - положение Солнца в разные периоды светлого времени: 1 - утром, 2 - в полдень, 3 - вечером; д - световое отверстие пещеры; е - положение солнечного луча на полу пещеры (характерные даты: ж - летнее (1) и зимнее (2) солнцестояния; равноденствие (3));



## 16.5. Симметрия удивительного мира

В 1982 г. Академия наук СССР пригласила в Крым президента Международного союза спелеологов Адольфо Ромеро Эразо. Подготовка его приема проходила нервно: на одном из ее этапов Адольфо прислал в академию отписки своих работ, в том числе - заботливо переведенную на русский язык статью "О недиалектическом подходе к проблеме изучения карста". Это возмутило чиновников из УВС - управления внешних сношений: "Какой-то капиталист будет учить нас диалектике!" Пришлось долго объяснять, что Ромеро отнюдь не капиталист, а скромный профессор Мадридского университета, и пообещать "дать ему бой" по проблеме диалектики карста.

Однако давать бой не пришлось. Заметка Эразо лишь обращала внимание спелеологов на конвергентность (то есть сходство) отдельных форм и отложений в карбонатных, соляных и лавовых пещерах. В русскоязычной геологической литературе, неизвестной Эразо, имелось много публикаций о симметрии, так что произошел просто обмен информацией.

В чем же суть проблемы? Еще в 1884 г. Пьер Кюри, известный всему миру своими более поздними работами по изучению радиоактивности, выступил с небольшой заметкой "О симметрии физических явлений". Сейчас "принцип Кюри" используют

сотни специалистов во всем мире. Дальше всех продвинулся ленинградский минералог Илларион Шафрановский, который в 1968 и 1975 гг. опубликовал две книги о симметрии в природе. Установлены основные понятия о геометрии природных форм, связанных с симметрией поля земного тяготения. Все, что растет или движется горизонтально либо наклонно к земной поверхности, подчиняется "билатеральной" симметрии (листья деревьев, бабочки, гусеницы и др.); вертикально (вверх или вниз) - "радиально-лучевой" симметрии (цветы, грибы и пр.). Были выведены основные элементы симметрии - плоскость, ось, центр (так сказать, симметрия в статике), трансляция, ось скользящего обращения и пр. (симметрия в динамике).

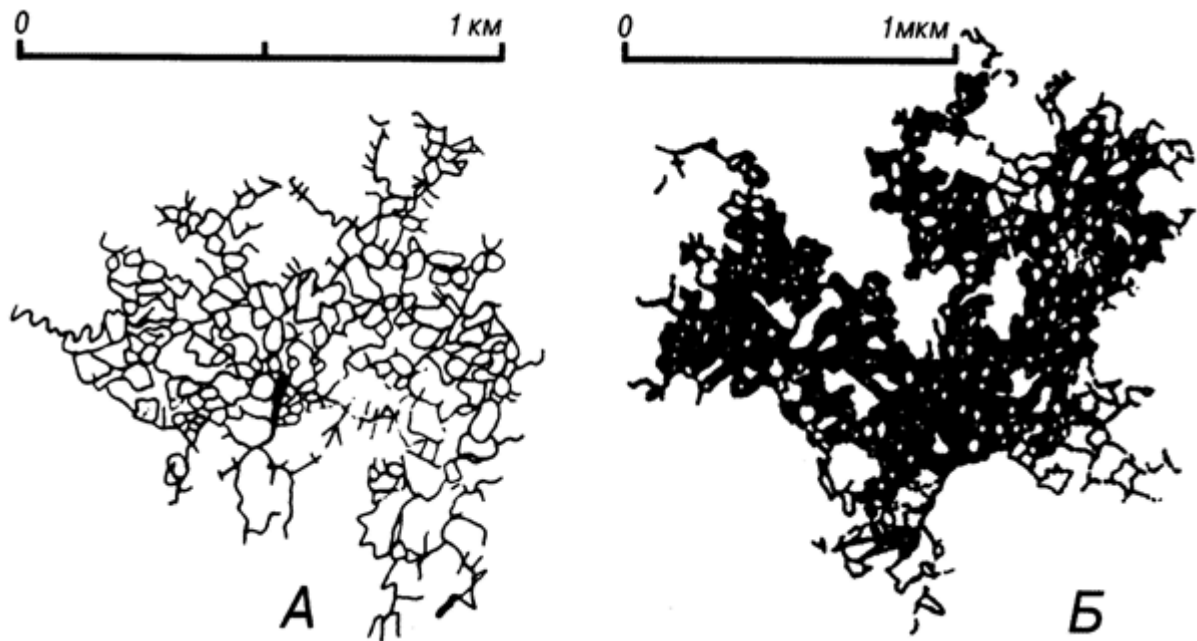
Особенно далеко в изучении симметрии продвинулись минералоги. Изучая форму и строение кристаллов сперва невооруженным глазом, а затем - с помощью линзового и электронного микроскопов, А. В. Шубников, О. Браве, Е. Федоров, Н. Белов все глубже проникали в тайны неживой природы. Все богатство мира минералов - это комбинация 32 видов конечной и 230 групп бесконечной симметрии. Если симметрия кристаллов не согласуется с симметрией среды, возникают асимметричные фигуры. Не менее ярко законы симметрии проявляются и в живой природе - от простейших, имеющих шаровую форму, до позвоночных, где законы симметрии "замаскированы" зеркальной асимметрией, киральностью (правое - левое) и винтовыми осями вращения...

Но вернемся к спелеологии. Специалисты-геологи обычно ограничиваются простейшими примерами - сталактитами, сталагмитами и кристаллами, свободно растущими на стенах пещер. На самом деле примеров много больше, и они значительно глубже раскрывают роль симметрии в формировании подземного мира. Мы уже говорили о множестве генетических групп, классов, подклассов и типов подземных пространств. Красноярский спелеолог Р. Цыкин, выполнив структурно-морфологический анализ нескольких сотен различных полостей, предложил выделять четыре элементарных класса: галереи, гроты (залы), щели, колодцы. Их образование связано с использованием двух систем трещин, линия пересечения которых занимает в пространстве произвольное положение (от горизонтального до вертикального). Объединяясь, полости разных классов образуют структурные решетки: цепочечную, каскадную, спиральную, корневидную, сетчатую, слоевую и каркасную. К сожалению, эти интересные идеи не получили дальнейшего развития.

А. Эразо обратил в своей статье внимание на динамическое сходство процессов спелеогенеза, проявляющееся в том, что разные процессы (движение воды, воздуха и пр.) сохраняют пропорциональность сил и градиентов независимо от их абсолютной величины. Это означает возможность моделирования медленно протекающих в природных условиях процессов (пещеры иногда образуются миллионы лет!) в лабораторных условиях. В статье рассматривались только простейшие примеры: кальцитовые, ледяные и лавовые сталактиты и пр. Между тем имеются и более глубокие, до сих пор неразгаданные аналогии.

Украинский спелеолог А. Б. Климчук объяснил формирование гипсовых лабиринтов Подолии вертикальным водообменом между водоносными горизонтами этажной артезианской системы. Лабиринтовые сети формировались за счет рассеянного восходящего питания, что обусловило равномерное коррозионное расширение всех имеющихся спелеоиницирующих трещин. Неожиданно обнаружилась удивительная гомологичность пещерной сети с фрактальными кластерами шаровых молний, которые имели в миллиард раз (!) меньшие размеры (рис. 84). Согласно исследованиям физиков фрактальные кластеры, составляющие как бы каркас шаровой молнии, формируются при ассоциации твердых аэрозолей или пылинок. Это единственная структура, способная объяснить легкость и жесткость каркаса. Подобные структуры возникают при многих гидродинамических и биофизических явлениях. Имеют ли они связь с процессами спелеогенеза? Это покажут дальнейшие исследования.

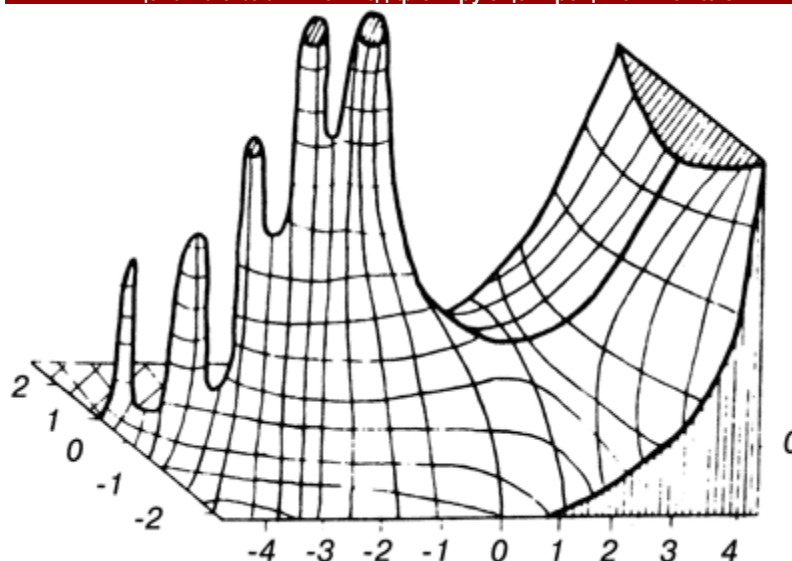
Рис. 84. Гомологичность элемента Оптимистической пещеры, Подолия (А) и фрактального кластера, входящего в каркас шаровой молнии (Б). Разница в масштабах миллиард раз!



Итак, система пещер обладает симметрией на высшем уровне - отдельной полости или образующей ее сети ходов. Спустимся на второй уровень. Спелеологи хорошо знают, что в поперечном сечении, в зависимости от геологического строения (монокристаллические, неслоистые породы или слоистая толща, падающая под углами от 0 до 90°) и условий образования (вадозные или фреатические), все пещеры имеют одинаковые элементарные сечения: круговое, эллиптическое, прямоугольное, квадратное, трапециевидное или треугольное. Все их многообразие - это осложнение исходных форм или их комбинация. Самый известный случай - сечение "замочная скважина" - округлый ход, прорезанный снизу вертикальной щелью (это свидетельствует о проработке пещеры в две стадии - сперва напорным, а затем безнапорным потоком).

Третий уровень - форма отложений разного генезиса. Симметрией часто обладают обвальные отложения. В зависимости от особенностей залегания и трещиноватости вмещающих пород в их составе нередко встречаются глыбы, близкие по форме к параллелепипеду. Водные механические отложения обладают симметрией более высокого порядка. В руслах подземных потоков формируются песчано-галечниковые отложения разной степени окатанности. Их очертания соответствуют кругам и эллипсам, а объем - трехосному эллипсоиду, обладающему тремя осями, тремя плоскостями и одним центром симметрии. Степень окатанности (то есть округления ребер первичного обломка) и соотношение осей эллипсоида характеризуют дальность транспортировки и расход водного потока. Если обломки горной породы выносятся из сифонных каналов, то возникает более высокая симметрия: эллипсоид превращается в шар с коэффициентом сферичности до 0,95. Если на полу пещеры встречается "пятно" хорошо отсортированного песчаного, гравийного или галечникового материала, то опытный спелеолог немедленно начнет искать сифонный канал, из которого в паводок вырывается поток воды. Зная размеры окатанных обломков, можно определить его скорость и расход. В отдельных случаях возможно образование довольно крупных шаров, имеющих диаметр до 10 см. Такие "окатыши" обнаружены на подводных полках в сифоне Пания в Крыму. В редких случаях под землей встречаются валуны диаметром более 0,5 м, занесенные с поверхности или образованные на месте. Так, в Нижней Шакуранской пещере (Грузия) гранитные валуны диаметром до 200 мм встречаются на расстоянии более 2 км от входа в систему.

Рис. 85. Поверхность модуля гамма-функции Эйлера и цепочка сталагмитов под фильтрующей трещиной - гомологи.



Какие ассоциации возникают у спелеолога при взгляде на рис. 85? Конечно же, это цепочка сталагмитов, образовавшихся на полу пещеры под трещиной в ее своде, скажут они. Но математик сразу поймет, что это - иллюстрация к книге, состоящей только из колонок цифр - "сборника таблиц специальных функций"... На рисунке изображена поверхность модуля комплексной гамма-функции Эйлера.

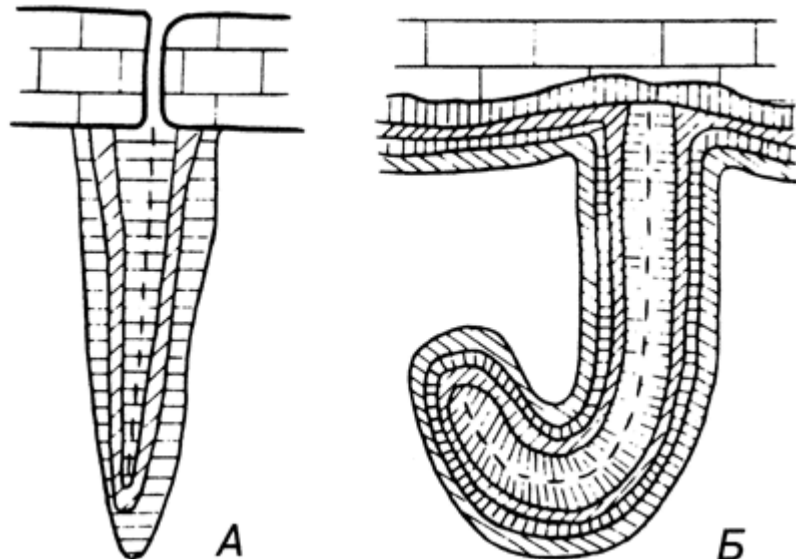
Кроме сталактитов и сталагмитов симметрией часто обладают и другие водные хемогенные отложения. Один из примеров - "пещерный жемчуг" - округлые стяжения кальцита, состоящие из полугодичных слоев карбоната кальция, разделенных более тонкими карбонатно-глинистыми прослойками. Любопытно, что на начальном этапе жемчужинки могут и не обладать симметрией: "затравкой" для них служит песчинка, обломок натека или косточки позвоночного. Но постепенно он "обрастает" кальцитом и приобретает все более округлые формы; в конце концов образуется жемчужина, имеющая симметрию шара. Описаны, правда, удивительные жемчужины, обладающие симметрией куба (пещера Кастельгард, Канада) или эллипсоида (пещера Эгиз-Тинах-3, Украина).

В великолепной монографии К. Хилл и П. Форти /36/ описано около 170 "пещерных" минералов. Многие из них обладают симметрией разных категорий - от низшей (отсутствие осей симметрии порядка выше 2) до высшей (имеется несколько осей симметрии). Один из самых удивительных случаев - спиральный кристалл малахита длиной 3 мм из пещеры в Австрии. Интересно, что спираль имеет правую закрутку. Возможно, это связано с действием силы Кориолиса, которая в Северном полушарии вследствие вращения Земли отклоняет все движущиеся потоки вправо. Но сказывается ли она на росте кристаллов? Эксперименты с органическими соединениями (сок каучуковых деревьев) в США всегда давали правозакрученную спираль, а в Австралии, где сила Кориолиса "работает" влево, на каждые 3 левозакрученных приходился один правозакрученный кристалл... Причины такого поведения кристаллов пока не ясны.

В монографии И. И. Шафрановского /29/ подобраны многочисленные примеры симметрии в мире неживой природы. Их следует дополнить и приведенными примерами из пещер. Кроме "билатеральной" симметрии разных представителей спелеофауны надо вспомнить и о "поведенческой" симметрии летучих мышей. Как мы уже рассказывали, их стаи обычно образуют на вылете "правовращающий" вихрь. Но в пещерах близ Карловых Вар (Чехия) они почему-то кружатся по спирали, закрученной против часовой стрелки...



Рис. 86. Строение сталактита (А) и псевдосталактита (Б). Пунктир - ось симметрии.



На этом можно было бы закончить рассказ о симметрии подземного мира, если бы не псевдосталактиты. Еще в 1916 г. А. Е. Ферсман указывал, что сталактиты могут быть сложены не только кальцитом ( $\text{CaCO}_3$ ), но и кремнеземом ( $\text{SiO}_2$ ). Сейчас известно, что капельные формы, имеющие симметрию конуса, образуют десятки минералов классов карбонатов, сульфатов, галоидов, нитратов, фосфатов, оксидов и гидрооксидов. Но одновременно выяснилось, что такие минералы, как скрытокристаллическая разновидность кварца - халцедон ( $\text{SiO}_2$ ) и серный колчедан - пирит ( $\text{FeS}_2$ ), образуют псевдосталактиты. Этот термин предложил Р. Лизеганг, очевидно имея в виду сходство отдельных сосулков со сталактитами пещер. Но сходство это чисто внешнее: псевдосталактит имеет симметрию цилиндра, разветвляется или изгибается под углами до  $180^\circ$  (рис. 86).

Затем выявились и более глубокие отличия: сталактиты растут в воздушной среде, подчиняясь силе тяжести, а псевдосталактиты - в растворе солей, заполняющем камеру, и не зависят от нее... Решение проблемы зашло в тупик. Русский минералог Ф. В. Чухров в 1940 г. предложил мембранно-осмотическую гипотезу. Сперва полость заполнилась раствором силикатов щелочных металлов. Затем через поры в известняке начали поступать растворы солей железа, марганца и пр. В устьях пор они приходили в соприкосновение с раствором, и стенки полости покрылись мембранной пленкой. Осмотическое давление отрывало ее от стены и формировало мембранные трубки с изгибами и ветвями, которые затем заполнялись сферолитами халцедона.

Разработка проблемы симметрии карстовых полостей еще только начата. Для выявления ее законов следует привлечь учение о симметрии подобия А. В. Шубникова, идеи о криволинейной симметрии Д. В. Наливкина, цветную симметрию Н. В. Белова, гомологию В. И. Михеева и А. Р. Эразо. Видите, как далеко завели нас чиновники из УВС...

## 16.6. Небожители спускаются в пещеры

В середине XX в. классическая "телескопная" астрономия получила мощную поддержку - начали бурно развиваться радиоастрономия и астрофизика. В 1959 г. М. А. Марков выдвинул идею проведения крупномасштабных экспериментов для изучения нейтрино - удивительных частиц материи, возникающих при ядерных реакциях превращения четырех ядер водорода в гелий. Источниками нейтрино являются Солнце и далекий Космос. Они обладают колоссальной проникающей способностью и поддаются изучению только с помощью огромных детекторов массой 90-8000 т, спрятанных глубоко под землю.

Первая подземная установка была создана в действующей золотодобывающей шахте Колар (Южная Индия, глубина 2900 м). Сейчас работает более десятка различных установок, размещенных в золотодобывающих шахтах Южной Африки и США (2500-3000 м), в тоннелях под Альпами (2500- 2700 м), в горизонтальных штольнях Баксанского ущелья (100-2000 м), в соляных шахтах Артемовска (300 м) и др. На них решаются разные задачи: регистрация "солнечных" нейтрино и их осцилляции, выявление безнейтринного  $\beta$ -распада, распада протонов, фиксация нейтрино при рождении Сверхновых звезд (к радости астрономов, это редкое явление, наблюдающееся один-два раза в столетие, произошло в феврале 1987 г.), регистрация монополей, возникающих при галактических взаимодействиях, и пр. ... Это дорогостоящие уникальные эксперименты, для проведения которых создаются международные коллективы.

Шахты и штольни скоро перестали удовлетворять астрономов по размерам, расположению, по возможностям использования. Действующие шахты создают пылевые, температурные, электрические помехи, а их закрытие как нерентабельных иногда приводит к ликвидации астрофизических лабораторий. Это вдохновило "небожителей" на новые подвиги: если нет подходящих пространств - их надо создать! В 1954 г. была учреждена Европейская организация ядерных исследований (ЦЕРН). Вскоре в Швейцарии было построено самое большое в мире сооружение для изучения ядерных частиц - кольцевой ускоритель длиной 26,6 км, залегающий на глубине 50-170 м под землей. Диаметр его галерей составлял 3,8 м. Ускорители меньших размеров (1,5-3 км) сооружены под Мюнхеном (Германия), в Протвино (Россия), в Техасе (США). Как будут использоваться эти подземные пространства после завершения экспериментов? Не придется ли исследовать их спелеологам XXI или XXII веков?

Иногда различные подземные пространства используются не только для изучения Космоса, но и для защиты от его проявлений. Согласно одной из гипотез развития человека (В. Г. Власов), в 44-42 тыс. до н. э. произошла инверсия магнитного поля Земли и резкое усиление ионизирующего излучения. Это привело к усилению гроз, спасаясь от которых люди начали укрываться в пещерах. То же происходило при появлении на небосводе крупных комет. Так, в 1910 г. комета Галлея вызвала панику в Северной Америке. В штатах Вирджиния и Кентукки, особенно богатых карстовыми формами, люди укрывались от ее "гнева" в пещерах. Паника не миновала и Европу - недаром Н. Н. Гумилев откликнулся на это событие строками:

*Комет бегущих душный чад  
Убьет остатки атмосферы,  
И диким ревом закричат  
Пустыни, горы и пещеры.*

Интересно, что в последние годы под землей были обнаружены и более вещественные примеры связи с Космосом. Детальное изучение минеральных отложений подземных рек Крыма выявило в его составе более 30 различных минералов. Это естественный обогащенный шлик, в котором происходит накопление минералов, даже в малых количествах рассеянных во вмещающих известняках. Поэтому неудивительно, что некоторые минералы были обнаружены в пещерах раньше, чем на поверхности (галенит, сфалерит, касситерит, апатит и пр.).

Неожиданностью стало другое - нахождение геологом и спелеологом Ю. Полкановым отдельных зерен минералов космогенного (метеоритного) происхождения - муассанита (SiC), когенита (Fe<sub>3</sub>C), самородного железа с характерными видманштеттовыми фигурами травления и шариков, состоящих из железа (Fe) и иоцита (FeO).

Исследования космических лучей, проведенные под землей, показали, что применяемые методы могут быть полезны и для "землян". Калибровочная кривая поглощения потоков мюонов в "стандартном грунте" (в пересчете на эквивалентную по весу толщину воды) позволяет "просвечивать" верхние слои земной коры. При этом решаются разные задачи: проверяется глубина заложения тоннелей при их проходке,

уточняется геологический разрез, определяется положение рудных тел, зон нарушений под горными выработками и карстовыми полостями, определяется плотность горных пород и давление на грунт разных сооружений. При строительстве подземного комплекса "Охотный ряд" возникла необходимость уточнить давление на грунт гостиницы "Москва". Вес здания, определенный с помощью мюонного телескопа, оказался равным 45 тыс. т, что эквивалентно давлению 1,1 кг/см<sup>2</sup>. С помощью регистрации космических лучей была просвечена из погребальной камеры пирамида Хефрена. Никаких пустот в ее верхней части не оказалось.

В ряде пещер мира (Имре-Вашш, Венгрия; Кунгурская, Россия; Эмине-Баир-Хосар, Украина) успешно работали различные приборы (наклонометры, деформографы, интерферометры), фиксирующие сейсмическую активность и "твердые приливы" - прохождение лунной и солнечной приливных волн через горные породы, вызывающее ритмические сдвигение-раздвижение стенок пещер и изменение водопритока из пор и трещин.

При подготовке полета к Марсу американские астрономы столкнулись со сложной проблемой: как доказать наличие или отсутствие на нем жизни? Ответ пришел из пещер. Из светлячков пещеры Уайтомо (Новая Зеландия) было выделено органическое вещество люциферин и фермент люцифераза. Они начинают светиться только в присутствии аденозинтрифосфорной кислоты - АТФ. На Марс была отправлена капсула с экстрактом из светлячков и прибором, регистрирующим световое излучение. Излучение зарегистрировано не было...

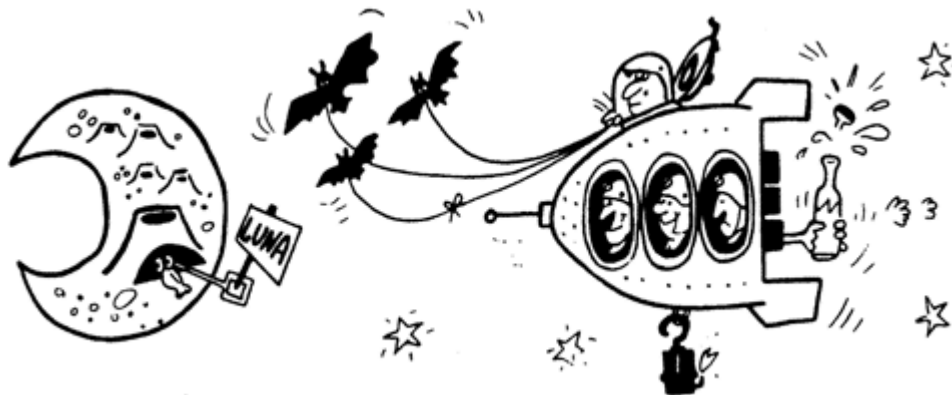
В 90-е гг. неожиданно наметился еще один аспект проблемы изучения пещер. Серьезные исследователи США, представляющие разные научные направления (геологию, геохимию, микробиологию, аэронавтику), предложили использовать огромную (свыше 140 км!) пещеру Лечугия, недавно открытую в Карсбадском национальном парке, как полигон для отработки методик и технологий исследований по программе поисков жизни на Марсе. Основное внимание следует уделить геохимии вмещающих пород как возможной питательной среде микроорганизмов и геомикрофлоры, изучению микробных сообществ, обитающих в пещере.

Так смыкаются подземные и космические проблемы. Хотим мы или нет, но все земляне - пассажиры огромного звездолета, несущегося в бескрайних просторах Космоса. И, выходя из пещер, мы прежде всего видим над собою Небо...

## 16.7. На встречу с селенитами

В декабре 1969 г. венгерский спелеолог Г. Денеш разослал друзьям традиционный рисунок - поздравление с Новым годом. На сей раз он изображал земных спелеологов в летящей к Луне ракете, использующей "двойную тягу" - тройку летучих мышей и газ, выходящий из бутылки с шампанским (рис. 87). В каждой шутке есть доля истины. Что же ждет спелеологов на других небесных телах?

Рис. 87. Новогоднее поздравление венгерского спелеолога Г. Денеша.



В 1901 г. Герберт Уэллс в фантастическом романе "Первые люди на Луне" описал огромные пещеры, галереи и шахты, построенные селенитами. А в 1923 А. Толстой в романе "Аэлита" поведал о вулканических и карстовых пещерах Марса, где укрывалась от пронизывающей стужи близкая землянам цивилизация...

Но уже в 80-е гг. XX в. начали появляться статьи на страницах научных журналов, в которых обсуждается удивительное сходство между формой и размерами лунных кратеров и провалами над вулканическими и карстовыми пещерами (В. Холлидей), доказывається возможность существования тектонических, лавовых, суффозионных и термокарстовых полостей на Марсе (Д. Бейкер, Р. Стром), упоминается о наличии пустот, напоминающих карстовые, на спутнике Юпитера Ганимед (Дж. Бири). Полученные "Вояджером" снимки его второго спутника - Европы, выявили мощную ледяную кору, в которой возможно существование ледниковых пещер. В 60-е гг. во многих районах Земли были обнаружены гидратные залежи углеводородных газов. Один объем воды в гидратном состоянии связывает до 300 объемов газа. Гидраты внешне схожи со спрессованным снегом или молодым льдом. Гляциолог И. Д. Данилов (1990) предположил, что в газогидратных толщах некоторых планет (например, Марса) возможно формирование пещер. Сейсмометры, установленные на Луне, отреагировали на падение последней ступени лунной ракеты своеобразно: многие ученые склонны винить в этом имеющиеся в ее теле пустоты...

Пока это только смелые гипотезы, но кто знает, что ждет спелеологов в Космосе в XXI веке?

# 17. Эксперименты вне времени

*Из бездны Хаоса, сквозь огненное море  
В пещеры Времени влечет водоворот...*

М. Волошин

## 17.1. Ритмы и жизнь

Одно из основных и наиболее загадочных свойств живой материи - подверженность ритмам - закономерным чередованиям каких-нибудь элементов. Эти ритмы являются биологическими часами, регулирующими жизнь в целом. Потеря ритма приводит к нарушению основных функций органа или организма.

Человек - сложнейшая высокоорганизованная система, в которой сосуществуют (то есть работают согласованно) различные функциональные ритмы. Физиологическую деятельность обеспечивают 5 основных ритмов: 40-60 мин (моторика желудка), 30-40 с (работа печени и связанных с нею органов), 6 с (дыхание), 4 с (глотательные движения), 0,8 с (сердечный цикл). В головном мозге прослеживаются 4 основных ритма: 0,30 с (бета и дельта), 0,15 с (тета) и 0,07 с (альфа). Еще мельче ритмы биотоков мышц (0,03 с) и импульсов, проходящих по двигательным нервным волокнам (0,02 с).

Однако живые организмы тесно связаны со внешней средой и поэтому испытывают воздействие экологических ритмов. Наибольшее значение имеют 3 ритма: суточный (циркадный), месячный и годичный. Суточный ритм регулирует сон и бодрствование, пониженную и повышенную активность, колебания температуры и кровяного давления - более 100 физиологических функций организма. Он "включается" регулярной сменой света и темноты. Свет, попадая на сетчатку глаза, воздействует на гипоталамус (отдел головного мозга, осуществляющий интеграцию функций внутренних органов в целостную деятельность организма). Циркадный ритм - "защитный барьер" № 1. За это время должно произойти полное восстановление. Если нагрузки длительны, они отнимают часть времени, отведенного на отдых. "Амортизаторы" не выдерживают, и включается месячный ритм. Месячный ритм имеет продолжительность 28-30 дней. Он ассоциируется с менструальными периодами у женщин и гормональной деятельностью у мужчин, внося большой вклад в формирование состояния человека. Период околосуточного ритма нестабилен и во многом определяется внешними условиями (нагрузкой) и рефлексом цели (выполнение эксперимента, защита диссертации, написание книги). Годовой ритм имеет продолжительность около года. Некоторые ученые связывают его проявления (например, изменение скорости роста волос) с "остатками" в человеке животного мира, из которого он вышел.

Суточный ритм обеспечивается вращением Земли вокруг своей оси (24 ч 3 мин 56 с), месячный - вращением Луны вокруг Земли (27,3 сут), годовой - вращением Земли вокруг Солнца (365,26 сут). Таким образом, все они имеют космическую природу.

Лучше других изучен суточный ритм. На основании огромного объема объективных (температура тела, артериальное давление и пр.) и субъективных (колебания числа ошибок при тестах) наблюдений установлено, что все люди делятся на две группы. "Жаворонки" рано просыпаются, чувствуют себя бодрыми и работоспособными в первой половине дня, рано ложатся спать. "Совы" засыпают далеко за полночь, просыпаются поздно. Немецкий физиолог Хамп установил, что около 20% людей "жаворонки", 30% - "совы" и 50% - "аритмики", легко приспосабливающиеся к любому режиму. Вне зависимости от своего типа человек на протяжении суток испытывает два периода резкого спада (около 2 и 14 часов увеличивается количество допускаемых ошибок) и два менее выраженных периода подъема (в 7-9 и 17-19 часов число ошибок минимально).

С ритмами космоса связано и такое фундаментальное понятие, как время. Развитие идеи времени связано с возникновением человеческого сознания и мышления, с развитием языка. Время для наших предков - это ритмическое повторение известных явлений. Именно поэтому почти все религиозные праздники проводятся в определенные фазы Луны. Солнце и Луна, демонстрирующие вечную повторяемость, возводились в ранг божества. Лунный месяц стал основой большинства календарей.

Циклические изменения, свойственные здоровому организму, нарушаются под воздействием физиологических и психических (заболевание), физических (быстрое перемещение по поверхности Земли или в околоземном пространстве), социальных (введение поясного времени, трехменная работа) и других причин. Изучение этих нарушений имеет огромное диагностическое и прогностическое значение. Широко известен годичный "полет" в герметичной камере - земном звездолете - врача Г. А. Мановцева, биолога А. Н. Блажко и техника Б. Н. Улыбышева, выполненный в 1969 г. Значительно меньше сведений о подобных экспериментах, проведенных в пещерах. Между тем пещеры - очень удобный объект для постановки самых разных исследований. Вечная темнота - "отключение" от основной причины, вызывающей циркадный ритм; монотонность событий - возникновение сенсорного голода, влияющего на психику; чрезвычайный режим - мощная, длительная стресс-реакция, заставляющая проявляться всем резервным и защитным функциям организма. Так спелеология выступила как помощник гелиобиологии, предоставив ей и подземные лаборатории, и "подопытных кроликов". Но, как всегда, обнаружилась и обратная связь. В начале XX в. исследования подземных пространств производились на протяжении одного маршрутного дня, с обязательным возвращением на поверхность для сна и отдыха. Усложнение спелеологических объектов заставило менять тактическую схему. Изучать дальние части пещерных лабиринтов, проникать в карстовые глубокие шахты или преодолевать сложные сифоны невозможно без организации ПБЛ - подземных базовых лагерей и пребывания в них 5, 10, 15, а то и более суток. Как скажутся на здоровье и жизнедеятельности человека микроклимат пещер и длительная изоляция от привычных условий? За этим простым вопросом стоят десятки сложнейших проблем, дать ответ на него можно только после специальных исследований, проведенных на современном научно-техническом и методическом уровне. Именно поэтому ЮНЕСКО планирует создание пещерных гелиобиологических станций, материалы которых необходимы многим наукам.

## **17.2. Победившие одиночество**

В популярной литературе наибольшую известность получили смелые эксперименты французского геолога Мишеля Сиффра. 16 июля 1962 г. он спустился в пропасть Скарассон, где на глубине более 100 м у края подземного ледника провел долгие 63 дня. Одноместная палатка, постоянный холод, оптические обманы и галлюцинации, никакой связи с поверхностью - тысячи трудностей стояли на пути отважного спелеонавта, решившегося на "плавание вне времени". "Пещерные" сутки оказались длиннее земных: выйдя на поверхность 17 сентября, Сиффр был уверен, что в этот день было только 20 августа...

Опыт Сиффра вызвал цепную реакцию: за 35 лет проведено более 20 подобных экспериментов (табл. 7). Кроме того, имеются неподтвержденные данные, что в 70-е гг. четырехмесячный эксперимент провела француженка Эммануэла Шамеруа, а двухлетний - югослав Милутин Велькович.

Эксперименты преследовали различные цели. Чаще всего это были медицинские наблюдения над поведением человеческого организма, раздельно проводившиеся над мужчинами (Сиффр, Беркеш, Биценти, Мерете, Чижмарь, Монтальбини) и над женщинами (Вильяме, Бробекер, Ле-Гуэн), а также - над "тандемами" мужчина - мужчина (Шабер - Энгландер) и мужчина - женщина (Сенни - Лорез) в не связанных между собой пещерах. Милутин Велькович занимался исследованиями пещеры, вел

дневник (более 2000 страниц!), ухаживал за десятком кур, утками, щенком и кошкой. Женщины, кроме медицинских наблюдений, занимались вязанием, ткали гобелены (Лорез), слушали музыку (Бробекер). Некоторые эксперименты не имели научных целей: Боб Пенмен решил побить рекорд Сиффра, просидев в пещере на один (!) день дольше его (по принятым правилам рекордный космический полет должен превышать предыдущий на 10%...); Дэвид Лафферти ушел в пещеру в целях рекламы, получив от ее хозяина, виконта Уайтмута, 650 фунтов стерлингов; за 127 суток он сжег 1438 свечей, потребил 454 л воды и 680 кг продуктов, прочитал 200 книг...

Таблица 7. Продолжительные одиночные пребывания под землей			
Год проведения	Продолжительность, сутки	Фамилия и имя спелеолога	Страна
1962	63	Сиффр Мишель	Франция
1962	64	Пенмен Боб	""
1963	90	Вильяме Дороти	Австралия
1963	105	Уикмен Джофф	Англия
1964*	88	Лорез Жозиан	Франция
1964*	125	Сенни Антуан	""
1965	14	Беркеши Ласло	Венгрия
1965	21	Биценти Жерар	Франция
1965	109	Фийс Поль	""
1966*	181	Мерете Жан-Пьер	""
1966	110	Гийо Анри	""
1966*	127	Лафферти Дэвид	Англия
1966*	146	Шабер Жак	Франция
1966*	146	Энгландер Филипп	""
1969	130	?	Англия
1969*	28	Бробекер Элен	Франция
1969-70	463	Велькович Милутин	Югославия
1972*	205	Сиффр Мишель	Франция
1977	29	Чижмарь Юрий	СССР
1987*	210	Монтальбини Мауро	Италия
1988*	100	Ле-Гуэн Вероника	Франция
1989*	130	Фоллини Стефания	Италия

**i** \* Эксперименты, проведенные под эгидой НАСА

Большинство одиночных экспериментов было хорошо подготовлено: выбиралась относительно безопасная пещера; оборудовалась спускоподъемными устройствами и односторонней (только из-под земли) связью; устанавливалась жилая палатка и сооружался склад для продуктов и воды, а также "шлюз" для бесконтактной передачи на поверхность анализов.

В отдельных случаях (М. Велькович) вход в пещеру замуровывался. На поверхности "в режиме ожидания" жила вспомогательная группа, фиксирующая время и содержание телефонных звонков. Научное обеспечение экспериментов зависело от поставленных задач.

Но не надо думать, что одиночное пребывание под землей - приятное *dolce far niente*... Вот как пишет в своем дневнике Мишель Сиффр: *"...весь комплекс исследования самочувствия одиночки во враждебной среде пещер я осуществлял на себе. Самописцы на поверхности вычерчивали кривые моих сновидений, регистрировали работу желез, температуру тела, сердечный ритм, мозговые импульсы. Диетологи программировали набор питательных веществ, которые я должен был потребить. Исследовалась работа моего кишечника и мочевого пузыря. Эндокринологи охотились за моими гормонами (не поручусь, что при этом они не замеряли прирост бороды...).* Никогда еще подобный шквал наблюдений не обрушивался на одного пациента. А в промежутках между этими наблюдениями я "езжу" на велоэргометре (2-5 км); измеряю температуру и барометрическое давление внутри палатки, мышечную силу правой и левой руки; стреляю в цель из пневматического ружья; дважды считаю от 1 до 25 по пальцам правой руки, последовательно дотрагиваясь большим пальцем до остальных; складываю 51 цифру, взятые наугад; вспоминаю 10 телефонных номеров; нанизываю на вязальную спицу разноцветные бусинки, чередуя определенным образом их цвета. И все это - без часов, без телевизора. Все, что не записано сразу в дневник, просто не существует, безвозвратно канет в мире вечной ночи..."

Что же дали эти удивительные эксперименты? Прежде всего, они еще раз подтвердили великолепную приспособляемость человека к самым необычным условиям. Но сколько странностей при этом было выявлено! У одних спелеонавтов (А. Сени, Ж. Лорез) сформировался 48-часовой ритм, у других (М. Сиффр) он составил 23,5 часа; оказалось, что периоды сновидений прямо пропорциональны информации, получаемой во время бодрствования; Ж. Лорез после "теста бдительности" мгновенно проваливалась в глубокий сон без стадии засыпания; П. Мерете не смог выносить звуки капли, бившей по его палатке (пришлось передать ему высотный гермошлем). У всех спелеологов отмечались нарушения цветовосприятия (индивидуально - для всего спектра от ярко-красного до индиго), у большинства развивалась близорукость; сенсорный голод порождал головокружение и зрительные галлюцинации, иногда сопровождающиеся сердечной аритмией; отсутствие временных ориентиров влекло сбои памяти (не всегда удавалось вспомнить, что делалось в предыдущем цикле бодрствования)...

Несмотря на это, большинство спелеонавтов вышло на поверхность без существенных физиологических и психических отклонений. Милутин Велькович после годичного пребывания в пещере Самар сохранил полный контроль над собой. Накануне выхода врачи, наблюдавшие за ним, обратили внимание на его кашель и порекомендовали бросить курить. Вскоре жители деревни увидели в воде ручья, вытекающего из пещеры, десятки пачек сигарет... Мишель Сиффр, напротив, покинул пещеру Миднайт в состоянии тяжелой депрессии, которую преодолел только через три года. "Мое самочувствие, наверно, никогда уже не будет таким, как прежде",- с горечью писал он /24/. Встречи со Временем не проходят бесследно для человека. Недаром ни один философ до сих пор не дал его исчерпывающего определения.

На этом можно было бы закончить рассказ об одиночных "сидениях" в пещерах. Но, оказывается, в Тибете и сегодня существует суровый обряд: монаха замуровывают в пещеру на 3 года, 3 месяца и 3 дня, лишь раз в сутки передавая ему через узкий канал подсолоненный чай и дзамбу. Ламаисты считают, что это самый эффективный путь установления волевого контроля над подсознанием, овладения скрытыми в человеческом организме физическими и психическими возможностями.

### **17.3. В пещеру как в космолет**

Следы длительного пребывания под землей больших групп людей известны с далекой древности. Цели этих "великих сидений" были разными.

В пещере Вертеба (Украина) в конце XIX в. в одном из залов в 300 м от входа под рухнувшим гипсовым сводом были обнаружены раздавленные скелеты 25 юношей,



обращенные головами ко входу. Вокруг них стояли сосуды с зерном, пустые кувшины (очевидно, для воды) и были разбросаны кремневые орудия, украшения из камня, костей и зубов животных. Археологи А. Н. Киркор и Г. О. Оссовский предположили, что пещера использовалась неолитическим человеком для отправления обряда инициации - перевода юношей в разряд мужчин. Этот обряд предусматривал длительное пребывание под землей с совершением магических действий. Землетрясение на Карпатах не дало завершить его...

Тур Хейердал приводит пример недавнего культового использования лавового тоннеля на о-ве Пасхи. Группу девушек-неру заточают в пещере, чтобы к религиозным праздникам они имели бледную, обесцвеченную кожу. Специально выделенные женщины в течение нескольких месяцев передают им через небольшое отверстие пищу и воду.

В октябре 1942 г. в пещере Вертеба на Украине, спасаясь от угона в Германию, укрылось 38 местных жителей в возрасте от 6 до 75 лет. Весной они ночью перешли в пещеру Попова Яма (ныне - Озерная). В ней было оборудовано жилое помещение и кухня с печкой. За дровами ходили в лес, а за колосками злаков, которые растирали на камнях в крупу, - на поля. Вода в пещере была. В апреле 1944 г., после полутора лет пребывания под землей, вся группа благополучно вышла на поверхность.

В 1961-1987 гг. было проведено 14 экспериментов по групповому пребыванию человека под землей (табл. 8). В 1961 г., за год до эксперимента, прославившего М. Сиффра, 10 итальянских специалистов под руководством профессора С. Монетто провели 30 дней в пещере Фаброза. В обществе 2 коров, 4 овец, 80 кур и одного петуха они исследовали влияние пещерных факторов на состояние своего здоровья, контролировали удои коров и яйценоскость кур.

В 1966 г. по заказу психологов НАСА 15 дней под землей провели 7 незнакомых до того женщин в возрасте 21-36 лет. Они познакомились, подружились, сочинили песню о своем "космическом полете" и разрисовали стены пещеры карикатурами на мужчин, втянувших их в эту авантюру... Даже во время самых неприятных психофизических тестов женщины ни разу не поссорились.

21-27.12.1968 французские спелеологи Ж. Каппа, Ж. Шабер и Ф. Энгланде дублировали под землей полет "Аполлона-8" вокруг Луны.

19.04-20.05.1971 очень интересный медико-биологический эксперимент провели болгарские спелеологи П. Петров, Г. Иолов, Г. Тричков и Д. Жишев /22/. На протяжении месячного пребывания под землей их систолическое давление колебалось от 120 до 130 мм рт. ст., диастолическое - возросло от 75 до 98 мм рт. ст., а пульс замедлился от 64 до 56 ударов в минуту. На поверхности все жизненные параметры спелеологов восстановились только через 20-25 дней.

В 1973 г. геолог Сюзанна Пеги, географ Клод Понсон и горноспасатель Марсиаль Берар совершили удивительное путешествие. Войдя в пещеру в леднике Аржантьер (Франция), они "продрейфовали" вместе с движущимся льдом 7 суток. Площадка для палатки непрерывно деформировалась, лед трещал, в пещеру прорывалась вода. Пульс исследователей в это время повышался до 120-130 ударов в минуту...

Остальные эксперименты преследовали в основном медицинские цели. Это была проверка воздействия вечного мрака на биологические ритмы человека и испытание небольших коллективов на психологическую совместимость в стрессовых ситуациях. К концу экспериментов у всех участников наблюдалась потеря веса, состояние нарастающей тревоги, но работоспособность оставалась высокой. "Биологические часы" спелеологов то отставали, то спешили, пещерные сутки непрерывно удлинялись.

Таблица 8 Продолжительные групповые пребывания под землей

Год проведения	Продолжительность, суток	Количество человек		Страна
		мужчины	женщины	
1961	30	10	-	Италия

1966*	15	-	7	Франция
1967	30	8	-	Венгрия
1967	30	2	-	Венесуэла
1968*	6	3	-	Франция
1971	30	4	-	Болгария
1971	2	15	-	Украина
1971	6	16	-	""
1972	16	6	-	""
1973	7	2	1	Франция
1976	62	2	-	Болгария
1978	30	2	-	Украина
1978	14	5	-	""
1979	24	7	-	""
1980	30	7	5	Россия
1982	70	4	-	""
1985	34	2	-	Италия
1987*	48	11	3	""

**i** \* Экспедиции, проведенные под эгидой НАСА.

Эксперимент, проведенный в 1987 г. М. Монтальбини, имел целью проверку "на выживаемость" группы мужчин и женщин в экстремальной ситуации (землетрясение, атомная катастрофа).

Результаты экспериментов очень интересны и для медиков, и для спортсменов. Они позволяют прогнозировать состояние людей в сложных условиях. Недаром уже после первого эксперимента М. Сиффра пещерами как естественными полигонами заинтересовалось Национальное управление по авиации и исследованию космоса США (НАСА). Под его научно-методическим руководством проведено много экспериментов (табл. 7, 8). Нийл Армстронг, первый землянин, побывавший на Луне, позднее участвовал в исследованиях пещер Эквадора. Интересовались длительными пребываниями под землей и советские космонавты: с Милутином Вельковичем встречались Владимир Шаталов и Виталий Севастьянов. Развития эти контакты не получили, а все попытки Центральной комиссии спелеологии "выйти" на Центр космических исследований успеха не имели. Известно: нет пророка в своем отечестве...

Правомерно ли сравнивать космонавтов и спелеологов? Профессор Ф. Д. Горбов, комментируя достижение М. Вельковича, дал четкий ответ на этот вопрос. И космонавт, и спелеолог живут и действуют в условиях изоляции, отторжения от первичных условий жизни и общения с другими людьми. Само понятие изоляции известно давно: это изгой и отшельники, узники или "сверхчеловек", взирающий на мир с вершины "башни из слоновой кости". Каковы бы ни были социальные причины изоляции, в ней всегда присутствует пространственная отдаленность и ограда. Глубина или высота, необъятность океана или космоса, замкнутость пещеры или звездолета воздействуют на человека, вызывая клаустрофобию. Это не только проявление невроза - "страха запертых дверей" (таким людям одинаково заказан путь и в космос, и в пещеры). Это скорее модель отношения человека к ограде, изолирующей его от внешнего мира. Страх "не докричаться до окружающих" свойствен в той или иной мере всем людям. Поэтому для тех, кто преодолел опасения и страхи, справедливо определение "пространственная смелость", а выполненные ими эксперименты могут считаться подвигом.

Одиночные и групповые пребывания под землей имеют еще один неожиданный аспект: постоянное наблюдение с поверхности. Экспериментаторы находятся

одновременно и в одиночестве, и в центре внимания. Зачастую это сказывается на их сообщениях, в особенности касающихся самочувствия и интимных переживаний. Возникает ситуация, которую режиссер К. С. Станиславский называл "публичным одиночеством". Поэтому переживания исследователей глубин космоса и пещер во многом схожи.

Рассказ о медико-биологических экспериментах под землей был бы неполным, если не упомянуть о наблюдениях, производимых непосредственно во время сложных экспедиций. Одно дело - находиться в палатке базового лагеря, отходя от нее на небольшое расстояние, другое - работать, перемещаться в пространстве, преодолевая очень сложные препятствия... Первые три эксперимента выполнили украинские врач-спелеологи В. Апостолук и П. Горбенко в лабиринтовых пещерах Подолии. В 1971-1972 гг. в пещере Кристальная наблюдения проводились над двумя группами, выполняющими легкую (фотосъемка, изучение микроклимата) и тяжелую (раскопки новых ходов) работу. Контролировались артериальное давление, пульс, рефлекс, высшая нервная деятельность. Были выявлены изменения всех исследуемых параметров, преобладание (через 2-е суток) и доминирование (через 5 суток) процессов торможения в коре головного мозга. На 5-6-е сутки все отмечали ухудшение состояния, проявление апатии и сонливости. При проведении теста на внимание участники топосъемки в начале рабочего дня допускали 2,2, через 4 часа - 3,4, через 8 часов - 5,1 ошибки.

В пещере Атлантида медико-биологические наблюдения проводились с целью выявления критериев для отбора участников длительных подземных экспедиций. К наиболее показательным отнесены стабильность пульса и давления, а также - высокий уровень альфа-ритма головного мозга и высокие результаты тестирования.

Вторая группа экспериментов была проведена в 1980 г. студентами Московского медицинского института под руководством врача-психиатра, специалиста в области космической медицины А. Лебедева в сложной системе Снежная на Бзыбском массиве (Грузия). На протяжении месяца спортсмены должны были спуститься на глубину 760 м, подняться на поверхность и выполнить обширную программу наблюдений.

Эксперимент шел "вне времени" (часы были лишь у руководителя). Выявился ряд интересных особенностей: при преодолении особенно сложных участков происходило "уплотнение" времени (13 часов оценивались разными участниками в 3-5); в подземных базовых лагерях формировались удлиненные или укороченные сутки (54-20 часов); несмотря на это, "разлаживания" физиологических процессов и психического состояния спортсменов не наблюдалось. Положительные эмоции способствовали активизации нервной и физической работы за счет дополнительно вырабатываемых гормонов. При высокой мобилизованности психики притуплялась болевая чувствительность, укорачивалось время свертываемости крови, заживление поврежденной кожи. Физиологические отправления, заторможенные на маршруте, полностью восстанавливались в подземных лагерях: сон был глубоким, почти без сновидений. А вот на поверхности наступила психологическая разрядка: участников эксперимента одолевали тревожные сны - падение в поток, срыв в колодец. Многие из них болели, что в значительной мере связано со снижением иммунитета к богатой земной бактериальной микрофлоре.

Одной из самых длинных медико-биологических экспедиций (70 дней) стал спуск в пещеру Снежная в 1982-1983 гг., выполненный сотрудниками кафедры нормальной физиологии Университета дружбы народов (рук. проф. Н. Агаджанян). Четыре человека (в том числе - врач В. Ещенко), спускаясь на глубину 1320 м, выполняли большой объем поисковых и медико-биологических (измерение температуры, количества выпитой жидкости, анализы крови, психофизические тесты) исследований. Полученные материалы дали много нового специалистам. Ну а неспециалистам интересно знать, что спелеологи жили по "растянутому" 50-часовым суткам; что среднее значение балла "самочувствие + активность + настроение" менялось по синусоиде с максимумами на 4-й, 12, 18, 26, 34 и 48 день и минимумами на 6-й, 15, 23, 26 и 38 дни; что в первые 23 дня экспедиции тест "субъективная минута" показал небольшое (на 5-8 с) ускорение, а на 24-

й день - скачкообразное замедление (реальная минута оценивалась в 100-110 с). Реадаптация к наземным условиям протекала довольно долго - 3-4 недели. У всех участников экспедиции произошло нарушение водного и соляного обмена, потеря плазмы крови, солей кальция; снизилась мышечная сила, упала работоспособность (не хватало 24-часовых суток); долго гноились небольшие раны, почти зажившие в пещере...

Обработка материалов, полученных на земле, под землей и в космосе, выявила общие закономерности: при "выключении" из привычных земных условий нарушается точность оценки времени: на 12-е сутки эксперимента двухминутный интервал оценивается почти точно (122-125 с), на 25-е - увеличивается до 150 с, на 70-е - до 300 с; продолжительность 7-часового сна оценивается соответственно в 9, 13 и 16 часов. Наблюдаются мгновенные "провалы" в глубокий сон, одинаково опасные для спортсмена (надежность страховки), для водителя автомашины, машиниста поезда, летчика или космонавта.

Приспособительные возможности человека к смене ритмов ограничены: он не может привыкнуть к суткам короче 12 и длиннее 52 часов. Для конкретного человека они в значительной мере определяются "энергетической стоимостью суток" - количеством калорий, потребляемых в нормальных условиях. Если исследователь довольствуется 2200 ккал, то он сможет приспособиться к более коротким, чем 24 часа, суткам; если он потребляет более 3800 ккал, то сможет только удлинять свои сутки, так как укоротить их - для него значит превысить нормальный часовой расход энергии, что привело бы к перенапряжению. Так что, возможно, отряды космонавтов и спелеологов вскоре будут комплектоваться не только по научным, физиологическим и психологическим соображениям, но и с учетом их "аппетита".

#### **17.4. Под землю за здоровьем**

Верования в то, что жизнь под землей несет вечную юность, здоровье и долголетие, уходят в седую старину. В IV в. до н. э. в районе Пергама (Малая Азия) сооружается подземный храм бога-врачевателя Асклепия. Его сохранившаяся часть состоит из двух 50-метровых тоннелей и большого зала с колоннами.

О благотворном влиянии пещер на здоровье можно прочесть во многих древних трактатах Востока.

Лечебные свойства различных пещерных отложений были известны еще в VI-V вв. до н. э.

В теплой сицилийской пещере Кронио капли воды собирали в терракотовые сосуды и использовали для лечения желудочных заболеваний. Плиний Старший (79-23 гг. до н. э.) в "Естественной истории", которая до конца XVII в. использовалась как источник знаний о природе, писал, что "соль из пещер облегчает нервные страдания, лом в плечах и пояснице, колотье в боку, резь в желудке". В средние века как лечебное средство использовались толченые сталактиты, лунное молоко и пещерная глина (заживление ран), молотые натеки (давящие повязки), силикат цинка - галмей (заболевания глаз). Алхимики считали мумифицированные трупы людей и животных из пещер важнейшим ингредиентом лекарств и магических снадобий. Это, наряду с проклятием, наложенным "святой церковью", послужило причиной почти полного их уничтожения.

В XVIII-XIX вв. индейцы применяли гипс и мирабилит из Мамонтовой и других пещер Америки как слабительное. Население Южной Азии и в XX в. использует в лечебных целях гнезда каменных стрижей (борьба с малокровием, поднятие тонуса организма). Путешественник В. Берх в 1821 г. писал, что капельники Дивьей пещеры на Урале "пользуют от наружных болезней". В XX веке даже понадобилось специальное разъяснение министра здравоохранения в газете "Советская Башкирия" (12.10.1965 г.), что толченые натеки из нее не обладают целебными свойствами.

Исключительное место среди пещерных отложений, используемых как лекарство, безусловно, занимает мумие. Оно известно восточной медицине более 3 тысяч лет, широко распространено в Аравии, Иране, Средней Азии, Индии, Китае. Мумие имеет десятки наименований, упоминается в древних трактатах и лечебниках, воспевается в стихах средневековых поэтов. В XX в. по проблеме мумие проводятся научные симпозиумы (Душанбе, 1965; Пятигорск, 1982), защищаются диссертации, накапливается обширный экспериментальный и клинический материал. Но, хотя оба симпозиума отметили, что "мумие - сложный биологический препарат, представляющий ценнейшее лечебное средство", отношение официальной медицины к нему прохладное. Зато народная медицина широко использует мумие для ускорения регенерации костной ткани при переломах, для лечения бронхиальной астмы и туберкулеза, заболеваний желудка и мочекаменной болезни, кожных заболеваний, тромбозов и пр.

Что же такое мумие?

Это слово греческого происхождения, означающее "сохраняющее тело". В разных районах за ним, очевидно, стоят образования различного происхождения, имеющие сходные особенности: растворимость в воде, размягчение при температуре 36-37 °С, внешний вид (отсюда его второе название "горный воск") и лечебные свойства. Мумие находят в трещинах скал и в пещерах, в небольших навесах и в огромных гротах. Оно найдено в Средней Азии и в Антарктиде, в Иране и в Забайкалье, на высоте от 500 до 3200 м над уровнем моря. Используя самые совершенные химические и изотопные методы, геохимики Р. Юсупов и Э. Галимов предложили единую формулу для разных образцов мумие:



Мумие - это своеобразный природный минерал со стабильной органической частью молекулы. Она содержит углерод, водород и кислород - элементы, входящие в состав глюкозы и других природных сахаров, а также основы любого растения, клетчатки. В мумие найден ряд микроэлементов: молибден, медь, никель, кобальт, олово, висмут, золото, скандий и пр. Изотопный анализ показал, что мумие близко по составу горной растительности.

Чем же объясняются различия мумие из разных местонахождений?

Ответ на этот вопрос попытался дать известный пермский карстовед, профессор Г. А. Максимович. Он предложил генетическую классификацию мумие, выделив две его генерации - горячую (битумы) и холодную (водорастворимое или органоминеральное).

Горячее мумие - нерастворимое в воде асфальтоподобное вещество, имеющее запах нефти. Именно о нем пишет в своих трактатах Ибн-Сина (Авиценна) и Ахмад ал-Бируни. В Египте такое мумие использовалось для бальзамирования мумий. Его добывали в районах природных выходов нефти.

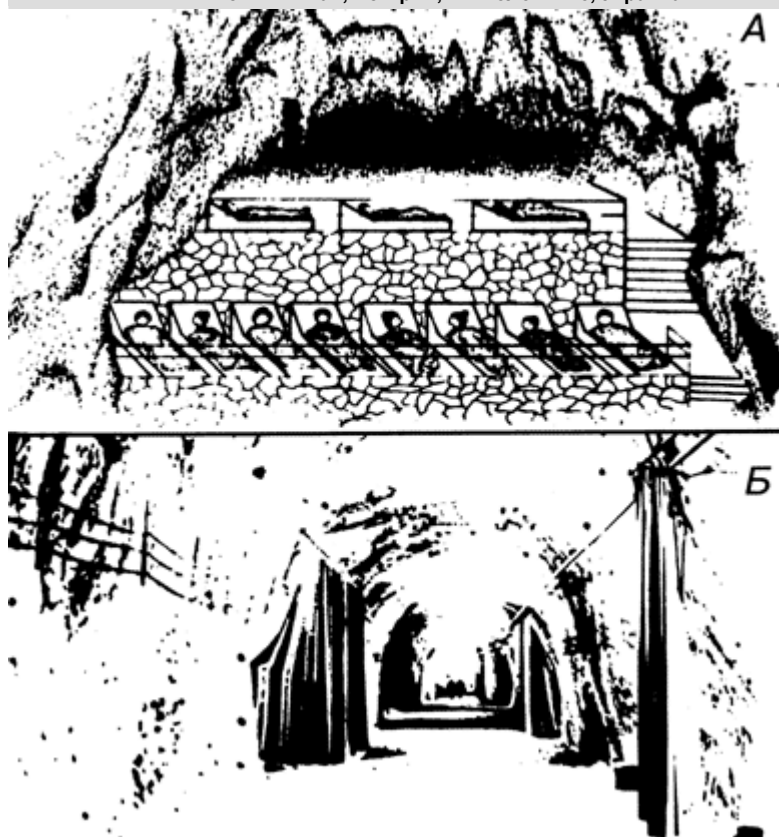
Холодное мумие образуется различными путями. В пещерах встречаются ботаногенные эвапориты, ботанокопрогенные эвапориты и копролиты. Ботаногенные эвапориты - мумие, возникающее в результате растворения органического вещества отмерших остатков растений, стекания и постепенного испарения водных растворов. Такое мумие обнаружено в Ахалкалакской пещере (Грузия). Ботанокопрогенные эвапориты накапливаются в трещинах сводов при испарении растворов, в разных пропорциях содержащих органические вещества отмерших растений, помета птиц и животных. Большая часть местонахождений мумие относится именно к этому классу (Северная Осетия, Средняя Азия, Тянь-Шань и пр.). Копролиты образуются в основном из помета белок-летяг. К этому классу относится его забайкальская разновидность - бракшун. Происхождение антарктического мумие пока неясно. Это продукт растительного (грибкового) или органического (слюна снежного буревестника) происхождения. Возраст бракшуна 50-75 лет, мумие других классов - менее 1000 лет. Таким образом, его загадка пока далека от разрешения. Местонахождения мумие требуют охраны, так как сейчас они хищнически разоряются "народными целителями".

Пещеры не только подземные аптеки, но и подземные лечебницы.

Раньше других для этих целей начали использовать термальные пещеры, где основной действующий компонент - повышенная температура. Паровые пещеры характеризуются довольно высокой температурой воздуха (40-50 °С), его повышенной влажностью и радиоактивностью. Глубокое прогревание в "паровых банях Каллочеро" (Сицилия) способствует лечению ревматизма, различных невралгий, нефритов, болезней дыхательных путей, заболеваний лимфатической системы, кожи и обмена веществ. В пещере Витербо (Италия) делают паровые ванны, используемые для лечения артритов, артрозов, заболеваний суставов и мышц. Паровые карстовые пещеры известны в Румынии (Деспикатура), а вулканические - в Исландии, США, Новой Зеландии и пр.

Рис. 88. Лечебницы в пещерах и соляных шахтах.

А - Сент Иштван, Венгрия; Б - Солотвино, Украина



Значительно шире распространены обводненные термальные пещеры с подземными озерами, реками и с источниками, дающими довольно горячую (28-42 °С) воду. Вода часто газифицирована СО<sub>2</sub> или сероводородом, образуя в отложениях на выходе из пещеры скопления лечебной грязи. Она имеет различный (обычно сульфатный, сульфатно-щелочной или сернокислый состав), содержит ряд микрокомпонентов, иногда слабо радиоактивна. В таких пещерах проводят ингаляции (бронхиальная астма), принимают ванны (подагра, ожирение,

дерматозы, уремия, ревматизм, гинекологические заболевания, болезни лимфатической системы), водные процедуры (артриты, миозиты, ревматизм, невралгия), грязелечение (ревматизм, гипертоническая болезнь, солевой полиартрит, гинекологические заболевания). Большинство термальных пещер, используемых для лечения, находится в Италии (Аквасанта, Витербо, Кроно, Монтесуммао, Сан-Марино, Сульфуреа). Известны они в Венгрии (Тавас, Сент-Иштван, рис. 88) и в других странах. Кое-где (Венгрия, Канада, США, Австралия) термальные пещеры используются как купальни, что также приносит значительный оздоровительный эффект.

В бывшем СССР также есть опыт использования термальных пещер для бальнеологических целей. В 1837 г. начала действовать купальня на Пятигорском Провале. Деньги на ее сооружение пожертвовал князь В. С Голицын. Шахта Провал находится на склоне лакколита Машук, покрытого меловыми известняками и палеогеновыми мергелями. Провал, образовавшийся над куполом крупной карстовой полости, был перекрыт деревянным помостом, с которого при помощи ворота любители острых ощущений в плетеной корзине спускались на 40 м к подземному озеру, купались в его теплой (22-42 °С) воде и возвращались обратно. В числе первых смельчаков был и М. Ю. Лермонтов. Но у коменданта крепости возникли сомнения в прочности помоста, и ко второму приезду Лермонтова на Кавказ (1841 г.) он был разобран. В 1858 г. по

настоянию доктора Баталина к озеру был проведен тоннель длиной 43 м. "Теплым нарзаном" начали пользоваться в лечебных целях многие желающие.

Хорошие перспективы для организации лечения имеются и в Бахарденской пещере в Туркменистане (озеро с температурой воды 36 °С на глубине 60 м).

Для бальнеологических целей можно использовать и горные выработки.

Во время второй мировой войны в заброшенном в XVI в. руднике Бад-Гальштайн (Германия) была возобновлена добыча золота. Горняки обратили внимание, что большинство из них излечилось от ревматизма. Последующие исследования показали, что наличие эманации радия и высокая температура (42 °С) способствуют лечению невралгии, ревматизма, детских параличей и заболеваний лимфатических желез. В штате Монтана (США) две старые разработки серебряно-свинцовых руд оборудованы под стационары для лечения суставов. Штольня Гастайнер (Австрия) является природным эманаторием, лечебные свойства которого поддерживает вскрытый ею термальный (41 °С) радоновый источник.

Значительно сложнее складывалась судьба холодных карстовых пещер. В литературе имеются указания на то, что пещеры в гипсах (Италия) использовались для лечения еще в неолите.

В 1839 г. врач Д. Кроган приобрел право эксплуатировать Мамонтову пещеру (США) для лечения. Он оборудовал в ней боксы для страдающих туберкулезом. После смерти нескольких больных лечебницу закрыли. В XIX в. тунисские врачи обратили внимание на большое количество долгожителей (90-100 лет) среди племен, обитающих в пещерах Сахарского Атласа. Лечебные свойства пещеры Клутерт (Германия) были открыты случайно. В 40-е гг. при налетах английской авиации в окрестных пещерах, имеющих протяженность 5 км и вмещавших до 6 тыс. человек, укрывались местные жители, среди них были и дети, болевшие астмой, которые чувствовали в пещерах улучшение. Последующие исследования подтвердили это. В Центральной Европе (Германия, Австрия, Венгрия, Чехия, Словакия) в середине XX века был организован ряд спелеологических лечебниц. В 1965 г. в составе Международного союза спелеологов создана комиссия спелеотерапии.

Что же является лечебными факторами в холодных пещерах? Ведь мы уже убедились в том, что микроклимат спелеобиосферы далек от комфортного... Специальные исследования показали, что их шесть. Невысокая (6-12 °С), но постоянная температура воздуха способствует сужению расширенных кровеносных сосудов; высокое содержание CO<sub>2</sub> (0,3-3,0 против 0,03% на поверхности) увеличивает объем дыхания на 1,0-1,5 л/мин, и способствует более глубокой вентиляции легких; высокая ионизация воздуха и наличие аэрозолей разного состава способствуют уменьшению отечности слизистых оболочек; высокая влажность (95-100%) - глубокому проникновению заряженных частиц и аэрозолей в дыхательные пути. К этому следует добавить высокую чистоту воздуха (менее 150 микробов в 1 м<sup>3</sup>), отсутствие в нем аллергенов и тишину пещер, "снимающую" стрессы и позволяющую лучше воспринимать остальные лечебные факторы.

Холодные пещеры можно использовать для лечения бронхиальной астмы, гипертонической болезни (при этом происходит снижение как максимального, так и минимального давления), кардиосклероза (у больных пожилого возраста), гипотонии, нейроциркулярной дистонии, информационного невроза. После 20-25 дней двух-трехчасовых процедур больные ощущают существенное улучшение, и не только по основному заболеванию. Входит в рабочий ритм отдохнувшая нервная система, повышается активность корковых зон мозга, значительно расширяется диапазон усваиваемых слуховых и световых раздражителей - пациенты словно шире и ярче начинают видеть мир...

Сейчас в Европе работает около десятка спелеоклиматических лечебниц: Клутерт (Германия, с 1945 г.), Гомбасек (Словакия, с 1951 г.), Мира и Аггтелек (Венгрия, с 1954 г.), Тапольца (Венгрия, с 1956 г.), Магура (Болгария, с 1974 г.) и др. В бывшем СССР это

пока только Белая (Грузия, с 1978 г.). К сожалению, совершенно не используются для спелеотерапии пещеры таких курортных районов, как Крым и Большое Сочи.

С пещерами иногда связано возникновение массовых психозов, основанных на "чуде исцеления". В 1858 г. болезненная и нервная девочка Бернадетта Субиру из тихого городка Лурд на северном склоне Пиренеев (Франция) возвращалась из лесу с вязанкой дров. Ей почудилось дивное, озаренное сиянием "видение", выходящее из грота с подземной рекой. Местный священник с большим интересом выслушал ее рассказ и посоветовал еще раз сходить к гроту. Каждое новое посещение давало новые подробности. В конце концов "видение" объявило себя девой Марией и обещало, что отныне вода, вытекающая из грота, будет приносить исцеление от недугов всем ревностным католикам...

Молва о чудесном источнике облетела всю Францию. В 1864 г. на частные пожертвования здесь была сооружена Курдская базилика, ныне один из богатейших храмов в Европе. Специальным эдиктом папы римского Лурд был объявлен местом ежегодного паломничества.

"Не только Франция, вся Европа, весь мир пускался в путь, и в некоторые годы особенно религиозного подъема там бывало до 500 тысяч человек",- писал в 1894 г. Э. Золя в романе "Лурд". Примерно такие же цифры приводят в своих воспоминаниях писательница О. Форш (1929) и академик А. Курсаков (1954). А вот сведений о количестве исцеленных почему-то нет...

За пещерами как поставщиками новых научных знаний внимательно следят писатели-фантасты. На малоизвестном факте почти полного отсутствия в воздухе карстовых полостей аллергенов построен сюжет рассказа английского писателя К. Энвилла "Эвристика". В большой многоходовой пещере укрылся преступник, похитивший важные чертежи. Найти его не удавалось. Но помогла эвристика (искусство решения возникающих проблем). У входа, через который в лабиринт поступал воздух, было разложено свежее сено. Пыльца луговых цветов, подхваченная потоком воздуха, распространилась по всему лабиринту и нашла свою цель. Преступника выдал кашель, чередовавшийся с громким чиханием,- он страдал сенной лихорадкой...

Кроме естественных пещер для спелеотерапии можно использовать и горные выработки, в которых добывают каменную соль (NaCl), калийные соли (KCl, MgCl<sub>2</sub>·KCl·6H<sub>2</sub>O и др.), алуни́т (KAl<sub>3</sub>[SO<sub>4</sub>]<sub>2</sub>[OH]<sub>6</sub>). Заброшенные штольни и шахты также можно использовать для спелеотерапии. Лечебным фактором, кроме обычных для холодных пещер, здесь является большое количество в воздухе аэрозолей солей. Показаниями к лечению в основном являются заболевания дыхательной системы (астма, коклюш, эмфизема легких), некоторые сердечно-сосудистые заболевания, аллергия; в последние годы выявлено положительное влияние на лечение ожогов и ускорение заживления ран.

В Европе известно несколько соляных шахт, используемых для спелеотерапии. Это знаменитая подземная выработка "Счастье Иеремии" в Германии, где почти полтысячелетия назад начали добывать алюминиевые квасцы. В 1914 г. одна из ее штолен, заросшая сталактитами и сталагмитами, стала объектом туризма, а в 50-е гг. в выработке оборудовали лечебницу для больных коклюшем детей. В это же время на глубине 400 м в шахте Шенебок (Германия) была открыта лечебница. Постоянная температура (20 °С) и более высокое атмосферное давление позволяли успешно лечить болезни дыхательных путей. Затем были открыты лечебницы в солеруднике Сольбад (Австрия, с 1955 г.), Величка (Польша, с 1958 г.), Пройда (Румыния, с 1975 г.). В странах СНГ открыты лечебницы в Солотвино (Украина, с 1968, рис. 88), Нахичевани (Азербайджан, с 1979 г.), Аванс (Армения, с 1979 г.), Березниках (Россия, с 1980 г.), Чон-Тузе (Киргизия, с 1981 г.), Артемовске (Украина, с 1992 г.).

Наибольшей известностью пользуется Солотвинская лечебница, ставшая базовой для проведения "солетерапии" среди выработок, добывавших каменную соль. Спелеотерапевтическое отделение аллергологической больницы состоит из комплекса горных выработок для размещения больных. Он находится на глубине 300 м от



поверхности (16,5 м ниже уровня моря) и состоит из главной галереи длиной 96 м, шириной 12 м, высотой 6 м и четырех вспомогательных галерей общей длиной 600 м. Объем отделения 25 тыс. м<sup>3</sup>. В стенах галерей вырублены ниши-палаты. В боксах из стеклопрофилита размещены кабинеты функциональной диагностики, электросветолечения, столовая, зал ЛФК и др. Для поддержания оптимального микроклимата лечебное отделение проветривается через специальные вентиляционные каналы. В среднем на каждого больного подается 1 м<sup>3</sup>/мин. воздуха.

Основные параметры в лечебных помещениях: температура воздуха 22,5-23,5°C, относительная влажность 30-50%, влагосодержание 5,0-10,0 г/м<sup>3</sup>, скорость движения 0,03- 0,04 м/с; атмосферное давление 760-770 мм рт. ст.; содержание аэрозолей 2,5-4,0 мг/м<sup>3</sup>, NaCl в аэрозоли 99-100%, количество кислорода - 20,8 объемных %, углекислого газа 0,03-0,04 объемных %, бактериальная обсемененность 7-100 микроорганизмов в м<sup>3</sup>; освещенность 80-120 люкс, шум 27-28 децибелов. Подземное отделение рассчитано на одновременный прием 120 больных. Больные выписываются с улучшением у 80-90% взрослых и у 90-95% детей. Интересна эффективность лечения у больных разного возраста: менее 30 лет - 100%, 30-40 лет - 91%, 40-50 лет - 87%, более 50 лет - 85%.

Но оказывается, чтобы пройти курс спелеотерапии, не обязательно лезть в пещеры и спускаться в шахты! Хорошие результаты дают "искусственные пещеры", которые с 1987 г. создаются при многих санаториях и профилактических центрах. Стены обычного кабинета облицовываются плитками каменной соли, или их воздух с помощью аэраторов и ионизаторов насыщают ионами Na и Cl. При лечении бронхиальной астмы проводится 18 процедур продолжительностью от 10 минут до 1 часа. Сейчас галокамеры для лечения создает медико-инженерный центр "Аэрозоль" (Санкт-Петербург). Его директор - бывший спелеолог, кандидат медицинских наук П. П. Горбенко. Так что и здесь пещеры помогают людям.

## Что же дальше? (Вместо заключения)

Более 150 лет назад русский поэт Владимир Бенедиктов, посетив пещеру Кизил-Коба, писал:

*Свод каждый, каждая стена  
Хранят здесь бывших имена,  
И силой хищной их руки  
От стен отшиблены куски,  
Рубцы и язвы сих громад  
След их грабительский хранят...*

Не избежали этой участи и другие пещеры Крыма, например Скельская (рис. 89).

Рис. 89. Пещеры нуждаются в охране...  
Скельская пещера, Крым.



К сожалению, пещеры бывшего СССР не являются в этом отношении исключением: надписи на их стенах, иногда имеющие возраст несколько сотен лет, известны во всем мире. Так, в Европе самым древним считается автограф, оставленный в 1213 г. в пещере Постойна (Словения). В Язовской пещере (Словакия) как основную достопримечательность показывают надпись, по преданию оставленную в XV в. одним из руководителей гуситского восстания Яном Жижкой.

Многое в нашем отношении к пещерам зависит от общего уровня культуры населения и позиции правительственных органов. Приведем лишь три ярких примера, отдаленные друг от друга на столетие.

1742 г. Великобритания. Шериф приговорил к крупному штрафу лендлорда А. Поуна, который нанял взвод солдат, чтобы доставить к искусственному гроту у своего дома несколько сталагмитов из пещеры Вуки-Хоул.

1887 г. Россия. Алуштинский татарин Мустафа-Оглу, прозванный "охотником за сталагмитами", удостоился получить золотые часы за кусок сталактита в несколько аршин, который он "имел счастье преподнести Государю Императору" (Александру III).

1974 г. СССР. Архитектор В. Кириченко использовал четырехметровую натечную колонну из пещеры Большая Азишская для украшения фонтана, сооружаемого городским трестом благоустройства. В этом ему активно помогали спелеологи...

Все то, что читатель узнал о подземных пространствах, прочитав или просто перелистав эту книгу, приводит к естественной мысли: пещеры необходимо охранять как интегральные ресурсы, обладающие двумя свойствами - невозобновимостью и исчерпаемостью. Первое свойство понятно: отбитый сталактит, в отличие от дерева, не вырастет... Со вторым - сложнее. Пещеры как спелеоресурс имеют предельные возможности любого вида использования. Даже при допустимых физических размерах нагрузки (например, определенном количестве посетителей в день) она может оказаться чрезмерной для сохранения гидросферы, атмосферы или биосферы (загрязнение подземных озер, повышение содержания CO<sub>2</sub> в воздухе, исчезновение спелеофауны или появление в ее составе новых компонентов). Все это очень сложные и мало разработанные вопросы, которыми приходится заниматься при хозяйственном освоении

подземных пространств. Найти и исследовать новую пещеру, оказывается, много проще, чем сохранить ее...

В 80-90-х гг. спелеологи бывшего СССР побывали в Северной Америке, детально ознакомились с теорией и практикой охраны пещер. Опыт США очень поучителен. В 1982 г. Бюро национального спелеологического общества (NSS) приняло решение о подготовке специального законопроекта об охране пещер. Несколько лет заняла разработка принципов и основных положений закона, а также - его обсуждение спелеологической общественностью. После жарких дискуссий 7 апреля 1987 г. законопроект был внесен в Конгресс США и после согласования с федеральными органами и ведомствами одобрен Палатой представителей, Сенатом и подписан Президентом Р. Рейганом. Так, 21 октября 1988 г. был принят первый в мире "Федеральный закон об охране пещерных ресурсов".

Закон преследует две главные цели:

- "защищать и сохранять для вечного использования ценные пещеры на федеральных землях, чтобы они приносили людям эстетическое наслаждение и пользу";
- "установить и развивать сотрудничество и обмен информацией между правительственными властями и теми, кто использует пещеры в научных, просветительских или рекреационных целях".

В Законе четко определено, что "пещеры на федеральных землях являются ценной и неотъемлемой частью национального природного достояния", и декларируется, что политикой Соединенных Штатов является управление федеральными землями так, чтобы сохранить и приумножить ценность пещер. Читая его, проникаешься уважением к спелеологической организации, способной так высоко поднять понимание ценности пещер в общественном сознании и в правительственных структурах; а с другой стороны - к обществу, способному понять и оценить доводы спелеологов.

Разумеется, принятие Закона не обеспечивает автоматического решения всех возникающих проблем. Для этого необходима большая работа по созданию механизмов его реализации. Как заметил президент NSS Дж. Шелтенс во время пребывания в Крыму: "Мы, спелеологи, открываем новые пещеры, делаем известным и доступным для людей подземный мир. И именно мы отвечаем за его судьбу, за охрану пещер". Пожалуй, основой успеха наших коллег является выработка подобного образа мышления американских спелеологов.

Как же реально решается в США двуединая задача использования и охраны подземного мира? В США сейчас изучено около 40 тысяч пещер, в числе которых находятся многие крупнейшие полости Северной Америки и мира (табл. 3). Большинство из них доступно для посещения только спелеологов, а самые красивые или важные по своему научному значению - даже для них со значительными ограничениями (например, недавно открытая Лечугия). Ущерб, нанесенный пещерным ресурсам, влечет за собой ответственность: на первый раз - до 1 года тюремного заключения или штраф до 10 тысяч долларов, при повторном нарушении - до 3 лет тюремного заключения.

Суть природоохранной политики в США - "запрещая - разрешай". Около 230 пещер страны, находящихся в разных штатах (рис. 90), благоустроены и эксплуатируются как туристские объекты. Около 40 из них являются национальными (входят в систему национальных парков). На базе пещер созданы такие крупные комплексы туристской индустрии, как национальные парки Мамонтовой пещеры (шт. Кентукки), Карлсбадской пещеры (шт. Нью-Мексико), пещер Винд и Джевел (шт. Южная Дакота) и пр. Эксплуатация пещер в них отличается высоким техническим, дидактическим, сервисным уровнем. При благоустройстве многих пещер использованы сложные инженерные решения (лифты, поднимающие посетителей с глубины до 200 м, тоннели, электровозы, насосы для поддержания уровня подземных рек и озер и пр.). Отдельные благоустроенные пещеры являются частной собственностью. Иногда они имеют более низкий уровень благоустройства и эксплуатируются с нарушением некоторых природоохранных требований. Это одна из проблем американской спелеологии.



Большие масштабы спелеологической деятельности и практического использования пещер в США обусловили формирование специального направления - пещерного менеджмента, охватывающего научные, экологические, инженерные, управленческие, экономические аспекты освоения пещер. В этом отношении опыт США представляет большую ценность для других, менее богатых стран мира.

Распад СССР отбросил его молодое спелеологическое движение далеко назад. Дело не только в социальных и политических трудностях, надолго закрывших наиболее перспективные спелеорайоны (Грузия, Армения, Таджикистан...). Дело в том, что каждое государство, образовавшееся на территории бывшего СССР, получило в наследство груз старых и множество новых проблем, требующих первоочередного решения. Природоохранные проблемы, в том числе - и спелеологические, требуют здоровой экономики и глубокого понимания неизбежности значительных затрат на сохранение и восстановление природных ресурсов. Создание такого общественно-политического и экономического базиса, при котором можно будет повернуться лицом к охране пещер,- дело не одного поколения...

Так что же делать нам, спелеологам 90-х гг., в лихолетье конца XX века? Прежде всего - не опускать руки. Продолжать исследовать уже известные пещеры; по возможности - вести поиск новых; готовить кадры молодежи в кружках, школах, колледжах, вузах; проводить "экологические" экспедиции по очистке пещер от последствий их чисто спортивного использования, расширять связи со спелеологическими организациями других стран мира. Словом, жить и работать, помня великолепные слова Назыма Хикмета, особенно подходящие нам, спелеологам:

*...И если я гореть не буду,  
И если ты гореть не будешь,  
И если мы гореть не будем,  
То кто ж тогда рассеет мрак ?!*

# Приложение

Геохронологическая шкала (по Н. В. Короновскому, А. Ф. Якушевой, 1991)				
Эон	Эра	Период	Эпоха	Возраст, млн. лет
Фанерозой	Кайнозойская	Четвертичный (антропогенный)	Голоценовая	0
			Плейстоценовая	
			Эоплейстоценовая	
		Неогеновый	Плиоценовая	2,0
	Миоценовая			
	Палеогеновый	Олигоценная	25,0	
		Эоценовая Палеоценовая		
	Меловой	Поздне меловая	65,0	
		Ранне меловая		
	Мезозойская	Юрский	Позднеюрская	144,0
			Среднеюрская Раннеюрская	
	Триасовый	Позднетриасовая	213,0	
		Среднетриасовая Раннетриасовая		
Палеозойская	Пермская	Позднепермская	248,0	
		Раннепермская		
	Каменноугольная	Позднекаменноугольная	286,0	
		Среднекаменноугольная Раннекаменноугольная		
Девонская	Позндевонская	360,0		
	Среднедевонская Раннедевонская			
Силурийская	Позднесилурийская	408,0		
	Раннесилурийская			

		Ордовикская	Позднеордовикская Среднеордовикская Раннеордовикская	438,0
		Кембрийская	Позднекембрийская Среднекембрийская Раннекембрийская	505,0
Протерозой		Вендская		590,0
		Рифейская		670,0
Архей				2600,0 4600,0

# Приложение

## Библиография

1. Атлас офицера. М.: Военно-топографическое управление, 1984. 386с.
2. Берон П. Пят месяца в Нова Гвинея. София: Земиздат, 1986. 170 с.
3. Борисковский П. И. Древнейшее прошлое человека. Л.: Наука, 1979. 280с.
4. Бублейников Ф. Д. Пещеры. М.: Гос. изд-во культпросвет, литературы, 1953. 111с.
5. Волынский М. С. Необыкновенная жизнь обыкновенной капли. М.: Знание, 1986. 120 с.
6. Вольский И. Пропать имени В. С. Пантюхина. Будет ли новый рекорд? М.: МФТИ, 1994. 42 с.
7. Гвоздецкий Н. А. Карст. М.: Мысль, 1981. 214 с.
8. Гегузин Я. Е. Капля. М.: Наука, 1977. 173 с.
9. Горбунова К. А. История изучения пещер на территории СССР. Пермь, 1987// Деп. В ВИНТИ, № 4466-87. 30 с.
10. Дублянский В. Н., Андрейчук В. Н. Спелеология. Терминология, связи с другими науками, классификация полостей. Кунгур, 1989. 33с.
11. Дублянский В. Н., Илюхин В. В. Вслед за каплей воды. М.: Мысль, 1971. 206с.
12. Дублянский В. Н., Илюхин В. В. Путешествия под землей. М.: ФиС, 1981. 192с.
13. Кастере Н. Десять лет под землей. М.: Географгиз, 1956. 200 с.
14. Керам К. Боги, гробницы, ученые. М.: ИЛ, 1963. 400 с.
15. Крубер А. А. Карстовая область горного Крыма. М., 1915. 320 с.
16. Кун Н. А. Легенды и мифы Древней Греции. М.: Учпедгиз, 1954. 450с.
17. Кутырев Э. И., Михайлов Б. М., Ляхницкий Ю. С. Карстовые месторождения. Л.: Недра, 1989. 310 с.
18. Легенды о снежном человеке. Киев: Знание, 1989. 46 с.
19. Максимович Г. А. Основы карстоведения. Пермь, 1963. 440 с.
20. Нор Н. Мчишта. Дневники спелеоподводника. М.: МФТИ, 1995. 90с.
21. Периодические процессы в геологии. Л.: Недра, 1976. 260 с.
22. Петров П. Небе от камък. София: Медицина и физкультура, 1977. 125с.
23. Рогожников В. Крутые рассказы старого спелеолога. Киев: Молода газета. 57 с.
24. Сиффр М. В безднах земли. М.: Прогресс, 1982. 17 с.
25. Скленаж К. За пещерным человеком. М.: Знание, 1987. 272 с.
26. Тайлор Э. Первобытная культура. М.: Наука, 1989. 172 с.
27. Тимофеев Д. А., Дублянский В. Н., Кикнадзе Т. З. Терминология карста. М.: Наука, 1991. 260 с.
28. Холлидей У. Путешествия под землей. М.: Географгиз, 1963. 238 с.
29. Шафрановский И. И. Симметрия в природе. М.: Недра, 1968. 184с.
30. Шварценбах М. Великие памятники природы. М.: Мир, 1973. 335 с.
31. Швецов П. Ф., Зильберборд А. Ф. Под землю, чтобы спасти Землю. М.: Наука, 1983. 144 с.
32. Якуч Л. В подземном царстве. М.: Географгиз, 1963. 267 с.
33. Bauer H. Unterirdische Welten. Leipzig: Broekhaus verlag, 1969. 280s.
34. Chabert Cl. Les grands cavites mondiales en roches noncalcaires. Paris, 1989. 84 p.
35. Courbon P., Chabert Cl. Atlas des grandes cavites mondiales. Paris: La Garde, 1986. 225 p.
36. Hill C. A., Forti P. Cave minerals of the World. Huntsville, 1986. 238 p.

37. Ford L., Williams P. Karstgeomorphology. London: Unwin Hymen, 1989. 600 p.
38. Martel E. Les Abimes. Paris: Delagrave, 1894. 588 p.
39. Parma Ch., Roiek T. 500 zagadek o jaskiniach. Warszawa: Wiedza Powszechna, 1985. 275 s.
40. Riedle R. Biologic der Seehohlen. Bonn: P. Parlej, 1967. 617 s.
41. ShawR. T. Hystory of cave science. Sidney, 1992. 638 p.
42. Trimmel H. Hohlenkunde. Braunschweig: Vieweg, 1968. 300 s.
43. Van den Abeele J. P. A la decouverte des mondes souterrains. Namur, 1956. 190 p.



# Приложение

## Словарь специальный терминов

### **Автохтон(ы)**

• часть складчатого сооружения, оставшаяся при тектонической подвижке на месте;

• организмы, возникшие в ходе эволюции на данном месте.

**Агрессивность** - способность воды разрушать горную породу химическим воздействием (растворением).

**Адгезия** - слипание поверхностей двух разнородных твердых или жидких тел.

**Алгоритм** - формальное предписание, определяющее содержание и последовательность операций для достижения искомого результата.

### **Аллохтон(ы)**

• часть складчатого сооружения, смещенная в результате тектонической подвижки (надвиг);

• организмы, населяющие данную местность, но возникшие в ходе эволюции в другой местности.

**Аллювий** - отложения, формирующиеся в долинах постоянными водными потоками; в обводненных карстовых полостях формируется пещерный аллювий.

**Анималистика** - изображение животных в живописи, скульптуре и графике.

**Антропный** - имеющий отношение к человеку.

**Аэрозоли** - системы, состоящие из твердых или жидких частиц, взвешенных в газообразной среде (в частности - в воздухе).

**Барраж** - подземная плотина: в карстовых областях - тектоническое нарушение, препятствующее перетеканию подземных вод из блока в блок.

**Биогерм** - известковый нарост на дне водоема, образовавшийся в результате жизнедеятельности кораллов, мшанок, губок, водорослей; входит в состав рифовых построек.

**Геопатогенная зона** - участок земной коры (над тектоническим нарушением, карстовой полостью, кладбищем и пр.), пребывание в котором может способствовать повышенной заболеваемости человека.

**Гидратация** - связывание частиц растворимого в воде вещества с молекулами воды.

**Гидротермокарст** - карстовый процесс, развивающийся под воздействием восходящих водных растворов, имеющих температуру более 20 °С.

**Гистоплазмоз** - грибковое заболевание, поражающее дыхательную и лимфатическую систему человека; развит преимущественно в тропических странах.

**Гуано** - разложившийся в условиях сухого климата или влажного пещерного микроклимата помет птиц и летучих мышей.

**Давление парциальное** - давление, которое имел бы газ, входящий в состав смеси, если бы он один занимал весь объем при той же температуре.

**Делювий** - отложения, возникающие в результате накопления смытых со склонов продуктов разложения в пониженные участки рельефа. Карстовая денудация - разрушение карстующихся пород. Зона изменений свойств пород: часть геологического разреза, в пределах которой карстующиеся породы изменены выветриванием; превращены в брекчию или муку; имеют поры (диаметр менее 0,1 см), каверны и каналы (диаметр 0,1-30 см), корродированные трещины либо разуплотнены.

**Инфильтрация** - образование подземных вод путем просачивания атмосферных осадков и поверхностных вод через поры и трещины горной породы; в карстовых районах различают площадную И. (просачивание воды непосредственно в горные породы) и очаговую И. (поступление воды в поноры на дне и склонах воронок).

**Инфразвук** - упругие волны, аналогичные звуковым, но с частотами ниже слышимых человеком (25-16 Гц).

**Инфлюация** - питание подземных вод через крупные трещины и полости; в карстовых районах различают линейную И. (поглощение руслового стока и вод озер на протяженных участках с развитой трещиноватостью) и очаговую И. (поглощение через карстовые полости в бортах и днищах речных долин).

**Кавитация** - образование пузырьков, заполненных газом, паром или их смесью. При разрушении ("схлопывании") пузырьков происходят кавитационная эрозия и коррозия.

**Карры** - отрицательные коррозионные формы (борозды, щели, ячеи, лунки) на горизонтальной или вертикальной обнаженной поверхности карстующихся пород или под почвенным покровом.

**Карст** - геологический или инженерно-геологический процесс и связанные с ним явления, развивающийся при взаимодействии воды с растворимой в данной обстановке горной породой.

#### **Карстовая:**

- **брекчия** - скопление обломков карстующихся и перекрывающих некарстующихся пород, образовавшееся при их обваливании, оседании, дроблении и последующей цементации;
- **воронка** - замкнутое, обычно расширяющееся кверху углубление округлой, овальной или неправильной формы, диаметром менее 100м;
- **котловина** - форма, имеющая те же характеристики, что и воронка, но диаметром более 100 м;
- **пещера** - горизонтальная, наклонная или сложная (лабиринт) полость, доступная для человека;
- **шахта** - вертикальная полость, доступная для человека, имеющая конусовидную, цилиндрическую, щелевидную или сложную форму при глубине более 20 м.

**Карстовое поле** - замкнутая или полузамкнутая карстовая котловина разных размеров и происхождения, имеющая плоское дно, периодически затапливаемое карстовыми водами.

#### **Карстовый:**

- **колодец** - вертикальная полость в карстующихся породах, имеющая конусовидную, цилиндрическую, щелевидную форму или сложную форму при глубине менее 20 м;
- **мост** - остаток обрушившегося свода карстовой пещеры;
- **остенец** - положительная форма рельефа, возникающая в результате избирательного растворения карстующихся пород;
- **ров** - вытянутое, иногда асимметричное в разрезе углубление в карстующихся породах, ориентированное параллельно бровке склона.

**Карстосфера** - сфера распространения карстовых процессов на Земле; приурочена к отдельным фациям осадочных отложений и обнаруживает ярусность.

**Коллектор** - горная порода, способная принимать, пропускать и отдавать гравитационную воду.

**Конвергенция** - в геоморфологии: сходство форм и отложений, которые могут возникнуть разным путем и в различных условиях.

**Конденсация** - образование подземных вод путем сгущения водяных паров, содержащихся в атмосферном воздухе, поступающем в карстовые коллекторы.

**Копролиты** - сохранившиеся в пещерных или морских отложениях отвердевшие экскременты животных.

#### **Корреляция:**

- **в палеогеографии** - сопоставление взаимосвязанных, но разных по природе образований (растворение пород с образованием пещер и отложения карбоната кальция с образованием известковых туфов) либо сходных, но географически удаленных друг от друга образований (фаунистических комплексов);

• **в математике** - зависимость между случайными величинами (распределение одной величины зависит от значения другой).

**Коррозия смешивания** - растворение горной породы под действием смеси вод, имеющих разную температуру и минерализацию.

**Кристаллогидраты** - кристаллические соединения, в состав которых Н и О входят в виде нейтральных молекул  $H_2O$ .

**Куэста** - возвышенность в виде гряды с асимметричными склонами - пологим, совпадающим с углом падения пород, и крутым, срезающим пласты.

**Лесс** - рыхлая пористая мелкообломочная (0,01-0,05 мм) горная порода, залегающая в виде покровов на больших площадях.

**Литология** - наука об осадочных процессах, формирующих слоистую оболочку Земли.

**Надвиг** - смещенная в результате тектонических движений часть складчатого сооружения (аллохтон).

**Отторженец** - небольшой массив горных пород, смещенный вследствие тектонических или гравитационных процессов от места коренного залегания.

**Прибор самопишущий** - прибор, снабженный вращающимся барабаном со сменной лентой, на которой специальное устройство фиксирует изменения метеоэлемента (давления - барограф, температуры - термограф, относительной влажности - гигрограф).

**Провал** - понижение округлой или асимметричной формы глубиной более 0,25 м, возникшее при быстром (минуты - дни) обрушении перекрывающих покровных или карстующихся пород.

**Просадка** - понижение округлой формы глубиной до 0,25 м, возникшее при быстром (минуты - дни) смещении перекрывающих покровных или карстующихся пород.

#### **Процессы:**

• **абразионный** - разрушение слагающих берега океанов, морей, озер, водохранилищ горных пород волнением;

• **гипергенный** - изменения пород и минералов в коре выветривания и биосфере;

• **гравитационный** - разрушение горных пород и перемещение продуктов разрушения под действием силы тяжести;

• **карстово-суффозионный** - вынос рыхлого материала покрывающих отложений в зоны изменений свойств пород или подземные карстовые формы;

• **карстовый** - растворение карстующихся пород, часто сочетающееся с гравитационными суффозионными и эрозионными процессами;

• **коррозионный** - разрушение горных пород вследствие растворения и выноса вещества в водном растворе;

• **нивальный** - разрушение горных пород под действием снегового покрова при его попеременном оттаивании и замерзании;

• **суффозионно-карстовый** - вынос рыхлого заполнителя из зон изменений свойств пород, поверхностных и подземных карстовых форм;

• **суффозионный** - нарушение микроагрегатной структуры пород и вымывание подземным потоком мелких частиц из покрывающих отложений;

• **экзогенный** - геологический процесс, происходящий на поверхности Земли при участии солнечной энергии и силы тяжести;

• **эндогенный** - геологический процесс, происходящий внутри Земли при участии ее внутренней энергии;

• **эрозионный** - разрушение горных пород водным потоком.

**Пролувий** - отложения временных водотоков.

**Психрометр** - прибор для определения температуры и влажности воздуха.

**Реверберация** - постепенное затухание звука в закрытом помещении после прекращения действия его источника.

**Сакральный** - священный, относящийся к религиозному культу или ритуалу.

**Сапрофиты** - растения, питающиеся органическими веществами отмерших организмов или выделениями животных.

**Свита** - совокупность отложений, образованных в данной местности при определенных условиях. Границы С. часто не совпадают с границами подразделений единой стратиграфической шкалы.

**Седиментация** - образование всех видов осадков в природных условиях путем перехода частиц из подвижного состояния в неподвижное.

**Сеноте** - карстовый колодец, заполненный водой; обычно образуется при провале свода пещеры; местный термин, Юкатан, Мексика.

**Сифон** - заполненный водой коленообразный изгиб в вертикальной плоскости канала подземной реки.

**Сильфон** - тонкостенная металлическая труба или камера с гофрированной боковой поверхностью, могущая менять объем.

**Складка** - волнообразный изгиб пластов горных пород; различают антиклинальные С. (выпуклостью вверх, в ядре более древние породы), синклинальные складки (выпуклостью вниз, в ядре более молодые породы).

**Стратиграфия** - наука, изучающая хронологическую последовательность слоев горных пород и периодизацию геологической истории.

**Субаквальный** - находящийся (образованный в прошлом) под водой.

**Субаэральный** - находящийся (образованный в прошлом) в воздушной среде.

**Субмаринный** - находящийся ниже уровня моря.

**Тектоника**

- наука о строении и развитии земной коры;
- строение того или иного участка земной коры.

**Терригенные отложения** - отложения, образованные из обломков различных горных пород и минералов, возникших за счет разрушения суши.

**Трещины:**

• **бортового отпора** - разрывы в горной породе со значительным раскрытием, возникшие в приобвочной части крутых склонов в результате снятия нагрузки в массиве и действия сил гравитации;

• **корродированные** - трещины разного генезиса, стенки которых подверглись растворению;

• **литогенетические** - трещины, образующиеся при формировании горной породы за счет ее преобразования (уплотнения ила, его высыхания, перекристаллизации и пр.);

• **тектонические** - разрывы в горных породах, перемещения по которым отсутствуют или имеют небольшую величину; возникают под воздействием напряжений сжатия и растяжения в земной коре; образуют системы.

**Топология** - раздел математики, изучающий наиболее общие свойства пространств.

**Туф:**

• **вулканический** - горная порода, образованная из твердых продуктов извержений (пепла, песка, лапиллей, бомб), впоследствии сцементированных;

• **известковый** - легкая пористая горная порода, образованная при осаждении карбоната кальция из холодных или горячих (травертин) источников;

• **кремневый** - легкая пористая порода, образованная при выпадении кремнезема из воды горячих источников и гейзеров.

**Ультразвук** - упругие колебания и волны с частотами от 20-15 до 1 кГц.

**Фации:**

• **геологические** - обстановка накопления различных осадков;

• **тафономические** - обстановка накопления и сохранения местонахождений ископаемых костей животных.

**Фирн** - ледяная порода плотностью 0,45-0,80 г/см<sup>3</sup>, состоящая из связанных между собой ледяных зерен; переходная стадия между снегом и ледниковым (глетчерным) льдом.

**Флиш** - терригенные или терригенно-карбонатные отложения, накапливающиеся в глубоководном прогибе; состоит из ритмичного чередования тонких песчаных глинистых и карбонатных прослоев, часто смятых в сложные складки.

**Фоссилизация** - переход остатков костей животных из органического состояния в неорганическое (кальцитизация, фосфоритизация, кремнение, ожелезнение и пр.).

**Фосфоресценция** - послесвечение, продолжающееся значительное время после прекращения возбуждения (от микросекунд до суток).

**Хоминг** - инстинкт летучих мышей, птиц и насекомых, позволяющий им ориентироваться в пространстве и, совершая значительные перелеты, возвращаться к месту обитания.

**Шельф** - затопленная океаном окраина материков шириной 0-1500 км, залегающая на глубине до 200 м; в XX веке шельф активно осваивается человеком.

**Шлих** - концентрат тяжелых минералов, получаемый при промывке рыхлых горных пород; в карстовых полостях их концентрация происходит естественным путем, с образованием обогащенного шлиха.

**Элювий** - продукт выветривания горных пород, оставшийся на месте своего образования.

**Эксцентрик** - термин общего пользования, объединяющий все изогнутые минеральные образования пещер, не подчиняющиеся силе тяжести.

**Эпикарстовая зона** - зона, располагающаяся близ поверхности (выше самых глубоких речных долин).

**Эпицентр** - проекция на земную поверхность очага землетрясения; где внезапно освобождается значительная энергия ( $10^3$ - $10^{18}$  джоуля).

**Эрг** - единица работы и энергии в системе СГС (1 эрг равен  $10^{-7}$  джоуля).

**Эставелла** - отверстие в борту карстовой долины или котловину в одну часть года действующее как поглотитель воды, в другую - как источник.