**МЕТОДИКА ОПИСАНИЯ ПЕЩЕР**

*Одобрено Управлением самодеятельного туризма*

*Центрального совета по туризму и экскурсиям*

*и рекомендовано для работников советов*

*по туризму и экскурсиям, советов ДСО,*

*туристских клубов и туристских секций*

*коллективов физической культуры.*

**СОДЕРЖАНИЕ**

[Введение](http://speleolog.kiev.ua/books/metod_opis/shell.php?page=metod_opis.htm#%D0%92%D0%92%D0%95%D0%94%D0%95%D0%9D%D0%98%D0%95)
[Местоположение пещеры](http://speleolog.kiev.ua/books/metod_opis/shell.php?page=metod_opis.htm#%D0%9C%D0%95%D0%A1%D0%A2%D0%9E%D0%9F%D0%9E%D0%9B%D0%9E%D0%96%D0%95%D0%9D%D0%98%D0%95)
[Методика топографической съемки под землей](http://speleolog.kiev.ua/books/metod_opis/shell.php?page=metod_opis.htm#%D0%9C%D0%95%D0%A2%D0%9E%D0%94%D0%98%D0%9A%D0%90%20%D0%A2%D0%9E%D0%9F%D0%9E%D0%93%D0%A0%D0%90%D0%A4%D0%98%D0%A7%D0%95%D0%A1%D0%9A%D0%9E%D0%99%20%D0%A1%D0%AA%D0%95%D0%9C%D0%9A%D0%98%20%D0%9F%D0%9E%D0%94)
[Морфометрическая характеристика пещер](http://speleolog.kiev.ua/books/metod_opis/shell.php?page=metod_opis.htm#%D0%9C%D0%9E%D0%A0%D0%A4%D0%9E%D0%9C%D0%95%D0%A2%D0%A0%D0%98%D0%A7%D0%95%D0%A1%D0%9A%D0%90%D0%AF%20%D0%A5%D0%90%D0%A0%D0%90%D0%9A%D0%A2%D0%95%D0%A0%D0%98%D0%A1%D0%A2%D0%98%D0%9A%D0%90)
[Геологическая характеристика](http://speleolog.kiev.ua/books/metod_opis/shell.php?page=metod_opis.htm#%D0%93%D0%95%D0%9E%D0%9B%D0%9E%D0%93%D0%98%D0%A7%D0%95%D0%A1%D0%9A%D0%90%D0%AF%20%D0%A5%D0%90%D0%A0%D0%90%D0%9A%D0%A2%D0%95%D0%A0%D0%98%D0%A1%D0%A2%D0%98%D0%9A%D0%90)
[Наблюдения под землей](http://speleolog.kiev.ua/books/metod_opis/shell.php?page=metod_opis.htm#%D0%9D%D0%90%D0%91%D0%9B%D0%AE%D0%94%D0%95%D0%9D%D0%98%D0%AF%20%D0%9F%D0%9E%D0%94)
[Морфологическая характеристика полости](http://speleolog.kiev.ua/books/metod_opis/shell.php?page=metod_opis.htm#%D0%9C%D0%9E%D0%A0%D0%A4%D0%9E%D0%9B%D0%9E%D0%93%D0%98%D0%A7%D0%95%D0%A1%D0%9A%D0%90%D0%AF%20%D0%A5%D0%90%D0%A0%D0%90%D0%9A%D0%A2%D0%95%D0%A0%D0%98%D0%A1%D0%A2%D0%98%D0%9A%D0%90)
[Гидрогеологическая характеристика пещер](http://speleolog.kiev.ua/books/metod_opis/shell.php?page=metod_opis.htm#%D0%93%D0%98%D0%94%D0%A0%D0%9E%D0%93%D0%95%D0%9E%D0%9B%D0%9E%D0%93%D0%98%D0%A7%D0%95%D0%A1%D0%9A%D0%90%D0%AF)
[Микроклиматическая характеристика пещер](http://speleolog.kiev.ua/books/metod_opis/shell.php?page=metod_opis.htm#%D0%9C%D0%98%D0%9A%D0%A0%D0%9E%D0%9A%D0%9B%D0%98%D0%9C%D0%90%D0%A2%D0%98%D0%A7%D0%95%D0%A1%D0%9A%D0%90%D0%AF)
[Доступность, возможное использование пещер](http://speleolog.kiev.ua/books/metod_opis/shell.php?page=metod_opis.htm#%D0%94%D0%9E%D0%A1%D0%A2%D0%A3%D0%9F%D0%9D%D0%9E%D0%A1%D0%A2%D0%AC)
[Различные сведения о полости](http://speleolog.kiev.ua/books/metod_opis/shell.php?page=metod_opis.htm#%D0%A0%D0%90%D0%97%D0%9B%D0%98%D0%A7%D0%9D%D0%AB%D0%95)
[Литература](http://speleolog.kiev.ua/books/metod_opis/shell.php?page=metod_opis.htm#%D0%9B%D0%98%D0%A2%D0%95%D0%A0%D0%90%D0%A2%D0%A3%D0%A0%D0%90)

**ВВЕДЕНИЕ**

Задачи советского спелеологического туризма были определены постановлением Президиума Центрального совета по туризму и экскурсиям: "Целью спелеотуризма является разведывание и изучение пещер, с тем, чтобы эти замечательные памятники природы стали достоянием широких масс трудящихся нашей страны".
Карстовые пещеры и шахты, естественные полости некарстового происхождения: лавовые, эоловые, ледниковые пещеры, пещеры морских побережий и подземных пожаров, а также искусственные горные выработки, подземные поселения, культовые и оборонительные сооружения - это обычно новые, порою недостаточно изученные, природные объекты. Практически все пещеры представляют собой объекты для туристско-экскурсионных целей. Сложность проникновения в пещеры часто препятствует их изучению силами специальных научных экспедиций. Поэтому перед спелеотуристом возникает специфическая и ответственная задача: во время спелеопутешествия дать достаточно полную и объективную характеристику пройденной пещеры. (В настоящих методических рекомендациях термин пещера объединяет все типы и классы карстовых и некарстовых полостей в земной коре. В тех случаях, когда это необходимо, термин будет раскрыт более детально).
Для унификации проводимых спелеотуристами наблюдений и содержания соответствующих разделов отчета о выполненном спелеопутешествии комиссией спелеотуризма Федерации туризма разработана карточка учета карстовых полостей, содержащая 65 вопросов. Основные вопросы карточки вполне применимы и для документации карстовых или искусственных пещер. Все необходимые в этом случае дополнения могут быть внесены в ее восьмой раздел "Различные сведения".
Полнота ответов на вопросы карточки учета зависит от целей и задач спелеопутешествия, степени специальной подготовки его участников и наличия заданий от советов по туризму и экскурсиям различных научно-исследовательских и проектных организаций. Данные методические рекомендации построены в соответствии с разделами карточки учета и содержат основные сведения о методике описания пещер. Более подробные сведения можно найти в специальной литературе, список которой приводится.
"Методика описания пещер" входит в учебные программы различных мероприятий по подготовке кадров спелеотуристов: школы предлагерной подготовки, спелеолагерей 1 и 2-го годов обучения, инструкторских сборов. Перечень учебных мероприятий, в которых необходимо предусмотреть раздел "Описание пещер", приведен в [приложении 1](http://speleolog.kiev.ua/books/metod_opis/shell.php?page=metod_opis.htm#%D0%9F%D1%80%D0%B8%D0%BB%D0%BE%D0%B6%D0%B5%D0%BD%D0%B8%D0%B5%201).

**МЕСТОПОЛОЖЕНИЕ ПЕЩЕРЫ**

Приступая к описанию пещер, спелеотуристы изучают местоположение полости и собирают следующие сведения.
1. **Тип карстовой полости**. Пещера, грот, колодец или шахта. При этом нужно учитывать, что пещерой считается полость, у которой длина больше ширины и высоты у входа; длина меньше ширины и высоты - грот; вертикальная полость глубиной до 20 м - колодец; глубже 20 м - шахта.[\*](http://speleolog.kiev.ua/books/metod_opis/shell.php?page=metod_opis.htm#*)
2. **Номер и название**. Каждой пещере присваивается номер и дается название. Для определения номера пещеры во время поисково-разведочного спелеопутешествия данный карстовый район разбивается на прямоугольники с размерами сторон, равными минуте географической широты и долготы. Каждому прямоугольнику присваивается номер. Внутри прямоугольника пещера получает порядковый номер.
Таким образом, полная числовая номенклатура пещеры состоит из двух цифр (например, 27-12, где 27 - номер прямоугольника, 12 - номер пещеры внутри него).
Название дается местное (если оно существует) или присваивается полевое, с соблюдением традиций отечественной топонимики. Для названия желательно выбирать производные от широко известных географических названий и отображающие местоположение новых пещер (водопад Джур-Джур - пещера Джур-Джурская), отражающие морфологические особенности пещеры (Змеиная, Висячая, Обвальная, Каскадная), характерные черты гидрогеологии или натечного убранства полости (Снежная, Водопадная, Кристальная).
На спелеологической карте страны можно встретить топонимы, посвященные памяти выдающихся людей. В честь видных русских геологов и географов названы пещеры и шахты Мушкетова, Максимовича, Крубера, Гвоздецкого. Некоторые пещеры носят имя первооткрывателей  (Мамина, Аверкиева), однако, этим не следует злоупотреблять, так как часто пещеры открывают случайно.
Отдельные пещеры и шахты получили названия, связанные со знаменательными событиями в жизни нашей страны, так, шахта Мира в Крыму названа в честь Всемирного фестиваля молодежи и студентов в Москве; каскад Космонавтов в Красной пещере - в честь первого в мире группового полета советских космонавтов Андриана Николаева и Павла Поповича. Однако не следует присваивать пещерам эмоциональные, но неэстетические полевые названия. Нужно учитывать, что полевое название представляется Комиссией спелеотуризма Федерации туризма на утверждение в Комиссию карста и спелеологии Академии наук СССР.
3. **Административное положение**. В этом пункте нужно назвать республику, край, область, район, где располагается карстовая полость.
4. **Горный массив**. В графе указываются массив, хребет, гора, долина, водораздельное пространство, урочище и т. д., где находится карстовая полость.
5. Необходимо обозначить **расстояние до ближайшего населенного пункта** (км), при этом отдельно указывается расстояние по дорогам (с характеристикой покрытия и проходимости в разные сезоны года) и по тропам.
6. При отсутствии у входа четких ориентиров, необходимо дать **азимуты на приметные объекты**. Желательно обозначать не менее трех азимутов, отличающихся один от другого на 50-90°.
7. Отдельно следует характеризовать **расположение входа и положение полости** на элементах мезо- и микрорельефа (плато или склон массива, водораздел или склоны хребта, дно или склон долины, карстовая воронка, на открытой местности или в лесу).
8. **Абсолютная и относительная высота входа** (м). Абсолютная высота определяется по карте с обязательным контролем барометрическим или тригонометрическим нивелированием. Относительная высота входа определяется по отношению к ближайшему эрозионному врезу (днищу, долине или котловине) или к днищу карстовой формы (воронке, карстовой котловине).
9. Одним из важных показателей следует считать **площадь и форму современного водосбора полости**, поскольку эти сведения очень важны для безопасной эксплуатации пещер. Каждая карстовая полость с точки зрения водного питания может быть отнесена к одному из следующих трех видов пещер или их комбинации: пещера-понор, поглощающая и отводящая в глубь массива поверхностные воды; вскрытая пещера зоны транспорта этих потоков в горизонтальном (близком к нему) направлении; пещера-источник, выводящая подземные потоки на поверхность. Для пещеры, которая является периодическим понором, необходимо провести обследование или топосъемку и определить площадь и форму водосбора, с которого в пещеру в настоящее время поступает вода. Если пещера является постоянным понором, следует указать название поглощаемого ручья (реки), расход воды в нем и дату измерения. Площадь водосбора в этом случае можно определить с помощью карты.
Определение площади питания для пещер-источников и периодических поноров является нередко сложной и увлекательной задачей, решение которой возможно лишь после проведения специальных гидрогеологических наблюдений и экспериментов. Это связано с тем, что такие полости питаются водосборами, удаленными от них до 5-15 км (Ново-Афонская пещера на Кавказе, Красная пещера в Крыму). Зоны питания крупных пещер указываются предположительно.
10. **Ориентировка входа, его размеры и форма**. Указывается экспозиция входа, определяются его конфигурация и размеры: ширина, высота, площадь.
При составлении отчета спелеотурист в своих ответах по пунктам 5, 6, 7, 9 использует картографические материалы. При их отсутствии или недостаточно крупном масштабе имеющихся карт или схем производится полуинструментальная топографическая съемка района работ. Обычно топосъемочные ходы прокладываются по основным водоразделам и долинам, а также от реперных точек ко входам во все пещеры. Этим одновременно решается задача взаимной увязки карстовых полостей района.

**МЕТОДИКА ТОПОГРАФИЧЕСКОЙ СЪЕМКИ ПОД ЗЕМЛЕЙ**

Прежде чем рассмотреть основные морфометрические показатели пещер, нужно знать методику топографической съемки. План и разрезы пещеры являются документом, подтверждающим факт прохождения (первопрохождения) полости. Топографические материалы несут значительную информацию о происхождении карстовой полости, истории ее развития и заполнения различными отложениями.
11. Для спелеотуристов можно рекомендовать **магнитную съемку**. Измерения магнитных азимутов производят горными компасами или буссолью любой конструкции с подсветкой.[\*\*](http://speleolog.kiev.ua/books/metod_opis/shell.php?page=metod_opis.htm#**) Эти инструменты обеспечивают большую точность отсчета (0°30'-1°00') по сравнению с туристским компасом и компасом системы Адрианова (3°00') и благодаря оцифровке лимба против часовой стрелки более просты в употреблении. Ориентировав компас нулем лимба и длинной стороной на объект, азимут которого надо определить, берут отсчет по северному концу магнитной стрелки ([рис. 1](http://speleolog.kiev.ua/books/metod_opis/01.gif)).
Для получения сопоставимых результатов при съемке разными приборами необходимо до выезда в поле или непосредственно в спелеолагере сверить все имеющиеся компасы. Для этого на листе бумаги прочерчивается линия, и к ней последовательно прикладываются длинной стороной все горные компасы. Операция повторяется трижды и для каждого компаса определяется поправка относительно основного прибора. При обработке материалов топосъемки необходимо учитывать поправку на склонение. На юге европейской части СССР она относительно невелика (горный Крым, Подолия +2 - +3°), на Кавказе увеличивается до +4 - +5°, на Дальнем Востоке - до -10 - -13°. Следует иметь в виду, что при съемке под землей погрешность измерений компасом возрастает за счет влияния тросовых лестниц, осветительных приборов и других предметов спелеотуристского снаряжения.
Для измерения вертикальных углов обычно используется эклиметр Брандиса (цена деления шкалы 1°00', [рис. 2](http://speleolog.kiev.ua/books/metod_opis/02.gif),б). Можно применять маркшейдерский или изготовленный своими силами угломер, подвешивающийся к натянутой мерной ленте. При пользовании этими приборами следует соблюдать равенство высот положения прибора и точки визирования ([рис. 2](http://speleolog.kiev.ua/books/metod_opis/02.gif),а).
При работе в горизонтальных полостях с небольшими превышениями и для передачи высотных отметок в дальние районы пещер-лабиринтов часто применяются **гидравлические нивелиры**, использующие принцип сообщающихся сосудов; простейший гидронивелир состоит из двух стеклянных трубок с миллиметровой шкалой, соединенных тонким резиновым шлангом длиной до 20 м ([рис. 2](http://speleolog.kiev.ua/books/metod_opis/02.gif), в).
При работе в вертикальных полостях и пещерах со значительными превышениями применяется гидронивелир иной конструкции. Манометр с большой шкалой (диаметр 15- 20 см). Через специальный штуцер он соединяется с тонкой пластмассовой трубкой длиной 50-60 м. На ее втором конце закрепляется пластмассовый сосуд с водой. Система заполняется на поверхности дистиллированной или кипяченой пресной водой с 5-процентной добавкой мыльного раствора и тарируется.
Точность измерения гидронивелиром превышений ходов, галерей в пещерах может достигать 0,2%.
При поверхностной топосъемке для определения относительных превышений отдельных точек хода над лагерем удобно пользоваться барометром-высотомером БАММ-10 (изменение давления на 100 паскалей в интервале высот 700-1500 м примерно соответствует изменению высоты на 8,75 м). В показания барометра вводятся все необходимые поправки, а для контроля изменений атмосферного давления на протяжении рабочего дня в лагере устанавливается барограф.
При съемках под землей из-за многочисленных местных сопротивлений (изменение направления и размеров галерей вызывает перепад давления) пользоваться методом барометрического нивелирования не рекомендуется.
Для замеров расстояний применяется любая мерная лента. Наиболее удобна парусиновая лента, пропитанная шеллаком, или мерный шнур из нерастягивающегося материала с узелками, завязанными через каждый метр. Для измерения недоступных расстояний можно применять съемный дальномер фотоаппарата (при расстоянии до 10 м этот способ обеспечивает точность +/-10%) либо более сложные тригонометрические методы, основанные на решении прямоугольных и косоугольных треугольников ([рис. 3](http://speleolog.kiev.ua/books/metod_opis/03.gif)). Хорошие результаты дает метод геологического контроля - прослеживания падения и простирания пород и отдельных тектонических трещин в стенах и сводах пещеры. В очень высоких залах возможно применение шариков, наполненных водородом или гелием.
Такие топографические съемки пещер, как теодолитная; мензульная и фототеодолитная в практике спелеотуризм; применяются редко. Как правило, к ним приходится прибегать при решении инженерных задач (сооружение тоннелей различного назначения, соединяющих пещеры с поверхностью, "сбойка" разных пещер, гидрогеологические работы). Опыт освоения Ново-Афонского пещерного комплекса, а также и работы по составлению проектного задания на комплекс Красной пещеры показали, что эти виды топографических съемок весьма трудоемки, они требуют хорошего освещения и специально подготовленных для работы под землей приборов. Задачи, стоящие перед спелеотуристами на этапе разведки и изучения любой пещеры, вполне удовлетворительно решаются методам полуинструментальной съемки.
 Полуинструментальная съемка пещер проводится в масштабе 1:200 для полостей менее 50 м длиной или глубиной. При больших размерах пещер применяется масштаб 1:500. Следует предостеречь начинающих спелеотуристов от использования масштабов 1:300, 1:400, 1:800, не удобных в работе и осложняющих все дальнейшие расчеты. Так, при обработке материалов топосъемки крупных полостей, имеющих значительную линейную протяженность, нужно использовать масштабы 1:1000 или 1:2000.
Для получения представления о геометрии полости ее следует изобразить в виде проекции на три плоскости. План - это проекция на горизонтальную плоскость, разрез - на вертикальную плоскость, ориентированную параллельно ее длинной оси сечение - на вертикальную плоскость, ориентированную параллельно ее короткой оси. Для горизонтальных полостей необходимо построить серию сечении, а для вертикальных - серию планов-срезов на разной глубине, дающую полное представление об их морфологии.
При топографической съемке пещер с небольшим количеством лабиринтов материалы топосъемки удобно записывать в специальный журнал, подготовленный еще на поверхности ([табл. 1](http://speleolog.kiev.ua/books/metod_opis/shell.php?page=metod_opis.htm#%D0%A2%D0%B0%D0%B1%D0%BB%D0%B8%D1%86%D0%B0%20%20%201)) В обводненных и труднодоступных полостях для лучшей сохранности записей их следует начинать в 3-4 см от левого края тетради и кончать в 2-3 см от полей. Запись ведется только на правой стороне тетради простым мягким (ТМ, М) карандашом. Удобно вместо тетради применять разграфленные листы тонкого алюминия. Запись на них ведется мягким карандашом, который затем легко стирается. В сильно обводненных пещерах можно использовать для записей специальную плоскую коробку с двумя катушками, представляющую собой видоизмененную систему перемотки ленты фотоаппарата. В средней части коробки делается окно, и с помощью ведущей катушки передвигают пленку. Если в качестве пленки использовать выпускаемую промышленостью синтетическую бумагу, то записывать карандашом можно и под водой. После выхода на поверхность все записи (обязательно!) переписываются в чистовой журнал.

Таблица   1

Журнал записи результатов топографической съемки карстовых полостей (образец)

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Номер пикета  | Азимут *ф*° | Рас- стояние *L*, м  | Угол наклона *а*°  | Проло- жение *l*=*L*·cos *a*, м | Превы- шение  Δ*H*=*L*·sin *a*, м  | Относи- тельная высота *Н*, м  | Высота хода *h*, м  | Ширина хода левая *b*, м  | Ширина хода правая *b* м  | Приме- чания  |
| 0  | -  | -  | -  | -  | -  | 100,00  | 3,2  | 2,6  | 2,5  |    |
| 1  | 30  | 5  | 0  | 5,00  | 0,00  | 100,0  | 2,8  | 1,0  | 0,5  |    |
| 2  | 20  | 5  | -8  | 4,94  | -0,70  | 99,30  | 7,0  | 0,8  | 0,5  |    |
| 3/0  | 45  | 3,5  | +24  | 3,20  | +1,42  | 100,72  | 4,2  | 2,2  | 1,2  |    |
| 4  | -  | -  | -90  | 0,00  | -10,50  | 90,22  | -  | 0,0  | 1,8  |    |
| 3/61  | 160  | 5  | 0  | 5,00  | 0,00  | 100,72  | 0,8  | 0,3  | 0,3  |    |
| ...  | ...  | ...  | ...  | ...  | ...  | ...  | ...  | ...  | ...  |    |
| 50  | 130  | 5  | 0  | 5,00  | 0,00  | 100,72  | 1,3  | 0,5  | 0,7  | Марка 5, +0,8 м над точкой 50  |

Съемку следует начинать с поверхности, от точки нулевого пикета, который закрепляется на любом естественном объекте расположенном около входа в пещеру (дерево, скала) постоянной маркой. В пещере нужно применять сплошную нумерацию точек. В пещере точки на развилках являются исходными (начальными) для всех боковых ходов. Каждая съемочная точка обозначается картонным квадратиком с номером, который остается в точке стояния реечника. Каждая десятая точка закрепляется на стене или на своде постоянной маркой, а в журнале записывается положение марки над съемочной точкой (например, "марка 5, +0,8 м над точкой 50").
Точка стояния реечника выбирается примерно по оси хода.
В спелеотуристской практике оправдал себя прием, когда реечник выходит вперед на расстояние, равное длине мерного шнура (5 м). Этим исключается необходимость отсчета расстояния в каждой точке. Если невозможно выбрать точку пикета, удаленную от съемщика на 5 м, реечник самостоятельно отмеряет меньшее (большее) расстояние и сообщает его съемщику. При прохождении узких извилистых щелей (подземных врезанных меандров) приходится непрерывно менять величину мерного хода. Иначе теряются отдельные изгибы, и значительно упрощается плановая конфигурация полости (примером может служить топосъемка Нудного хода пещеры Географической).
Угол наклона (+/-*а*°) определяется эклиметром или угломером. Равенство относительных высот инструмента и точки визирования достигается установкой прибора и визирного фонаря на раскладную рейку либо фиксацией их веревочной петлей, наброшенной на носок ботинка. При этом высоту приборов легко менять. В несложных полостях при одинаковом росте спелеотуристов, ведущих съемку, можно использовать антропометрический принцип равенства различных частей тела. В этом случае достаточно сохранять неизменной избранную точку визирования (например, визировать на глаза реечника), следя за тем, чтобы позы съемщиков совпадали (положения стоя, сидя, на коленях, лежа и т. д.). При съемке с гидронивелиром надо следить, чтобы в верхней точке съемки всегда находился спелеотурист с напорной емкостью гидронивелира, а в нижней - с манометром. Поэтому при съемке сложных пещер в зависимости от рельефа участка вперед выходит то один, то другой съемщик. Это требует хорошей сработанности группы.
Следующие две колонки таблицы заполняются после несложных расчетов (поэтому в черновом, журнале для подземной съемки их можно не делать). Поправка па угол наклона (проложение *i* = L·соs *а*) - вводится при углах наклона более 10° (при меньших углах наклона она не превышает ошибки съемки и поэтому ею можно пренебречь). Для учета накапливающейся ошибки через каждые 5 точек вводится суммарная поправка.
Величина превышения (±L·sin *a*) вычисляется для каждой точки с точностью до 1 см. При обходе глыб, спуске в колодец или подъеме на уступ в графе "Превышение" записывается непосредственный замер по вертикали ΔН (*a*= ±90°), а в графах "Азимут" и "Расстояние" ставится прочерк. Для расчета превышений и проложений удобно пользоваться тахеометрическими таблицами и логарифмической линейкой. Все основные расчеты для "стандартных" расстояний можно произвести предварительно путем определения произведения расстояний 2, 3, 4, 5 и 10 м на синусы углов от 1 до 30°  .
Для удобства построения разрезов в следующей колонке производится расчет относительной высоты каждой точки от входа. Отметка входа в зависимости от глубины полости принимается равной 100, 200, 500 или 1000 м. В дальнейшем от этой относительной отметки легко перейти к абсолютной. Отметка каждой последующей точки равна алгебраической сумме отметки предыдущей точки и величины превышения.
Высота, левая и правая ширина хода определяются в точке стояния реечника от уровня его ног. Если съемка ведется по воде (в гидрокостюме), то эти величины замеряются от уровня воды, а в таблицу вводится еще одна колонка - "Глубина воды"([рис. 4](http://speleolog.kiev.ua/books/metod_opis/04.gif)).
В графу "Примечания" заносятся все дополнительные сведения, полученные в ходе съемки (высотное положение марок, маршрутные замечания по морфологии, геологии, археологии полости и т. п.). При съемке обводненных полостей с сифонами высотную отметку за сифон передают по уровню воды, считая его горизонтальным.
Топосъемку и записи в журнале производит группа из двух-трех человек. Остальные члены съемочной бригады, наиболее хорошо знакомые с геологией района и особенностями ее проявления в пещерах, должны производить зарисовку абрисов плана, продольного и поперечного профилей пещеры. Удобнее всего вести ее в отдельной тетради в клетку с заранее подготовленными в удобном масштабе (2 клеточки - 1 м) опорными линиями ([рис. 5](http://speleolog.kiev.ua/books/metod_opis/05.gif)). На верхней линии рисуется развертка плана (углы поворота между отдельными участка-ми хода не учитываются), на средней - развертка продольного профиля, на нижней - поперечные сечения. На абрисе делаются все необходимые дополнительные замеры (см. [рис. 4](http://speleolog.kiev.ua/books/metod_opis/04.gif)) записи и зарисовки, не вошедшие в журнал съемки.
Некоторые опытные спелеотуристы при съемке разветвленных пещер предпочитают делать абрис плана так, как если бы они рассматривали пещеру сверху. От будущего плана их зарисовка отличается лишь меньшей точностью. Такой способ абриса позволяет исправлять ошибки, возникающие при записи в журнале топосъемки, но зато требует более высокой квалификации зарисовщика.
При зарисовках нужно отразить особенности контуров полости, связанные с изменениями литологического состава пород (на [рис.5](http://speleolog.kiev.ua/books/metod_opis/05.gif), В видно, что у т. 2 пещера врезалась в прослой глин; при этом резко изменилась морфология галереи), с проявлениями тектонической трещиноватости (купола в своде и повороты хода используют трещины с простиранием 120°), деятельностью напорных вод, процессами карстовой аккумуляции.
Кроме поперечных сечений, в местах стояния съемщиков часто приходится делать дополнительные разрезы, зарисовки в более крупном плане. Поэтому группа, ведущая абрис, должна иметь второй комплект инструментов для съемки и складной метр для замера отдельных частей пещеры. Кроме различных масштабных обозначений, принятых в общей топографии, используется набор специальных спелеологических масштабных и внемасштабных условных знаков. К сожалению, ни в СССР, ни за рубежом единая система условных знаков до сих пор не разработана. На [рис. 6](http://speleolog.kiev.ua/books/metod_opis/06.gif) приведен набор условных знаков, составленный на основании разработки Г. А. Максимовича с учетом предложений Международной комиссии по спелеодокументации и Болгарского туристического Союза. По возможности следует пользоваться этим набором знаков, что не исключает, однако, введения отдельных новых обозначений. В любом случае необходимо в легенде к чертежам давать пояснения принятой (при оформлении) системе условных знаков.
К концу рабочего дня (при выходе на поверхность или в подземном лагере) все материалы тоносъемки необходимо переписать начисто и обработать. При сверке журнала топосъемки, журнала абрисов и данных геологической съемки выявляются и устраняются грубые ошибки и описки. Опыт показывает, что чаще всего они равняются 180° (взят отсчет по южному концу стрелки или неверно ориентирован компас) и 100° (описка, вместо 280° записывается 180° или вместо 80 - 180°). Иногда ошибка возникает из-за того, что при расшифровке записи значок градуса (8°) принят за ноль (80). Поэтому рекомендуется вести записи, не ставя значка градуса.
Если съемка "висячая" (т. е. ход не замкнут), то единственным надежным средством контроля является повторная съемка. Часто это можно сделать только в следующий полевой сезон или даже через несколько лет. Так, в литературу проникают неточные, обычно завышенные данные. Классическим примером является съемка шахты Киевской (КиЛСИ).
Измерения нескольких спелеотуристских групп последовательно дали цифры 1030 м, 1080 м и, наконец, 950 м.
Различные группы спелеотуристов оценили глубину шахты Снежная на Кавказе в 770 м (первооткрыватели), 700, 720, 690 и 720 м. Очевидно, истинная глубина полости 700-720 м.
При замкнутом съемочном полигоне необходимо определить наличие невязки съемки и, если она не превышает допустимых пределов (5%), "увязать" полигон методами, принятыми в геодезии ("разбросать" невязку пропорционально длинам сторон полигона).
После построения оси хода и развертки (по данным журнала топосъемки) следует нанести в соответствующем масштабе данные о левой и правой ширине хода от пикета и ее высоте ([рис. 7](http://speleolog.kiev.ua/books/metod_opis/07.gif), а, б). Затем чертеж передается группе, ведущей абрис. Она заканчивает прорисовку плана и разрезов в соответствии со своими зарисовками ([рис. 7](http://speleolog.kiev.ua/books/metod_opis/07.gif), в).
Если пещера имеет несколько этажей, то съемку каждого этажа нужно производить отдельно, а затем поэтажные планы и разрезы увязать между собой соединительной съемкой повышенной точности. На сводном плане для разных этажей применяются различные штриховые знаки. Съемки крупных залов в зависимости от их размеров, морфологии, проходимости в разных направлениях и навыков съемщика делают одним из трех методов: методом поперечных сечений, радиальным или обхода ([рис. 8](http://speleolog.kiev.ua/books/metod_opis/07.gif)). Последний способ в сочетании с маршрутным пересечением дает наибольшую точность.
Несколько иначе следует организовать топосъемку пещер-лабиринтов ([рис. 9](http://speleolog.kiev.ua/books/metod_opis/09.gif)), состоящих из нескольких десятков, а иногда и сотен пересекающихся галерей, заложенных по параллельным системам тектонических трещин (пещеры Оптимистическая, Озерная, Кристальная в гипсах Подолии, Балаганская в Сибири, Орешная и Баджейская - в конгломератах на Саянах). Разведывательные группы, состоящие из самых опытных спелеотуристов, прокладывают две магистральные линии съемки ("антенны"), все боковые ходы которых отмаркированы картонными карточками с порядковыми номерами, а короткие тупиковые ходы полностью закартированы. Затем выделенные магистралями съемочные поля разбиваются на отдельные полигоны; съемка их осуществляется одновременно несколькими группами, состоящими из трех - пяти человек. По окончании обхода полигона они завершают съемку его внутренней части в деталях, а затем начинают обработку следующего полигона, сохраняющего индекс группы с порядковым номером А-1, А-2 и т. д.
При проведении съемки несколькими группами на протяжении нескольких сезонов (пещера Оптимистическая изучается львовскими спелеотуристами более 12 лет, в нее проведено около 40 экспедиций) особую роль приобретает строгий контроль за исправностью и погрешностями используемых приборов.
При съемке лабиринтов "подольского" типа, заложенных в пластах гипса малой мощности (от 10 до 30 м), высотная съемка практически не ведется, так как в результате накопления ошибок пещера "выходит" за границы толщи карстующихся пород.
Для определения положения отдельных районов и этажей пещер в геологическом разрезе следует, кроме съемки плана, производить высотную гидронивелирную съемку по кратчайшим (или наиболее легким для прохождения)   галереям. Лабиринты "саянского" типа, развитые во всех трех плоскостях, следует снимать по обычным правилам.
При обработке материалов топосъемки крупных пещер может накопиться общая ошибка построения  (5-10%). В этом случае рекомендуется производить пересчет всех данных в систему прямоугольных координат и положение каждой точки магистральных ходов полости определять аналитически, как алгебраическую сумму приращений координат по осям х и у. Методика пересчета приводится в учебниках геодезии. Так, был построен сводный план Красной пещеры в Крыму, пещеры Снежной на Кавказе.
В зависимости от ориентировки плана пещеры по отношению к странам света рабочие чертежи горизонтальных пещер следует компоновать по-разному ([рис. 10](http://speleolog.kiev.ua/books/metod_opis/08.gif)). В левой (или верхней) части чертежа располагается ориентированный план с указанием элементов залегания пород. Под ним (или в правой части чертежа) располагается продольный разрез, а ниже его одинаково ориентированные по отношению к длинной оси пещеры поперечные сечения. Линейный масштаб располагается у правого края продольного разреза.
Способ построения продольных разрезов горизонтальных и наклонных пещер зависит от их морфогенетического типа. По одной из морфогенетических классификаций [7] карстовые пещеры можно отнести к речному или озерному типу. Галереи пещер первого типа представляют собой четко выраженные, меандрирующие русла подземных рек с явным направлением стока. В основную галерею обычно вливаются менее крупные дочерние притоки, которые также меандрируют. Построение для такой пещеры строгой проекции на одну вертикальную плоскость весьма трудоемко и мало информативно. Поэтому продольные профили полости по основному ходу и по боковым притокам строят в виде разрезов-разверток, направление стока на чертеже ориентируют всегда единообразно, независимо   от ориентации данной галереи на плане полости.
В пещерах озерного типа, напротив, трудно однозначно выделить направление стока, и они чаще всего имеют лабиринтный характер. Преимущественные направления в такой пещере следует задавать ориентировкой сетки тектонических трещин в массиве, поскольку галереи не имеют выделенных гидрологических направлений, и, как правило, прямолинейны в плане. Продольные профили галерей таких пещер можно давать в виде отдельных строгих проекций на вертикальные плоскости, совпадающие с направлениями трещин. Высотную увязку всех галерей можно делать, показывая в масштабе уровень их дна относительно линии входа в пещеру.
Съемку вертикальных полостей следует начинать со съемки плана-среза на поверхности. Определяется ориентировка большого и малого диаметров полости, мерной лентой измеряется их длина ([рис. 11](http://speleolog.kiev.ua/books/metod_opis/11.gif), а). Спуск в карстовую полость не обязательно происходит в плоскости большого или малого диаметра. Оборудование для спуска навешивается там, где это более удобно и безопасно. Поэтому съемщик, спускаясь по тросовой лестнице или по веревке, обычно находится в плоскости случайного вертикального сечения ([рис. 11](http://speleolog.kiev.ua/books/metod_opis/11.gif), А, а-а', в-в'). Во время спуска он может быть лишен возможности сделать точные замеры, и контуры полости ему удается зарисовать лишь на глаз. Поэтому каждую площадку, где их возможно произвести, следует использовать для передачи высотной отметки с поверхности и получения более точных планов-срезов. Если полость заложена по двум взаимоперпендикулярным системам тектонических трещин, то ее сечения на значительную глубину могут сохранять свою ориентировку, и картирование такой шахты не представляет большого труда. Значительно чаще шахты используют несколько направлений тектонических трещин и образуют сложную пространственную спираль. В этом случае планы-срезы на разной глубине имеют различную ориентировку длинной оси ([рис. 11](http://speleolog.kiev.ua/books/metod_opis/11.gif), б) и вертикальный разрез полости по избранному направлению приходится строить геометрическим путем.
Таким образом, при съемке стволовых вертикальных полостей получают два разреза, обычно располагающихся один по отношению к другому под углом, отличающимся от прямого, и серию перпендикулярных к ним планов-срезов. Их компоновка на рабочем чертеже иллюстрируется ([рис. 12](http://speleolog.kiev.ua/books/metod_opis/10.gif)).
Более сложный случай - съемка каскадной шахты ([рис. 13](http://speleolog.kiev.ua/books/metod_opis/12.gif)). В левой части чертежа здесь также необходимо расположить планы-срезы, ориентированные по странам света и смещенные один относительно другого на расстояние, соответствующее их положению на сводном плане. Справа от них располагаются вертикальные сечения. Если они находятся в разных, но параллельных плоскостях, то часть из них показывается пунктиром. Иногда удобно рядом поместить развертку этой же полости. На ней хорошо видны взаимные связи всех горизонтальных и вертикальных элементов шахты, но, вследствие искажений в их ориентировке, затруднены геологические построения.
В горных районах нашей страны часто встречаются сложные спиральные шахты, состоящие из вертикальных шахт, соединенных горизонтальными или наклонными ходами различной протяженности. При их картировании следует применять комбинацию этих методов, т. е. развертки и вертикальных сечений. После анализа плана выбирается такая плоскость проекции, на которую можно с минимальными искажениями спроектировать все ходы полости, сохранив при этом без изменений положение опорных точек (входы, пересечения галерей, сифоны и пр.). Наибольшие искажения получаются на тех участках, которые ориентированы под углом, большим 45° к плоскости проекции ([рис. 14](http://speleolog.kiev.ua/books/metod_opis/13.gif)).
Разрез-проекцию, дающую хорошее представление о геологических условиях заложения полости, можно сочетать с разверткой на которой видны все естественные препятствия, а условными знаками можно показать способы их преодоления ([рис 15](http://speleolog.kiev.ua/books/metod_opis/14.gif)). Такой чертеж несет наибольшую информацию для спелеотуриста. Если включить в него данные о специфических для полости опасностях (камнепадных участках, зонах затопления, сифонах и пр.), то они могут стать своеобразным техническим паспортом пещеры или шахты.
После завершения топосъемки карстовой пещеры или группы пещер и шахт обязательно следует произвести топосъемку поверхности над ними. Обычно достаточно "вынести" пещеру на поверхность, то есть проложить ход, следующий основным ее изгибам. При этом устанавливается наличие связи карстовой полости с элементами поверхностного карстового (котловины, воронки, рвы отседания, поноры) и некарстового (долины, уступы, террасы) происхождения, а также картируются все крупные тектонические нарушения. После этого строятся продольные и поперечные профили через горный массив. При расположении пещер в разных плоскостях применяется более сложный метод блокдиаграмм (его описание имеется в специальной литературе ([рис. 16](http://speleolog.kiev.ua/books/metod_opis/15.gif)).
Тщательно выполненные и правильно обработанные материалы топографической съемки дают все необходимые сведения для определения морфометрических характеристик карстовой полости.

**МОРФОМЕТРИЧЕСКАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА ПЕЩЕР**

В этом разделе необходимо дать сведения о следующих линейных, площадных и объемных характеристиках полости.
12. **Общая длина или протяженность** (*L*, м) - ее следует определять как сумму длины всех галерей пещеры без поправки на угол наклона. Об этом всегда нужно помнить при составлении описания (при расчете по плану, а не по журналу топосъемки длина пещеры отклоняется на 20-30% от ее истинной длины).
13. При описании полости над **общей глубиной** (*Н*, м) нужно понимать расстояние по вертикали от входа до самой нижней точки полости. При заложении входа в борту крупностенной карстовой воронки необходимо учитывать и ее глубину от топографического гребня. В практике можно определять глубину полости непосредственно от входа в нее, но в этом случае нужно обязательно указать начальную точку отсчета. Для пещер, галереи которых располагаются выше основного входа (Красная пещера) или выше и ниже его (Скельская пещера в Крыму), принято применять термин "амплитуда" (*А*, м) - расстояние по вертикали от самой верхней до самой нижней точки.
14. **Площадь** (*S*, кв. м). Обычно определяется методом наложения палетки или подсчетом количества миллиметровых квадратов в пределах контура полости. Допустим, подсчет дал площадь 5,2 кв. см. При масштабе плана 1:500 один квадратный сантиметр плана соответствует площади 25 кв. м. в натуре. Отсюда площадь пещеры 130 кв. м. Для определения площади крупных и разветвленных пещер оба эти метода очень трудоемки.
Свердловские спелеотуристы, например, используют метод взвешивания: очертания плана пещеры перерисовывают на кальку и вырезают его (если пещера многоэтажная, то каждый из накладывающихся один на другой этажей или их участков вырисовывают отдельно); затем кальку взвешивают с точностью 0,0001 г., а вес ее сравнивают с весом квадрата с известной площадью, вырезанного из того же куска кальки. Решая пропорцию, определяют площадь плана на кальке в кв. см, затем, учитывая масштаб плана, определяют реальную площадь дна пещеры в кв. м. Сравнение показало, что точность этого метода такова же, что и двух первых.
В узких ходах-щелях и в трубообразных каналах понятие площадь - мнимое. В этом случае рассчитывается площадь для сечения, располагающегося на уровне ног съемщика.
15. **Объем пещеры** (*V*, куб. м) определяется по следующей формуле:

*V*=*K·S·Н*,

где *K* - коэффициент, учитывающий характер поперечного сечения полости (для прямоугольного - 1,0; для овального и круглого - 0,78; для треугольного сечения - 0,5); *S* - площадь пола, кв. м; *H* - средняя высота по оси хода, м.
Объем вертикальных полостей рассчитывается, как объем цилиндра с площадью основания, равной средней площади планов-срезов на разной глубине, и высотой, равной глубине полости. При очень сложной конфигурации пещер и шахт иногда удобно использовать универсальную формулу Симпсона:

*V* = *Н*'(*S*1+4*S*2+*S*3)/6,

где *H'* - глубина полости (расстояние между сечениями *S*1 и *S*3); *S*1, *S*2, *S*3 - площади верхнего, среднего и нижнего сечений.
16. **Ширина галереи** (*b*, м). Отдельно определяется также средняя, максимальная, минимальная ширина пещеры.
17. **Высота хода галереи** (*h*, м). Отдельно определяется средняя, максимальная, минимальная высота галерей пещеры.
Для крупных полостей часто строятся графики распределения ширины и высоты, дающие более полное представление о характере их ходов.
18. **Коэффициент пустотности Корбеля** (табл. 2) (*Q*) - представляет произведение расстояния между крайними точками полости по основной оси (по прямой), расстояния между наиболее удаленными точками по перпендикуляру к основной оси, и амплитуды полости (в сотнях метров). Он характеризует не столько пустотность массива, сколько размеры блока, в котором заложена полость (своеобразный "индекс развития").
Для лабиринтовых пещер удобен коэффициент площадной закарстованности (*x*), представляющий отношение площади пола пещеры к площади блока карстующихся пород, определенной по контуру ломаной линии, соединяющей крайние точки пещеры.
19. Довольно чутким генетическим индикатором, позволяющим, в частности, отделять крупные гидротермокарстовые полости от полостей обычного "холодного" карстового происхождения (*М* > 100 - гидротермокарстовые полости, *М* < 100 - "холодные" карстовые полости), является **удельный объем** (термин предложен Г. А. Максимовичем) или мидель (*М*, кв. м/м), который представляет отношение объема полости к ее протяженности (длине).
После накопления определенного объема данных по исследуемому карстовому району возникает задача определения средних характеристик его подземной закарстованности [3, 4]. Для спелеотуристов можно рекомендовать рассчитывать два показателя [4]. Плотность пещер - количество карстовых полостей на 1000 кв. км. площади. Густота пещер - это общая длина всех пещерных ходов, приходящихся на 1000 кв. км. площади карстующихся пород (иногда эти показатели рассчитываются на площадь 1 кв. км, что позволяет производить сравнение интенсивности подземного закарстования для отдельных участков карстовых районов). Сведения о среднем количестве пещер на той или иной площади, а также об их средней площади и объеме часто используются в гидрогеологических расчетах при подготовке пещер к благоустройству. Поэтому перед спелеотуристами в каждом путешествии стоит важная задача - получение достоверных статистических характеристик оценочных показателей карстовых полостей района.
Кривые распределения большинства оценочных показателей характеризуются асимметричностью. Например, Красная пещера в Крыму имеет длину 13100 м, а следующая за ней Узунджинская пещера - всего 1500 м. Включение таких "крайних" значений в расчеты приводит к значительному (в среднем на 200%) завышению всех статистических параметров изучаемых распределений. Открытие новой крупной пещеры или продолжения в уже известной полости также существенно смещает их средние значения. Анализ показал необходимость исключения артефактов как элементов данной генеральной совокупности, вероятность появления которых весьма мала (0,05 и менее). Для этого рекомендуется *Т*-критерий

*Т* = (*xi*-*x*)/*c* ≥*Tст*

где *xi* - выделяющееся значение признака; *х* - среднее арифметическое и *с* - среднее квадратичное отклонение для группы, включающей артефакт; *Тст* - стандартное значение критерия выпада (зависит от числа наблюдений и составляет для наших условий 3,0-3,3).
С помощью *Т*-критерия из распределений оценочных признаков карстовых полостей исключают значения, имеющие малую вероятность (обычно 2-4 варианта), а затем производится перерасчет всех статистических параметров (среднее арифметическое, среднее квадратичное отклонение, коэффициент вариации, коэффициент асимметрии, эксцесс). Методика их расчета имеется в руководствах по обработке материалов наблюдений и учебниках математической статистики.
Распределения оценочных показателей карстовых полостей можно использовать для анализа степени сходства или различия в закарстованности различных карстовых районов. Для этого определяется *л*-критерий, предложенный А. Н. Колмогоровым и Н. В. Смирновым:

*л* = |Е*f*1/*n*1- Е*f*2/*n*2|max · корень из (*n1·n2*/(*n1+n2*))

где |Е*f*1/*n*1- Е*f*2/*n*2|max - максимальное абсолютное значение разностей сумм накопленных частот по каждому рангу, деленных на число вариантов (членов) первого (*n*1) и второго (*n*2) распределений. Различия между анализируемыми распределениями считаются несущественными (случайными), если *л*-критерий не достигает стандартного значения порога вероятности. Он принят равным 1,36, что соответствует минимальной вероятности безошибочного прогноза 0,95.
Подытоживая вышесказанное, в практику спелеотуристов можно рекомендовать следующую схему, совмещающую морфометрические показатели, характеризующие и карстовую полость, и закарстованный блок (массив), в котором она расположена (табл. 2).

Таблица 2

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| N п. п.  | Наименование показателя  | Обозначение  | Единицы измерения  | Определение (формула)  | Примечание  |
|   | **Линейный**  |   |   |   |   |
| 1  | Протяженность пещеры | *L*  | м  | Сумма всех ходов галерей пещеры |   |
| 2  | Глубина (амплитуда) пещеры | *Н*  | м  |   | Совпадает с вертикальным ребром параллелепипеда Корбеля |
| 3  | Проективная длина пещеры | *l*  | м  | Сумма проекций ходов пещеры на горизонтальную плоскость (в плане) |   |
| 4  | Максимальная длина параллелепипеда Корбеля | *Lк*  | м  |   |   |
| 5  | Максимальная ширина параллелепипеда Корбеля | *Вк*  | м  |   |   |
|   | **Площадной**  |   |   |   |   |
| 6  | Площадь пещеры | *Sн*  | кв. м.  | Сумма площадей планов галерей пещеры |   |
| 7  | Мидель пещеры | *М*  | куб. м./м.  | Среднее сечение пещеры = *V*/*L*   |   |
|   | **Объемный**  |   |   |   |   |
| 8  | Объем пещеры | *V*  | куб. м.  | *Sн*·*L*  |   |
| 9  | Коэффициент Корбеля | *Q*  |   | *Q*=*Bк·Lк·Нк*·10-6  |   |
|   | **Безразмерные коэффициенты**  |   |   |   |   |
| 10  | Общей закарстованности массива | *K*=*V*/*Q*  |   |   |   |
| 11  | Степени вытянутости закарстованного блока | *Hк*/*Lк*, *Вк*/*Lк*, *Вк*/*Вк*  |   |   |   |
| 12  | Площадной закарстованности | *Sн*/(*Вк*•*Lк*)  |   |   |   |
| 13  | Извилистости галереи (пещеры) | *K*=*L*/*r*  |   |   | Отношение длины хода (пещеры) к кратчайшему расстоянию между точками |

**ГЕОЛОГИЧЕСКАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА ПЕЩЕР**

Не будучи специалистом-геологом, спелеотурист, естественно, не в состоянии выполнить весь необходимый объем геологических и гидрогеологических наблюдений под землей. Однако знакомство с основами этих научных дисциплин необходимо для правильной организации и проведения поиска карстовых полостей, их исследования и, в особенности, для безаварийной работы под землей. Кроме того, маршрутные описания - это первый этап комплексного изучения любой пещеры. Поэтому спелеотурист должен владеть некоторыми приемами и методами простейших геологосъемочных работ.
Геологические наблюдения нужно проводить как на подходах к пещере в ее ближайших окрестностях, так и под землей.
Наблюдения на поверхности. Основная задача - охарактеризовать геологические особенности вмещающих, подстилающих и перекрывающих отложении.
20. **Литология**. Спелеотуристу в этом разделе следует описать в простейшей форме химический состав пород: карбонатные (известняк, доломит), сульфатные (гипс, ангидрит), галогенные (каменная соль), конгломераты и реже брекчии. Особенности этих пород подробно изложены в многочисленных практических руководствах по геологии, петрографии и минералогии [6-8].
21. **Цвет породы**. При описаниях важно отмечать оттенок (темность) породы, степень интенсивности или насыщенности цвета, цветовые тона пород: в полевых условиях также следует выяснить минералогическую и химическую природу цвета: относится ли окраска к глинистым водопроницаемым или к пористым породам, как изменяется окраска у трещин, в середине обломков и т. д. Например, на массиве Алек появление на фоне равномерной светло-серой окраски известняков обломков пород с зеленой окраской свидетельствует, о приближении к крупной зоне разлома со смещением (сброс).
22. **Слоистость**. Спелеотуристам необходимо знать и уметь выделять по характеру слоистости пять разновидностей известняков:

* неслоистые (видимая слоистость отсутствует, хотя в 5-10 м по разрезу прослеживаются отдельные трещины напластования);
* толстослоистые (мощность слоя более 0,5 м);
* среднеплитовые (0,3-0,5 м);
* тонкоплитчатые (0,1-0,3м);
* листоватые (менее 0,1 м, см. рис. 6).

Из каждого слоя, отличавшегося по цвету, составу или толщине, необходимо при помощи геологического или скального молотка взять образец размерами 6х10 см и снабдить его этикеткой. В этикетке обозначаются: номер образца (порядковый в экспедиции данного года, например, 1977 - 1, 2, 3 и т. д.); название экспедиции (лагеря), отряда (отделения); район работ (массив Алек); точка наблюдений (балка шахты Заблудших, 20 м выше входа по правому борту); слой (прослой кремниевых песчаников в толще известняков); полевое определение (песчаник мелкозернистый, кремнистый); подпись спелеотуриста, отобравшего образец; дата.
Образцы обычно отбивают от коренного выхода породы, предварительно расчистив его (убрав выветренную породу). Поэтому при послойном отборе проб лучше делать это снизу вверх по склону. Этим мы гарантируем себя от "засорения" обнажения материалом вышележащих слоев.
По весу образцы могут быть разными - для изготовления шлифов достаточно 0,1 кг породы (размер образца 2х3 см), для определения гранулометрического состава на ситах для мелкозернистых пород - 0,2 кг; для гравелитов - до 2 кг; для определения объемного веса - 0,2-0,3 кг; карбонатности и термического анализа - до 0,1 кг; силикатного химического анализа - 0,2-0,3 кг; химического и минералогического анализа - до 1,0 кг; спектрального анализа - до 50 г и т. д. Так как спелеотуристу обычно неизвестно, на какие анализы предназначены образцы отобранных им пород, их вес должен быть не менее 0,5 кг.
На образец наклеивается этикетка из лейкопластыря, где указывается только номер. Твердые образцы вместе с этикеткой упаковываются в бумагу. Для этого берут лист оберточной бумаги размером 30х40 см, в один угол заворачивают сложенную этикетку, затем этот угол прижимают к образцу. Рыхлые породы с этикеткой упаковывают в мешочек, на котором также указывают номер. Хрупкие образцы (палеонтологические находки, кристаллы, натечные формы) лучше укладывать в коробочки или банки. Чтобы предохранить образцы от намокания, их лучше складывать по 10-20 шт. в водонепроницаемый мешок из полиэтилена, а уже потом - в транспортный мешок.
23. **Возраст породы**. Во всех случаях, когда спелеотуриста интересует возраст пород, следует взять образцы пород и передать их специалистам.
24. **Элементы залегания пород**. Горные породы могут залегать горизонтально (в этом случае измерять элементы их залегания нет необходимости) или наклонно. Пространственное положение наклонно залегающей пачки пород (а также - любого тектонического нарушения - трещины, разлома) характеризуется тремя параметрами: азимутом простирания, азимутом падения и углом падения.
Линия простирания - это линия пересечения поверхности слоя с горизонтальной плоскостью, то есть любая горизонтальная линия на наклонной поверхности ([рис. 1](http://speleolog.kiev.ua/books/metod_opis/01.gif), 5). Азимутом линии простирания называется угол между ее направлением и северным меридианом. Понятно, что в зависимости от положения съемщика для линии простирания можно получить два значения, отличающиеся на 180°. Поэтому лучше записывать оба значения (простирание пласта 35-215°).
Линия падения ([рис. 1](http://speleolog.kiev.ua/books/metod_opis/01.gif), 6) располагается в плоскости пласта, перпендикулярна к линии простирания и направлена в сторону падения пласта (трещины). Эта линия имеет наибольший угол наклона к горизонту по отношению к любой другой линии, которую можно провести по поверхности пласта. Азимут падения - это азимут между северным меридианом и проекцией линии падения на горизонтальную плоскость, а угол падения - угол между линией падения и ее проекцией на горизонтальную плоскость. Угол падения может меняться от 0° (горизонтальное залегание) до 90° (пласты поставлены "на голову"). Азимут падения может принимать любое значение от 0° до 360°, причем азимут простирания равен азимуту падения +/-90°.
В полевых условиях на определяемой плоскости прежде всего нужно найти линию падения, ее указывает струйка воды, текущая по обнажению, катящаяся галька и т. д. Приложив к этой линии горный компас, по клинометру определяют угол падения (см. рис. 1). Затем определяют азимут падения. Для этого горный компас кладут на поверхность пласта так, чтобы его длинная сторона совпала с линией падения, а север лимба был ориентирован в сторону его падения, приподнимают опущенный край компаса до горизонтального положения и производят отсчет по северному концу стрелки ([рис. 1](http://speleolog.kiev.ua/books/metod_opis/01.gif)). Начинающим спелеотуристам полезно после этого определить угол падения линии простирания (он по определению должен быть равен нулю, рис. 1) и азимут простирания пласта ([рис. 1](http://speleolog.kiev.ua/books/metod_opis/01.gif)).
Иногда не удается расчистить хорошую площадку для замера азимута падения, но зато можно замерить генеральное простирание пластов. В этом случае работу начинают с определения азимута простирания, а азимут падения определяют приближенно, уточняя его перерасчетом (азимут простирания +/-90°).
При некотором навыке элементы залегания пластов можно определять и на расстоянии, держа компас в вытянутой руке и визируя его длинной стороной па пласт.
Запись замеров следует делать по форме: (угол падения 30°, азимут 235°). На чертежах элементы залегания ([рис. 6](http://speleolog.kiev.ua/books/metod_opis/06.gif)) проставляются у плана, имеющего ориентировку по отношению к линии север-юг ([рис. 10](http://speleolog.kiev.ua/books/metod_opis/08.gif)), или у планов-срезов ([рис. 12](http://speleolog.kiev.ua/books/metod_opis/10.gif), [13](http://speleolog.kiev.ua/books/metod_opis/12.gif)). Эти данные необходимы для нанесения на разрезы геологической ситуации.
Определение элементов залегания пластов - необходимая составная часть анализа геологической ситуации у пещеры. Замерив элементы залегания горных пород на склонах речной долины и на водоразделе (на склоне горного массива и на плато), можно сделать заключение о структурном плане района, что важно при подготовке пещер к их оборудованию.
Горизонтальное (субгоризонтальное) залегание пород характерно для платформенных областей страны. Элементы залегания на большом протяжении не меняются, составляя 1-2°. Более древние породы залегают под более молодыми, обнажаясь только в днищах речных долин. Карстовые полости располагаются под водоразделами. Входы в них расположены на склонах долин и в карстовых (карстово-суффозионных) или провальных воронках на междуречьях ([рис. 18](http://speleolog.kiev.ua/books/metod_opis/16.gif)), пример: пещеры Подолии.
Наклонное (моноклинальное) залегание пород обычно встречается в предгорьях. Более устойчивые к размыву породы образуют куэстовые уступы. Ниже склон выполаживается. Входы в пещеры часто располагаются в бортах продольных долин, заложенных вдоль простирания пород, либо в бортах поперечных долин, разрезающих куэсты в плоскости чертежа (рис. 18, б, пример: Предгорный Крым, Северный Кавказ).
В горных районах породы неоднократно подвергались сжатию. Поэтому они смяты в антиклинальные и синклинальные складки, которые могут полностью сохраниться в рельефе (рис. 18, в) или бывают срезаны на разных уровнях процессами денудации (рис. 18, в, пунктир). На разных склонах горного массива породы могут иметь залегание в противоположные стороны (хребет Ахцу на Западном Кавказе). Иногда складчатость развивалась настолько интенсивно, что вместо антиклинальной образуется брахиантиклинальная структура, в пределах которой можно встретить падения пород во все стороны ("моделью" брахиантиклинальной структуры с плоским сводом может служить перевернутая тарелка). Строение брахиантиклинали еще более сложно: ее северное и южное, западное и восточное погружения имеют разные углы наклона, иногда приближающиеся к 80-90° (рис. 18, г). Полости, заложенные в этих условиях, имеют очень сложную морфологию, извилисты, часто образуют ложные этажи.
Рассмотренные ситуации не исчерпывают многообразия условии заложения карстовых пещер. Выявить их па основании геологической съемки - это одна из задач, которую должны решить спелеотуристы при исследовании района.
25. **Тектоническая трещиноватость**. Трещины (разрывы без смещения) играют большую роль в формировании как самих карстовых форм, так и их водных хемогенных отложений Ориентировка плоскостей тектонических трещин по отношению к залеганию пластов горных пород может быть разной (рис 1) Главные направления тектонических трещин района по которым происходит формирование большинства карстовых полостей, удается выяснить, произведя несколько сотен замеров трещин на поверхности и под землей.
Замеры элементов залегания тектонических трещин производятся горным компасом аналогично замеру элементов залегания горных пород. Для вертикальных трещин необходимо получить азимут их простирания, для наклонных - азимут простирания и угол падения. При замерах трещин необходимо обращать внимание на величину их раскрытия (зияния) и наличие заполнителя (глины, кристаллов, кальцита и других минералов, натеков и др.). Затем нужно провести статистическую обработку материалов, построить таблицу распределения трещин по направлениям и график трещиноватости района ([рис. 19](http://speleolog.kiev.ua/books/metod_opis/18.gif)). Его анализируют совместно с материалами о направлениях заложения карстовых полостей. Последовательность операций при этом следующая. Определяется количество трещин, попадающих в десятиградусный интервал[\*\*\*](http://speleolog.kiev.ua/books/metod_opis/shell.php?page=metod_opis.htm#***) (подсчет ведется в северо-восточном и северо-западных румбах, а азимуты трещин юго-западного и юго-восточного румбов пересчитываются на обратные). Например, азимут 125° соответствует 125+180=305°; азимут 197° соответствует 197-180=17° и т. д. Количество замеров в интервале суммируется, определяется общее число замеров и эта сумма принимается за 100% (табл.3).
Параллельно с обработкой материалов по тектонической трещиноватости производится обработка топографических материалов, определяются протяженность и генеральное простирание (по оси хода) всех галерей заснятой пещеры. Эти данные также группируются по интервалам и пересчитываются в проценты (табл. 3) с целью сделать сопоставимыми величины, имеющие различную размерность (градусы и метры). Затем можно строить график распределения трещин в виде розы. Можно "развернуть" два северных квадрата в прямую и построить прямоугольный график, где по оси ординат отложены градусы, а по оси абсцисс - проценты. Разметив оба графика рядом, получаем удобный для сравнения ([рис. 20](http://speleolog.kiev.ua/books/metod_opis/17.gif)) материал.
Анализ графика трещиноватости показывает, что резко преобладают две связанных между собой системы трещин, объединяющиеся в так называемые динамопары: 310-320° - 30-40° (на их долю приходится более 40% всех трещин) и 80-90° - 350-360° (25% всех трещин). Эти же направления, только в ином количественном соотношении (24 и 50%), четко прослеживаются в карстовых полостях. Дальнейший анализ с учетом особенностей строения массива приводит к выводам о том, что наиболее часто встречающиеся трещины с простиранием 130-140° - 310-320° отличаются наименьшим раскрытием. Это так называемые трещины сжатия, перпендикулярные к направлениям сил сжатия в горном массиве. Естественно, что вдоль них хуже условия для фильтрации воды, а, следовательно, и меньше карстовых полостей.

 Таблица 3.

**Обработка материалов о тектонической трещиноватости (А) и направлениях ходов пещер района (Б)**

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| Расчетные интервалы простирания трещин  | Тектоническая трещиноватость,   число замеров | Тектоническая трещиноватость,  %  | Направление ходов пещер,  сумма замеров, м  | Направление ходов пещер, %  |
| 1-10  | 2  | 0,7  | 22  | 2,1  |
| 11-20  | 5  | 1,9  | 9  | 0,9  |
| 21-30  | 9  | 3,6  | 21  | 2,0  |
| 31-40  | 42  | 16,7  | 137  | 13,0  |
| 41-50  | 12  | 4,8  | 16  | 1,5  |
| 51-60  | -  | -  | 4  | 0,4  |
| 61-70  | 2  | 0,7  | 12  | 1,1  |
| 71-80  | 4  | 1,6  | 73  | 7,0  |
| 81-90  | 33  | 13,1  | 298  | 28,4  |
| 271-280  | 7  | 2,8  | 42  | 4,0  |
| 281-290  | -  | -  | 5  | 0,5  |
| 291-300  | 6  | 2,4  | 19  | 1,8  |
| 301-310  | 21  | 8,3  | 22  | 2,1  |
| 311-320  | 59  | 23,5  | 112  | 10,7  |
| 321-330  | 17  | 6,8 | 7  | 0,7  |
| 331-340  | 4  | 1,6  | 9  | 0,9  |
| 341-350  | -  | -  | 16  | 1,5  |
| 351-360  | 29  | 11,5  | 226  | 21,4  |
|   | **252**  | **100**  | **1050**  | **100**  |
|   | *х*  | =5,5  | *х*  | =5,6  |
|   | *с*  | =6,6  | *с*  | =8  |

Динамопарой к трещинам сжатия являются трещины растяжения (от 30-40° до 210-220°). Они характеризуются большим раскрытием и поэтому охотнее используются ходами пещер. Однако наиболее благоприятные условия для движения воды возникают по трещинам скалывания, образующим с трещинами сжатия и растяжения углы, близкие к 45°. Именно эти трещины (от 170-180° до 350-360° и от 80-90° до 260-270°) используют карстовые полости района.
Иногда бывает, что графики трещиноватости и распределения ходов пещер по направлениям не имеют четких максимумов. Тогда для их выделения на фоне "белого шума" применяются методы математической статистики. По стандартной методике обработки материалов наблюдений, описанной во многих руководствах, для распределений трещиноватости определяются среднее арифметическое (*х*) и среднее квадратичное отклонения (*с*). На ортогональных диаграммах отмечаются жирными линиями значения, превосходящие стандартное (*х*+1,04*с*) отклонение и удвоенный стандарт (*х*+1,96*с*). Данные, лежащие ниже величины стандартного отклонения, отбрасываются, выше - подвергаются дальнейшему анализу.
Следует учитывать, что в горных районах, кроме вертикальных тектонических трещин, часто встречаются и наклонные. Поэтому для графического изучения трещиноватости применяются более сложные методики, включающие данные не только об их простирании, но и наклоне.
Положение трещин в пространстве является важной, но не единственной их характеристикой. Для спелеотуриста необходимо знать густоту трещин или расстояние между соседними трещинами. Спелеотуристов должны интересовать не все трещины массива, а лишь "пещерообразующие" трещины, т. е. те, которые при благоприятных условиях могут коррозионно расшириться текущей водой и превратиться в карстовые полости. Для выявления таких трещин следует обратиться к морфологии пещер. На своде пещерной галереи, не покрытой натеками, всегда имеется след проделанной вертикальной или наклонной трещины, послужившей ее зародышем, я на стенах видны следы поперечных трещин, секущих галерею с определенной периодичностью. Такие наблюдения доступны любому спелеотуристу, поскольку каждые пещерные галереи "проявляют" определенную трещину. Отсюда следует, что анализ положения галерей в пространстве и их густота может позволить изучать "пещерообразующие" карстующиеся трещины массива. Для проведения такой работы можно использовать планы пещер, особенно много информации можно извлечь из планов лабиринтных пещер.
Лабиринтные пещеры озерного типа образуются в условиях, когда расход воды в натуральном водотоке *Qp* превышает суммарный расход воды в водотоках формирующейся полости *Qn* т. е. ее пропускную способность (*Qр*>*Qn*). При выполнении этого условия происходит коррозионная проработка практически всех карстующихся трещин. Если измерить на плане пещеры расстояние между осевыми линиями соседних галерей, то можно получить расстояния между первичными "пещерообразующими" трещинами. Практическая работа такого рода заключается в построении графика или гистограммы распределения расстояний между осями соседних галерей. При построении гистограммы необходимо учитывать, что шаг построения распределения должен быть значительно меньше, чем выявляемое расстояние между соседними трещинами. Удобная величина шага равна 0,5 м. На [рис. 19](http://speleolog.kiev.ua/books/metod_opis/18.gif) (в, г) приведены в качестве примера гистограммы распределения расстояния между осями галерей в пещере Оптимистическая в Подолии (гипсы нижнего неогена) и в пещере Кизеловская на Урале (известняки нижнего карбона). Как видно, распределение расстояний между соседними трещинами описывается волнообразными затухающими кривыми с максимальными первым или вторым пиками. Величину периода колебаний (приблизительно 7 м) можно принять в качестве наиболее вероятного расстояния между соседними трещинами, образующими пещеры озерного типа.
Пещеры речного типа образуются при инфлюационном поглощении понором (входом) всего поверхностного водотока, так что *Qp*<*Qn* . Они состоят, как правило, из зигзагообразного меандрирующего коридора с системой боковых "дочерних" притоков. Если предположить, что каждый прямолинейный участок галереи выявляет вертикальную трещину, по которой он когда-то начал развиваться, то расстояние между соседними изгибами галереи будет соответствовать расстоянию между образовавшими ее трещинами. Это показано схематически на [рис. 19](http://speleolog.kiev.ua/books/metod_opis/18.gif), ж. На нем приведены также суммарные гистограммы встречаемости длин плановых проекций прямолинейных участков в пещерах Кутукского урочища в Башкирии (известняки девона и карбона) и массива Фишт на Кавказе (известняки юры). Они аналогичны гистограммам, построенным для пещер озерного типа, однако, общее количество максимумов на них значительно больше, а расстояние между соседними максимумами, т. е. между "пещерообразующими" трещинами, меньше (1,5-2,5 м). Важным является то обстоятельство, что распределения по расстояниям между соседними трещинами, образующими пещеры озерного и речного типов, для данного района являются очень узкими. Большое различие между их величинами (6-7 м и 1,5-2,5 м) может быть результатом того, что образование пещер разных морфогенетических типов связано с проработкой трещин разного ранга и происхождения. То, что сетки разных трещин сосуществуют в каждом карстующемся массиве, можно легко наблюдать на поверхности в районах развития "голого типа" карста в среднегорных условиях (массив Фишт, Бзыбский хребет на Кавказе).
Выделение "пещерообразующих" трещин из всего спектра трещин массива предложено спелеотуристами совсем недавно [10]. Поэтому описанный выше анализ планов пещер в период обработки спелеотуристами экспедиционных материалов может дать ценную информацию и позволить развить новые подходы в этом мало изученном вопросе.
Не менее ценную информацию можно получить и при определении расстояний между соседними трещинами в подземных условиях, имея в виду, что к трещинам обычно бывают приурочены определенные микроформы пещер: ниши в стенах, куполы в сводах и т. д. Разработка методики таких определений - дело будущего. Тем не менее все съемочные спелеотуристские группы должны при съемке обращать особое внимание на микроформы пещер, а при построении планов наносить их на чертежи горизонтальных и вертикальных проекций.
26. **Происхождение полости**. На основании наблюдений по пунктам I (7-10), II, III (20-25) излагаются доводы в пользу той или иной гипотезы о происхождении пещеры или шахты [5].

**НАБЛЮДЕНИЯ ПОД ЗЕМЛЕЙ**

27. **Геологические наблюдения**. Геологические наблюдения под землей проводятся по той же схеме, что и на поверхности. Особо отмечаются все изменения в залегании пород и их составе вдоль разреза полости. Это позволяет выяснить многие закономерности ее заложения и развития, а также облегчает рисовку абрисов.
28. **Трещиноватость**. Измеряются и привязываются к съемочным пикетам все трещины, видимые в стенах полости, и соответствующие им микроформы. Описываются также все особенности их закарстования (наличие карманов, расширений, заполнителя). Следует детально описать, зарисовать и сфотографировать участки, где тектонические нарушения секут уже сформировавшиеся ходы пещер или шахт. Тогда одна часть их галерей оказывается смещенной по отношению к другой.
29. **Распределение остаточных, обвальных, водных механических отложений**. При обследовании пещеры выделяются, и отдельно делается запись остаточных отложений (скопление глины на стенах ходов и на плоскостях тектонических трещин); обвальные отложения, формирующиеся у входа за счет физического выветривания (щебенка, дресва), а также в глубине пещер при обвалах со свода отдельных глыб, провалах сводов залов и междуэтажных перекрытий.
Особый тип обвальных отложений формируется у крупных тектонических нарушений. При формировании сбросов по обе стороны от смесителя нарушения происходит дробление горной породы Его первая стадия - формирование *какирита* (орешника) - мелкой тектонической брекчии, состоящей из обломков породы диаметром меньше 1 см; дальнейшее раздробление породы приводит к образованию *катаклазита* - плотной массы, состоящей из обломков микроскопического размера; в результате тонкого перетирания породы и ее перекристаллизации в зоне сброса получается *милонит* (плотная порода, напоминающая сланец и имеющая ленточное или волокнистое сложение). Все эти раздробленные и перетертые породы, сопровождающие разломные зоны, называются *тектонитами*.
В карстовых полостях под действием подземных вод часто происходит препарирование тектонических контактов. Тектонит осыпается и вымывается в галерею с постоянным водным потоком, образуя на его дне мощные накопления слабо сцементированного обломочного материала.
Особое внимание следует обращать на документацию сейсмогравитационных отложений (необходимо замерить размеры и сделать ориентировку всех поваленных натечных колонн, направления смещения разорванных сталагнатов и пр.). Изучаются водные механические отложения: определяются участки их накопления, отбираются пробы на гранулометрический анализ, детально описываются разрезы рыхлого заполнителя, сохраняющиеся кое-где в нишах и углублениях стен. (См. диаграмму - [рис. 20](http://speleolog.kiev.ua/books/metod_opis/17.gif)).
Специальный вопрос - изучение минерального состава водных механических отложений пещер. Оно дает богатую информацию о минералогии вмещающих пород и о путях движения подземных вод района. Для использования этих методик в спелеотуристской практике необходимо участие в работах геолога или минеролога.
30, 31. **Распределение водных хемогенных отложений**. Спелеотуристам необходимо документировать расположение натечных образований (сталактиты, сталагмиты, сталагнаты, колонны, занавеси, геликтиты, лунное молоко и пр.), образований пещерных рек и озер (гуры, забереги, пещерный жемчуг, кальцитовые пленки), кристаллов различных минералов (кальцит, исландский шпат, арагонит, гипс, барит), отложения известковых туфов у выходов пещерных рек на поверхность. Следует дать описание формы, размеров, цвета водных хемогенных отложений, оценивать их густоту (количество на 1 кв. м. потолка и пола), описывать условия образования (например, для пещерного жемчуга - высота борта ванночки, ее площадь, наличие стоячей или проточной воды, ее температура, минерализация и химический состав). Наиболее интересные объекты нужно сфотографировать.
Образцы пещерного заполнителя отбираются только в случае проведения специальных исследований по заданию научных организаций и таким образом, чтобы не повредить эстетической ценности пещер. Это требование вытекает из решений партии и правительства об охране природных богатств нашей страны.
Следует помнить, что водные хемогенные отложения пещер пока еще слабо изучены. Между тем их специальные исследования позволяют получить интересную и принципиально новую информацию по ряду проблем геологической и гидрогеологической истории района, что очень важно при оборудовании пещер. Например, концентрация сталактитов и сталагмитов на определенных участках пещер свидетельствует о значительном водопритоке; форма этих образований часто позволяет определить его примерную величину (класс водопритока по Г. А. Максимовичу); сталактиты, опущенные в воду, свидетельствуют о подтоплении этого участка пещеры; коры на стенах фиксируют ежегодные уровни подъема воды в паводок; отклонение натеков от вертикали или их разрыв могут свидетельствовать о тектонических движениях района.
**Внутреннее строение пещерных натечных отложений** несет информацию о ритмичности процессов спелеолитогенеза. В сталактитах, сталагмитах и гурах прослеживаются ритмы продолжительностью 3, 5, 8, 11, 70-80 и 90-100 лет, а в прорванных плотинах гуров отмечен 1750-летний климатический "мегаритм". Изучение изотопного состава карбонатов натеков позволяет делать заключение о палеоклимате и температуре их образования.
Все эти наблюдения невозможно провести одновременно с топографической съемкой пещеры. Это специальные, тематические исследования. Для них следует сохранить в первозданном виде натечное убранство пещер.
После проведении топографической и геологической съемок необходимо обобщить эти материалы на одном чертеже. На плане в его верхнем левом углу выставляется значок, указывающий азимуты простирания и падения пород. Цифра у него соответствует углу падения пород ([рис. 10](http://speleolog.kiev.ua/books/metod_opis/08.gif), [12](http://speleolog.kiev.ua/books/metod_opis/10.gif), [13](http://speleolog.kiev.ua/books/metod_opis/12.gif)). Если направления разрезов через карстовую полость точно соответствуют направлениям падения и простирания пород, то пласты показываются залегающими горизонтально, а на сечениях, параллельных линии падения, - падающими под углом, записанным у условного знака, и в ту же сторону. Если линии разрезов ориентированы под углом к линиям падения и простирания, то видимые в стенах пещер углы падения пород всегда меньше, чем истинные.
Для определения угла падения пород в косых разрезах удобна номограмма ([рис. 21](http://speleolog.kiev.ua/books/metod_opis/22.gif)). Видимый угол падения (30°) определяется, как радиус четверти окружности, проведенной через точку пересечения прямых, соответствующих углу между линией простирания и направлением замера (32°) и истинного угла падения (47°).

**МОРФОЛОГИЧЕСКАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА ПОЛОСТИ**

Морфологические наблюдения обычно производятся одновременно с составлением абрисов или с геологическими наблюдениями. Их результаты излагаются в произвольной форме.
В карстовых пещерах выделяют микро-, мезо- и макроформы К микроформам относятся покрывающие свод, стены и пол полости различного рода отложения, карры на стенах, ниши потолочные желоба, купола и пр. По этим описаниям можно определить направления и интенсивность современных динамических процессов в пещерах.
Мезоформы полости следует описывать в виде ответов на следующие три вопроса.
 32. **Форма поперечного сечения участков полости** (прямоугольная, треугольная, щелевидная, овальная, округлая, "замочная скважина" и т. д.). Правильный ответ на этот вопрос часто служит основанием для решения вопроса о происхождении полости или ее отдельных участков.
33. **Характер потолка** (плоский, ступенчатый, параболический, куполообразный, неправильный).
34. **Характер дна** (горизонтальное, наклонное, ступенчатое и т. д.).
35. **Макроморфология пещеры**. В первой части этого параграфа описывается вид плана карстовой полости (разветвленный, древовидный рисунок, спиралеобразные петли, вид лабиринта). Во второй части нужно охарактеризовать продольный профиль галереи.
Характер продольного профиля полости зависит от отношения между перепадом высоты delta *Н*, между понором-входом в пещеру и дреной к расстоянию между ними в плане *r*. (В качестве дрены может выступать поверхностная или подземная река).
При обработке спелеотуристами материалов экспедиций в горных районах с большим количеством шахт (хребет Алек и др.) представляет интерес выявить корреляцию в абсолютных отметках ярусов в разных полостях.
Описания морфологии карстовых полостей, выполненные спелеотуристами, часто имеют прикладное тактико-техническое направление (наличие уступов, зацепов, распоров, мест для забивки скальных крючьев и пр.). Эти материалы наряду с дополнительными инструментальными профилями, эскизами и ориентированными масштабными фотоснимками имеют большую ценность как для определения генезиса полости, так и для организации следующих спелеопутешествии. Особую ценность они приобретают при увязке всех морфологических наблюдений с особенностями геологического строения (залегания пород, основные тектонические нарушения района) и распределением пещерных отложений.
При описании пещеры следует помнить, что многие ее элементы были сформированы в условиях сплошного обводнения напорными водными потоками, затем заполнены полностью или частично водными механическими отложениями, впоследствии размытыми. Поэтому особую важность имеют исследования спелеоаквалангистов, наблюдающих морфологию обводненных пещерных ходов на стадии формирования.

**ГИДРОГЕОЛОГИЧЕСКАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА ПЕЩЕР**

Спелеотурист обычно производит только гидрометрические работы, определяя конфигурацию, глубину, скорость течения, объем или расход всех встретившихся ему водоемов и водотоков При любых гидрогеологических наблюдениях на поверхности или под землей необходимо отмечать время их проведения (год, месяц, число, часы, минуты), а также указывать состояние погоды на поверхности (без осадков, сильный ливень над пещерой, сильный ливень на отдаленных водосборах, бурное снеготаяние и пр.).
При гидрогеологической характеристике пещер необходимо рассмотреть следующие основные вопросы.
36. **Отношение к поверхностным водотокам**. Спелеотуристам следует определить, является ли данная полость современным (периодическим или постоянным) или древним поглотителем либо представляет выход современного (постоянного, периодического) или древнего источника. Правильный ответ на этот вопрос часто является залогом безопасности спелеопутешествия. Например, большинство карстовых шахт горного Крыма - это древние поглотители, в которые в настоящее время поверхностный сток поступает крайне редко и в сравнительно небольших количествах. На массиве Алек, наоборот, почти все шахты - это современные активные поглотители, имеющие значительные водосборы, сложенные некарствующимися отложениями. Поэтому даже после сравнительно слабых ливней, они становятся опасными для прохождения. В паводок в них устремляются потоки с расходом до 4-6 тысяч литров в секунду (шахты Величественная, Назаровская).
Часто шахта или пещера не имеет значительного местного водосбора и на первый взгляд безопасна для исследований. Однако в паводок она обводняется с определенной глубины за счет подтока воды с дальних водосборов (шахта Нежданная на массиве Ахцу, система Ново-Афонской пещеры). Это наиболее опасный случай, так как повышение уровня воды в полости может произойти и в хорошую погоду в районе работ. В то же время эту особенность пещеры можно использовать для выяснения областей питания ее отдельных галерей.
В 1967 г. крымские спелеотуристы проводили гидрохимические наблюдения в северной части Красной пещеры. В базовом лагере под землей имелся телефон. Уйдя в маршрут при ясной погоде, они попали под волну паводка, которая чуть не отрезала их от лагеря. Связавшись по телефону с поверхностью спелеотуристы выяснили, что над ближней частью пещеры дождя не было. Разведочная группа, посланная на плато Долгоруковского массива, установила, что короткий, но сильный ливень прошел над восточной группой водосборов, которые ранее считались не связанными с Красной пещерой.
Прямых поисковых гидрогеологических методов для установления связи пещер с поверхностью нет. Здесь надо очень внимательно оценивать косвенные признаки: покрытые пышным мхом камни у входа в пещеру, свидетельствующие о том, что из нее идет периодический поток (пещера-источник Соколова на массиве Алек), следы ударов камней на деревьях у входа, скопления крупных валунов в привходовой части пещеры - возможные проявления действия поверхностных потоков (пещера-источник Подземная Хоста), отложения чуждого пещере (аллохтонного) состава часто занесены с поверхности (обломки мергелей и песчаников в шахтах Алека) и т. д.
При работах на поверхности следует обращать внимание на характер русел поверхностных водотоков. Наличие в них замкнутых котлообразных понижений часто свидетельствует о возможном поглощении части поверхностного потока в паводок. Иногда интересные результаты дает прослеживание поведения поверхностных потоков, образующихся в обычно сухих логах после ливней. Так, в районе Ново-Афонской пещеры был обнаружен  закрытый  поглощающий понор выше воклюзов основного источника. В этот понор после ливня поглотилось более 10 тыс. куб. м. воды, прежде чем поверхностный поток достиг воклюза. Поэтому можно предполагать наличие здесь большой неизвестной полости.
Для установления вероятных связей пещеры с зонами поглощения поверхностных вод и источников участков разгрузки проводится поверхностная топографическая съемка (первый этап). Второй этап работ - это проведение индикаторных опытов для установления реальных связей между отдельными пещерами и источниками района. На поверхности или под землей в воду запускается сильный, но безвредный для человека, животных и растительных организмов краситель - флюоресцеин или его натриевая соль, уранин. Визуально он хорошо фиксируется при разбавлении до 1:10000000. Запуск красителя нужно производить в щелочной среде (0,5 л 20% щелочи на ведро воды). Количество красителя, необходимое для успешного проведения опыта (*G*, кг), зависит от расстояния между пунктом запуска и ожидаемым пунктом выхода по прямой (*L'*, км), расхода потока в месте запуска (*q1*) и в месте выхода (*q2*). Для расчета используется формула Коротеева (*G*=0,5*L'*)? или формула Лориоля

*G*=0,5*L'*(*q1*+*q2*).

На солнце флюоресцеин довольно быстро обесцвечивается, а в пещерах, богатых глинистыми и органическими отложениями, адсорбируется.
Одним из неудобств опытов с окрашиванием является необходимость довольно длительного ожидания появления красителя (в межень до 10-20 суток, в паводок - 1-4 суток) и трудность его уверенной визуальной фиксации при малых концентрациях и под землей. Поэтому австрийскими спелеологами разработан более удобный способ обнаружения красителя при помощи ловушек. В водотоках, где ожидается появление красителя, закладываются под камни и надежно привязываются к уступам небольшие (длиной 5-8 см) перфорированные металлические или пластмассовые трубочки с мешочками из полотна или капрона, наполненными активированным углем. Ловушки выдерживаются в потоке два-четыре дня, краситель адсорбируется углем, который затем заливается на сутки 5-процентным раствором КОН в спирте. Раствор фильтруется и исследуется в проходящем свете или в ультрафиолетовых лучах, вызывающих флюоресценцию красителя. При проведении опытов с окрашиванием следует иметь в виду, что краситель может долгое время (до нескольких лет) задерживаться на стенках полости или даже в отдельных слабо проточных водоемах. Поэтому эксперименты следует проводить в тесном контакте с местными геологами. Перед их началом надо поставить на источниках "холостые" ловушки и убедиться в отсутствии в воде красителя от предыдущих запусков. За рубежом спелеологи с успехом применяют и другие методы трассирования подземных вод: споры папоротника, полистирольные шарики, поваренную соль и др.
Именно таким образом было доказано, что массивы Алек и Ахцу являются областью питания мацестинских минеральных вод.
При наблюдениях под землей документируются все водопроявления.
37. **Мокрые стены**. В журнал заносятся все участки мокрых стен и по возможности устанавливаются причины появления воды (конденсация, высачивание из трещин).
38. **Озера**. Определяется площадь озера, глубина. При сложном рельефе дна закладывается сетка профилей с расстоянием между ними и между промерными точками 1-2 м. По данным промерных работ определяется средняя глубина и объем озера (как произведение площади озера на среднюю глубину). При более детальных исследованиях на основании промеров строится батиметрическая карта (соединяются линии равных глубин с сечением изобат 0,5-1,0 м). В этом случае объем озера вычисляется как сумма объектов отдельных слоев, заключенных между отдельными изобатами. Объем каждого слоя определяется по формуле:

*V* = *h*/3·(*s*1 + *s*2 + корень из (*s*1·s2))

где *h* - сечение изобат; *s*1 и *s*2 - площади, ограниченные соответствующими изобатами.
Определяется происхождение озера (плотинное натечное, плотинное аккумулятивное, коррозионное) и степень его проточности.
39. **Капеж**. Определяется характер капежа (из тектонических трещин, из трещин напластования, из куполов, связанных с верхними этажами пещеры или с поверхностью, по натекам). Объемным методом (с помощью мерного сосуда известной емкости и секундомера) определяется расход.
40. **Текучая вода**. По материалам топосъемки следует определить размеры и протяженность подземного потока. Скорость воды обычно определяется поплавковым способом. Выбирается прямолинейный участок длиной 5-10 м, на котором разбиваются (отмечаются натянутыми над водой шнурами) три профиля - верхний, средний и нижний. Расстояние между верхним и нижним створами (*l'*, м) замеряется. Затем на среднем створе при помощи рейки или линейки с точностью до 0,5 см замеряется глубина в 10-20 точках ([рис. 22](http://speleolog.kiev.ua/books/metod_opis/21.gif)). Расстояние между промерными вертикалями выбирается в зависимости от ширины потока - при ширине до 0,5 м - через 5 см; до 1 м - через 10 см, более 1 м - через 20 см (рис. 22). Предлагаемая методика обеспечивает необходимую 10-процентную точность замеров на малых подземных потоках. Полная площадь живого сечения потока представляет сумму площадей двух треугольников и нескольких трапеций, имеющих одинаковые основания (*a*1, *a*2, *a*3,..,*an*) и разную высоту (*h*1, *h*2, *h*3,...,*hn*). Легко показать, что окончательная расчетная формула будет иметь вид:

*S* =*а*·(*h*1+*h*2+*h*3+...+*hn*).

Следующий шаг - определение скорости потока. Для этого в 0,5-1,0 м выше верхнего створа в воду 10-14 раз запускается поплавок (шарик от настольного тенниса, щепочка и т. д.) Определяется среднее время прохождения его между верхним и нижним створами (*t*, сек), а затем из соотношения *V* = *l'*/*t*  вычисляется средняя поверхностная скорость.
Известно, что вследствие шероховатости стенок и дна русла средняя скорость в живом сечении меньше, чем средняя поверхностная скорость. Для перехода к средней скорости потока вводится коэффициент 0,85. Окончательная расчетная формула для вычисления расхода потока (*Q'*, куб. м./сек) имеет вид:

*Q'* = 0,85·*V*·*S*,

где *V* - средняя поверхностная cкорость, м/сек; *S* -площадь живого сечения потока, кв. м.
Для получения большей точности скорость потока определяют гидрометрической вертушкой. Правила работы с ней изложены в руководствах по гидрологии. При небольших расходах потока его скорость можно определить объемным способом, использовав протарированное заранее ведро, складной резиновый или полиэтиленовый мешок или любую другую емкость.
41. **Скопления льда и снега**. Необходимо определить количество снега в привходовой части полости (площадь, занятая снегом, его примерная мощность, объем), оценить его плотность (0,3-0,4 т/куб. м. - уплотненный снег, 0,5-0,6 - офирнованный снег; более 0,6 - фирн) и запасы воды в снеге (произведение объема на плотность). Определяются размеры подземного оледенения, оценивается объем льда, выясняется его происхождение (гидрогенное, атмогенное, смешанное), вид отложений (покровный лед, сталактиты, сталагмиты, кристаллы и пр.).
42. **Температура воды**, **отбор проб**. Необходимо определить во всех водотоках и водоемах с помощью термометра (цена деления 0,2°С) температуру воды. Проба воды на химический анализ должна отбираться по договоренности с какой-либо научно-исследовательской организацией. Стандартный объем проб - 1,0 л. Вода отбирается в предварительно вымытые и дважды ополоснутые отбираемой водой бутылки или полиэтиленовые фляги. Для отбора воды из мелких ванночек следует иметь небольшую спринцовку и тонкий шланг. Вода под землей, в карстовых полостях обычно на 5-10° ниже, чем воздух на поверхности. Поэтому бутылки заполняются до горлышка (иначе расширившаяся при нагревании вода выбьет пробку). Следует придерживаться следующей схемы отбора:

* атмосферные осадки (дождь, снег);
* поверхностные водотоки у впадения в шахту (с указанием площади водосбора и характера подстилающих пород);
* вода из карров и других микроуглублений в известняках;
* инфильтрационная капель из трещин и со сталактитов;
* конденсационная вода;
* вода непроточных ванночек;
* вода из подземных водотоков (отбирается через каждые 50 м с указанием глубины отбора, а также в каждом притоке перед его впадением в главный поток);
* карстовые источники на поверхности.

Каждый водопункт должен быть охарактеризован пятью - десятью пробами. Большой интерес представляют гидрохимические данные, собранные по одной схеме (с зафиксированными точками отбора проб) в разные сезоны (летом, зимой) и при разных условиях питания карстовой полости (в глубокую межень - конденсационно-инфильтрационное, после сильного ливня - инфлюационное). Поэтому при работе в новом карстовом районе не следует набирать много проб из разных полостей. Значительно большую информацию даст сбор материала из одной эталонной полости. Например, в шахте Географическая на массиве Алек гидрохимические работы проводились семь раз. Это позволило дать полную характеристику гидрохимических условий массива при отсутствии наблюдательных гидрогеологических станций.
Ценность гидрохимических наблюдений зависит от качества сопутствующих наблюдений - определения температуры воды, расхода водотока и кислотности среды (рН).
Не менее важная проблема - накопление так называемых режимных данных. Карстовые полости при больших расходах подземного потока недоступны для исследований. Поэтому очень важно иметь данные о расходе и химическом составе связанных с пещерами источников на поверхности. При длительных стационарных работах (проведении спелеолагерей, сборов) следует организовывать и такие наблюдения с отбором проб и замерами расхода источников ежесуточно.
43. **Сведения о режиме обводненности**. Эти сведения весьма важны как в научном отношении, так и для обеспечения безопасности спелеопутешествия и определения возможных зон спасения при внезапном паводке.
Спелеопутешествия проводятся в основном в теплый сезон, когда наибольшую опасность представляют ливневые осадки. Поэтому при подготовке путешествия необходимо ознакомиться с материалами работы предыдущих групп, собрать литературные данные, опросить местных жителей. В сухих (в момент посещения) пещерах в нишах и на полках, а также на стенах можно обнаружить следы уровней паводковых вод в виде горизонтальных полос серого или черного цвета, примазок глины с травинками, листвой, ракушками, отложениями песка. Положение этих уровней показывает, до какой высоты затапливается пещера, а состав гальки и песка дает ответ о скорости и расходе подземного потока. Для этого надо замерить диаметры валунов, замытых в пещеру, и взять пробы песка, гравия и гальки из разных ее участков. В полевых условиях по диаграмме М. М. Василевского или в лаборатории, просеяв песок через специальные сита, легко определить средний и максимальный диаметр песчинок. Отложение и движения частиц разного диаметра происходят при различных скоростях потока. Для размыва сцементированных отложений (подземных террас) требуется еще большая скорость. Например, при среднем диаметре зерен 0,3 мм минимальная скорость потока, при которой может происходить его движение, составляет 2,5 см/сек (0,025 м/сек). Для размыва таких отложений скорость воды должна быть почти в десять раз больше. Зная площадь поперечного сечения пещеры (кв. м.), по правой части номограммы Буркхардта ([рис. 23](http://speleolog.kiev.ua/books/metod_opis/20.gif)) можно приближенно определить расход потока, например, при площади 3 кв. м. расход составляет 0,075 куб. м./сек. Этот метод открывает интересные перспективы для изучения палеогидрогеологии пещер. Отобрав послойно образцы песка, гальки и валунов из разреза заполнителя, обнажающегося в стенках полости, можно определить, как изменялась ее обводненность на протяжении значительного периода.
Для определения паводкового подъема уровня воды в подземных реках, недоступного непосредственному наблюдению можно использовать следующий метод. На берегу реки оставляют надежно закрепленную "этажерку" с горизонтальными площадками, на которые помещают какое-либо растворимое, но не гигроскопическое вещество, например поваренную соль. Участники следующих экспедиций в данную полость отмечают высоту самой верхней площадки, на которой соль отсутствует. Она и соответствует максимальному уровню подъема воды за прошедшие периоды половодья. В горизонтальной пещере Зигзаг на Урале казанские и свердловские спелеотуристы установили, что подъем воды в подземной реке с расходом в межень 20-30 л/сек достигает 1.5 м. Расход воды при этом может возрастать в 100 раз Сведения такого рода представляют интерес как в гидрогеологическом плане, так и для обеспечения безопасности спелеопутешествий.

**МИКРОКЛИМАТИЧЕСКАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА ПЕЩЕР**

44. **Погодные условия на поверхности**. Маршрутные микроклиматические наблюдения под землей часто теряют ценность при отсутствии сведений о состояния погоды на поверхности. Поэтому дежурное отделение спелеолагеря (спасательный отряд) проводит определенный объем метеонаблюдений непосредственно с момента организации лагеря. Знание местных признаков изменения погоды [11] часто позволяет предвидеть возникновение опасных ситуаций и предупредить об этом группы, работающие под землей.
На поверхности рекомендуется измерять температуру и влажность воздуха при помощи аспирационного психрометра, а атмосферное давление при помощи барометра БАММ-10. Чтобы избежать частых замеров, рекомендуется установить в лагере комплект самописцев (термограф, гигрограф, барограф с недельным заводом). По этим приборам легко определить тенденцию изменений метеоэлементов на протяжении суток (обработка их лент производится спелеотуристами согласно специальным наставлениям Гидрометеослужбы СССР).
При выпадении осадков следует выставить на открытом месте (на поляне) какую-либо емкость для примерного определения количества осадков. Эти сведения затем следует увязать с материалами подземных наблюдений (важно выяснить, при каком количестве осадков начинается сток в карстовые полости; какое время проходит от начала ливня до затопления входа в полость или образования сифона). Эти наблюдения помогут обеспечить дальнейшее безаварийное изучение и посещение пещер района. Например, на массиве Алек после начала сильного ливня в распоряжении спелеотуристов, находящихся под землей, до подъема воды будет не более одного часа. Поэтому при паводке не следует пытаться выйти на поверхность. Необходимо найти под землей незатопляемую "зону спасения" и укрыться в ней. Спад паводка происходит за 14-18 часов после окончания ливня. Это минимальное время, на которое должен быть рассчитан аварийный запас освещения и продуктов при любом выходе под землю.
45. **Температура и влажность воздуха под землей**. При маршрутных исследованиях температура и влажность воздуха измеряются с помощью аспирационного психрометра через каждые 5-10 м (по горизонтали или по вертикали), на высоте около 1 м от пола и на таком же расстоянии от стенок. Через каждые 100-150 м в характерных поперечных сечениях закладываются микроклиматические поперечники, на которых производятся послойные замеры на высоте 0.1, 0.5, 1, 1.5, 2, 2.5 м от пола по трем-четырем вертикалям (в центре галереи и у стенок). Если пещера или шахта имеет большую глубину, то дополнительно необходимо измерять атмосферное давление барометром БАММ-10.
Сложным и пока еще неразработанным вопросом является измерение температуры стен пещеры. Это очень важная характеристика, получить которую при маршрутных наблюдениях трудно. В теплых пещерах можно попытаться устанавливать срочные термометры в узкие щели и закрывать их пластилином. Показания термометров можно снимать не ранее, чем через два-три часа. В ледяных пещерах (при температуре ниже нуля) иногда применяется способ вмораживания термометра.
Обрабатывают материалы микроклиматической съемки обычно по психрометрическим таблицам. По значениям температур сухого (*tсух*) и смоченного (*tсм*) термометров, аспирационного психрометра и атмосферному давлению в точке замера (мм. рт. ст.) находят поправку delta *tсм*, которую прибавляют к показанию смоченного термометра. Затем по психрометрическим таблицам получают значения абсолютной влажности (*е*, мб), дефицита насыщения (*d,* мб) и относительной влажности (*ф*, %).
Основная задача микроклиматической съемки - определять температурные и влажностные характеристики "нейтральных" частей карстовых полостей. В любой пещере или шахте существует привходовая "уравнивающая" зона различной протяженности, где в определенное время года (или при резких изменениях   погодных условий на поверхности) могут наблюдаться значительные изменения температуры и влажности, достигающие 10-20°. По мере удаления от входа амплитуда колебаний микроклиматических параметров постепенно уменьшается. Мы попадаем в "нейтральную" часть полости, где суточные, недельные, а иногда и сезонные колебания температуры практически (в пределах точности приборов) отсутствуют. Температура и влажность "нейтральных" частей - это довольно устойчивые для карстовых полостей данного типа характеристики. Опыт изучения микроклимата карстовых полостей горного Крыма показал, что на основании статистической обработки материалов по нескольким десяткам пещер или шахт эти характеристики можно определить из уравнения:

*y*=*a*·*xb*+*c,*

где *х* - расстояние от входа, в м (длина или глубина); *у* - температура (°С) или абсолютная   влажность (мм. рт. ст.); *а*, *b* - числовые коэффициенты, характеризующие "уравнивающую" зону, а *с* - "нейтральную" зону. Температура в "нейтральной" зоне различных карстовых полостей колеблется от +4,4°С +9,1°С ([рис. 24](http://speleolog.kiev.ua/books/metod_opis/19.gif)).
Значительно больше задач практического карстоведения можно решать, используя для расчетов *j-d*  диаграмму.
46. **Движение воздуха**. При наличии воздушной тяги анемометрами АСО-3 или МГ-1З в сужениях карстовых полостей определяются ее направление и скорость (м/сек). Зная площадь поперечного сечения полости в месте замера, легко рассчитать расход воздушного потока, а затем и коэффициент воздухообмена (отношение объема воздуха, проходящего через полость в сутки, к объему полости). Величина коэффициента воздухообмена является надежной характеристикой проветриваемости карстовой полости и используется наряду с другими микроклиматическими параметрами для расчета количества конденсационной влаги, формирующейся в трещинно-карстовых коллекторах.
В одноходовых пещерах коэффициент воздухообмена обычно меньше единицы (и никогда не превышает пяти). В зависимости от конфигурации полости она представляет собой "холодный мешок" (в нее зимой затекает более плотный холодный воздух), или "теплый мешок" (из нее летом вытекает холодный воздух и она заполняется теплым воздухом). Изменения температуры воздуха в таких полостях происходят за счет прогрева горной породы и местных конвективных токов воздуха.
 Шахты-поноры или вскрытые пещеры с большим входом нередко являются "холодными мешками", аккумулирующими в зимнее время огромные "запасы холода". Так, в пещере Сумган-Кутук в Башкирии (глубина 125 м) общая площадь зимнего охлаждения вмещающих пород на двух ее этажах составляет 75000 кв. м. В шахте Снежная на Кавказе ледник, образующийся в весенний паводок, за счет застывания попадающей в нее воды на переохлажденных стенах полости достигает глубины 200 м.
В двухвходовых пещерах (или в полостях, соединяющихся с поверхностью большим количеством непроходимых для человека щелей) возникает четкая сезонная циркуляция воздуха. Летом она направлена от верхнего входа к нижнему, зимой - наоборот. При значительном перепаде высот между верхним и нижним входами скорость движения воздуха в таких полостях может достигать 5-10 м/сек. Перепад давления воздуха между отдельными точками полости и поверхностью настолько велик, что можно определять направление и интенсивность движения воздуха при помощи самописцев-барографов, установленных на поверхности и под землей. При обработке лент самописцев следует иметь в виду, что общая разность давлений Δ*p* по верхнему и нижнему приборам слагается из двух величин: Δ*p*1 - разности давлений, обусловленной различным высотным положением приборов (чем ниже по отношению к уровню моря расположен прибор - тем давление выше) и Δ*p*2 - разности давлений, обусловленной разными плотностями поверхностного и подземного воздуха в конкретных условиях данной полости. Поэтому показания всех барометров и барографов следует привести к одной высоте по преобразованной формуле Бабине:

 *Pн*=*Pв*[*h*+16000·(1+0.004*t*)] / [*h*-16000·(1-0.004*t*)],

где *Pн* и *Pв* - атмосферное давление на нижней и верхней станциях, мм. рт. ст., *h* - разность высот верхней и нижней станций, м., *t* - среднее арифметическое температур воздуха на верхней и нижней станциях, °С.

47. **Наличие выделений или скоплений газа**. Полости со значительными выделениями (скоплениями) углекислого газа или метана в СССР встречаются крайне редко. Однако при посещении незнакомой полости или уже исследованной в другое время года шахты необходимо проверять воздух на загазованность. Если фонарь "летучая мышь" или свечка пригасают или наоборот дают коптящее пламя, продолжать работу в пещере нельзя. На загазованном участке концентрацию СО2 или метана следует определять при помощи шахтного интерферометра ШИ-3 и брать стробу воздуха на лабораторный анализ. Для этого литровая бутылка заполняется концентрированным раствором соли и раствор выливается в том месте, где надо брать пробу. Воздух пещеры, заполнивший бутылку, "запирается" небольшой порцией раствора, которая должна на 3-6 см перекрывать пробку. Бутылку нужно транспортировать в лабораторию в перевернутом виде.
48. Поскольку сведения о **микроклиматическом режиме**, как правило, пока могут быть получены только по литературным и опросным данным, большой интерес представляют данные, собранные в одной и той же полости различными группами в разные сезоны года. Это позволяет установить сезонный и месячный ход микроклиматических элементов и открывает широкие перспективы для проведения общественно полезной работы на спелеомаршрутах. Так, свердловские спелеотуристы произвели режимные наблюдения за температурой воздуха в пещере Сумган-Кутук и установили, что величина летней температурной аномалии (понижение температуры воздуха по сравнению с ее стабильным значением) в различных частях пещеры строго пропорциональна глубине зимнего охлаждения данного участка.

**ДОСТУПНОСТЬ, ВОЗМОЖНОЕ ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ПЕЩЕР**

Пункты, входящие в этот раздел, являются своеобразной тактико-технической характеристикой карстовой полости. Никаких методических трудностей при заполнении этих граф карточки обычно не возникает. Раздел включает восемь пунктов.
49. **Подъезды, средства передвижения** (лодка, автомашина, вьюки, пешком и пр., с указанием километража и необходимого времени) к пещере.
50. **Расстояние до асфальтированных и грунтовых дорог**, км.
51. **Кто может быть проводником** (в ближайших населенных пунктах) до входа в пещеру.
52. **Доступность входа** (свободно, с веревкой, с лестницей и характеристика необходимых технических средств).
53. **Проходимость полости** (обвалы, осыпи, периодическое затопление, перекрытие входа снегом, скопление газов и прочие опасности).
54. **Посещаемость** (по опросным данным).
55. **Категория сложности** (определяется в соответствии с действующими инструктивными материалами Центрального совета по туризму и экскурсиям).
56. **Предложения по охране полости. Перспективы дальнейшего прохождения.** **Возможности туристского и хозяйственного использования.**

**РАЗЛИЧНЫЕ СВЕДЕНИЯ О ПОЛОСТИ**

Пункты, входящие в этот раздел, посвящены археологическому,   палеозоологическому,   биоспелеологическому и этнографическому изучению карстовых полостей. Следует иметь в виду, что проводить эти работы могут только специальные научные экспедиции, имеющие открытый лист Академии наук СССР на раскопки и шурфовки. Спелеотуристы имеют право собирать только подъемный материал, который они обязаны правильно задокументировать и передать заинтересованным организациям. Эта группа вопросов охватывает 6 пунктов.
57. **Археологические находки**.
58. **Признаки пребывания в полости людей** (кострища, закопченные своды, рисунки и надписи (зарисовать), остатки орудий труда и пр.).
59. **Признаки обитания животных** (остатки костей, царапины на стенах, погадки, копролиты и пр.).
60. **Живые обитатели** (какие и где обнаружены). Находка фиксируется в пятипроцентном растворе формалина.
61. **Легенды и сказы о полости** (записать); местные названия полости, их перевод и происхождение.
62. **Наличие археологических, палеозоологических и прочих находок** (у местных краеведов, в школьных музеях, частных коллекциях).
Завершается карточка учета библиографическими сведениями.
63. **Литература о полости** (по общепринятой форме).
64. **Кто и когда обследовал** (спелеотуристская секция, фамилии, имена, отчества участников похода, их адреса, дата прохождения).
65. Следует указать **дату составления карточки**. Многие спелеотуристские комиссии (Свердловская, Ленинградская, Симферопольская) ведут учет всем карстовым полостям, обнаруженным на территории их деятельности. Для этого наиболее пригодна стандартная перфокарта ручного обращения формата К-5 [5], размерами 147х207 мм (ГОСТ 11297-65). Отверстия карты, сгруппированные в поля, предназначены для кодирования восьми групп признаков. При кодировании применяются два ключа: для параллельных признаков - прямой, для взаимоисключающих - комбинированный.
В большинстве случаев первоначальный поиск информации производится среди полостей определенного географического района, заложенных в той или иной разновидности горных пород. Затем спелеотуриста могут заинтересовать морфометрические показатели полостей разных типов и их положение в рельефе, особенности водопроявлений в полости и ее микроклимат, пещерные отложения. Приводятся также сведения о доступности полости, особенностях проведения работ, необходимом снаряжении и возможном использовании карстовых полостей.
Всего на внешние поля перфокарты вынесено 195 независимых или альтернативных признаков.
Отверстия пока остаются резервными.
Внутренняя часть лицевой стороны перфокарты используется для записей конкретных некодируемых цифровых и справочных данных. Оборотная сторона перфокарты используется для размещения плана, разреза и поперечных сечений полости, роз направлений ее ходов и направлений тектонической трещиноватости. При наличии микрофильма топографических материалов он вкладывается в специальный карман.
В последние годы многими комиссиями спелеотуризма разработаны свои карточки и журналы учета пещер, повторяющие учетную карточку 1968 г. [2], обычно с незначительными дополнениями. Составители настоящих методических рекомендаций полагают, что сейчас нет необходимости ограничивать их инициативу в этом отношении. Важно только, чтобы в этих карточках и журналах были отражены все обязательные морфометрические характеристики пещер и приведено их описание в соответствии с рассмотренными выше пунктами.
Спелеотурист на каждом шагу прикасается к неизведанному. Необходимо не только открыть новую карстовую полость, но и сохранить ее для дальнейших научных исследований, интересы которых часто не исчерпываются ни в первой, ни во второй, ни даже в десятой экспедиции... Поэтому совершенно необходимо, чтобы спелеотуристы, проникающие под землю сегодня, относились с уважением к любой детали подземного мира во имя тех, кто придет сюда завтра. К сожалению, об этом часто забывают. Можно привести много примеров, когда в погоне за сомнительной славой любители автографов и сувениров покрывали толстым слоем краски уникальные наскальные рисунки палеолитического человека, разбивали ажурные решетки сталагмитов, загрязняли подземные озера, в которых обитали интереснейшие пещерные животные... И спелеотурист должен не только понять это сам, но и постараться научить понимать других - ведь богатства и красоты подземного мира невозобновимы!

**Приложение 1**

**Приложение 1**

|  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| N | Учебное мероприятие  | Раздел, в который входит тема "Описание пещер"  | лекции  (часы)  | семинары  (часы)  | практ. занятия (часы)  | всего (часы)  |
| 1 | Школа предлагерной  подготовки   | 1. "Значение" содержания исследования пещер.  2. Охрана природы и окружающей среды в подземных полостях.  3. Подземная топосъемка. | 3  2  2 | -  -  2 | -  -  6 | 3  2  10 |
|   |   |   |   |   |   | **15** |
| 2 | Спелеолагерь  1-го года обучения  | 4. Методика и техника исследования карстовых полостей (микроклимат, археология и палеонтология пещер).  5. Поверхностная и подземная топосъемка.  6.  Учебно-тренировочные и зачетный выходы в пещеры | 2  1 | 2  3 | 5  14 | 9  18 |
|   |   |   |   |   |   | **27** |
| 3 | Спелеолагерь 2-го года обучения  | 7. Методика и техника исследования полостей (гидрогеология, обитатели, пещер).  8.  Наблюдения под землей.  9. Комплекснаяя топосъемка пещер.  10. Учебно-тренировочные выходы в пещеры. | -  2  1 | 1  2  2 | 3  4  12 | 4  8  15 |
|   |   |   |   |   |   | **27** |
| 4 | Сбор инструкторов спелеотуризма  | 11. Естественно-географическая подготовка.  12. Топография, ориентирование на местности. | 21  3 | -  3 | 11  11 | 32  17 |
|   |   |   |   |   |   | **49** |

 [Назад](http://speleolog.kiev.ua/books/metod_opis/shell.php?page=metod_opis.htm#%D0%9C%D0%B5%D1%82%D0%BE%D0%B4%D0%B8%D0%BA%D0%B0%20%D0%BE%D0%BF%D0%B8%D1%81%D0%B0%D0%BD%D0%B8%D1%8F)

**ЛИТЕРАТУРА**

1. Гвоздецкий Н. А. Проблемы изучения карста и практика. М., "Мысль", 1972.
2. Илюхин В. В., Дублянский В. Н. Путешествия под землей. М., ФиС, 1968.
3. Максимович Г. А. Основы карстоведения. Пермь, т. 1 - 1963, т. 2 - 1969.
4. Максимович Г. А. Методы изучения карста. Ученые записки Пермского гос. ун-та, т. 10, вып. 2, 1956.
5. Дублянский В. Н. Карстовые пещеры и шахты Горного Крыма. Л., "Наука", 1977.
6. Тинтилозов З. К. Карстовые пещеры Грузии. Тбилиси, "Мецниереба", 1976.
7. Пещеры. Пермь, вып. 1-16, 1961-1976.
8. Музафаров В. Г. Определитель минералов и горных пород. М., Учпедгиз, 1953.
9. Справочник путешественника и краеведа. М., Географгиз, т. 2, 1950.
10. Войлошников В. Д. Полевая практика по геологии. М., "Просвещение", 1977.
11. Следопыт. М: ФиС, 1976.
12. Методические рекомендации по организации и проведению учебных мероприятий по спелеотуризму. М., ЦРИБ "Турист", 1976.
13. Методические рекомендации маршрутно-квалификационным комиссиям, руководителям и участникам спелеопутешествий по обеспечению безопасности. М., ЦРИБ "Турист", 1977.
14. Методические рекомендации по использованию спелеотуристского снаряжения. М., ЦРИБ "Турист", 1978.

\* Более детальная характеристика полости дается в разработанной советскими спелеологами морфологическими и морфогенетичсскими классификациями карстовых полостей [1-б]. [Назад](http://speleolog.kiev.ua/books/metod_opis/shell.php?page=metod_opis.htm#%D0%A2%D0%B8%D0%BF%20%D0%BA%D0%B0%D1%80%D1%81%D1%82%D0%BE%D0%B2%D0%BE%D0%B9)
\*\* При изучении пещер с протяженными сифонами следует использовать жидкостные компасы, применяемые аквалангистами. [Назад](http://speleolog.kiev.ua/books/metod_opis/shell.php?page=metod_opis.htm#%D0%BC%D0%B0%D0%B3%D0%BD%D0%B8%D1%82%D0%BD%D1%83%D1%8E)
\*\*\*При геологических исследованиях принят более узкий пятиградусный интервал. В спелеотуризме это не имеет смысла, так как в дальнейшие расчеты входят направления осей ходов пещер, лишь приближенно совпадающие с простиранием тектонических трещин. [Назад](http://speleolog.kiev.ua/books/metod_opis/shell.php?page=metod_opis.htm#%D0%B4%D0%B5%D1%81%D1%8F%D1%82%D0%B8%D0%B3%D1%80%D0%B0%D0%B4%D1%83%D1%81%D0%BD%D1%8B%D0%B9)