



10

Топосъемка

Soncongá, Мексика

Топографическая съемка - это единственный путь определить как глубока ваша пещера и где она проходит. Это - гид, который указывает, где искать продолжение или проходы, которые, вероятно, соединятся с соседними пещерами. Высококачественная топосъемка - "доказательство" пещеры, действительно многие исследователи пещер не будут даже верить тому, что пещера существует, пока не увидят хорошую ее карту!¹

Инструменты для топосъемки

Вертикальные пещеры типично круты, неровны и часто узки, не говоря уже о холоде, воде и грязи. Получить об этом точное представление на бумаге всегда не просто. Везде, кроме самых легких пещер, переносные инструменты являются самой подходящей, если не единственной альтернативой.

Сложная тренога с установленными инструментами типа теодолитов и полных станций непрактична из-за их неспособности к крутым визированиям и ограничений, связанных с установкой.

Инструменты должны легко весить, быть компактными и легкими в переноске. Они должны быть быстрыми в использовании и позволить вам делать замеры в любом направлении с минимальной потерей точности. Даже в этом случае, топосъемка крайне медленна и занимает в пять-десять раз больше времени, чем нормальное движение по пещере.

Мерная лента и компас



Топографический набор "Suunto"

Компас "Suunto KB-14/360RT", клинометр "PM360PCT" и фиброгласовая лента являются "Международным стандартом" для вертикальных пещер. Как компас, так и клинометр являются хорошо сделанными приборами в прочных алюминиевых корпусах и достаточно крепкими, чтобы выдерживать значительные удары.

Вопреки внешности, компасы "Suunto" далеки от водонепроницаемости, и даже незначительное макание или просто необычно влажная пещера могут привести к отпотеванию их внутренностей и сделать нечитабельными. Непосредственное решение, которое иногда работает, погреть их у пламени карбидной лампы. Осторожно, пластмассовые части действительно горят, а туман обычно вновь появляется, поскольку инструмент охлаждается. Вы можете уменьшить риск конденсации, нагревая инструменты до или выше температуры пещеры, перед тем как использовать - переноса их во внутреннем кармане. Ограниченная гидроизоляция достигается при помощи покрытия всех соединений в инструментах эпоксидной смолой. Так они протекают гораздо медленнее.

После каждого съемочного дня, принесите "Suuntos" из пещеры и высушите их на солнце, во фляге селикагеля или карбида. При специальном запросе изготовителю есть возможность купить их с маленьким винтиком - со стороны разъемов, который можно вывинтить, чтобы упростить высыхание. Другие компасы, типа "Silva 54NL" и подобные моделям "Suunto KB-77", имеют открытую линзу на верхней части инструмента, которая не может запотеть, что делает их много лучше, чем "KB-14".

Также доступны хорошие клинометры.

"Suuntos" легки и быстры, если читать показания в полном свете дня, но под землей вам нужен хороший свет, чтобы отчетливо увидеть шкалу. В большинстве случаев необходимо дополнительно осветить циферблат инструмента. Запасной свет или ручной электрический фонарик идеально подходят для этого, поскольку легче и более безопасно воспользоваться ими, чем снимать шлем для каждого чтения.

Часто свет закрепляют против инструмента, чтобы сделать шкалу легче читаемой, но в то время как это прекрасно подходит для клинометра, электромагнитный эффект, стальные детали и магнитные выключатели фонарика окажут влияние на компас. Карбидные лампы также могут иметь достаточно много стальных частей, чтобы расстроить компас. Убирайте любые лампы, блоки батарей или генераторы на безопасное расстояние.

На левой стороне клинометра "Suunto" следует прочитать правильный процентный масштаб. Также помните, что шкала компаса - обратная (справа налево). Снимайте показания компаса только одним глазом, чтобы избежать возможности ошибки в 3° и более градусов из-за параллакса.

¹ Ну, это, как говорится, дело хозяйское: меньше народу "верит" - меньше пещеру топчут. Мы это тоже проходили, когда поход не засчитывался МКК без топосъемки, благо, потом одумались...

Большинство компасов работает хорошо только в горизонтальной плоскости, или близкой к этому. Когда вы берете азимут на крутой склон, нет другого выбора, кроме как визировать к воображаемому пункту, расположенному выше или ниже станции. Легче визировать к находящейся выше точке, чем к ниже расположенной, и ради точности избегать замеров направлений, круто падающих вниз.

Используйте мерную ленту из стекловолокна покрытого поливинилхлоридом длиной 30 метров. Старайтесь, чтобы она не засорилась грязью. Стальные ленты тяжелы, легко ломаются, трудны в использовании и могут влиять на компас.

Лазерные дальномеры



"Hilti PD-32"

Ленты быстро заменяются лазерными измерителями расстояний. Они являются очень точными, быстрыми, достаточно крепкими (хотя, ясно, не столь крепкими как лента!), и очень дорогими. Первыми были "Leica Disto". Поскольку время идет, появляется все больше копий и новых версий с большим количеством особенностей, типа показанного на иллюстрации "Hilti". Он маленький, достаточно быстродействующий, чтобы вам не приходилось долго держать его на цели, и имеет превосходный оптический прицел для использования на солнечном свете, при котором лазерное пятно часто невозможно увидеть. В то время как я пишу, "Leica" выпустила модель "A8" со встроенным клинометром. Он не дешев и все еще не имеет компаса.

Как и любой прибор, им нужно правильно пользоваться. Вы можете измерить расстояние почти до чего угодно, поэтому будьте осторожны, чтобы взять расстояние именно до станции. В качестве цели хорошо подходит портативный компьютер для топосъемки. Лазеры требуют дополнительной осторожности, поскольку могут нанести вред вашим глазам. Тот, кто держит цель, должен закрыть глаза или отвести взгляд, в то время как человек, работающий с дальномером, должен избегать светить лазером в лица людей. Вероятно, они более опасны в то время, когда фактически измеряют, чем когда только "указывают".

Топофил (Topofil)



Топографический набор с "Topofil"

В самой простой форме "Topofil" состоит из маленькой коробочки, содержащей ролик ниток и счетчик расстояния. "Topofil" предлагает ряд преимуществ перед мерной лентой:

- Он легче.
- Нет ограничения для расстояния между станциями, что является идеальным для больших отвесов.
- Визирование по нити увеличивает точность замеров компасом при высоких углах уклона хода.

Более продвинутый "Topofil" использует компас и клинометр, приспособленные для считывания вдоль нити, протянутой от одной станции к следующей. Они являются отдельными или смонтированными в коробке "Топофила", обеспечивающей отсутствие магнитных составляющих.

Имеющиеся в продаже "Топофилы", предназначенные специально для кейвинга, ограничены моделями "Vulcain". Модель "Vulcain" - это комплексный блок со съемным компасом, однако его можно достать только время от времени и только в клубе "Vulcain" в Лионе, Франция, а туда трудно добраться. Эта редкость и ограничения самой конструкции делают изготовление чего-нибудь подобного разумной альтернативой.

В отличие от "Suuntos", "Топофилы" не имеют никаких оптических приспособлений, поэтому с ними никогда нет проблем в плане запотевания или необходимости придать вашей голове какие-нибудь странные положения, чтобы прочитать показания. Они быстры в использовании, могут управляться единственным человеком, и с практикой предлагают степень точности, непревзойденную другими переносными инструментами для топосъемки.

"Топофилы" имеют больше работающих частей, чем лента, и требуют легкости в обращении, чтобы нить хорошо вытягивалась. Если вы делаете это небрежно, нить может порваться или застрять при вытягивании. Чтобы вставить новый рулон хлопка, когда старый кончается, вам придется открыть инструмент. "Топофилы" всюду оставляют нити, которую вы должны собрать при выходе из пещеры. Используйте хлопковую нить, чтобы, случайно оставленная, она, в конечном счете, сгнила.

Электронные инструменты



Лазерный "Topofil"

Для эксперимента я установил электронный клинометр и электронный компас на дальномер "Disto". Получилось нечто вроде "цифрового топофила" без нити. После изначальной регулировки клинометр и компас "визируют" по лазерному лучу. Нацельте лазер на цель, нажмите фиксирующую кнопку на клинометре, зафиксируйте показание компаса, затем возьмите расстояние.

Теперь вы можете прочитать показания инструментов удобно, а не под неким неуклюжим углом. Процедура более проста, чем с "Suunto", и не столь легка как с "Topofil", но вам не нужно заботиться о нити. Вы все еще рискуете возможностью ошибки при переписывании показаний инструментов в журнал. Есть надежда, что вы сделаете меньше ошибок при переписывании цифровых отсчетов, чем при работе с аналоговыми инструментами.



"TopoScan"

Последний инструмент для топосъемки пещер - намного более сложный и даже, скорее, экспериментальный, - это "Toposcan", который сделан Французской группой из Квебека. Он сочетает три инструмента в одном.

Простое нажатие клавиши посылает данные расстояние-азимут-уклон непосредственно на ваш топографический компьютер "Palm PDA". С "Toposcan" топосъемка, наконец, должна приобрести разумную скорость, если вы, конечно, можете себе его позволить.

Тактика и методика съемки

"Снимай то, что исследуешь" - это хорошее правило, которое создает причины для многих дискуссий, когда нарушается. Разумный компромисс в том, чтобы иметь одного или двойку для навески и группу топосъемки, следующую за ними. В следующей поездке эти две команды могут поменяться местами.



Прямое визирирование (Foresights) делается в направлении движения. От станции 1 к 2, затем от 2 к 3, с 3 на 4 и т.д. Это самый простой и наименее запутывающий способ получения данных с использованием компаса и мерной ленты.



Обратное визирирование (Backsights) делается в обратном направлении относительно направления движения. От станции 2 к 1, затем от 3 к 2, от 4 к 3 и т.д. Это предпочтительный способ съемки топофилом.



При съемке способом "Чехарда" (Leapfrog) берут оба отсчета в обоих направлениях поочередно. Со станции 2 на 1, затем с 2 на 3, затем с 4 на 3 и с 4 на 5, и т.д. Этот способ дает максимальную скорость топосъемки для ленты и компаса и минимизирует систематическую ошибку.



Прямой и Обратный (Fore and Backsights) отсчет берутся в обоих направлениях с каждой станции. Со станции 1 на 2, со 2 на 1 и на 3, с 3 на 2 и на 4, с 4 на 3 и т.д. Для максимальной точности.

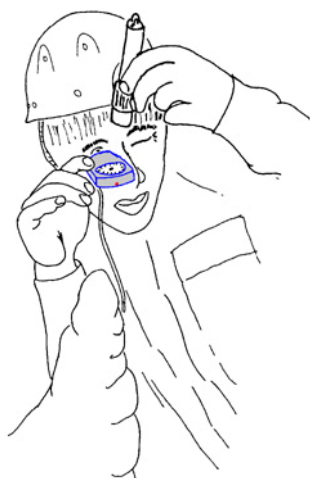
Для простоты понимания данных и их обработки на более поздних этапах, лучше всего сохранять направление топосъемки постоянным. Если Вы начинаете съемку во входе пещеры, то должны продолжить вести ее вниз по пещере, каждый день начиная съемку в той точке, где закончили накануне, или в некотором другом известном пункте на пройденном пути. Если один день снимать вниз, а на следующий день пройти мимо конечной съемочной точки и снимать от некоего пункта назад по направлению к этой точке - это приводит к беспорядку.

Последовательная съемка от известного пункта располагает данные в виде непрерывного ряда, вместо коллекции маленьких кусочков, которые вы должны сбить вместе, да еще и в обратном направлении, чтобы вычислить полное продвижение от отправной точки. Не то, чтобы такие данные "неправильны", просто надо постараться, чтобы данные было легче понять - и это создаст гораздо меньше проблем позже, вне пещеры.

Данные, которые у вас накапливаются, будет легче понять, и поэтому ошибки станут менее вероятны, если вы делаете все визирирования съемки в одном и том же порядке: или все вперед в направлении движения, или все обратные, оглядываясь назад по пещере, но не мешаяе все в кучу. Если вы вынуждены взять прицел в противоположном направлении, хорошо отметьте это в данных, но избегайте изменять, пересчитывая его в уме.

Ошибка вполне может оказаться незаметной до тех пор, пока в заключительной карте что-нибудь не будет выглядеть неправильно.

Лента и компас



Считывание компаса "Suunto"

Группа из трех человек идеальна для топосъемки с помощью ленты и компаса: один работает с инструментами, второй управляется с лентой, а третий записывает и делает наброски хода. Если вместо ленты вы пользуетесь "Disto", делающий измерения может также работать и с ним, и тогда идеальной командой становится двойка.

"Записывающий" является "боссом", и в легких ходах скорость съемки будет продвигаться только в зависимости от того, как он успевает зарисовывать. В трудных ходах определяющим скорость фактором становится работающий с инструментами. Когда работают только двое съемщиков, записывающий также управляется и с концом мерной ленты.

Съемка компасом и лентой обычно выполняется в виде серии замеров вперед. В существенно понижающейся пещере много удобнее снимать лицом к подъему, беря обратные замеры, так как таким образом легче читать компас.



Считывание клинометра "Suunto"

Начните съемку у входного репера пещеры или от маркированной точки на входе. Читающий показания ленты ждет во входе, в то время как читающий показания инструмента протягивает ленту вниз по пещере и находит станцию, от которой одновременно виден читающий ленту и предоставляется хороший обзор далее к следующей станции.

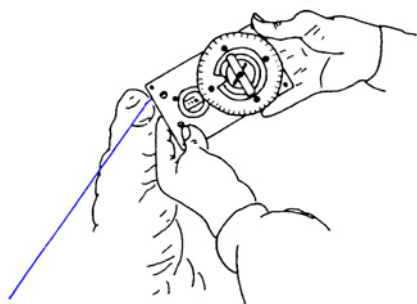
Измерьте расстояние. Возможно, стоит переместить передовую станцию на несколько сантиметров, чтобы расстояние совпало с полным дециметром на ленте. Читающий ленту говорит измерение записывающему, который повторяет его вслух.

Читающий ленту "освещает" станцию, держа свет позади нее или освещая палец, помещенный на станцию. Освещая станцию, он называет оценочные расстояния "влево", "право", и "вниз" и сматывает ленту. Тем временем, читающий инструмент берет азимут компасом и называет цифру записывающему, который повторяет ее вслух, затем то же самое для клинометра.

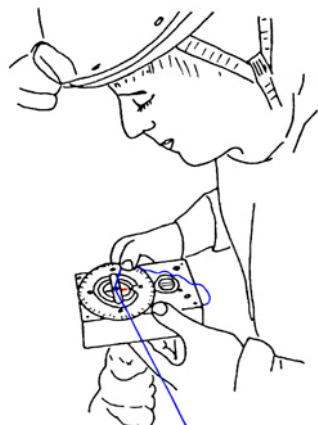
Перед сменой позиции они удостоверяются, что записывающий знает, где находится станция с тем, чтобы он мог нарисовать ее на эскизе. После этого читающий ленту движется к следующей станции, где читающий инструменты указывает ему точное местоположение станции, берет конец ленты и перемещает вниз в пещеру в поисках следующей станции.

Записывающий движется или между, или позади остальных двух съемщиков.

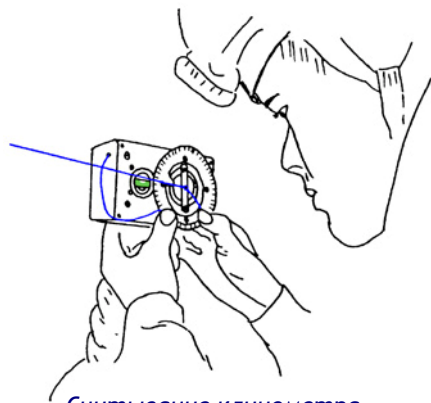
Съемка Топофилом



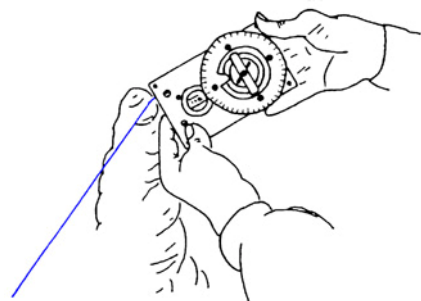
Определение расстояния



Определение азимута компасом



Считывание клинометра



Определение правильной точки на нити

Топосъемка с помощью "Топофила" наиболее эффективна с двумя съемщиками: один, читает показания "Топофила", второй делает заметки. Когда команда не укомплектована, вы можете сделать съемку топофилом в одиночку без потери точности, хотя это будет медленнее.

Съемка "Топофилом" легче идет вниз по пещере, путем ряда обратных визирований с оставлением следа нити. Если нить рвется на отвесе или в трудном проходе, вы можете оставить этот один замер на возвращение, вместо того, чтобы тратить на него дополнительное время.

Читающий инструмент начинает съемку, выпуская нить, закрепленную на входной станции, до выбранной точки. Затем называет данные "первого пикета" записывающему, который повторяет их. После этого вытягивает нить по прямой линии к следующей станции. Для станций, предпочтительно выбирать маленькие выступы со свободным обзором вперед, вокруг которых потом можно обернуть нить.

После сообщения расстояния, держите "Топофил" выше станции или на линии между станциями, возьмите отсчет компаса и назовите записывающему. Затем, держите инструмент около или на линии между станциями и возьмите уклон. Записывающий повторяет вслух все отсчеты. Делайте все возможное, чтобы гарантировать, что нить не застрянет между станциями, и это не заставит ее просесть, что отразится на показаниях клинометра.

Когда расстояние измерено, отметьте точный пункт на нити, соответствующий положению станции, ведя "Топофил" мимо станции, пока нить не начнет выходить, и отметив, например, грязью, точку на ней там, где нить пересекает станцию. Оберните нить вокруг станции два или три раза, вытянув достаточное количество нити со стороны, которую вы только что измерили. Если нет никаких выступов, чтобы привязать нить, закрепите ее камнем или попросите, чтобы записывающий ее подержал.

Новые способы топографической съемки

Новые более быстрые инструменты для топосъемки смещают баланс так, чтобы делающий записи и эскизы не имел надежды задремать. Если вы хотите иметь действительно детальный эскиз, у вас нет большого выбора, кроме как двигаться со скоростью художника вашей команды. Правда, есть вариант пренебречь эскизом и использовать данные влево, право, вверх и вниз для того, чтобы карту построил компьютер. Для больших пещер, которые будут отрисованы в масштабе, большем, чем 1:1000, этого может быть вполне достаточно.

Другой подход состоит в том, чтобы вычертить ваш путь сразу на "наладоннике" "Palm PDA" с использованием программного обеспечения "Auriga" и таким способом нарисовать стены непосредственно в пещере. С практикой, это могло бы сэкономить вам некоторое время в пещере и значительное время в стадии камеральной обработки. Если вы имеете время и ресурсы, вы можете взять данные и отметить станции в одной поездке, затем возвратиться с напечатанными линиями и зарисовать детали.

Тридцать минут спустя, все у той же самой стены, мы с "инструментальщиком" плавно проваливаемся в спокойный мир вызванного гипотермией сна, мы начинаем грезить о радугах, леденцах на палочке и пещере, обвалившейся на голову "зарисовщика". Когда мы, наконец, пробуждаемся, проходит еще 30 минут, пока "зарисовщик", наконец, догоняет съемку. Разочарованные нехваткой конфет, счастья, и мертвых "зарисовщиков", мы продолжаем съемку к следующей станции.

- Брэндон Коваллис, (Brandon Kowallis, NSS News, August 2006).

Топосъемочные станции

Выбирайте точки, которые дают максимально длинный обзор в каждом направлении, а также, чтобы до них было легко добраться и удобно брать прицел. Однако не превышайте расстояний в 30 м и для точности пробуйте оставаться в пределах 20 м. Станция всегда должна быть фиксированной точкой на стене, потолке или полу. Это минимизирует ошибку станции и позволяет точно отметить точку для будущего использования.

В сложных пещерах, системах пещер или областях с несколькими отдельными пещерами, систематизируют ярлыки съемочных точек или их названия так, чтобы каждая съемка была легко опознаваемой. Для этого назначайте уникальный алфавитно-цифровой ярлык для каждой станции.

Например: **N2706**

где:

N = буква, обозначающая пещеру в районе или район внутри пещеры.

27 = две цифры, обозначающие день экспедиции или дату и таким образом идентифицирующие каждый отрезок съемки N.

06 = две цифры для обозначения номера съемочной точки внутри съемки N27.

Если вы снимаете больше чем 100 станций в день, измените нумерацию данных. Например, станция после N2799 могла бы быть NB700 или N2800. Вся эта информация не является необходимой для каждой станции в полевых условиях. Все, что требуется, это отмечать каждую страницу данных ясно с соответствующей буквой и числом. В простых или изолированных пещерах достаточно присваивать станциям только номера.

Применимы и другие схемы маркировки, обеспечивающие уникальные номера станций. Следует избегать разделения ряда номеров и использования одного и того же ряда ярлыков в двух разных районах пещеры. Это легко приводит к беспорядку, поскольку весьма естественно предположить, что пронумерованные пункты будут находиться друг около друга.

Особо отмечайте некоторые станции, такие как расположенные на перекрестках и поставленные в конце съемочного дня. Делайте это некоторым полупостоянным образом, например, закрепляя полоску почтовой бумаги или сигнальной ленты на точке станции или соответствующей ей пирамиде из камней, на одном из которых написан карбидом ее номер.

Нет никакой необходимости маркировать каждую станцию, и тем более нет необходимости писать номера станции на стенах пещеры. Маркируя станцию, пишите полный номер станции, чтобы ее было легко опознать при стыковке другой съемки.

Перед тем как войти в пещеру для продолжения съемки, запишите станцию, к которой надо привязаться, и правильные ряды номеров станций, которые будете использовать в этот день.

Поверхностная топосъемка

На входе в пещеру "привяжите" съемку к постоянной станции, будь это репер, нарисованное краской число или точка, выбитая на скале. Позже вы можете определить точное местонахождение входа в пещеру, привязав его с помощью топосъемки к некоторому известному пункту, типа репера другой пещеры, местного исходного топопункта (*local bench mark*), тригонометрического пункта, угла здания, отмеченного на топографической карте, или установить координаты с помощью GPS.

В некоторых районах полезно сделать съемку к месту разгрузки пещеры, будь оно доказано или только подозревается, чтобы дать более точную оценку потенциала глубины, чем это может быть сделано с помощью некоторых топографических карт.

Используйте "Suunto" или более точные инструменты для поверхностной топосъемки, а "Topofil" только для измерения расстояния. Даже легкий ветер переместит его нить достаточно, чтобы дать ошибку компаса в несколько градусов.

На открытой местности может быть трудно использовать фиксированные станции, не расположенные на уровне земли. Но вместо того, чтобы ползать по земле, снимайте с помощью ярко маркированных вертикальных палок той же высоты от земли, что и уровень глаз визирующего. Измеряйте расстояния лентой, "Топофилом" или дальномером. Лазерные измерители расстояния может оказаться сложно рассмотреть в ярком свете дня. Для обеспечения точности избегайте искушения делать длинные замеры - держитесь шага съемки максимум 30 м.

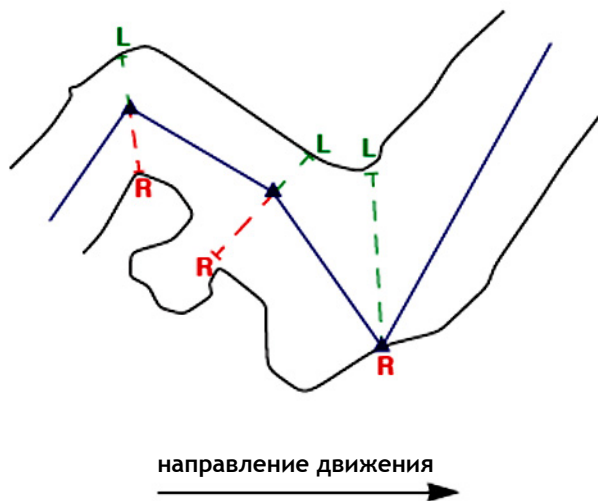
Сбор и запись информации

Примечания и эскизы, которые делает топограф, должны иметь такой стандарт, чтобы по ним можно было составить карту без предшествующего знания пещеры. Для этого записывайте данные систематически и последовательно. Надежный способ - использовать маленький блокнот со сменными листами из водоотталкивающей бумаги, напечатанной с графами для форматирования данных на одной стороне и масштабной сеткой, чтобы облегчить рисование эскизов формы прохода, на другой.

Минимальный объем данных, который вы должны записать при топосъемке пещеры, - это номер станции, расстояние, азимут и уклон. Добавьте к ним оценочные расстояния: влево, вправо, вверх и вниз (LRUD = ЛПВН) от съемочной точки к стенам, потолку и полу. Самое разумное брать данные "LRUD", стоя лицом по направлению движения, хотя по этому поводу нет никакого признаваемого всеми соглашения. Помните, что эти оценки являются приблизительными, отражают общую форму прохода и должны являться средним расстоянием от станции к стенам, потолку и полу.

Кроме того, вы должны договориться, как брать точное направление влево и вправо. Выбор, который влечет за собой минимальные примечания и дает хорошее представление, состоит в том, чтобы брать левые и правые расстояния в направлении, делящем пополам угол между двумя визирированиями. Расстояния вверх и вниз лучше всего брать по истинной вертикали.

Данные LRUD существенны для хорошей компьютерной графики и дают масштаб эскизам, делая составление заключительной карты легче, чем с обращением к эскизам для получения информации, которая является трудной в изображении. То есть, если топограф делает набросок плана, как идет проход, данные вверх и вниз автоматически дают его высоту.



Правило замеров левой и правой ширины хода

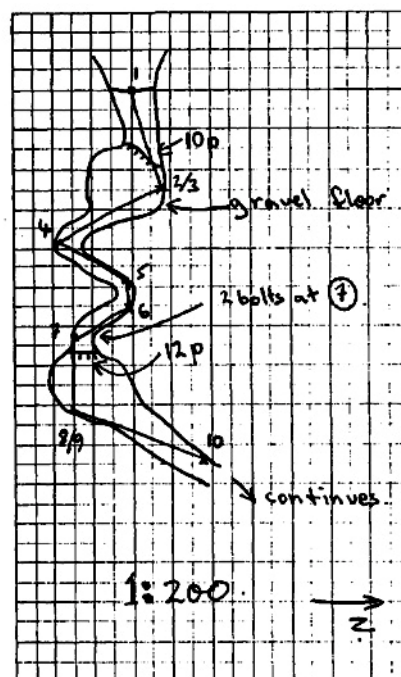
Таблицы топосъемочных данных

CAVE Nada Cave.				DATE 15/5/88			
SERIES N2701 - 10				SHEET 1/1			
SURVEYORS AW				Backsights			
STATION	TOPOFIL TAPE	COM-PASS	CLINO ±	←	→	↑	↓
N2701	5.7	250	2.0	1.2	1	0	1.5
2	9.8	0	9.0	0	4	1.5	10
3	6.4	330	-15	0	4	11.5	0
4	4.7	208	4.1	1.4	0	3	2.5
5	1.6	262	-8	0	0.8	4	2
6	4.5	332	52	0	0.8	4	2.5
7	4.6	270	-20	1	0	5	1.5
8	12.0	0	9.0	3.5	0	10	12
9	8.2	198	-7	3.5	0	22	0
10				0	1.2	1.5	1.2

"Topofil"

CAVE Nada Cave.				DATE 15/5/88			
SERIES N2701 - 10				SHEET 1/1			
SURVEYORS AW				Backsights			
STATION	TOPOFIL TAPE	COM-PASS	CLINO ±	←	→	↑	↓
N2701	5.7	250	2.0	1.2	1	0	1.5
2	9.8	0	9.0	0	4	1.5	10
3	6.4	330	-15	0	4	11.5	0
4	4.7	208	4.1	1.4	0	3	2.5
5	1.6	262	-8	0	0.8	4	2
6	4.5	332	52	0	0.8	4	2.5
7	4.6	270	-20	1	0	5	1.5
8	12.0	0	9.0	3.5	0	10	12
9	8.2	198	-7	3.5	0	22	0
10				0	1.2	1.5	1.2

"Suunto"



Эскиз

Таблица 10:1 Картографические символы для пещер

	Маркированная съемочная точка		Глина
эскиз sketch топофил topofil	Изменение качества съемки		Известняк
	Поперечное сечение плана		Сталагмит (старый, новый)
	Не снятый ход		Сталактит (старый, новый)
	Обрывистое изменение пола		Текущая вода
	Наклон пола		Стоячая вода
	Глыбы или блоки		Сифон
	Глыбовый завал		Ток воздуха
	Кристаллы		Провалы
	Галька		Шахта
	Песок		изменение типа пород
10p	Отвес (глубина)	5c	Подъем (высота)

По Anderson, 1978. Официальные международные символы смотри: www.carto.net/neumann/caving/cave-symbols/

Для простоты рисуйте эскизы ходов пещеры как ряд маленьких планов, а иногда целые участки со всеми станциями и отвесами, отмеченными на них. Для контроля сохраняйте масштаб и ориентацию планов так, чтобы вы могли заметить неправильную цифру, полученную от съемщика, работающего с инструментами. Рисуйте поперечные сечения, возможно в большем масштабе, чтобы показать форму прохода или в помощь для объяснения сложной части прохода. Записывайте условный перечень необходимого на участке снаряжения вместе с его эскизом.

Рисуйте эскизы и записывайте данные мягким механическим или самозастраивающимся карандашом. Носите блокнот, карандаш, маркер и сигнальную ленту в мешочке, который висит на шее. Если сделаете ошибку в примечаниях, зачеркиваете ее аккуратно и переписываете. Никогда не стирайте оригинал, поскольку он может оказаться полезным позже в улаживании более серьезной проблемы. С другой стороны, эскизы могут стать нечитабельной пачкотней, если не стирать ошибки.

В конце каждого дня съемки использованные страницы данных удаляют из блокнота, чтобы не рисковать потерей их в пещере в последующих выходах, и расшифровывают числовые данные в главную книгу или компьютер, чтобы иметь дубликат.

Убедитесь, что включили следующую информацию, которая используется на первой странице любого ряда данных или прикладывается как отдельный титульный лист: члены съемочной группы, полное название пещеры, дата и инструменты.

Для детальной зарисовки стен как можно скорее начертите поперечные разрезы при участии того, кто делал оригинальные заметки. Маркируйте отвесы, подъемы и узости и пишите к ним сопровождающие описания или отмечайте информацию около каждого отвеса. Тот, кто делал оригинальные примечания, должен приложить максимум усилий, чтобы заключительное составление карты не представляло труда и было, по возможности, наиболее точным.

Условные знаки

Только самые лучшие из составителей примечаний могут использовать широкий диапазон символов в своих оригинальных эскизах пещеры и уметь потом их правильно интерпретировать. Лучше используйте несколько письменных слов и стрелку, чтобы указать - к какому месту они относятся, и оставьте симпатичные условные знаки для заключительного чертежа. Большие пещеры часто представляются в масштабе 1:1000 или больше, и потому невозможно отметить на карте намного больше, чем схема прохода, вода, потоки воздуха и случайные большие блоки.

Точность топографической съемки

Точность - это воспроизводимость данных и определяется тонкостью, с которой могут быть прочитаны инструменты; теоретически - это половина цены деления шкалы инструмента.

На "Топофиле" это составляет полградуса на компасе и клинометре и полсантиметра в расстоянии. Для "Suunto" и ленты - это четверть градуса для компаса, полградуса для клинометра и обычно полсантиметра для расстояния. Но в любой съемке, ошибка станции (фактическое расстояние инструмента от станции) и движения инструмента в руках являются настолько большими, что любой, кто берет отсчеты с такой точностью, дурачит себя. При **аккуратной** съемке разумно брать отсчеты расстояния только с точностью до 5 см.

Точность - это расстояние, на которое расположение снятой точки отличается от "истинного". В значительной степени это зависит от навыков съемщиков и точности инструментов.

Любая съемочная точка лежит в пределах некоей зоны неопределенности, размер которой вы можете оценить. Самое простое средство проверки точности съемки состоит в том, чтобы нанести на карту замкнутый контур и вычислить различие между двумя конечными точками, которые по идее должны совпасть. Всегда есть какая-то разница, несовпадение, которое редко равно нулю. Кольцо, которое стыкуется с приемлемой точностью, вероятно, снято нормально, а то, что выходит за пределы, страдает от одной или более грубых ошибок.

Оценка точности съемки

Вы можете оценить теоретическую точность съемки, используя [кривые случайных ошибок \(Random error curves\), составленные для съемки с помощью "Suunto" и "Topofil", на странице 181.](#)

Кривые представляют выражение возможной точности данных, которые можно получить с помощью конкретных инструментов и способа съемки, не принимая во внимание грубые ошибки вроде ошибок при считывании показаний инструментов, чрезмерной ошибки станции, накапливания ошибки в данных, магнитные или систематические ошибки.

Используйте кривые, чтобы оценить ожидаемую точность открытой (незамкнутой) съемки, а также для того, чтобы проверить, лежит ли погрешность в стыковке (невязка) кольца в приемлемых пределах. Вы можете ожидать, что в совершенстве сделанная съемка уложится в пределы теоретического диапазона точности. На практике обычно это имеет место для вертикалей, в то время как планы обычно находятся в пределах удвоенного значения этой оценки. Съемки, укладываемые в удвоенную теоретическую оценку для превышения и в утроенную для плана, все еще расцениваются как приемлемые, даже несмотря на то, что в них, очевидно, присутствуют одна или несколько грубых ошибок.

Это различие между приемлемыми величинами ошибки в плане и превышении происходит из-за сравнительной трудности в точном считывании показаний компаса по сравнению с клинометром.

Вы можете устранить большинство потенциальных грубых ошибок в съемке, беря обратные пеленги на каждом съемочном шаге отдельным компасом и клинометром в качестве проверки неправильного считывания инструментов.

Альтиметр

В большинстве вертикальных пещер невозможно отснять кольцо, которое включает в себя одновременно вход и окончание пещеры, хотя незначительные кольца, по крайней мере, укажут, соответствует ли вообще съемка стандарту. Для контроля используйте альтиметр, беря показания на известных станциях дважды - по пути вниз и обратно, оставив, по возможности, второй альтиметр на поверхности, чтобы учесть изменения атмосферного давления, вызванные изменениями погоды². Хорошая барометрическая съемка с помощью альтиметров должна давать показания, которые находятся в пределах ± 25 метров хорошей полуинструментальной съемки.

Есть несколько переменных, которые следует учитывать при барометрической съемке. Разница в давлениях по любую сторону от сужения хода с сильным током воздуха может дать ошибку высотомера до 100 м. К счастью, это - местное явление, и показания быстро возвращаются к нормальным, как только вы удаляетесь от такой атмосферной помехи. Особо следует принять во внимание температурную корректировку, в которой нуждается любой высотомер, даже альтиметр с температурной компенсацией.

Высотомер может показывать только вес воздуха, давящего на него. Это позволяет "узнать" высоту, основываясь на стандартном столбе воздуха, который имеет стандартный температурный градиент. По мере того, как вы поднимаетесь на гору, температура часто понижается на десятки градусов. По мере подъема вверх по пещере, температура может понизиться на два-три градуса.

Таблица 10:2 Нормальная температура

Высота (м)	Температура (°C)
0	15.0
200	13.7
400	12.4
600	11.1
800	9.8
1000	8.5
1200	7.2
1400	5.9
1600	4.6
1800	3.3
2000	2.0
2400	-0.6
2800	-3.2
3000	-4.5

Если сумма разностей между нормальными температурами (из Таблицы 10:2) и реальными температурами на двух различных высотах составит 1°C, то перепад высоты, вычисленный по показаниям вашего высотомера, будет отличаться от реального перепада высот на 0.2% (Suunto, 2003).

Для определения величины температурной компенсации глубины, измеренной альтиметром, сделайте следующее:

- Посчитайте разности между нормальной и измеренной температурами для каждой точки.
- Сложите две разности.
- Ошибка измерения перепада высоты = сумма разностей \times измеренный перепад высот $\times 0.002$.

Например, вот цифры из недавнего выезда для поверхностного контроля:

Вход, высота = 2232, температура = 20°C: разность = 19,5°C

Лагерь 2а, высота = 1377, температура = 13°C: разность температур = 6,9°C

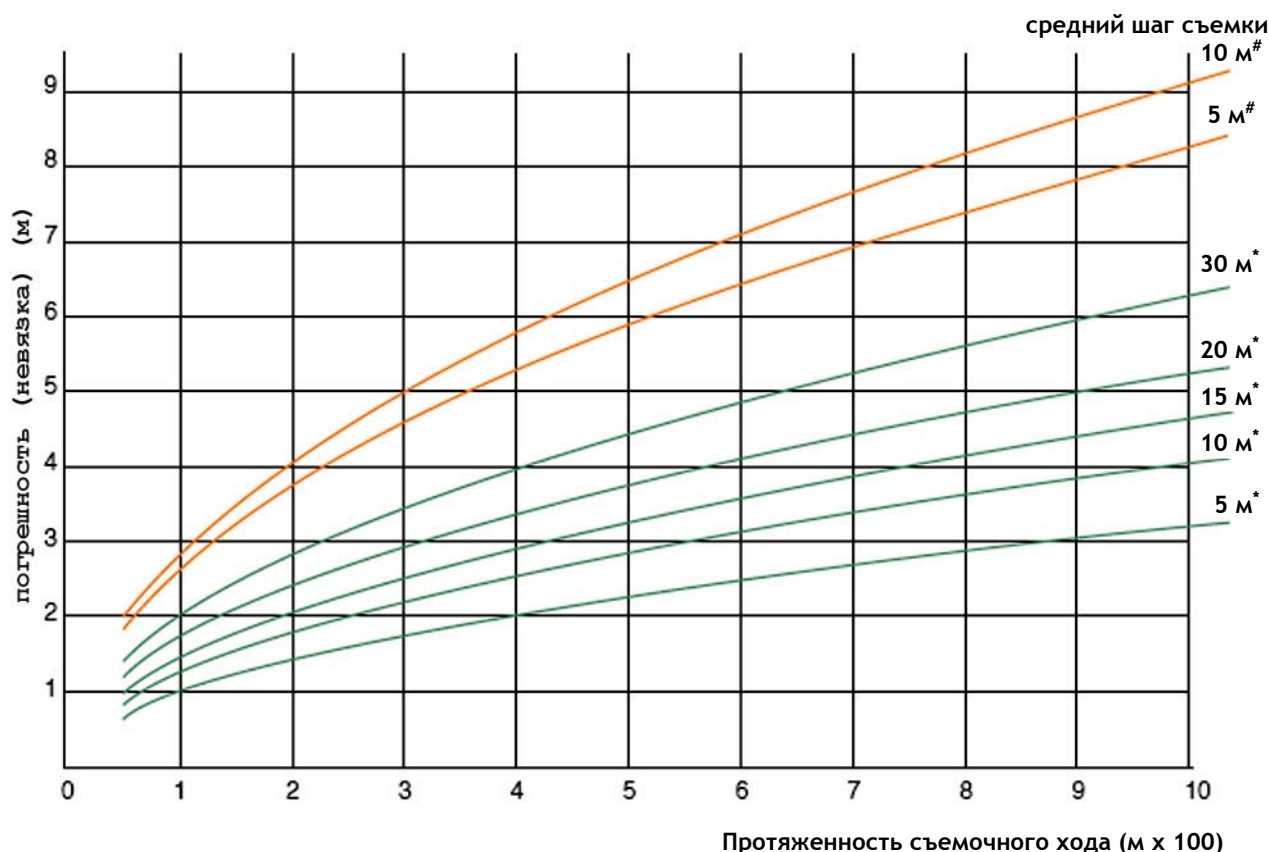
Следовательно $(19,5 + 6,9) \times (2232 - 1377) \times 0,002 = 26,4 \times 855 \times 0,002 = 45$ м,
 $855 + 45 = 900$ м

(Для сравнения отснятая полуинструментальной съемкой глубина равна 901 м)

Несмотря на это я не могу пропагандировать составление карты пещеры с использованием только альтиметра, но если вы столкнетесь с несоответствиями между барометрической и традиционной съемкой, то можете установить проблемное место и переснять его.

² При этом должно производиться синхронное баронивелирование - то есть, снятие показаний с обоих альтиметров в строго одинаковые моменты времени.

Кривые случайных ошибок для съемки с помощью "Topofil" и "Suunto"



* — Хорошая съемка

ошибка станции ± 5 см,ошибка расстояния ± 5 см,ошибка компаса и угломера $\pm 1^\circ$

— Приблизительная съемка

ошибка станции ± 20 см,ошибка расстояния ± 20 см,ошибка компаса и угломера $\pm 1^\circ$ Систематические ошибки

Систематические ошибки - это ошибки, неотъемлемо свойственные конструкции или калибровке инструментов, также как и способу, которым вы считываете показания. Систематические ошибки не случайны, но накапливаются, делая точность съемки хуже по мере увеличения ее длины.

Неправильно калиброванная лента, например, добавляет или вычитает какую-то часть из каждого измеренного расстояния, делая пещеру больше или меньше, чем в действительности. Плохо калиброванный компас даст постоянную ошибку, которая приводит к повороту северного направления на законченной карте на некоторое число градусов, в зависимости от неточности калибровки. Подобно этому плохо выверенный клинометр повлияет на общий угол карты, уменьшая или увеличивая ее глубину и возможно даже "заставляя" потоки течь вверх. Если вы снимаете всю пещеру одними и теми же инструментами, то потребуются лишь незначительное регулирование в заключительном составлении карты, но когда используются несколько инструментов и все с различными калибровками, это может привести к значительному беспорядку. Съемка проверочного кольца не сможет легко обнаружить эти систематические ошибки. Лучшим путем является сравнение со стандартом.

Систематически неправильное считывание инструментов может также привести к накоплению ошибок. Съемщик, использующий "Suunto" и визирующий на свет помощника, находящийся на той же самой высоте, добавляет 15 см к перепаду высот между этими двумя станциями, и это накапливается на всей протяженности съемки. Один единственный шаг съемки в 200 м дал бы 30 м ошибки только из-за этого!

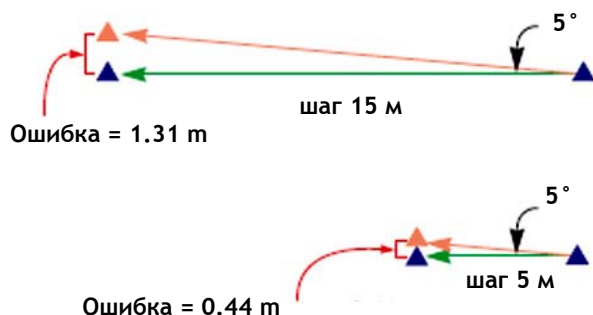
Проверьте ваши инструменты перед съемкой и периодически проверяйте во время нее, чтобы гарантировать, что они действительно указывают север, горизонталь и правильно измеряют расстояние. Протестируйте компасы друг относительно друга. Проведите быструю проверку клинометров, поместив их на плоскую поверхность и взяв показание, а затем повернув их на 180° и снова взяв отсчет. Испытайте съемщиков и инструменты, сделав съемку известного негоризонтального испытательного треугольника в обоих направлениях.

Отметьте любые отклонения в инструментах и исправьте их если возможно. В противном случае, четко отметьте это в оригинальных примечаниях и учтите отклонение при вычислениях данных, добавляя или вычитая его, как "нулевую" ошибку (zero error).

Минимизация ошибок

Случайные ошибки имеют тенденцию все более компенсировать друг за друга с возрастанием числа съемочных точек. Компенсация ошибок может позволить даже грубой съемке дать хорошее схождение, даже невзирая на то, что каждая отдельная точка на карте значительно смещена от того положения, где она должна находиться. Нельзя сказать, что вы должны игнорировать случайные ошибки. Есть несколько процедур, которым можно следовать, чтобы минимизировать и случайные, и систематические ошибки.

Длина съемочного шага

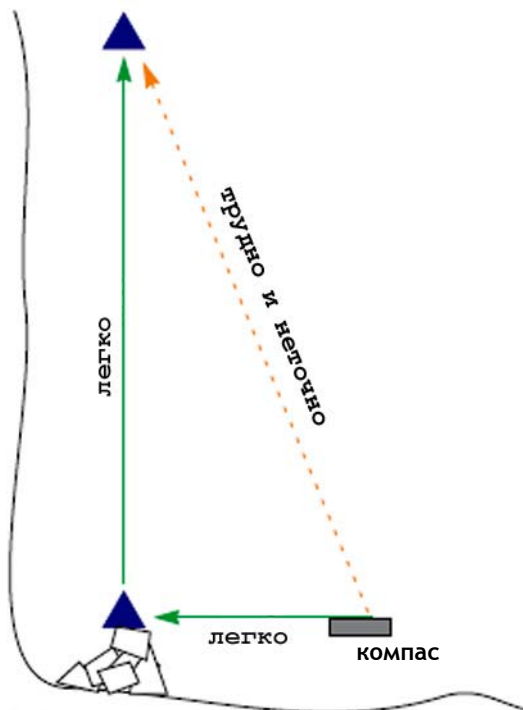


Сравнительная ошибка при коротком и длинном шаге съемки

Длинный шаг съемки увеличивает ошибки компаса и клинометра и дает менее точное заключительное смещение, чем ряд коротких замеров. Если вы используете "Topofil" или дальномер не делайте замеры длиннее 30 метров. Оптимальная длина съемочного шага - это компромисс между ошибкой станции и точностью считывания показаний инструментов (см. [Кривые случайных ошибок для съемки с помощью "Suunto" и "Topofil" на странице 181](#)).

Длинный шаг съемки делает менее заметной небрежность в расположении станций, в то время как короткий способствует уменьшению ошибок из-за низкой точности компаса. На колодцах, где трудности любого визирования могут перевесить соображения точности, пробуйте измерять длину отвеса строго по вертикали.

Измерения при высоких углах между станциями

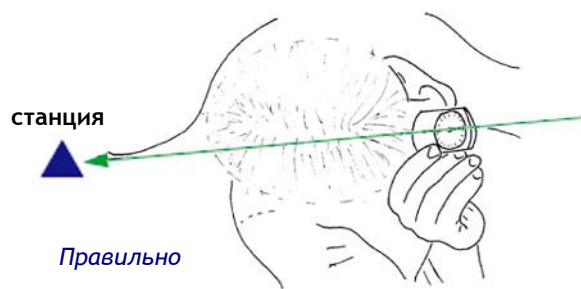


Чем больше отклонение съемочного хода от горизонтали, тем труднее точно взять показания компаса. При высоких углах шага съемки, улучшите точность, сначала измерив чистую вертикаль, а затем определив направление с низким углом, вместо того чтобы сразу измерять направление с высоким углом к следующей станции. На восходящих участках, после того как вы измерили длину, свесьте ленту свободно вниз и измерьте компасом направление на нее. Большинство "Топофилов" делает это автоматически.

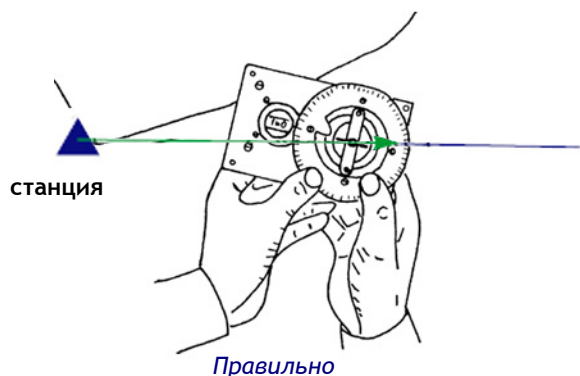
Другая возможность состоит в использовании клинометра в качестве отвеса, держа его в руке за нитку и подвесив на ней, чтобы точно построить положение съемочной станции в точке на стене на том же уровне, что и съемщик. Затем наводите компас на точку или на линию отвеса.

Ошибка компаса при высоких углах смягчена тем фактом, что, поскольку угол визирования становится более крутым, возможная ошибка смещения из-за грубых показаний компаса уменьшается (подобный эффект возникает и при измерении клинометром низких углов).

Уменьшение ошибки на стадии визирования

Ошибка станции

Уменьшение ошибки станции - "Suunto"

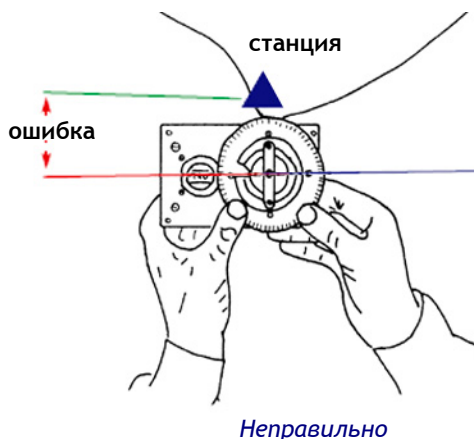


Снижение ошибки станции - "Topofil"

Избегайте "плавающих" станций, типа визирования на свет кого-то стоящего в середине прохода. Снимающий никогда не сможет потом точно переместиться на это место.

При визировании часто лучше держать инструмент на линии между этими двумя станциями, а не максимально близко к станции. Это особенно относится к работе с "Suuntos", где размер головы измеряющего может создать значительную ошибку станции. "Топофилы" более естественно удерживаются на линии, и если это невозможно, то их скромный размер дает небольшую ошибку станции.

Значение ошибки станции особенно велико при коротких шагах съемки и уменьшается с его увеличением.

**Ошибки при записи**

Ошибки при записывании обычны в съемке пещеры, и для некогда взятого неверно показания трудно установить, насколько оно неправильно и нуждается ли в проверке. По меньшей мере, одна из составляющих съемки (компас) пытается обнаружить ошибки записи, используя статистический анализ замкнутых контуров. Чтобы не запоминать показания, записывайте их, по мере того, как работающий с инструментом их называет. Примерно ориентируемый эскиз поможет вам определять уж очень неправильные показания компаса. Сделайте так, чтобы записывающий повторял все показания, включая показания угла клинометра, для подтверждения. Короткий шаг съемки помогает передаче информации. Не меняйте направление показаний, пересчитывая их в уме, пока вы в пещере. Запишите показание так, как оно дано, и укажите рядом, является ли оно обратным или передним видом, если оно отличается от других.

Магнитные ошибки

Держите все электрическое и магнитное на хорошем удалении от компасов. Освещающая шкала компаса, будьте особенно осторожны с ручным фонариком и всем, что имеет магнитные выключатели. Большие стальные конструкции - это хуже всего.

Длины веревки

Не измеряйте длину отвесов с помощью веревки "известной" длины. Веревка почти наверняка даст усадку со времени последнего ее измерения, а узлы, перестежки, отклонения и невертикальный вис еще более нарушат измерения. В худшем случае, измерьте длину веревки после снятия навески, если она была навешена в чистом вися.

Выучка

Убедитесь в том, что все съемщики и их помощники знают то, что делают, имеют навыки работы с инструментами и понимают требуемый стиль съемки.

Вычисления

Даже в самом захолустном районе есть возможность обработать сырые съемочные данные и получить их в виде плана на экране в течение нескольких часов после выхода из пещеры³.

Самое легкое - это вычислить данные с помощью специально написанной программы, типа "Compass", "Survex" или "Walls". Большинство программного обеспечения для построения съемки пещеры может быть загружено бесплатно. Большинство программ было написано для какой-то определенной пещеры, а затем улучшено. Загрузите несколько, испытайте, и вы увидите, что каждая удовлетворяет вашим потребностям. Безотносительно программного обеспечения, которое вы используете, проверяйте вводимые данные как можно скорее, чтобы как можно раньше выявить любые ошибки и в самих данных, и в их организации.

Если вы действительно столкнулись с отсутствием компьютера, вычисляйте данные X, Y, Z, D с помощью любого калькулятора, который имеет тригонометрические функции, с использованием четырех простых формул:

Изменение по оси X: $\Delta X = p \sin b$
 Изменение по оси Y: $\Delta Y = p \cos b$
 Изменение по оси Z: $\Delta Z = d \sin c$, оно же превышение,
 где:
 Расстояние в плане: $p = d \cos c$, оно же проложение,
 b = азимут, измеренный,
 c = угол уклона, измеренный,
 d = измеренное расстояние, оно же протяженность.

Кроме этого высчитывают D = сумма "p", суммарное проложение.

Тщательно внесите в таблицу результаты, затем сделайте накопительный список, суммируя относительные координаты (то есть координаты относительно предыдущего пункта), чтобы получить координаты каждой станции относительно отправной точки (см. Таблицу 10:3).

Таблица 10:3 Координаты Nada Cave

Станция	X	Y	Z	D
N2701	0.0	0.0	0.0	0.0
2	5.0	1.8	-2.0	5.3
3	5.0	1.8	-11.8	5.3
4	8.1	-3.5	-10.2	11.5
5	9.8	-0.4	-13.3	15.1
6	11.3	-0.2	-13.0	16.6
7	12.6	-2.6	-16.6	19.4
8	16.9	-2.6	-15.0	23.7
9	16.9	-2.6	-27.0	23.7
10	19.5	5.1	-26.0	31.9

Протяженность съемочного хода (Traverse length) = 57.5 м

В полевых условиях, вручну вычерчивая вычисленные данные X Y Z D, в виде плана и проекций или разверток, делайте это в подходящем масштабе (обычно 1:1000) так, чтобы их можно было использовать при дальнейших исследованиях пещеры. Как только вы доставите данные домой, то можете подвергнуть их переработке с использованием более сложной программы на большем компьютере, чтобы получить более сложные результаты, типа смыкания колец и 3D-графики.

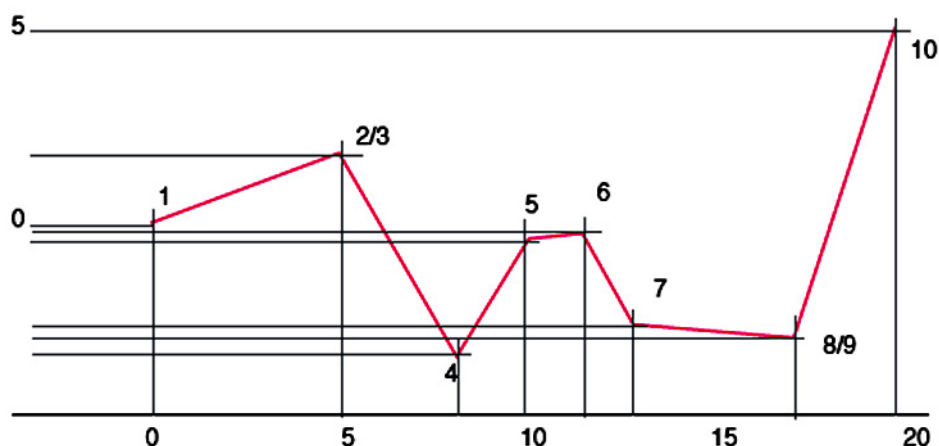
³ М-да....

Вычерчивание топографической съемки

Перед вычерчиванием решите вопрос о масштабе, который должен соответствовать масштабу других пещер в районе, а также позволить пещере уместиться на листе, на котором вы ее рисуете. Сколько ручной работы вам придется сделать, зависит от программного обеспечения, которое вы выбираете. Скорее всего, вы получите рисунок линии, возможно, с левой и правой шириной (или расстояниями вверх и вниз от каждой точки), отмеченными в соответствии с вашим эскизом.

Для черчения вручную выберите нулевой пункт на листе так, чтобы пещера уместилась на листе, и начертите масштаб вдоль его границ. Лучше использовать миллиметровку, чем пытаться измерять расстояния линейкой.

Линия съемки (Traverse line)

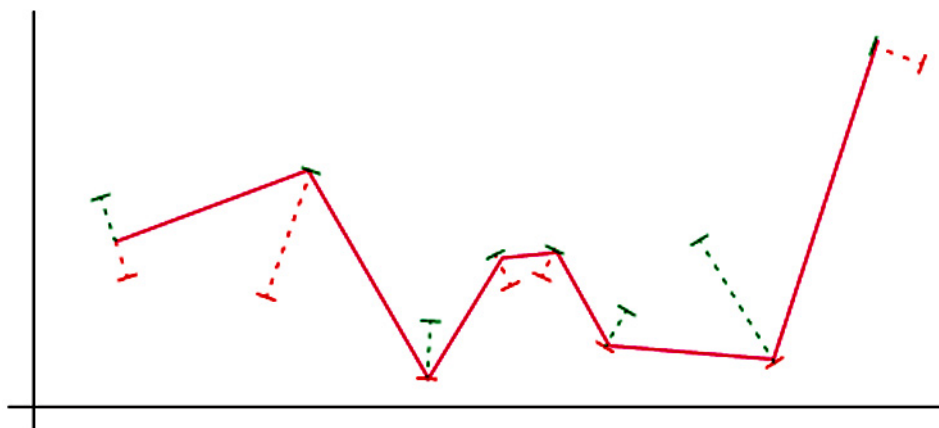


Начертите ось X (на восток) поперек листа слева направо и ось Y (на север) снизу вверх. Отмечайте каждую точку на чертеже номером соответствующей ему станции и соединяйте точки между собой, чтобы получить линию съемочного маршрута.

Если пещера не является достаточно прямой, самое легкое - это нарисовать сначала несколько станций и соединить точки между собой, затем нарисовать еще несколько и соединить, и так далее, чтобы не потеряться потом среди точек на листе.

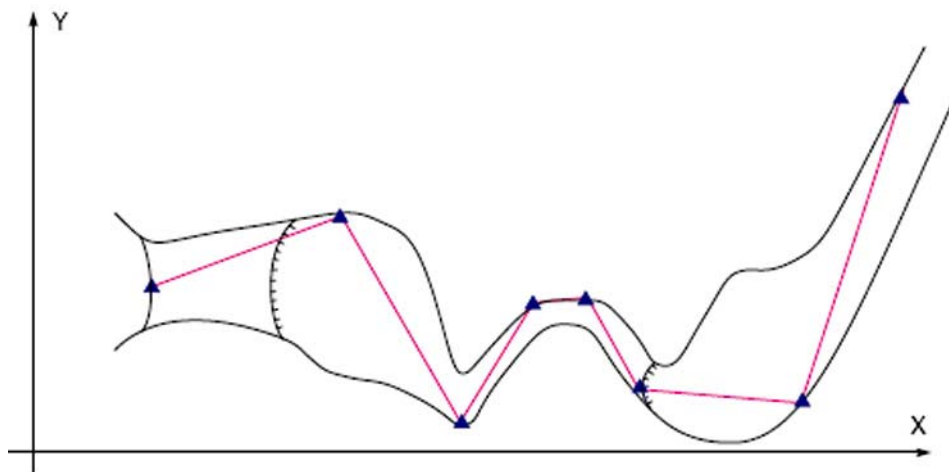
Нанесение левой и правой ширины хода

Легко нанесите левую и правую оценку ширины хода от каждой станции



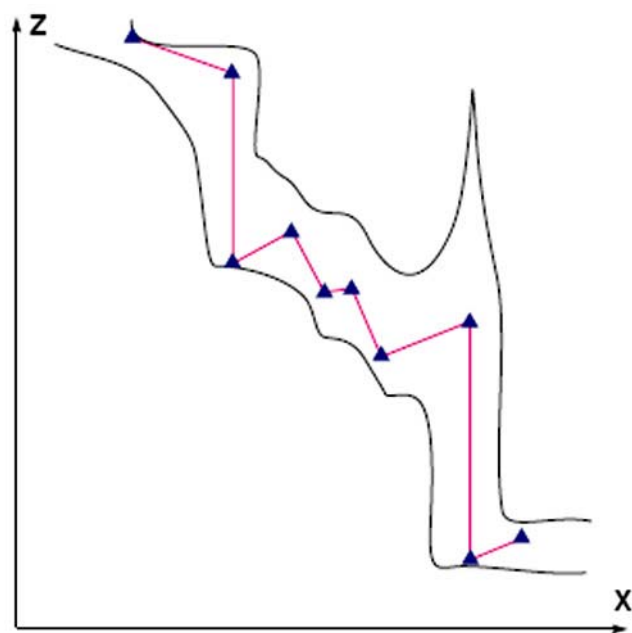
Абрис (Sketch)

Эскиз, нарисованный в пещере, сначала надо переносить на карту так, чтобы соблюдалось соответствие с маршрутом, а затем прорисовывать более точные детали.



Рисуйте сечения и разрезы (поперечные и профили) в той же самой манере как план, но используйте другие координаты, в зависимости от природы пещеры и эффекта, который вы желаете получить.

Проецированные сечения сжимают любую часть пещеры, которая не идет параллельно плоскости проекции, и заставляют вертикальную пещеру казаться много более отвесной и короткой, чем в действительности. Начертите ось X поперек листа с осью Z, идущей снизу вверх, и добавьте стены при помощи данных LRUD и плана.



Проекция участка с востока на запад (East-West plan)

Объемное изображение ("3D" view)



Если вы зададите данные LRUD вместе с данными съемочного маршрута, некоторые программы для построения съемки могут за считанные секунды создать трехмерное изображение вашей пещеры для рассмотрения на экране, на основе VRML (*Virtual Reality Modeling Language*). К сожалению, результаты этого обычно не могут быть хорошо отпечатаны на бумаге. Такие изображения обычно работают лучше для больших, сложных систем, делая более очевидными взаимосвязи между различными проходами. Маленькие пещеры имеют тенденцию выглядеть слишком неуклюже и стилизовано, в то время как объемные модели длинных прямых пещер показывают большую часть пещеры "слишком далеко", чтобы быть особенно полезными.

На мелком масштабе (10 станций), *Nada Cave* на следующей странице выглядит слишком стилизовано, но вы могли взять это изображение за основу для карты, нарисованной от руки. Однако в большем масштабе — трехмерная модель пещеры Мертвой Собаки (*Dead Dog Cave*) имеет 700 станций — со скрытыми удаленными линиями, чертеж дает лучшее представление о том, на что походит пещера, чем обычная карта. Путем построения тех же самых данных дважды и рассматривая модели разнесенными на несколько градусов, вы можете создать стереоизображение пещеры.

VRML изображение *Nada Cave*



Ozto Ocotal/J2, Мексика. Фото: Enrique Ogando

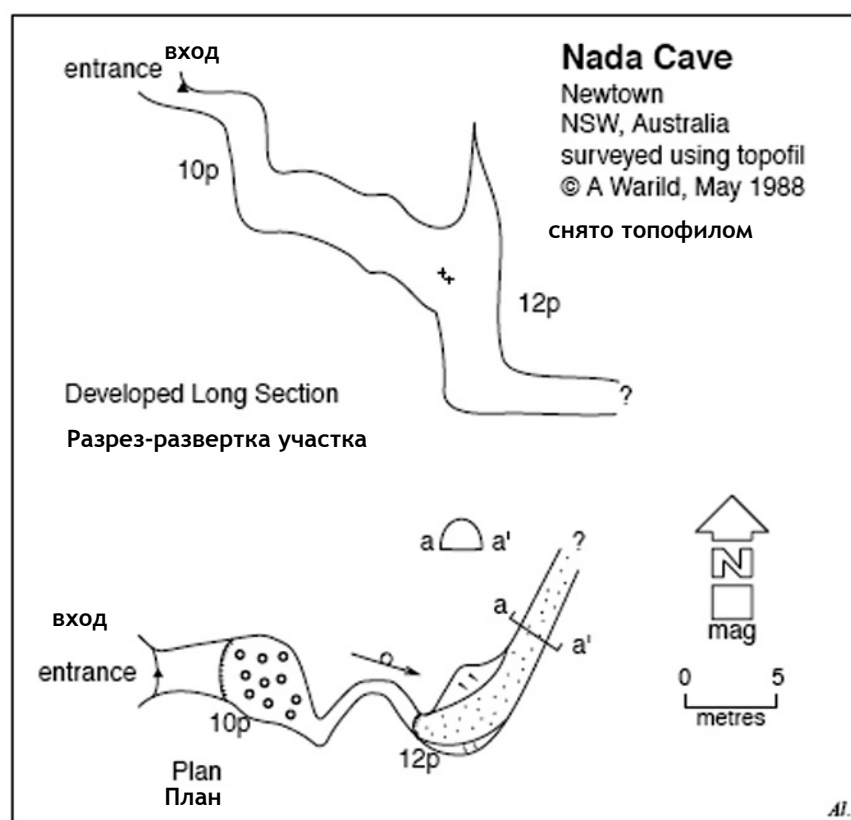
Конечный продукт

Линия, начерченная на экране или миллиметровке - это все, что вам необходимо в полевых условиях. Как только карта достигает этой стадии, вы можете наложить на нее линии абриса по эскизам и наброскам и привести все вместе в порядок для заключительного представления.

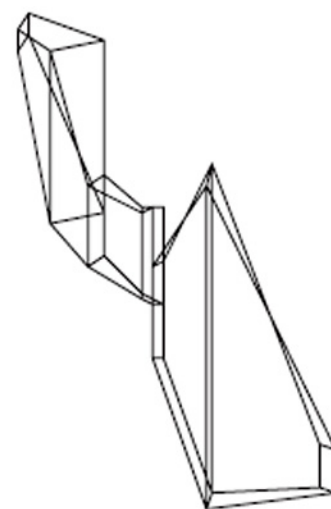
Окончательный продукт топосъемки пещеры должен быть высококачественной картой, богатой информацией и не требующей пояснений. Она должна сопровождаться перечнем оборудования или списком снаряжения, так же как и описанием пещеры, если пещера сложна или информацию нельзя ясно показать иначе.

Карта может содержать разрез-развертку и план, если пещера представляет систему, и нужно показать взаиморасположение ходов. Разрез-развертка длинного участка дает лучше представление о том, на что действительно походит пещера. Он выпрямляет пещеру, показывая истинную длину и уклон для каждого шага съемки. Однако на разрезе-развертке трудно показать взаиморасположение ходов, поскольку развертки показывают только истинное смещение между любыми двумя последовательными пунктами. Разрез-развертка нуждается в сопровождающем плане, чтобы показать действительную горизонтальную конфигурацию пещеры.

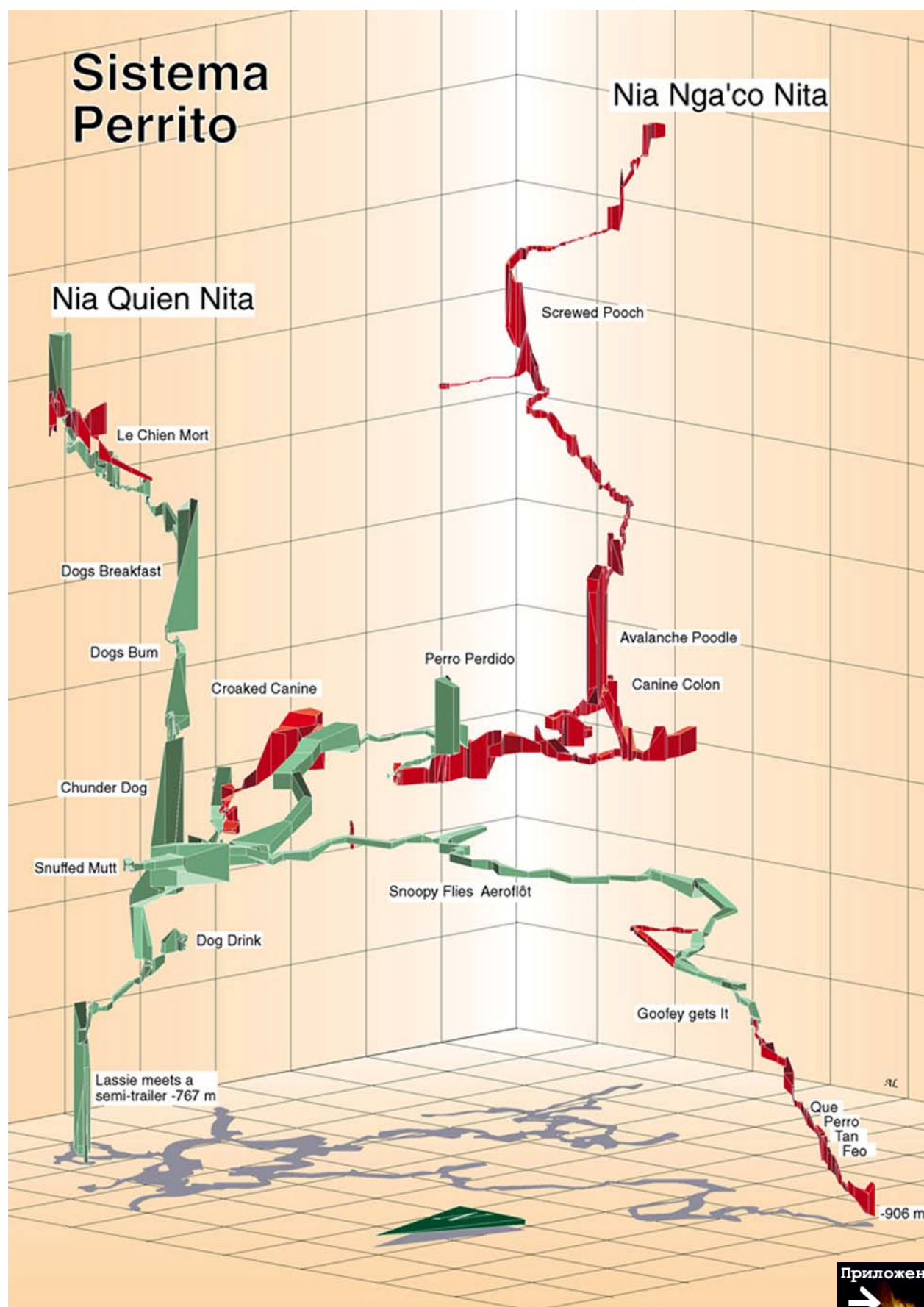
Масштаб заключительного чертежа зависит от размеров пещеры и листа бумаги, на котором она должна быть представлена. Предпочтительно, чтобы масштаб был некоторым простым кратным числом, типа 1:200, 1:500, 1:1000 и представлен в виде масштабной линейки так, чтобы карта могла быть уменьшена или увеличена без потери масштаба. Информация, типа названия пещеры, имен съемщиков, северной стрелки, даты, используемых съемочных инструментов (качество съемки, типа M5.4, может быть бессмысленным в другой стране) и масштаба - может быть сбалансированно размещена на поле чертежа или собрана в единый информационный блок.



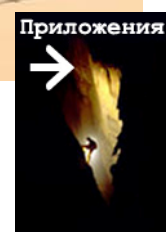
Традиционный конечный продукт



3D каркас



3D-изображение Пещеры Мертвой Собаки



Содержание