

# ОСНОВЫ ГЕОМОРФОЛОГИИ И ГЕОЛОГИЧЕСКОЙ КАРТОГРАФИИ

1. Основные формы и типы рельефа.
2. Методы изучения рельефа и способы его изображения.
3. Геологические карты и разрезы, принципы их построения.

## 1. Основные формы и типы рельефа

*Рельеф* – совокупность неровностей твёрдой земной поверхности, разнообразных по очертаниям, размерам, происхождению, возрасту и истории развития. Слагается из положительных и отрицательных форм. Рельеф является объектом изучения *геоморфологии*.

Рельеф является важнейшим компонентом географической оболочки. Во-первых, рельеф — это базис для природных территориальных комплексов. Во-вторых, рельеф перераспределяет влагу и тепло (то есть вещество и энергию) по земной поверхности.

Рельеф образуется и развивается главным образом в результате длительного одновременного воздействия на земную поверхность эндогенных (внутренних) и экзогенных (внешних) процессов. Процессы, формирующие рельеф, называются *агентами рельефообразования*.

Основным источником эндогенных процессов является тепловая энергия недр Земли. Она вызывает тектонические движения земной коры, которые сопровождаются образованием разломов, перемещением блоков коры, складчатостью и магматизмом.

Главный источник экзогенных процессов — лучистая энергия Солнца. На земной поверхности она превращается в энергию воды, воздуха, вещества литосферы. Рельеф формируется под воздействием текучих вод, водных масс океанов, морей и озёр, ветра, льда, растворения горных пород. К экзогенным агентам рельефообразования относят также склоновые процессы, космические силы, а также жизнедеятельность организмов и хозяйственную деятельность человека.

Под *формами* рельефа понимают природные, а нередко и искусственные тела и полости, простейшие из которых можно приближенно сравнить с геометрическими фигурами (конусом, пирамидой, призмой). Сложные формы рельефа представляют собой сочетание простых форм и могут достигать очень больших размеров (материк, впадина моря, горная страна и т. д.). Основными элементами форм рельефа являются: *грани* – поверхности склонов, *ребра* – линии сочленения граней, линии водоразделов, подошвы склонов, тальвегов, бровок, *точки* вершин, седловин, устья долин, оврагов и др.

По внешним признакам и по отношению к прилегающим пространствам различают положительные и отрицательные формы рельефа, замкнутые и незамкнутые. *Положительные формы рельефа* – это возвышающиеся над прилегающей местностью участки земной поверхности (гора, холм, материк над

дном моря), а *отрицательные* – это пониженные по отношению к прилегающим территориям участки (воронка, котловина, долина, впадина). *Замкнутые формы рельефа* (подшвы бровок и др.) ограничены со всех сторон склонами или линиями. *Незамкнутые формы рельефа* обычно лишены склонов с одной, а иногда и с двух сторон. Например, гора является положительной, а карстовая воронка отрицательной замкнутой формой. Речная долина – это отрицательная незамкнутая форма рельефа.

Все многообразие форм рельефа для упрощения его анализа типизировано на небольшое количество основных форм (рис. 1).

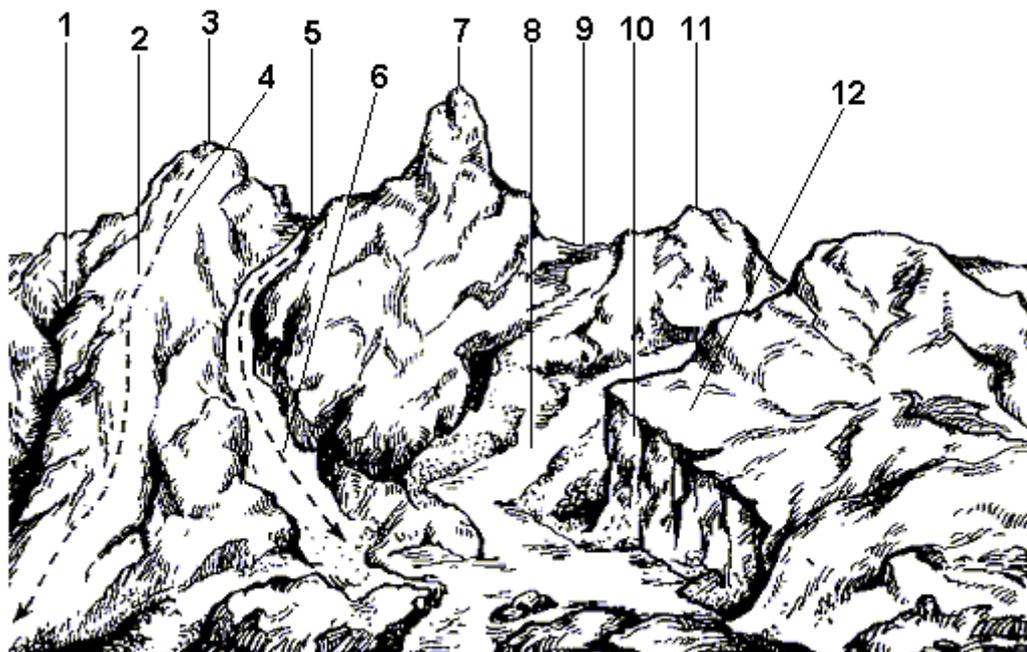


Рисунок 1 – Формы рельефа:

- 1 — лощина; 2 — хребет; 3, 7, 11 — гора; 4 — водораздел; 5, 9 — седловина;  
6 — тальвег; 8 — река; 10 — обрыв; 12 — терраса

К основным формам рельефа относятся:

*Гора* – это возвышающаяся над окружающей местностью конусообразная форма рельефа. Наивысшая точка её называется вершиной. Вершина может быть острой – пик, или в виде площадки – плато. Боковая поверхность состоит из скатов. Линия слияния скатов с окружающей местностью называется подошвой или основанием горы.

*Котловина* – форма рельефа, противоположная горе, представляющая собой замкнутое углубление. Самая низкая точка её – дно. Боковая поверхность состоит из скатов; линия их слияния с окружающей местностью называется бровкой.

*Хребет* – это возвышенность, вытянутая и постоянно понижающаяся в каком – либо направлении. У хребта два склона; в верхней части хребта они сливаются, образуя водораздельную линию, или водораздел.

*Лощина* – форма рельефа, противоположная хребту и представляющая вытянутое в каком-либо направлении и открытое с одного конца постоянно понижающееся углубление. Два ската лощины; сливаясь между собой в самой низкой части её образуют водосливную линию или тальвег, по которой стекает вода, попадающая на скаты. Разновидностями лощины являются долина и овраг: первая является широкой лощиной с пологими задернованными скатами, вторая – узкая лощина с крутыми обнаженными скатами. Долина часто бывает ложем реки или ручья.

*Седловина* – это место, которое образуется при слиянии скатов двух соседних гор. Иногда седловина является местом слияния водоразделов двух хребтов. От седловины берут начало две лощины, распространяющиеся в противоположных направлениях. В горной местности через седловины обычно пролегают дороги или пешеходные тропы; поэтому седловины в горах называют перевалами.

По происхождению формы рельефа подразделяют на тектонические, эрозионные и аккумулятивные.

*Тектонические формы рельефа* (горные хребты, равнины, океанические впадины и др.) возникают в процессе движения земной коры. Они крупные по размеру и образуют основной рельеф и лик Земли.

*Эрозионные формы рельефа* связаны с разрушительной работой текучих вод (атмосферных, речных, подземных). К ним относят ущелья, речные долины, балки, овраги, промоины и т. д.

*Аккумулятивные формы рельефа* (речные террасы, барханы, дюны и др.) являются следствием накопления продуктов разрушения горных пород.

*Типом* рельефа называют определенное сочетание форм, закономерно повторяющихся на обширных территориях и имеющих сходное происхождение, геологическое строение и историю развития. Различают равнинный, холмистый и горный типы рельефа.

*Равнинный рельеф* имеют обширные участки суши. В зависимости от положения над уровнем моря равнины подразделяют на отрицательные – расположенные ниже уровня моря; низменные – высотой, не превышающей 200 м над уровнем моря; возвышенные – с абсолютной отметкой 200 – 500 м; нагорные – расположенные выше 500 м над уровнем моря. По глубине и степени расчленения рельефа различают равнины: слабо-, мелко- и груборасчлененные соответственно с колебанием высот до 10 м, 5 – 25 м и 20 – 200 м на протяжении 2 км. В зависимости от происхождения равнины могут быть структурными, аккумулятивными и скульптурными.

*Структурные* равнины (например, Прикаспийская низменность) сложены спокойно залегающими слоями осадочных и пластовыми телами магматических пород или представляют собой относительно недавно вышедшие на поверхность Земли участки морского дна с горизонтально залегающими слоями пород.

*Аккумулятивные* равнины образуются в результате накопления осадочного материала в море или на суше. Их подразделяют на аллювиальные, предгорные наклонные, ледниковые моренные, зандровые, эоловые, органи-

генные. Предгорные равнины формируются у подножья гор из аллювия горных рек и современных наносов типа пролювия и делювия.

*Скульптурные* равнины возникают в результате разрушения первичной поверхности процессами абразии и денудации. Например, абразионные равнины образуются в процессе разрушения побережий морскими волнами. Денудационные равнины (характерны для Казахстана) представляют собой участки суши с близко залегающими к поверхности Земли или имеющими выход на нее коренными горными породами.

*Холмистый рельеф* – это поверхность Земли, состоящая из сочетания часто чередующихся возвышенностей (холмы с относительными высотами не более 200 м) и пониженных участков (ложбин и котловин).

*Горный рельеф* представляет собой чередование крутых поднятий (горы, хребты) и понижений (долины, впадины, котловины). В зависимости от происхождения он может быть тектоническим, вулканическим и эрозионным. Тектонический рельеф формируется в результате тектонических движений и сложных нарушений земной коры. Тектонические горы являются наиболее распространенными и имеют достаточно сложное строение и рельеф. Вулканический рельеф возникает в процессе извержения вулканов, а эрозионный – в результате глубокого эрозионного расчленения земной коры с горизонтально залегающими слоями горных пород, поднятых на большую высоту над базисом эрозии.

Весьма специфичны формы *антропогенного рельефа*, образованного в результате деятельности человека. В районах древнего орошения вдоль крупных каналов наблюдаются повышения рельефа (высотой до 3 м, иногда и более), связанные с накоплением наносов, извлеченных при их проходке. При добыче различных полезных ископаемых большие массы пустой породы идут в отвалы – крупные гряды и холмы (например, терриконы в местах добычи каменного угля).

От характера и форм рельефа зависят пахотоспособность земель, использование сельскохозяйственных машин, способы и условия обводнения, орошения и их осушения.

## **2. Методы изучения рельефа и способы его изображения**

Способ изображения рельефа должен обеспечивать хорошее пространственное представление о рельефе местности, надёжное определение направлений и крутизны скатов и отметок отдельных точек, решение различных инженерных задач.

Долгое время на картах рельеф, точнее его наиболее заметные элементы, изображали перспективными зарисовками. На подробных картах рисовали гору, вулкан, овраг, а на обзорных – россыпь отдельных гор или целую горную цепь, или просто писали – «горы такие-то». По такой карте можно было найти хорошо заметный ориентир, обрыв или перевал в горах, где между гор проходит дорога. На рубеже XVIII и XIX вв. к карте предъявляются новые требования. Военным надо было знать и складки местности, и недоступные

склоны, и командные высоты. Для строительства каналов, соединяющих судоходные реки разных бассейнов, необходимо было знать, насколько водоразделы возвышаются над долинами рек, как разольются запруженные плотинами воды, где они пойдут самотеком. Нужно было передать на карте высоту, крутизну и пластику склонов, общую картину рельефа и отдельные его формы. Но способы изображения рельефа, которые отражали бы эти его свойства, родились не сразу.

Сначала на карте рисовали очертания оврага или горы в плане, т. е. обводили линией их бровку и подножие, обычно заметные на местности, и оттеняли эти линии штрихами или растушевкой. Постепенно стали заштриховывать весь склон от бровки до подножия, причем условились, что разная толщина и густота штрихов будет соответствовать разной крутизне склона, которую мерили эклиметром – простейшим прибором, основу которого составляют транспортир и отвес.

Так родился штриховой способ, хорошо передающий пластику рельефа (рис. 2). Но способ этот очень трудоемкий, да и штрихи затрудняли чтение других элементов местности. Наконец, карта в штрихах не передавала данных о высоте, не позволяла строить профили, необходимые для инженерных расчетов.



**Рисунок 2 – Изображение рельефа способом штриховки**

Еще в 1648 г. французский математик и физик В. Паскаль применил для измерения высоты горы ртутный барометр: она определялась по разнице давления воздуха на вершине и у подножия. Способ этот не сразу был использован в картографии. Лишь в XVIII в. на картах стали указывать высоту наиболее заметных точек местности – вершин, перевалов и т. д. Со временем это стало главным в изображении рельефа, причем оказалось, что характер изменения высот позволяет передать черты рельефа: его формы, пластику, крутизну склонов.

В основе передачи представления о распределении высот, или гипсометрии местности, лежит способ изображения рельефа горизонталями, т. е. с по-

мощью линий, все точки которых на местности лежат на одинаковой высоте. Горизонтالي применяли еще в XVI в. инженеры-градостроители: они мысленно как бы разделяли на слои строительную площадку, чтобы знать, где строить здания, или чтобы вычислить объем земляных работ. Но на картах горизонтали утвердились лишь во второй половине XIX в.

При уяснении, что такое горизонталь, обычно пользуются представлениями об «идеальном острове», который последовательно заливает вода. Если на поверхности острова прочертить разные уровни стояния воды, в плане они изобразятся в виде замкнутых кривых. Если расстояние по высоте между отдельными горизонталями будет одинаковым, т. е. они будут проведены через определенное сечение, тогда большая густота горизонталей на плане будет говорить о большей крутизне склона, а разреженность горизонталей – о его пологости (рис. 3).

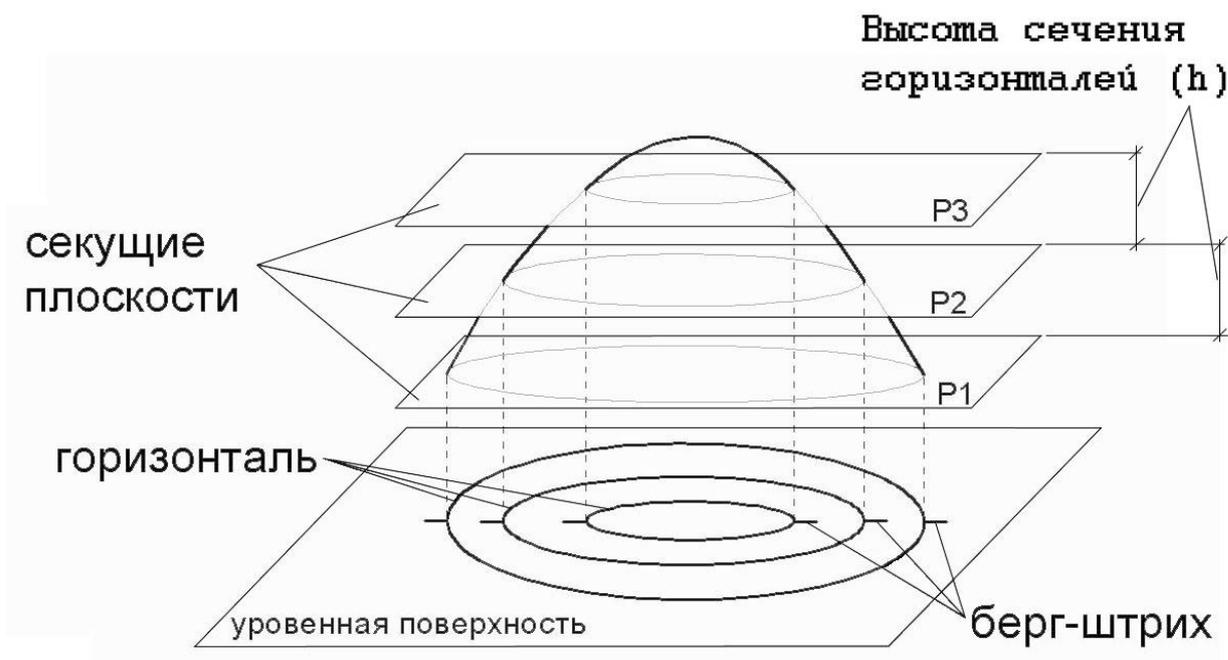


**Рисунок 3 – Изображение рельефа горизонталями**

Чтобы на карте с горизонталями определить разность высот двух точек, надо помножить сечение на число горизонталей между ними, а измерив также и расстояние между ними по карте, можно по двум катетам найти и протяженность склона, и угол его наклона (рис. 4).

Горизонтали передают и представление о формах рельефа: замкнутые, как бы вложенные одна в другую горизонтали изображают холм (гору) или впадину, причем различить их помогают берг-штрихи – маленькие черточки, всегда направленные вниз по склону. Втянутая петля горизонталей изображает понижение – долину или балку, а выпуклая – выступ, мыс, водораздел.

Зная высоту опорных точек, горизонтали можно проводить и по аэрофотоснимкам – на специальных приборах – стереопланиграфах, получая рельефное, т. е. стереоскопическое изображение на двух соседних (обязательно перекрывающихся) аэрофотоснимках.



**Рисунок 4 – Изображение рельефа горизонталями:**  
 1, 2, 3 – плоскости сечения рельефа

На подробной топографической карте сечение горизонталей небольшое: 5 м или 10 м, а в случае надобности, например для строительной площадки или карьера, – 1 м и даже менее. На географической карте рельеф рисуют обобщенно, горизонтالي проводятся через десятки, а то и сотни метров (промежуточные пропускаются), а сечение выбирается неодинаково на одной карте: на горах больше, чем на равнинах. На крупномасштабных топографических картах рельеф изображают изогипсами — горизонталями, числовыми отметками и дополнительными условными знаками. На мелкомасштабных топографических и физических картах рельеф обозначается цветом (гипсометрической окраской с четкими или размытыми ступенями) и отмывкой.

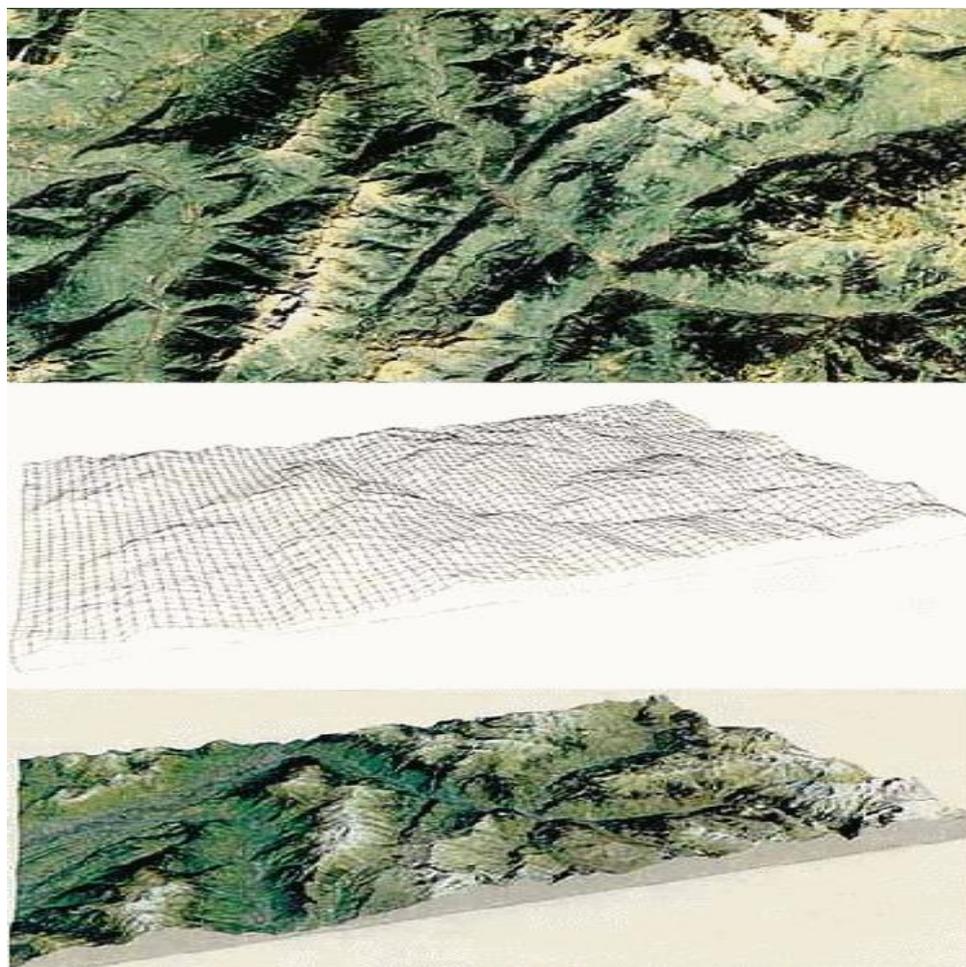
*Способ отмывки.* Отмывка - пластическое полутонное изображение рельефа путем наложения теней.

*Способ отметок.* При этом способе на карте подписывают отметки отдельных точек местности.

*Способ послойного окрашивания.* Этот способ применяется на мелкомасштабных картах. Поверхность Земли показывается коричневым цветом: чем больше отметки, тем гуще цвет. Глубины моря показывают голубым или зеленым цветом: чем больше глубина, тем гуще цвет.

В настоящее время в картографии интенсивно развивается направление по созданию электронных карт, моделей виртуальной реальности, картографических анимаций, мультимедийных атласов – ГИС-технологий (географические информационные системы). Процесс создания карт в ГИС более прост и гибок, чем в традиционных методах ручного или автоматического картографирования. Он начинается с создания базы данных. В качестве источника получения исходных данных можно пользоваться и оцифровкой обычных

бумажных карт. Основанные на ГИС, картографические базы данных могут быть непрерывными (без деления на отдельные листы и регионы) и не связанными с конкретным масштабом. На основе таких баз данных можно создавать карты (в электронном виде или как твердые копии) на любую территорию, любого масштаба, с нужной нагрузкой, с ее выделением и отображением требуемыми символами (рис 5).



**Рисунок 5 – Изображение рельефа с использованием ГИС-технологий**

В любое время база данных может пополняться новыми данными (например, из других баз данных), а имеющиеся в ней данные можно корректировать по мере необходимости.

### **3. Геологические карты и разрезы, принципы их построения**

*Геологическая карта* представляет собой уменьшенную в определенном условном масштабе проекцию на горизонтальную плоскость выходов различных по возрасту и составу горных пород. Она является основным документом, на котором графически изображено геологическое строение какого-либо участка земной коры.

По характеру отражаемых комплексов различают карты:

*Геологические* — на них нанесены разновозрастные геологические комплексы.

*Литологические* — отражают выход на поверхность Земли горных пород различного петрографического состава (пески, глины, граниты и т. д.).

*Геолого-литологические* — дают представление как о возрасте, так и о составе горных пород, слагающих земную поверхность.

При построении геологических карт четвертичные отложения обычно не показывают, так как они, покрывая тонким чехлом почти всю земную поверхность, скрывают подстилающие их толщи горных пород. Отражают лишь самые мощные из них.

Для различных целей составляют также специальные карты. Например, четвертичные отложения показывают на картах четвертичных отложений, строение и характер рельефа земной поверхности — на геоморфологических. Представление о характере залегания подземных вод можно получить по гидрогеологическим картам, о полезных ископаемых какого-либо района или участка и закономерностях их размещения — по картам полезных ископаемых. Инженерные условия возведения сооружений отражают на инженерно-геологических картах.

Карты различаются между собой по масштабу. Существуют мелкомасштабные (1 : 7 500 000 до 1 : 1 000 000) или обзорные, региональные (1 : 1 000 000 до 1 : 200 000), на которых изображена геология отдельных областей, краев и республик, и детальные (от 1 : 100 000 до 1 : 500) карты.

Для выделения горных пород по возрасту и составу на всех геологических картах употребляют определенные условные обозначения.

При составлении легенды к геологической карте придерживаются определенного порядка. Условные обозначения возрастных подразделений осадочных толщ располагают сверху вниз или слева направо от молодых к более древним. После них дают условные обозначения метаморфических и магматических горных пород. Затем помещают объяснения всех других геологических данных, указанных на карте.

*Геологические съемки.* Под геологической съемкой понимается комплекс полевых исследований, выполняемых с целью составления геологических карт и разрезов. Полевые исследования при геологических съемках включают следующие виды работ:

рекогносцировочный осмотр территории съемки;

изучение и описание естественных обнажений;

поисково-разведочные с целью вскрытия и изучения участков со слабой естественной обнаженностью;

отбор проб с целью различных химико-аналитических исследований;

нанесение на карту объектов геологических исследований или их топографическая привязка.

Все полевые исследования и наблюдения записывают в полевые дневники, которые наряду с картой являются основными первичными документами геологического картирования.

В зависимости от целевого назначения и задач различают маршрутную и площадную геологические съемки.

*Маршрутные геологические съемки* обычно проводят в малообследованных районах. Они носят рекогносцировочный характер. Маршруты, как правило, прокладывают по долинам рек, иногда удаленным друг от друга на большие расстояния, причем обычно вкрест простирания геологических структур.

*Площадные геологические съемки* называют еще детальными. При таких съемках исследуемую площадь покрывают более или менее равномерной сетью маршрутов. Каждый масштаб подкрепляют определенным числом точек наблюдения. Если точек наблюдения окажется недостаточно, то геологические съемки не будут соответствовать по детальности выбранному масштабу. Аналогичные требования предъявляют к картам четвертичных отложений и геоморфологическим.

В зависимости от масштаба геологические съемки подразделяют на мелкомасштабные (1:1 000 000 и 1 :500 000), средне-масштабные (1:200 000 и 1:100 000) и крупномасштабные, или детальные (1 : 50 000 и крупнее).

*Принципы построения геологических карт и разрезов.* В результате камеральной обработки полевых съемочных материалов приступают к составлению геологической карты. Часто построение геологической карты осуществляется по отдельным разрозненным обнажениям путем восстановления истинного положения выходов коренных пород на тех участках, которые скрыты под толщами четвертичных отложений. Если слои горных пород залегают горизонтально, то на карте их граничные линии будут проходить параллельно горизонталям рельефа земной поверхности. Граничные линии слоев горных пород, расположенных под углом  $90^\circ$  к горизонту, будут прямыми, прослеживающимися в направлении простирания слоев. Граничные линии наклонно падающих пластов будут иметь криволинейные направления и пересекать под различными углами горизонтали рельефа, причем на участках понижения рельефа эти линии будут отклоняться в сторону падения пород, а на возвышениях наоборот – в сторону, противоположную падению. Чем круче угол падения пород, тем меньше граничные линии отклоняются от прямой. По геологической карте с горизонталями нетрудно определить элементы залегания наклонно залегающих пластов горных пород и рассчитать мощность и глубину их залегания в любой точке местности.

Наглядное представление о соотношении слоев пород в пространстве дают сопровождающие геологические карты геологические разрезы. Геологические разрезы строят либо на основе полевых наблюдений (как по естественным обнажениям, так и по результатам различных геологоразведочных выработок), либо по геологическим картам. Для составления разрезов на основе полевых наблюдений обычно выбирают линии, направленные вкрест простирания геологических структур.

По геологическим картам, на которых нанесены горизонтали, построить геологический разрез очень легко. Построение начинают с выбора масштаба разреза. В большинстве случаев горизонтальный масштаб берут одинаковый

с масштабом геологической карты, а вертикальный соответственно принимают крупнее в 2 – 20 раз.

Далее геологический разрез по карте строят в следующей последовательности:

- 1) в соответствии с топографическими правилами вычерчивают профиль земной поверхности по заданной линии;

- 2) точки пересечения граничных линий слоев с заданной линией разреза на карте проектируют на профильную линию;

- 3) затем наносят на разрез слои горных пород в соответствии с принятыми условными обозначениями.

Геологический разрез всегда должен быть ориентирован по отношению к странам света, сопровождаться линейными и числовыми масштабами и соответствующими условными обозначениями.

Геологические карты и разрезы являются графическим выражением наших знаний о геологическом строении определенного участка земной коры, о его полезных ископаемых, истории развития отдельных элементов структуры. Поэтому геологические карты широко применяют при геологических исследованиях, направленных на выявление различных полезных ископаемых, при строительстве новых поселков, плотин, проектировании фабрик, и заводов, прокладывании железных и шоссейных дорог, при организации мелиоративных работ, водоснабжения, для борьбы с оползнями и движениями почвы в районах вечной мерзлоты и т. д. Для составления почвенных и агрохимических карт большое значение имеют карты четвертичных отложений и геоморфологические.

В результате планомерных геологических исследований на территории нашей страны в настоящее время не осталось «белых пятен». Белорусские геологи и ученые продолжают дальнейшее, более углубленное изучение геологического строения и богатств недр нашей Родины.