ЗАДАНИЕ «РАБОТА С ТОПОГРАФИЧЕСКОЙ КАРТОЙ: ИЗОБРАЖЕНИЕ РЕЛЬЕФА МЕСТНОСТИ»

Цель задания: *изучить* системы отсчета высот и способы изображения рельефа местности на топографических картах, *научиться определять* плановые очертания элементарных форм рельефа, абсолютные высоты точек местности, их относительные превышения, направление и крутизну скатов; *проводить* основные орографические линии (тальвеги и водоразделы).

Для выполнения задания ***необходимо иметь***: лист топографической карты масштаба 1 : 25 000, бланк задания, измеритель, линейку, красный, синий и простой карандаши.

Отчетный материал – оформленная в соответствии с требованиями бланковая карта рельефа, профиль местности (по заданной линии) на листе миллиметровой бумаге, палетка с нанесенным контуром водосбора, лист расчетов высотных отметок, минимальной и максимальной крутизны ската по линии профиля, площади водосбора.

Краткое изложение теоретических основ:

Абсолютная высота точки (*H*) на физической поверхности Земли – это расстояние вдоль отвесной линии между этой точкой и ее проекцией на отсчетную уровенную поверхность.

Уровенная поверхность – это криволинейная поверхность, соотносимая с формой Земли. Каждая точка гравитационного поля планеты принадлежит какой-либо уровенной поверхности, т.е. существует множество уровенных поверхностей. Они не параллельны, сходятся вблизи полюсов и расходятся по мере приближения к экватору. Также существуют локальные искривления уровенных поверхностей, вызванные неравномерным распределением внутриземных масс.

Главная уровенная поверхность – ***геоид*** – поверхность, совпадающая с положением поверхности Мирового океана в спокойном состоянии без учета влияния приливов и мысленно продолжающаяся под поверхностью материков. Расстояние, отсчитанное от геоида вдоль отвесной линии, называется **ортометрической высотой**.

Если в качестве уровенной поверхности выступает ***земной эллипсоид***, то расстояние вдоль нормали от его поверхности до заданной точки на физической поверхности Земли или в околоземном пространстве называется **геодезической высотой**.

Для топографического картографирования высоту точек на поверхности Земли определяют относительно ***квазигеоида*** – уровенной поверхности, совпадающей с геоидом на уровне моря и расходящейся в пределах суши. Для картографирования территории может быть выбран один или несколько квазигеоидов в целях минимизации отклонений

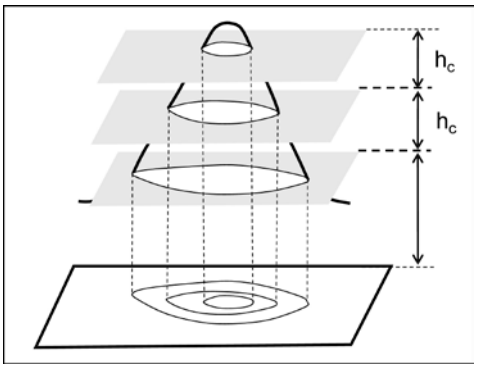
от геоида. Расстояние, отсчитанное от поверхности квазигеоида вдоль отвесной линии до точки земной поверхности, называется **нормальной высотой.**

Таким образом, выделяют **3 системы высот**: ортометрическую, геодезическую и нормальную.

В России действует ***Балтийская система нормальных высот***. Поверхность квазигеоида проходит через «Кронштадтский футшток» - метку, установленную на водомерном посту г. Кронштадта по среднему многолетнему уровню Балтийского моря за период 1825-1840 гг.

Разность высот точек в одной системе высот называется **превышением (*h*)**. Превышение может быть как положительным, так и отрицательным.

Рельеф – это совокупность неровностей земной поверхности. Основной способ показа элементов рельефа на топографических картах – ***горизонтали*** (линии равных высот).



Горизонтали образуются в результате сечения поверхности параллельными плоскостями, ортогональным проецированием пересечений на плоскость и соединением точек проекций. Отображаются горизонтали линиями коричневого (для суши) и синего (для шельфа и ледников) цвета. Расстояние между соседними секущими плоскостями называется ***высотой сечения рельефа*** (***h_c***). Высота сечения рельефа зависит от масштаба топографической карты и особенностей рельефа картографируемой территории.

Нормальное сечение рельефа рассчитывают по формуле $h_c = 0{,}2 * M$ (мм), где M – знаменатель масштаба карты. Так, для карты масштаба 1 : 25 000, $h_c = 0{,}2 * 25\,000 = 5\,000$ мм = 5 м. Такая высота сечения применяется для составления карт соответствующего масштаба на равнинные, пересеченные и предгорные территории. При картографировании плоскоравнинных территорий высота сечения должна быть уменьшена до 2,5 м, высокогорных – увеличена до 10 м.

В России высоты сечения рельефа для карт разных масштабов и разных типов рельефа регламентированы инструкциями по составлению топографических карт и планов. На топографической карте высота сечения рельефа всегда указана в виде фразы «*Сплошные горизонтали проведены через ... метров*». Горизонтали, полученные в результате сечения поверхности с таким шагом, называются ***основными*** и отображаются

сплошными линиями. Каждую пятую горизонталь утолщают и подписывают в разрыве основанием цифры в сторону падения ската (рис. 1).

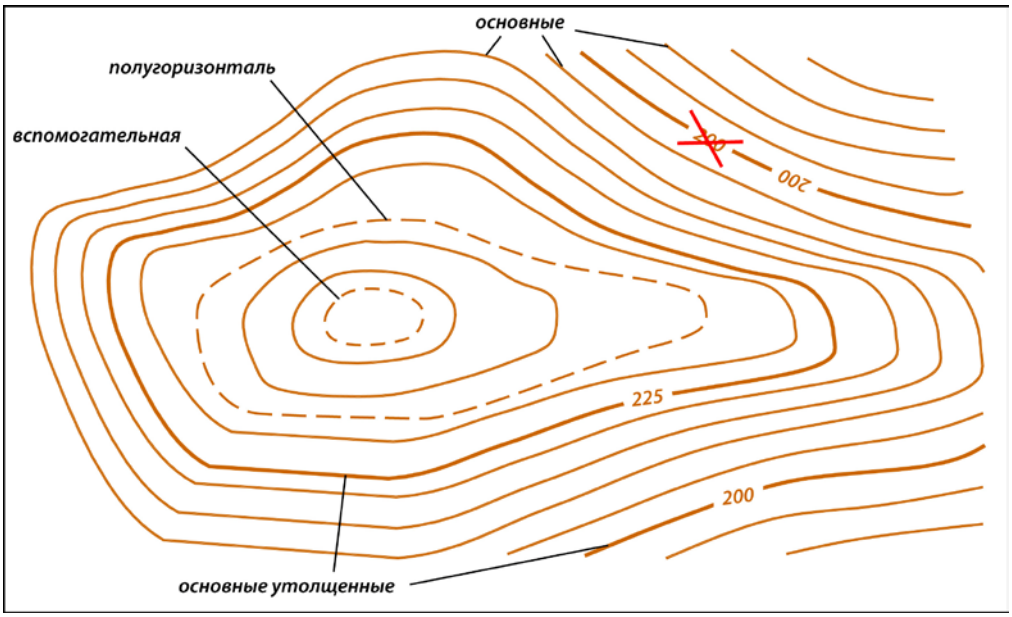


Рис. 1. Виды горизонталей, подписи.

При низкой плотности горизонталей на равнинных и плоских территориях проводят дополнительное сечение поверхности с шагом, равным половине основной высоты сечения. Полученные горизонтали отображают пунктирными линиями и называют ***дополнительными*** или ***полугоризонталями***.

При отрисовке замкнутых форм рельефа для корректного отображения вершины или днища иногда проводят ***вспомогательные*** горизонтали с произвольным шагом, величина которого меньше основной высоты сечения, например, 1/3 или 2/3. Такие горизонтали нужны для более верного отображения формы рельефа.

Расстояние между соседними горизонталями в плане называется ***заложением***.

По изображению горизонталей можно определять формы рельефа, судить о его ***качественных*** и ***количественных характеристиках***.

Замкнутые в пределах карты горизонтали обозначают положительную (холм), или отрицательную (яма) форму рельефа, причем направления склонов показывается небольшими штрихами ***(«бергштрихи»***), направленными вниз по склону (рис. 2а).

Величина заложения определяет крутизну склона, а изменение заложения – его форму (прямой, вогнутый, выпуклый) (рис. 2б). Хорошо в рисунке горизонталей читаются долины рек и эрозионных форм.

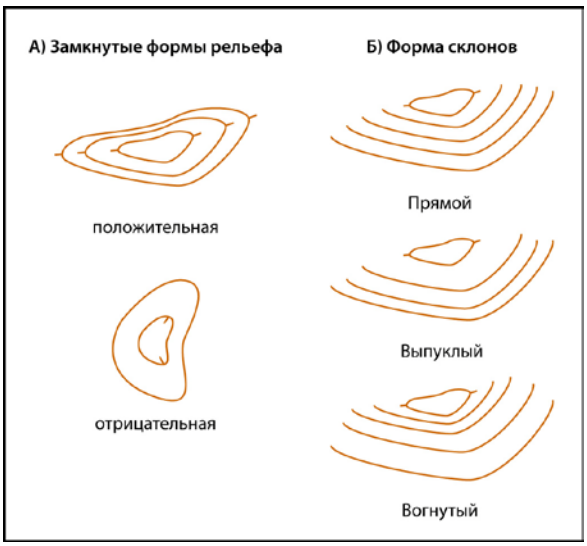


Рис. 2.

Каждый тип рельефа характеризуется основными орографическими линиями, прежде всего это тальвеги и водоразделы. Тальвег – линия, соединяющая наиболее низкие точки долины и совпадающая с дном русла реки. Водораздел – линия (полоса), разделяющая поверхностный сток противоположных склонов.

Определение абсолютных высот точек по топографической карте – распространенная задача в топографии, которая выполняется с учетом высоты сечения рельефа, направления ската, подписей отметок утолщенных горизонталей и характерных точек рельефа.

Например, необходимо определить высоты точек по топографической карте масштаба 1 : 2 5000 (рис.3). Высота сечения рельефа – 5 м. Точка 1 располагается на горизонтали, определение ее высоты сводится к определению высоты этой горизонтали с помощью ближайшей, высота которой подписана. Это утолщенная горизонталь с отметкой 125 м. Точка 1 расположена выше, на второй по счету горизонтали от нее, т.е. ее высота будет равна 135 м.

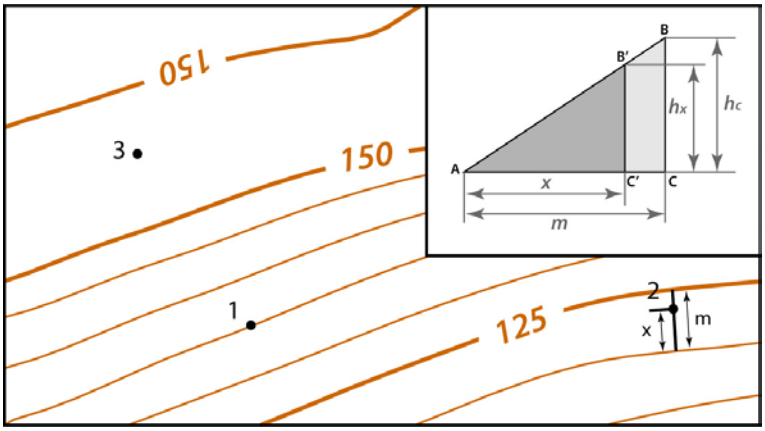


Рис. 3.

Чтобы определить высоту точки 2, необходимо сначала установить отметки горизонталей, между которыми она расположена. Горизонталей с отметкой меньшей высоты называется младшей, большей – старшей. В нашем случае это горизонтали с отметками соответственной 120 и 125 м. Измеряем величину заложения горизонталей m. Превышение точки 2 над младшей горизонталью можно определить, опираясь на подобные треугольники АВС и АВ'С' (рис. 3), по следующей формуле $\mathbf{h_x = (x / m) * h_c}$, где x – расстояние в плане от младшей горизонтали до точки, m – заложение горизонталей, h_c – высота сечения рельефа. Тогда абсолютная высота точки 2 определяется суммой абсолютной высоты горизонтали и превышения над ней искомой точки. В нашем случае $H_2 = 120 + \mathbf{h_x}$ (м). Этот процесс называется ***интерполяцией*** высот.

Интерполяция возможна, только если точка располагается между двумя горизонталями с разными отметками высот. Внутри замкнутых горизонталей или между горизонталями с одинаковыми отметками (точка 3 на рис. 3) определение высоты возможно лишь приближенно. Алгоритм аналогичен. Устанавливаем высоту ближайшей горизонтали, определяем направление падения ската, отметку точки увеличиваем или уменьшаем на половину высоты сечения рельефа.

Уклон линии ***i*** можно рассчитать по формуле **i = h / m**, где h – превышение между точками, m – расстояние между ними в плане. Например, при превышении 10 м и расстоянии 100 м, получаем уклон, равный 0,1. Как правило, значения уклона выражаются в процентах (10 %).

Угол наклона ската (крутизна ската) **ν** можно найти, опираясь на прямоугольный треугольник (рис. 4а), по формуле $\mathbf{\nu = arctg\ (h_c / m)}$. Для облегчения работ по определению крутизны на топографических картах в зарамочном оформлении приведен ***график заложений*** (рис. 4б), где по горизонтальной оси идет нарастание значений угла наклона, а по вертикальной – заложений горизонталей. График заложений расположен под южной рамкой карты справа от обозначения масштабов.

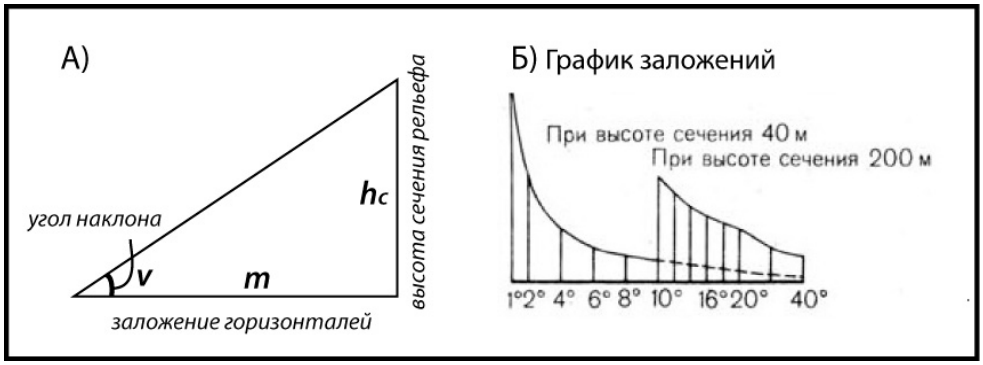


Рис. 4.

Разные научно-практические задачи могут быть решены на топографической карте, где рельеф изображается горизонталями в сочетании с высотными отметками. Рассмотрим два примера: построение профиля и определение площади водосбора.

Профиль – это изображение рельефа земной поверхности в вертикальной плоскости, проходящей по линии или оси линейного объекта (железной или автомобильной дороги, водотока и т.д.).

Основание профиля (горизонтальная ось графика) – заданная линия профиля в масштабе карты. Масштаб этой оси называется горизонтальным масштабом и совпадает с масштабом карты, по которой строится профиль. Вертикальная ось – абсолютная высота (Н, м). Обычно выбирают условный горизонт профиля так, чтобы его линия не пересекалась с линией профиля. Т.е. начало отсчета по вертикальной оси может быть 120, 140 м и т.д. Вертикальный масштаб профиля не совпадает с горизонтальным, а в 5-10 раз крупнее (если горизонтальный масштаб 1 : 10 000, то вертикальный должен быть 1 : 1 000 или 1 : 2000).

Чтобы построить профиль, нужно перенести на основание точки пересечения заданной линии с горизонталями и характерными точками рельефа. Под основанием подписывают расстояния между точками профиля и их высотные отметки. Затем восстанавливают перпендикуляры в каждой точке до определенной высоты. Соединив верхние концы перпендикуляров прямыми линиями, получают профиль. Образец оформления профиля приведен на рис. 5.

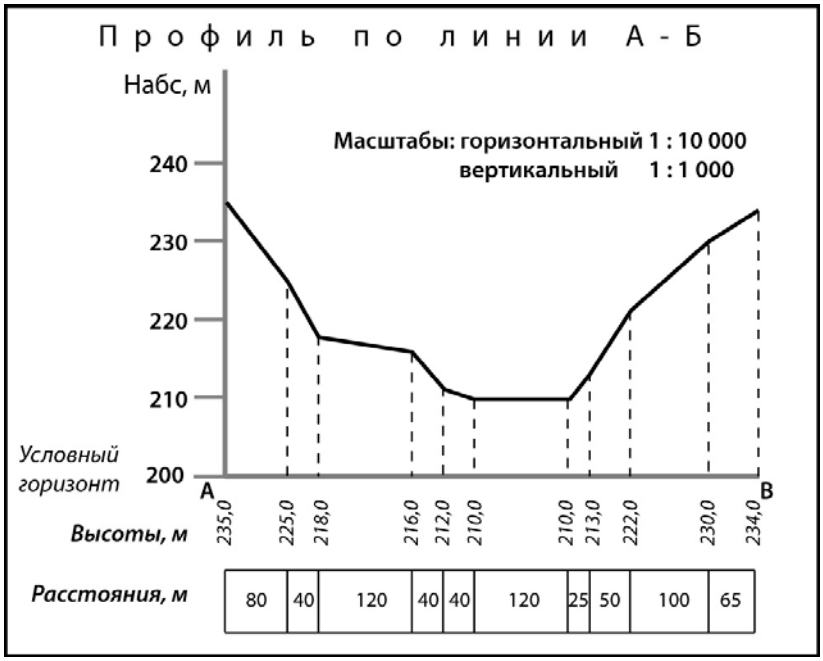


Рис. 5. Пример оформления профиля.

Определение площади водосбора. Водосборной площадью называется участок земной поверхности, с которого вода по условиям рельефа должна стекать в водоток (лощину, тальвег). Границы водосборных площадей проходят по водоразделам. Для любой заданной точки или линии на топографической карте можно выделить водосборную площадь (рис. 6).

Для этого нужно от точки или крайних точек линии провести перпендикуляр к ближайшей горизонтали (на рисунке черные линии, соответствующие линиям наибольшего ската), затем от точки пересечения к следующей горизонтали и т.д. Восстанавливать перпендикуляры (черные линии) нужно до ближайшей водораздельной линии (красные линии), а далее следовать ей. Замкнутый контур (на рисунке он ограничен черными и красными линиями) необходимо перенести на кальку или прозрачную миллиметровую бумагу.

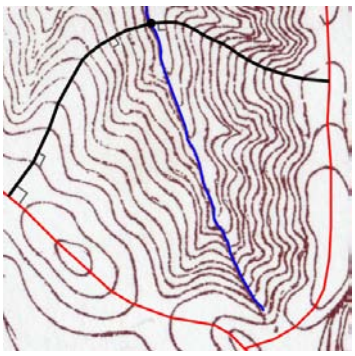


Рис. 6.

Определить площадь водосбора можно с помощью сеточной палетки.

Палетка (от франц. palette — пластинка, планка) – начерченная на прозрачной бумаге, стекле или целлулоидной пластинке сетка линий, образующих квадраты известных размеров, при помощи которых определяется площадь участков на плане или карте.

Площадь измеряемого контура S будет рассчитываться как S = (n + n’/2) * C, где n – число квадратов, полностью попавших в контур, n’ – число квадратов, частично попавших в контур, C – площадь квадрата сетки, выраженная в метрах на местности.

Например, при использовании в качестве палетки прозрачной миллиметровой бумаги измеряем площадь контура по карте 1 : 10 000 масштаба. Тогда квадрат сетки палетки, равный 1 мм^2, будет соответствовать 100 м^2 (т.е. C=100).

УКАЗАНИЯ К ВЫПОЛНЕНИЮ ЗАДАНИЯ:

1) Внимательно изучить бланковую карту с горизонталями. Визуально определить формы рельефа.
2) Выбрать произвольную горизонталь в левом нижнем углу бланковой карты за отсчетную, утолстить и присвоить ей значение 200 м. Простым карандашом утолстить каждую пятую по высоте горизонталь, начиная от отсчетной, подписать горизонтали, считая масштаб бланковой карты 1 : 25 000, основное сечение рельефа – 5 м.

3) Указать направления склонов при помощи бергштрихов на всех замкнутых формах рельефа.
4) Изобразить основные орографические линии: синим карандашом показать все тальвеги, красным – водоразделы.
5) Определить высотные отметки точек А и Б.
6) Построить профиль местности по линии А-Б.
7) Определить максимальную и минимальную крутизну ската по линии профиля А-Б расчетным способом и/или по графику заложений (по указанию преподавателя).
8) Построить контур водосбора для точки В или линии В-Г. Вычислить площадь водосбора с помощью сеточной палетки.

Проверьте себя!

1. Если сечение рельефа 2,5 м, то две утолщенные горизонтали по высоте разделяют

А) 10 м Б) 12,5 м В) 15 м Г) 25 м

2. Укажите соответствие уровенной поверхности и системы отсчета высот:

А) геоид	I) нормальная
Б) квазигеоид	II) геодезическая
В) эллипсоид	III) ортометрическая

3. На увеличение крутизны склона указывает

А) увеличение заложения горизонталей Б) уменьшение заложения горизонталей

4. Расположение бергштрихов внутри замкнутой формы рельефа указывает на

А) понижение Б) повышение

5. Вертикальный масштаб при построении профиля

А) равен горизонтальному Б) в 5-10 раз крупнее горизонтального В) в 5-10 раз мельче горизонтального