

ПЕРВОЕ ВЫСШЕЕ ТЕХНИЧЕСКОЕ УЧЕБНОЕ ЗАВЕДЕНИЕ РОССИИ



«САНКТ-ПЕТЕРБУРГСКИЙ ГОРНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»

Кафедра исторической и динамической геологии

Допущены

к проведению занятий в 2016-2017 уч.году
Заведующий кафедрой
профессор

A handwritten signature in blue ink, appearing to be 'И.В. Таловина'.

И.В. Таловина

«2» сентября 2016 г.

УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКИЕ РАЗРАБОТКИ
для проведения лабораторных занятий по учебной дисциплине

«СТРУКТУРНАЯ ГЕОЛОГИЯ»

Специальность (направление подготовки): 21.05.02 «Прикладная геология»

Специализация (профиль): Геология нефти и газа

Разработал: доцент Щеколдин Р.А.

*Обсуждены и одобрены на заседании кафедры
Протокол № 2 от 4 сентября 2017 г.*

САНКТ-ПЕТЕРБУРГ
2017

Введение

Горная геометрия (геометрия пласта) – раздел структурной геологии – рассматривает *геометрические характеристики* геологических объектов. Знание и использование правил горной геометрии позволяет предсказывать поведение геологических тел на глубине, составлять геологические карты и понимать их содержание, строить разрезы, правильно задавать горные выработки и буровые скважины, подсчитывать объемы горной массы и запасы полезных ископаемых.

Основное понятие горной геометрии – идеальный пласт (слой) – часть пространства, ограниченная двумя параллельными плоскостями. Это понятие может быть применено к разным реальным геологическим объектам плоской формы: пластам осадочных пород, покровам вулканических пород, пластовым интрузиям и дайкам, контактовым зонам интрузий, жильным образованиям, разрывным нарушениям и др.

Настоящие методические указания содержат подробное описание семи лабораторных работ, которые выполняются в начале прохождения курса структурной геологии и закладывают основу для дальнейшего изучения этой дисциплины. Работы выполняются на бланках заданий, которые выдаются преподавателем. Для построения графических работ студенту необходимо иметь простые и цветные карандаши, ластик, линейку, угольник и транспортир.

Лабораторная работа № 1. Горный компас и элементы залегания

Цель работы – закрепить навыки пользования горным компасом, измерения элементов залегания и нанесения на карту точек наблюдения по азимуту хода и расстоянию между ними, нанесения элементов залегания и построения фрагмента геологической карты и разреза в соответствии с нанесенными данными.

Содержание работы. Задание представляет собой список точек наблюдения, для которых указаны азимуты хода и расстояния между ними, горные породы, наблюдавшиеся в них, и элементы залегания контактов между этими породами. Задание выполняется на листе писчей бумаги стандартного формата А4.

Выполнение задания начинается с нанесения точек наблюдения и линии хода между ними. Первая точка наносится произвольно, однако с таким расчетом, чтобы остальные точки разместились в пределах листа. Так, если маршрут проходит в юго-восточном направлении, то начальную точку надо разместить на северо-западе, то есть слева вверху, и т.п. Затем от начальной точки с помощью транспортира или горного компаса строится луч по указанному азимуту, и на этом луче откладывается отрезок, равный расстоянию до второй точки в масштабе, указанном в задании. В конце отрезка ставится точка 2. От точки 2 снова строится луч по азимуту хода к точке 3, на этом луче откладывается отрезок, равный расстоянию от точки 2 до точки 3, и так далее до конца маршрута.

После построения линии маршрута в каждой точке наносят элементы залегания, а затем – границы слоев. Так как рельеф местности считается горизонтальным, границы слоев совпадают с линиями простираения. Затем поля между границами заполняются обозначениями горных пород (крапом), причем породы, залегающие выше, показываются в сторону падения от границы, а подстилающие породы – в сторону восстания.

После построения фрагмента геологической карты строится разрез по линии, проведенной вкрест простираения геологических границ. Для этого проводится горизонтальная линия, по длине равная линии разреза. У концов этой линии строятся вертикальные шкалы в масштабе, указанном в задании, причем отметка горизонтальной линии условно считается нулевой. Далее на эту линию переносятся точки пересечения линии разреза с геологическими границами на карте и в каждой точке строятся границы слоев в соответствии с заданными углами падения. Границы слоев в

синклиналях соединяют округлыми замками. Замки антиклиналей показываются «воздушной» (пунктирной) линией выше нулевой линии. Построение разреза заканчивается нанесением условных обозначений (крапа) горных пород.

Образец оформления выполненной лабораторной работы приведен на рис. 1.

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 1

Построение фрагмента геологической карты по результатам полевых наблюдений
Масштаб 1:10 000

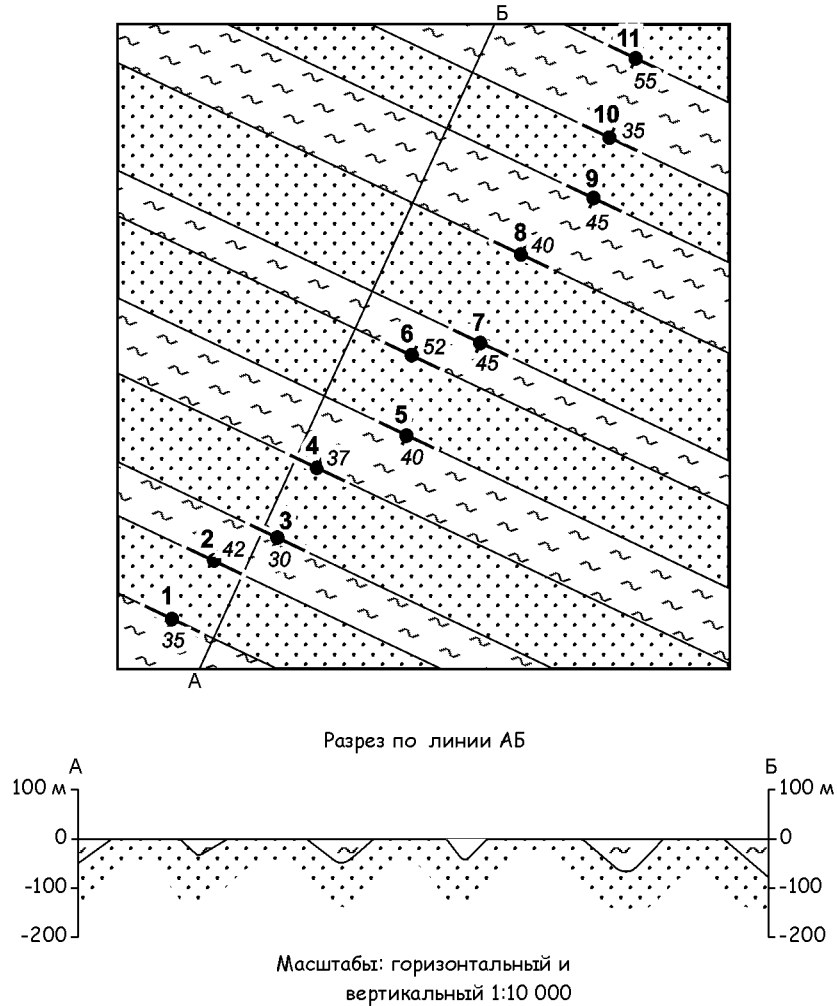


Рис. 1. Образец оформления лабораторной работы № 1

Лабораторная работа № 2. Определение угла видимого падения в косом сечении и элементов залегания по двум косым сечениям (стенкам шурфа)

Цель работы – овладеть графическими приемами определения угла видимого падения пластов в произвольном косом сечении, а также определения элементов залегания пласта по двум произвольным косым сечениям (например, в двух стенках шурфа).

Содержание работы. Под косым сечением понимается пересечение пласта вертикальной плоскостью в произвольном направлении, не перпендикулярном и не параллельном простиранию. В такой плоскости между поверхностью пласта и горизонтальной плоскостью будет наблюдаться угол видимого падения (α_1), который меньше истинного угла падения

($\alpha > \alpha_1 > 0$).

Определение угла видимого падения. Задача определения этого угла встает, в частности, в том случае, если нужно построить геологический разрез по линии, не перпендикулярной к простиранию слоев. Пространственные особенности этого построения легко уясняются из блок-диаграммы (рис. 2). Построение представляет собой чертеж-развертку этой блок-диаграммы: треугольники AOB и AOC разворачиваются в горизонтальное положение вокруг сторон OB и OC . При этом отрезок AO расщепляется на два отрезка A_1O и A_2O .

Само построение выполняется так (рис. 3): из некоторой произвольно выбранной точки O проводятся два луча по направлениям падения и косого сечения. Угол между этими лучами (γ) равен разности азимутов падения и линии косого сечения (разреза). При точке O в вершине угла восстанавливаются перпендикуляры к обоим направлениям и на них откладываются отрезки OA_1 и OA_2 произвольной, но равной длины. При конце перпендикуляра к направлению падения (точке A_1) строится угол, дополнительный к углу падения, т. е. $90^\circ - \alpha$. Сторона этого угла продолжается до пересечения с направлением падения.

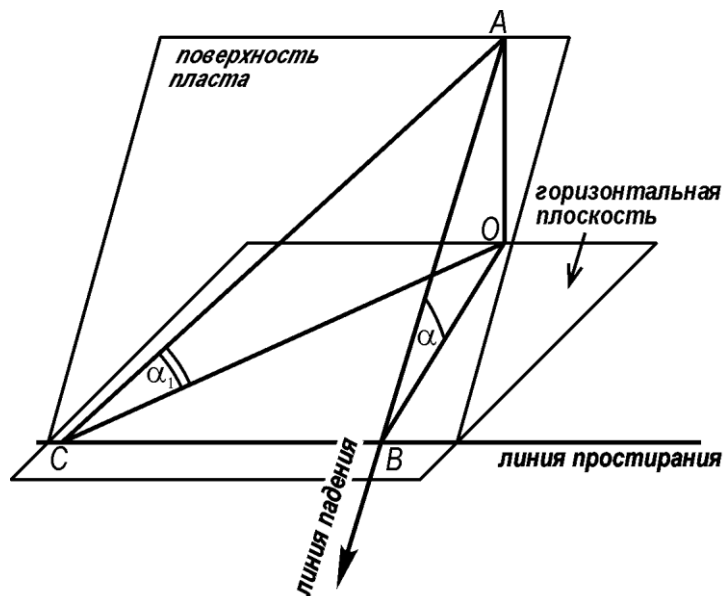


Рис. 2. Блок-диаграмма соотношения истинного и видимого падений

В полученной построением точке B на линии направления падения восстанавливается перпендикуляр к отрезку BO (линия простирания) до пересечения его с направлением линии косога сечения (разреза) в точке C . Полученную точку C соединяем с точкой A_2 , и получаем угол $A_2CO = \alpha_1$, который является искомым углом видимого падения пласта в косом сечении и используется в разрезе вместо угла падения.

Определение элементов залегания по двум пересекающимся косым сечениям представляет собой обратную задачу и используется в случае наличия двух видимых углов падения в стенках горной выработки (канавы, шурфа) или в естественных обнажениях (в бортах долин, оврагов и т. п.). Азимуты видимых падений измеряются в направлении погружения пласта.

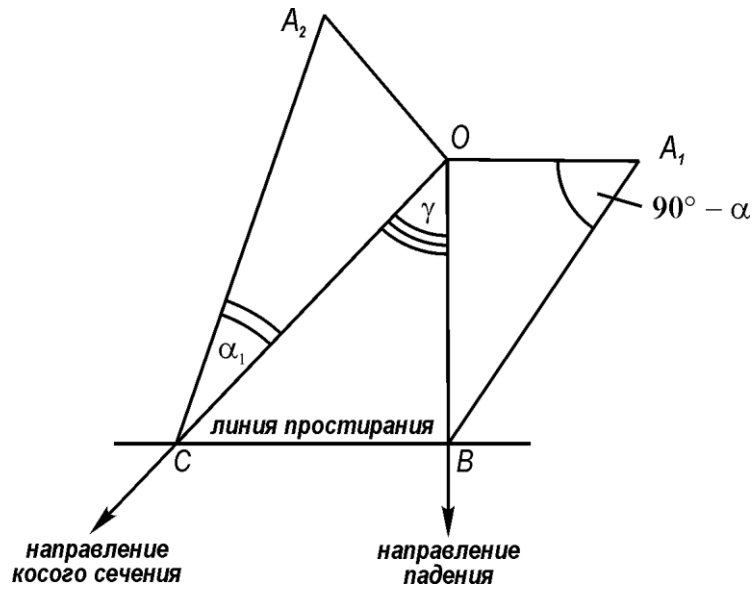


Рис. 3. Определение угла видимого падения пласта в косом сечении

Рассмотрим существо построения с помощью блок-диаграммы (рис. 4).

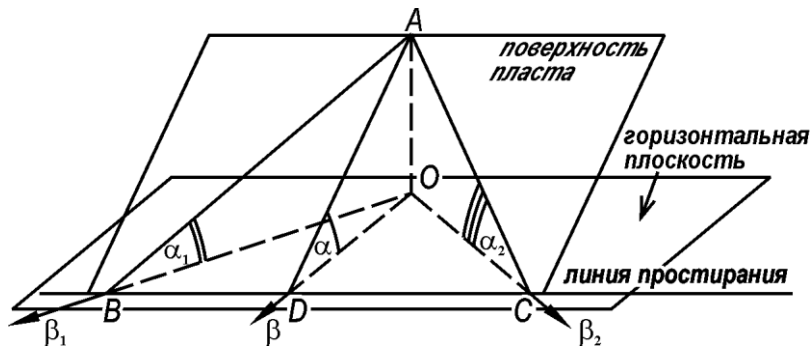


Рис. 4. Блок-диаграмма соотношения видимых падений в косых сечениях и истинного падения

Углы видимых падений α_1 и α_2 измерены в двух пересекающихся вертикальных плоскостях, видимые падения в этих плоскостях направлены по азимутам β_1 и β_2 , соответственно. Азимут истинного падения β и угол истинного падения α требуется определить. Построение представляет собой чертеж-развертку этой блок-диаграммы: треугольники AOB , AOC и AOD разворачиваются в горизонтальное положение вокруг сторон OB , OC и OD . При этом отрезок AO расщепляется на три отрезка A_1O , A_2O и A_3O .

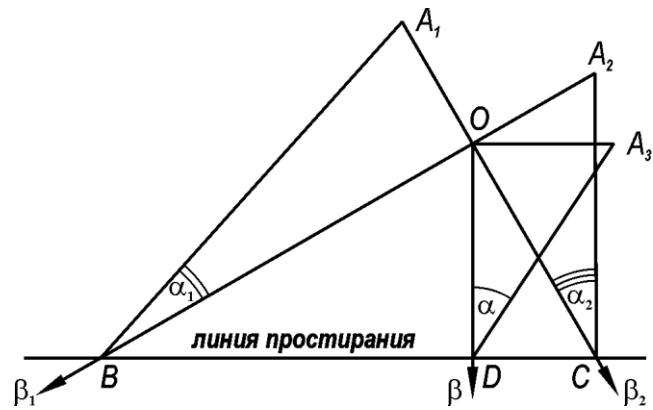


Рис. 5. Определение элементов залегания пласта по двум косым сечениям

Само построение выполняют так (рис. 5): из некоторой произвольно выбранной точки O проводятся два луча по направлениям косых сечений β_1 и β_2 . При точке O в вершине угла восстанавливаются перпендикуляры к обоим направлениям и на них откладываются отрезки OA_1 и OA_2 произвольной, но равной длины. При конце перпендикуляра к первому направлению видимого падения (точке A_1) строится угол, дополнительный к углу видимого падения по этому направлению, т. е. $90^\circ - \alpha_1$. При конце второго перпендикуляра (точке A_2) строится угол, дополнительный к углу видимого падения по второму направлению, т. е. $90^\circ - \alpha_2$. Стороны этих углов продолжают до пересечения с направлениями видимых падений в точках B и C . Через эти точки проводится прямая – линия простирания. Из точки O на линию простирания опускается перпендикуляр OD – направление падения (β). Из точки O восстанавливается перпендикуляр к направлению падения и на нем откладывается отрезок OA_3 , равный отрезкам OA_1 и OA_2 . Точка A_3 соединяется с точкой D отрезком прямой. Полученный угол A_3DO и является искомым углом падения (α).

Задание содержит задачи на определение элементов залегания пласта по двум стенкам шурфа, а также угла видимого падения пласта, элементы залегания которого известны, в косом сечении по линии разреза AB . В задаче на определение элементов залегания даны плановое изображение шурфа в виде прямоугольника, ориентировка сторон которого совпадает с ориентировкой стенок шурфа, и зарисовка двух стенок шурфа в виде развертки. На этой развертке буквами C , B , $Ю$ или $З$ указаны, соответственно, северный, восточный, южный или западный углы шурфа, по которым определяется, какие именно из стенок шурфа изображены на зарисовке. В начале выполнения задания на зарисовке стенок шурфа измеряют углы видимых падений поверхности пласта α_1 и α_2 . Затем на плановой зарисовке шурфа проводят лучи,

продолжающие стенки шурфа, изображенные на зарисовке, в ту сторону, куда направлено видимое падение пласта в этих стенках. Далее выполняется описанное выше построение. При построении следует учесть, какой из измеренных углов видимых падений соответствует каждому из проведенных лучей. Полученные азимуты простирания, падения и угол падения измеряются транспортиром и записываются на свободном месте рядом с построением.

В задаче на определение угла видимого падения дана плановая зарисовка части пласта с обозначением его элементов залегания и линия разреза АБ. Выполнение задания начинается с проведения прямой, ориентированной по падению пласта и пересекающей линию разреза в некоторой точке O . Далее выполняется описанное выше построение. Полученный угол видимого падения α_1 измеряется транспортиром и записывается. Образец оформления выполненной работы приведен на рис. 6.

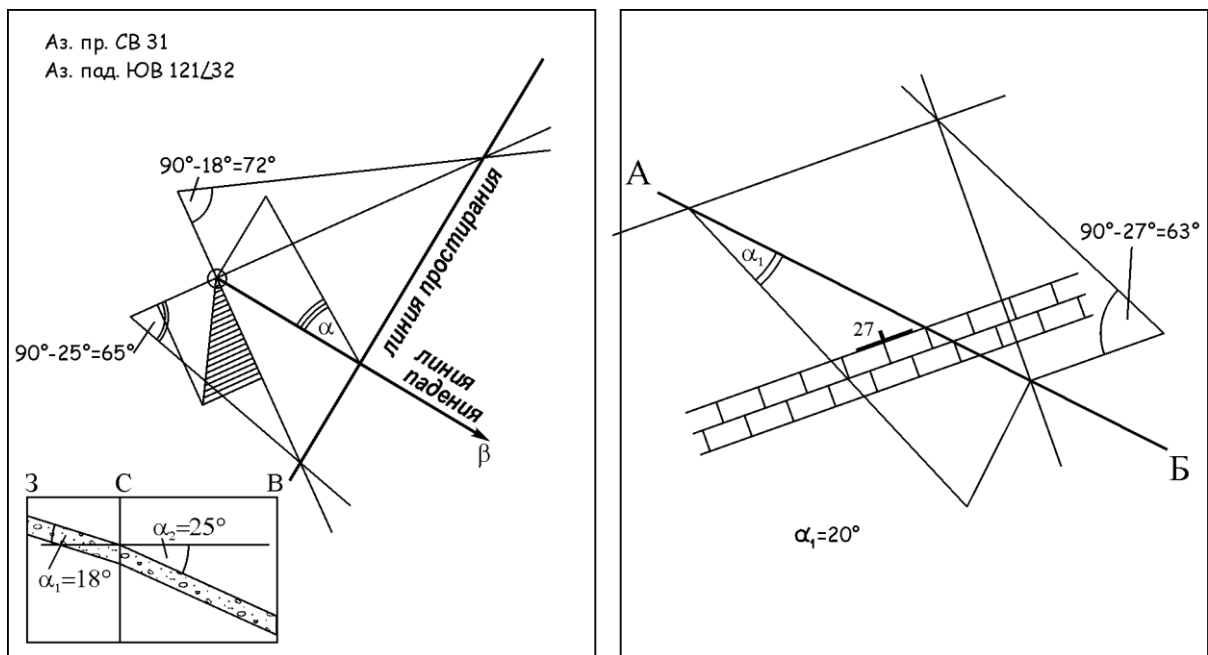


Рис. 6. Образец оформления лабораторной работы № 2

Лабораторная работа № 3. Определение элементов залегания по трем обнажениям (скважинам)

Цель работы – овладеть графическими приемами определения элементов залегания пласта по трем обнажениям или вертикальным буровым скважинам, не лежащим на одной прямой.

Содержание работы. Известно, что положение плоскости в пространстве однозначно задается координатами трех точек этой плоскости, не лежащих на одной прямой. В нашем случае такими точками служат обнажения на земной поверхности или буровые скважины, в которых вскрыта поверхность (подошва или кровля) пласта. Координаты X и Y задаются плановым положением точек (обнажений, устьев скважин) и масштабом карты, а координата Z (высотная отметка) определяется по горизонталям рельефа и глубине скважины.

Задание представляет собой фрагмент топографической карты (с указанием ее масштаба), на которой нанесены три обнажения или три скважины, причем возле каждой скважины указана глубина, на которой эта скважина вскрыла поверхность пласта. Для решения задачи делается следующее построение (рис. 7):

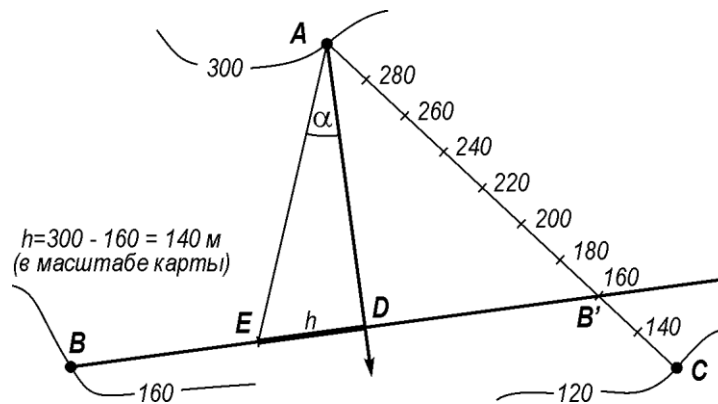


Рис. 7. Определение элементов залегания по трем обнажениям

Сначала определяют высотные отметки поверхности пласта в каждой точке. Для обнажений они легко узнаются по горизонталям рельефа. Для скважин сначала определяют высотную отметку устья скважины по горизонталям рельефа, а затем из нее вычитают глубину скважины до поверхности пласта. Полученная вычитанием отметка может иметь как положительные, так и отрицательные значения. Далее точки с наибольшей (A) и наименьшей (C) отметками соединяют отрезком прямой. На этом отрезке путем пропорционального деления или градуирования находят точку (B') с такой же отметкой, как и в оставшейся точке (B). Таким образом получают две точки (B

и B') на поверхности пласта с равными отметками. Через них проводится линия простирания пласта. Из точки с наибольшей отметкой (A) проводят перпендикуляр к линии простирания, который представляет собой проекцию линии падения на горизонтальную плоскость. Падение направлено в сторону уменьшения высотных отметок. Для определения угла падения на линии простирания от точки пересечения с линией падения (D) откладывают отрезок (DE), равный превышению h точки с наивысшей отметкой (A) над проведенной линией простирания (BB'), выраженному в масштабе карты. Конец этого отрезка (E) соединяют с точкой с наибольшей отметкой (A). Полученный угол DAE – искомый угол падения (α). Полученные азимуты простирания, падения и угол падения измеряются транспортиром и записываются на свободном месте рядом с построением. Образец оформления выполненной работы приведен на рис. 8.

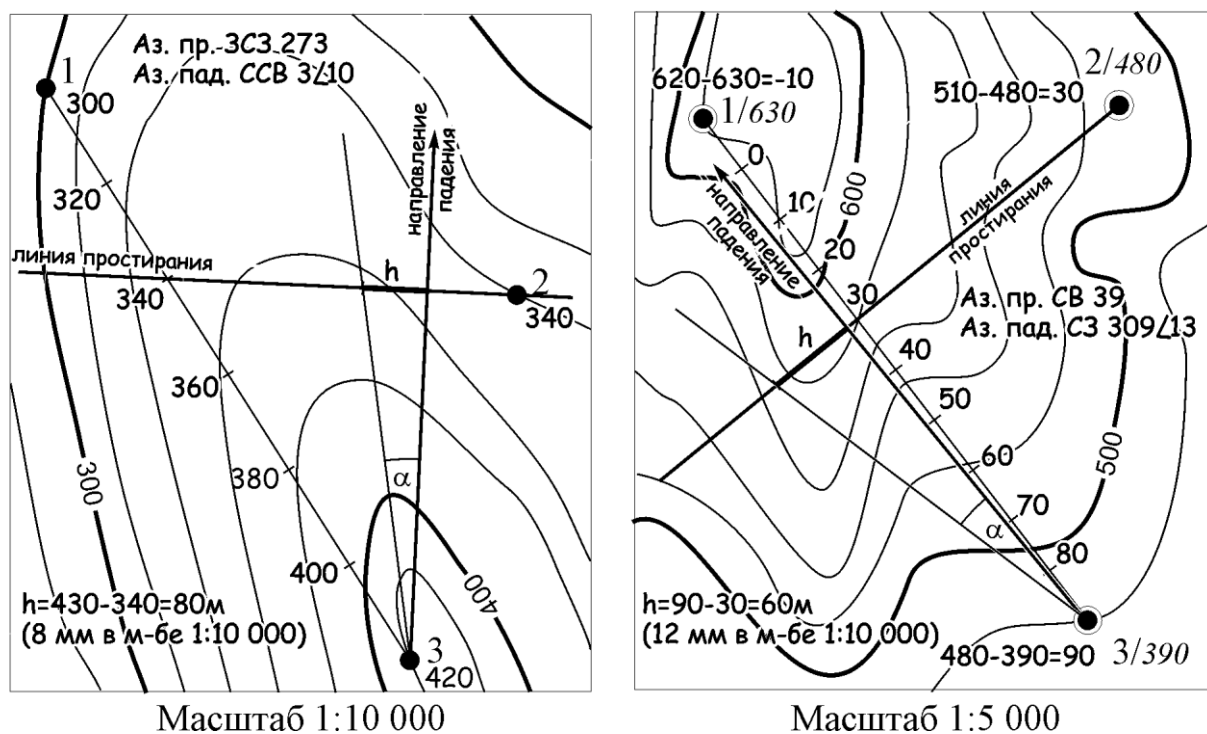


Рис. 8. Образец оформления лабораторной работы № 3

Лабораторная работа № 4. Построение выхода наклонного слоя на крыльях складки в расчлененном рельефе

Цель работы – овладеть графическими приемами построения выхода на поверхность наклонного пласта с помощью стратизогипис.

Содержание работы. Чтобы построить выход поверхности (подшвы или кровли) наклонного пласта на карте местности с расчлененным рельефом, нужно

изобразить эту поверхность в стратоизогипсах с тем же сечением, что и у горизонталей рельефа. Затем требуется найти точки пересечения стратоизогипс и горизонталей с одинаковыми отметками и соединить эти точки плавной кривой. Эта кривая не должна пересекать ни горизонтали, ни стратоизогипсы в других местах, кроме найденных точек.

Задание представляет собой фрагмент топографической карты с нанесенными на нее точками выхода на поверхность подошвы и кровли пласта, для которых даны элементы залегания.

Для проведения стратоизогипс нужно определить *заложение* – горизонтальное расстояние между соседними изогипсами. Определение величины заложения производится следующим образом (рис. 9).

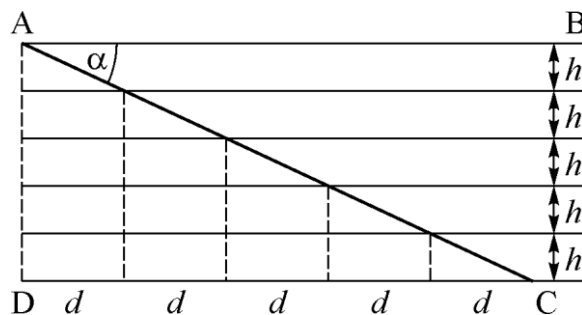


Рис. 9. Определение величины заложения стратоизогипс

На полоске миллиметровки в масштабе карты строится фрагмент разреза по направлению линии падения пласта. Проводится отрезок горизонтальной прямой AB . У одного из концов этого отрезка откладывается угол падения пласта (α) и проводится линия AC , изображающая слой на чертеже (она может быть его кровлей или подошвой, а при незначительной мощности пласта может изображать и полную его мощность). Пересечем пласт через равные интервалы несколькими горизонтальными линиями. Расстояния (h) на разрезе между горизонтальными линиями, пересекающими пласт, должны соответствовать сечению рельефа горизонталями, взятому в масштабе карты. Спроектировав точки пересечения наклонной линии горизонтальными на одну (например, нижнюю) горизонтальную линию, получим отрезки (d), которые будут величиной заложения изогипс данного пласта.

Для большей точности определения величины заложения проводят не две, а несколько (5 или 10) параллельных линий, и для получения усредненной величины

заложения общий отрезок DC делят на соответствующее количество частей. Величину заложения можно определить и по формуле

$$d = h \cdot \operatorname{ctg} \alpha$$

Полученная величина заложения позволяет приступить к нанесению стратоизогипс на карту и произвести построение выхода пласта.

Для построения выхода пласта через точку A проводим линии простирания и направления падения через всю площадь построения. Далее от точки A по линии направления падения откладываем величину заложения (d) как по падению, так и по восстанию пласта. Через все точки, полученные на линии направления падения пласта, проводим линии, параллельные ранее нанесенной линии простирания (это будут стратоизогипсы) и определяем их отметки. Отметка стратоизогипсы, проходящей через точку A , равна отметке проходящей через нее горизонтали рельефа. Стратоизогипсы, расположенные по направлению падения от точки A , будут иметь отметки, уменьшающиеся каждый раз на величину сечения стратоизогипс (h). В направлении восстания отметки повышаются. Пласт будет обнажаться на земной поверхности в точках пересечения одноименных горизонталей рельефа и изогипс пласта. Отмечаем такие точки и соединяем их плавной кривой, которая и будет изображать выход пласта на поверхность.

При проведении линии выхода пласта необходимо соблюдать следующие правила: 1) линия выхода пласта проходит только через точки пересечения одноименных горизонталей рельефа и стратоизогипс; она не может пересечь горизонталь рельефа или стратоизогипсу порознь; 2) линия выхода пласта, входя в угол, составленный одноименными горизонталью рельефа и стратоизогипсой, проходит затем только в противолежащий угол; она не может пройти ни в один из прилежащих углов; 3) если стратоизогипс не пересекает горизонталь рельефа, а лишь касается ее, то и выход пласта не пересекает горизонталь рельефа, а, коснувшись ее, отходит от нее; 4) в случае необходимости более точного проведения линии выхода пласта (это в частности относится к участкам перегибов линии выхода пласта) пользуются способом проведения дополнительных горизонталей рельефа и стратоизогипс с дробным сечением.

Для построения линии выхода второй поверхности пласта проводится линия простирания через точку E , а затем параллельно ей проводят стратоизогипсы с таким

же заложением. Далее выполняется описанное выше построение. В итоге получается полный выход слоя на одном крыле складки.

Затем выполняется построение линии выхода пласта на другом крыле складки через точку C . Оно проводится таким же способом, с той лишь разницей, что в точке C угол падения другой, а направление падения противоположное, то есть заложение стратоизогипс будет иное, а отметки стратоизогипс будут уменьшаться в противоположном направлении.

Чтобы построить линию выхода второй поверхности пласта на южном крыле складки, нужно определить мощность пласта. Вначале определяют горизонтальную мощность (M_T) пласта на северном крыле. Она равна расстоянию между одноименными стратоизогипсами подошвы и кровли. Затем выполняется следующее построение (рис. 10): на полоске миллиметровки проводят горизонтальную линию и на ней откладывают отрезок AB , равный измеренной горизонтальной мощности (M_T). У конца отрезка

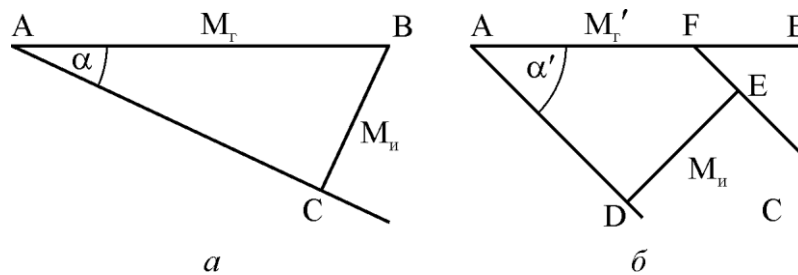


Рис. 10. Определение истинной мощности по горизонтальной (a) и горизонтальной мощности по истинной (b)

(в точке A) откладывают угол, равный углу падения пласта (α), и проводят наклонную линию, изображающую подошву пласта. Из точки B на эту линию опускают перпендикуляр BC , длина которого равна истинной мощности пласта (M_n), выраженной в масштабе карты. Следующий шаг – определение горизонтальной мощности пласта на южном крыле складки. Для этого на полоске миллиметровки проводят горизонтальную линию AB , у конца которой откладывают угол, равный углу падения пласта (α') в точке C на карте, и проводят наклонную линию, изображающую подошву пласта. В некоторой точке D к этой линии восстанавливают перпендикуляр и на нем откладывают отрезок DE , равный истинной мощности пласта (M_n). Через точку E проводят прямую, параллельную AD и изображающую кровлю пласта. Она пересечет горизонтальную линию AB в точке F . Отрезок AF равен горизонтальной мощности пласта на другом (южном) крыле складки (M_T'), выраженной в масштабе карты. Все

стратозогипсы кровли пласта на южном крыле складки будут смещены в сторону падения от стратозогипс подошвы на расстояние, равное M_r' .

Помимо построения выхода пласта на карте, заданием предусмотрено построение разреза по линии направления падения, проходящей через исходную точку *A*. Построение выполняется на полоске миллиметровки. Образцы оформления лабораторной работы приведены на рис. 11 и 12.

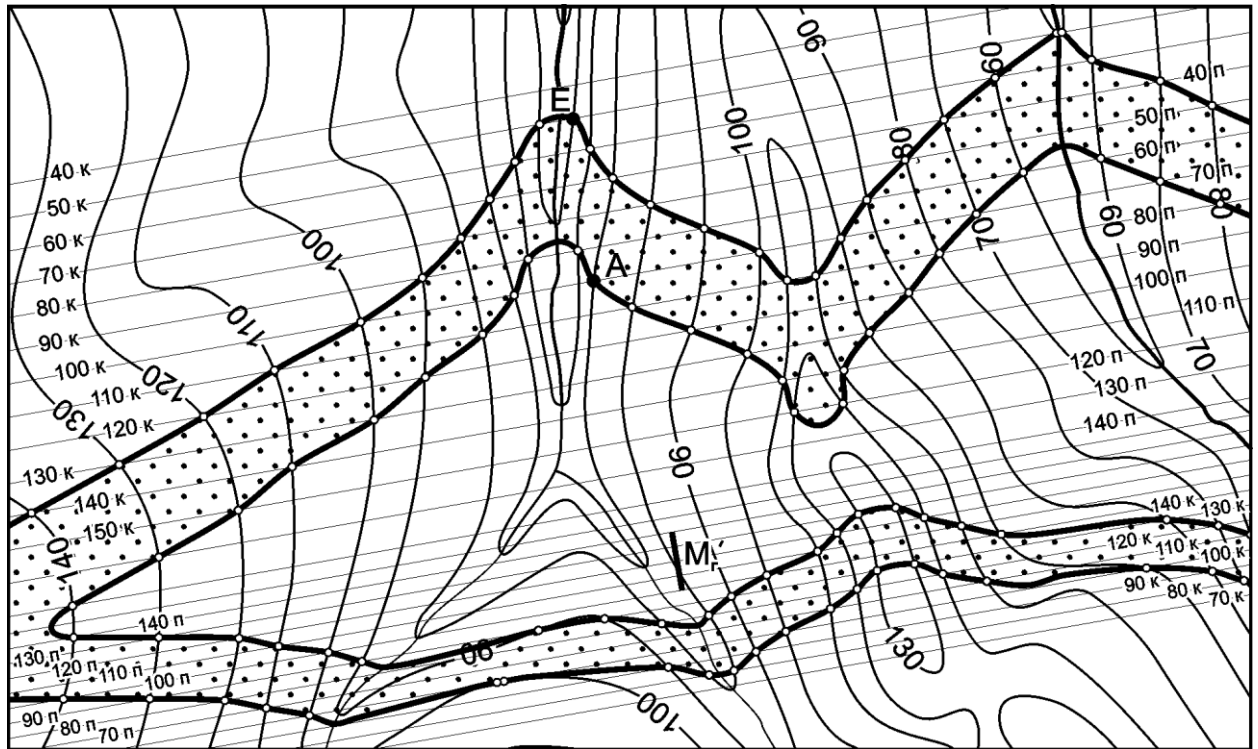


Рис. 11. Образец оформления лабораторной работы № 4 (карта)

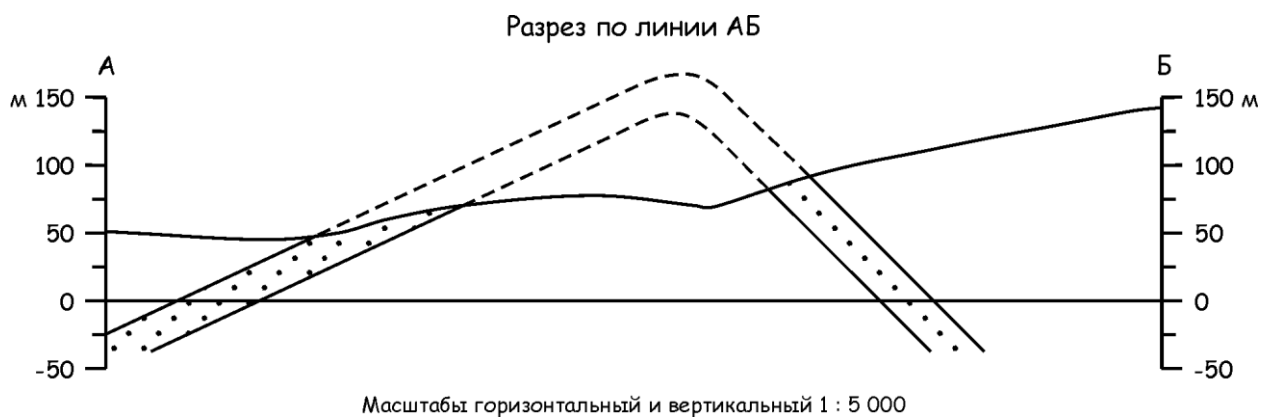


Рис. 12. Образец оформления лабораторной работы № 4 (разрез)

Лабораторная работа № 5. Построение выхода моноклиналичного слоя в расчлененном рельефе

Цель работы – закрепить навыки построения выхода на поверхность наклонного пласта с помощью стратоизогипс.

Содержание работы. Работа выполняется на бланке, представляющем собой фрагмент топографической карты с нанесенными на него точками выхода на поверхность подошвы и кровли пласта, элементы залегания которого известны. Работа выполняется с помощью приемов, подробно описанных в лабораторной работе № 4. Отличие заключается в том, что в данной работе залегание пласта пологое ($10\text{—}15^\circ$), а рельеф местности сильно расчленен, вследствие чего линии выхода подошвы и кровли пласта весьма извилисты и образуют отдельные замкнутые контуры. Поэтому, после того, как проведены стратоизогипсы и найдены точки пересечения одноименных горизонталей рельефа и стратоизогипс, следует выделить участки, где такие точки выстраиваются в цепочку, и проведение линии выхода не вызывает затруднений. Проведя линию выхода на таких участках, переходят к участкам, где линия выхода образует сложные изгибы. Проводя линию на таких участках от одной точки пересечения к другой, нужно следить за тем, чтобы линия выхода постепенно удалялась от одной горизонтали и приближалась к следующей. Если какие-то точки остаются не соединенными линией, то они, скорее всего, принадлежат отдельному замкнутому контуру. В некоторых случаях такой контур проводится всего по двум точкам.

Как и в работе № 4, после построения полного выхода пласта на карте требуется составить разрез по линии, перпендикулярной к простиранию пласта, и определить его горизонтальную, вертикальную и истинную мощности. Разрез оформляется так же, как и в работе № 4 (рис. 12).

Образец оформления лабораторной работы № 5 приведен на рис. 13.

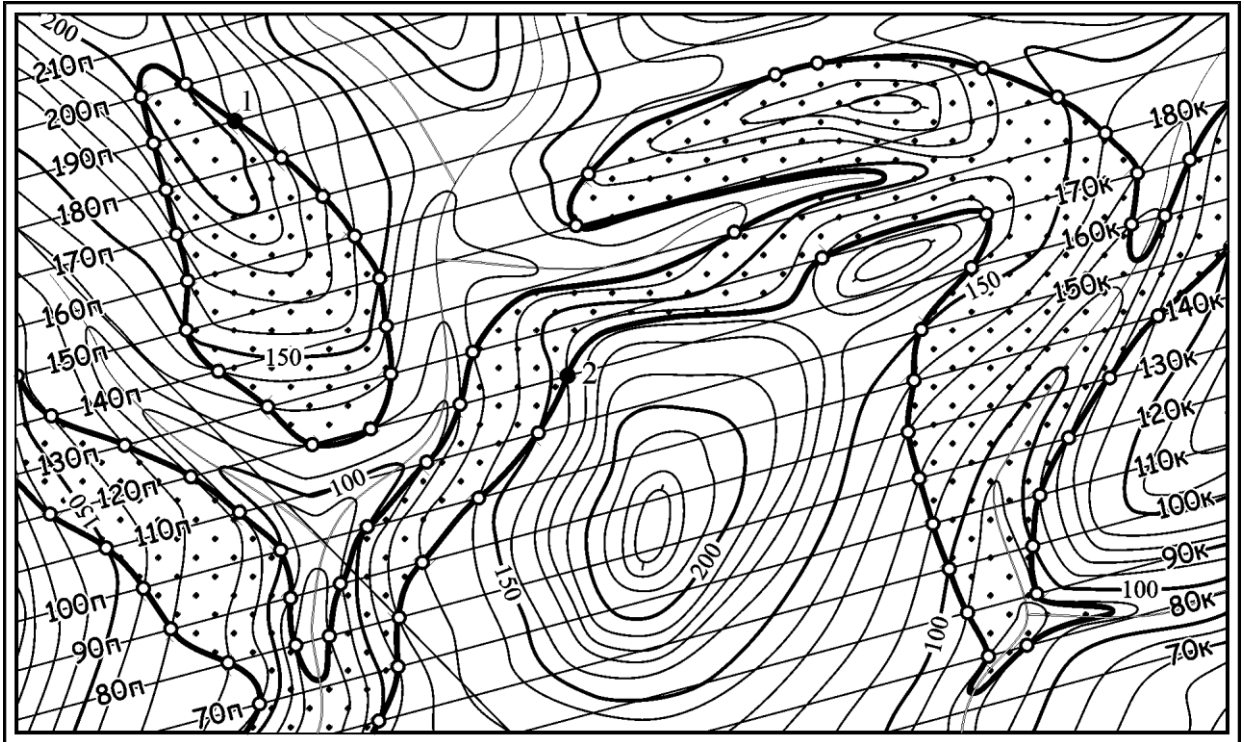


Рис. 13. Образец оформления лабораторной работы № 5 (карта)

Лабораторная работа № 6. Определение элементов залегания и мощности наклонного слоя на карте местности с расчлененным рельефом с помощью стратоизогипс

Цель работы – овладеть графическими приемами определения элементов залегания и мощности наклонного пласта по контурам его выхода на карте с помощью стратоизогипс.

Содержание работы. Для определения *элементов залегания* используется одна линия выхода (подошва или кровля) и две горизонтали рельефа с разными отметками, каждая из которых пересекает линию выхода в двух точках (рис.14а).

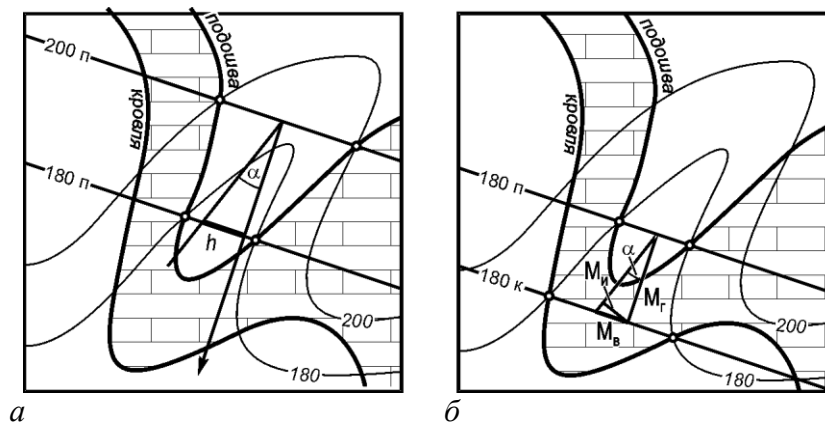


Рис. 14. Определение элементов залегания (а) и мощности (б) пласта по карте с помощью стратоизогипс

Через эти точки проводятся стратоизогипсы, в приведенном примере - подошвы (на рисунке $180 n$ и $200 n$). Любая стратоизогипса является линией простирания. Перпендикулярно стратоизогипсам проводится линия падения (она направлена в сторону стратоизогипсы с меньшей отметкой, на рисунке изображена линией со стрелкой). Для построения угла падения от точки пересечения линии падения со стратоизогипсой откладывается отрезок ($h=200-180=20$ м), равный разности отметок стратоизогипс в масштабе карты. Через конец этого отрезка и точку пересечения линии падения со второй стратоизогипсой проводится линия. Угол между этой линией и линией падения – это угол падения пласта (α).

Для определения *мощности* используются две линии выхода (подошва и кровля) и одна горизонталь рельефа, которая пересекает линии выхода в двух точках каждую (рис.14б). Через эти точки проводятся стратоизогипсы подошвы и кровли с одинаковыми высотными отметками (на рисунке $180 n$ и $180 k$). Перпендикулярно стратоизогипсам проводится отрезок прямой, который представляет собой горизонтальную мощность пласта (M_r). Отложив определенный ранее угол падения пласта (α), строим так называемый треугольник мощностей, второй катет в котором - вертикальная мощность (M_v), а высота, опущенная на гипотенузу - истинная мощность (M_n).

При работе с картами в некоторых случаях из-за неточности рисовки карты проведенные стратоизогипсы оказываются не параллельными друг другу. В этом случае рекомендуется стратоизогипсу, проведенную по более удаленным друг от друга точкам, считать более надежной, а вторую стратоизогипсу развернуть параллельно первой в среднем положении между точками.

Лабораторная работа выполняется на бланке, представляющем собой фрагмент топографической карты с нанесенными на нем выходами трех пластов. В начале выполнения работы выбирается участок для построения – резкий изгиб пласта в долине или на гребне возвышенности, где пласт пересекается дважды одной и той же горизонталью рельефа. Затем проводится описанное выше построение для определения элементов залегания пласта. При определении мощности для повышения точности рекомендуется выбрать не соседние горизонталы, а отстоящие друг от друга на несколько величин сечения.

Полученные значения элементов залегания и мощностей пластов заносят в таблицу.

Лабораторная работа № 7. Построение структурной карты по данным бурения

Цель работы – овладеть приемами построения структурной карты поверхности пласта по данным буровых скважин, вскрывших поверхность пласта на разной глубине.

Содержание работы. В предыдущих лабораторных работах поверхность пласта считалась плоскостью, поэтому стратоизогипсы представляли собой параллельные прямые с постоянным заложением. Реальные пласты ограничены криволинейными поверхностями, образующими различные геологические структуры. Поэтому стратоизогипсы этих поверхностей – кривые, полузамкнутые или замкнутые, расположенные на разном расстоянии (заложении) друг от друга. Изображение подземного рельефа поверхности какого-либо характерного пласта (*опорного горизонта*) с помощью стратоизогипс называется *структурной картой*. Структурная карта строится по сети точек, для которых известны высотные отметки поверхности пласта. Обычно такими точками являются буровые скважины. Кроме того, если опорный горизонт обнажается на поверхности Земли, используют точки выхода поверхности пласта, отметки которых определяют по горизонталям рельефа (рис. 15). В скважинах высотные отметки поверхности опорного горизонта вычисляют путем вычитания глубины скважины до этой поверхности из высотной отметки устья скважины (рис. 16).

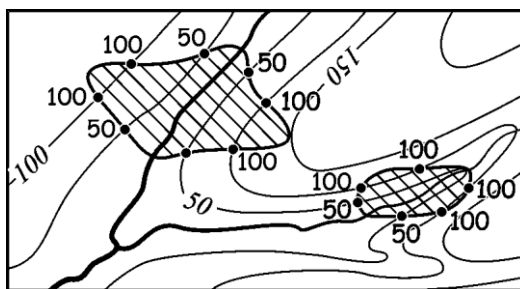


Рис. 15. Определение высотных отметок точек выхода кровли пласта на поверхность

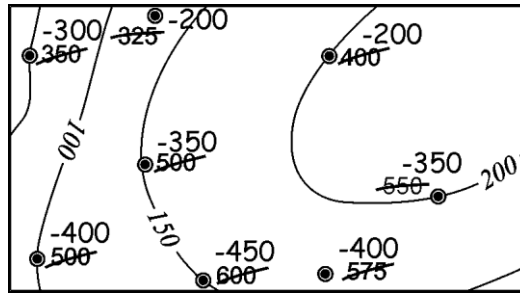


Рис. 16. Определение высотных отметок поверхности опорного горизонта в скважинах

После вычисления высотных отметок для всех пунктов указывают их значение на карте. Далее все пункты соединяют прямыми линиями, из которых составляется сеть треугольников. При этом необходимо стремиться к тому, чтобы треугольники были как можно ближе к равносторонним. Выбрав сечение стратоизогипс, находят отметки на сторонах треугольников путем интерполяции и соединяют однозначные отметки плавными кривыми линиями – стратоизогипсами. Весь процесс составления структурной карты напоминает изображение рельефа земной поверхности с помощью горизонталей.

Качество структурной карты во многом зависит от правильно построенной сети треугольников. Стремиться строить равносторонние треугольники необходимо для того, чтобы избежать появления на карте отсутствующих в действительности изгибов поверхности опорного горизонта, обусловленных только интерполяцией высотных отметок. На рис. 17 приведены примеры правильной (а) и неправильной (б) разбивки сети треугольников. Во втором случае из-за соединения точки *A* с удаленной точкой *B* получились два вытянутых треугольника с общей длинной стороной *AB*. При интерполяции по линии *AB* получился искусственный выступ (поднятие или структурный нос), в действительности не существующий.

К построению структурной карты не следует подходить механически, руководствуясь только высотными отметками. Необходимо учитывать данные о перегибах пластов, о преобладающем простирании структур в изучаемом районе.

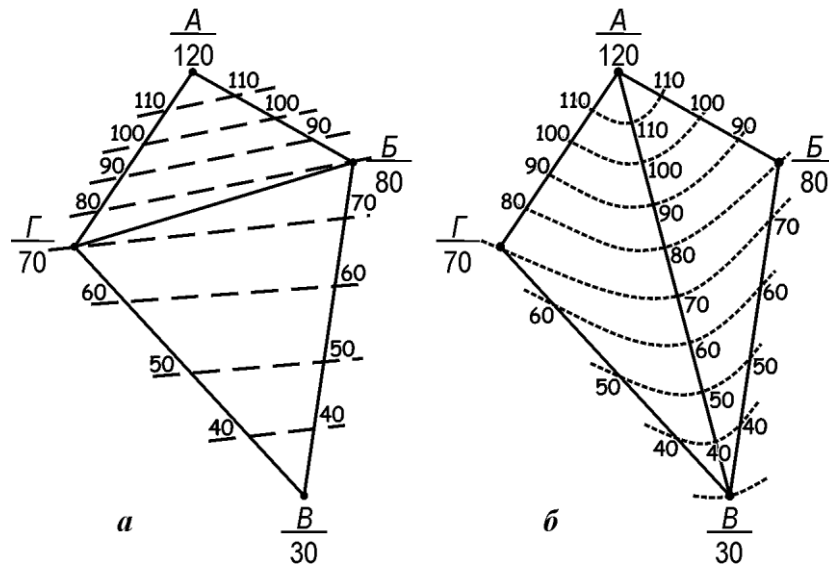


Рис. 17. Проведение стратоизогипс методом треугольников: *a* – правильная разбивка треугольников; *б* – неправильная разбивка треугольников.

Следует внимательно проследить за тем, чтобы стороны треугольников не пересекли участков, на которых отметки поверхности опорного горизонта были бы выше или ниже интервала отметок, указанных на концах соответствующей стороны треугольника. Не учитывая этого, легко пропустить поднятия и прогибы в кровле опорного горизонта.

Проведение стратоизогипс лучше начинать со свода положительной структуры (купола), определяемого по наиболее высоким отметкам. Далее стратоизогипсы последовательно наращиваются в сторону понижения высотных отметок. После проведения подписываются отметки стратоизогипс в разрывах линий, причем основания цифр должны быть обращены в сторону понижения отметок. Стратоизогипсы, кратные пяти сечениям, выделяются полужирными линиями. Вспомогательные линии стираются. Образец оформления лабораторной работы приведен на рис. 18.

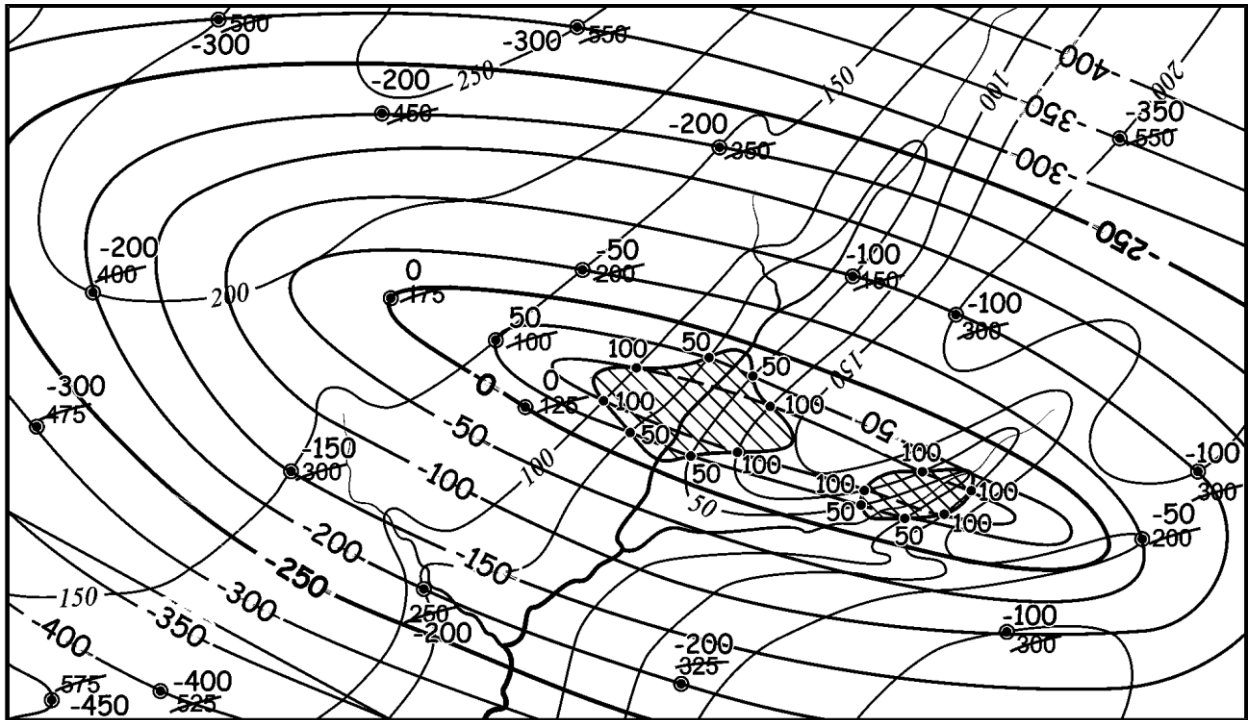


Рис. 18. Образец оформления лабораторной работы № 7.

Лабораторные работы № 8-12.

Содержание работы. В работах № 8—12 используются карты из Атласа учебных геологических карт. Каждая лабораторная работа рассчитана на два-три занятия, причем на первом занятии проводится подробный анализ (содержательное прочтение) карт, а на последующих – составление разреза по линии, заданной преподавателем.

Порядок чтения геологической карты:

- 1) заголовок;
- 2) масштаб;
- 3) стратиграфическая колонка;
- 4) легенда (условные обозначения);
- 5) полотно карты (само картографическое изображение)
 - а) топографическая основа;
 - б) геологическое строение.

Из заголовка выясняется вид карты (геологическая, полезных ископаемых, четвертичных отложений и т.п.) и район, для которого она составлена. В Атласе [...] все карты являются геологическими, а район не указан, так как карты учебные и не соответствуют какому-либо конкретному району.

При анализе стратиграфической колонки определяют стратиграфический интервал, т.е., какие подразделения общей шкалы представлены в разрезе, состав пород и мощность каждого подразделения, наличие и продолжительность стратиграфических перерывов.

По легенде устанавливают цвета раскраски и индексы геологических подразделений, изображенных на карте, обозначения состава пород (круп), маркирующих горизонтов, геологических границ, разрывных нарушений, структурных элементов, а также дополнительные знаки: места находок ископаемых органических остатков, буровые скважины и горные выработки, разнообразные изолинии и др.

Анализ полотна карты начинают с изучения характера рельефа и гидросети, поскольку конфигурация геологических тел на карте зависит от рельефа, а определенные типы геологических тел (например, интрузии) образуют характерные формы рельефа. По горизонталям рельефа определяют максимальные и минимальные отметки, относительные превышения, крутизну склонов и характер водоразделов. Выясняют наличие или отсутствие определенной ориентировки элементов рельефа и гидросети, которая обычно совпадает с основным простиранием геологических структур.

По соотношению границ стратиграфических подразделений с горизонталями рельефа делают вывод об общем характере залегания пород: если геологические границы повторяют рисунок горизонталей или близки к нему, то залегание пород горизонтальное или полого наклонное, и на карте изображен, скорее всего, участок платформенного чехла. Если же геологические границы резко пересекают горизонталю рельефа, то залегание пород наклонное или складчатое, и на карте изображен участок складчатой области.

Дальнейшая характеристика геологического строения дается по-разному. При характеристике районов развития платформенного чехла придерживаются следующего порядка описания:

1. Выделяют площади с горизонтальным и наклонным залеганием пород. Определяют направления, по которым происходит смена залегания, и центры, линии или участки площади, от которых или к которым направлено падение наклонно залегающих отложений. В результате такого анализа выделяют купола и мульды, флексуры и участки горизонтального залегания.

2. При описании каждого купола указывают его местоположение, контуры в плане, направление вытянутости у брахиформных структур, размеры по разным направлениям, высоту, примерную площадь.

3. Для флексур отмечают простираание смыкающего крыла, его ширину в плане, направление и крутизну падения пород в смыкающем крыле, амплитуду смещения опущенного и приподнятого крыльев по одному из горизонтов.

4. Прослеживают границы несогласного залегания, выявляют участки и направления выклинивания отдельных подразделений.

5. Анализ завершается выводами о последовательности формирования тектонической структуры района в целом или отдельных его частей.

Лабораторная работа № 8. Структуры платформенного чехла

В работе № 8 используются карты № 1 и 2, на которых изображены элементы структуры платформенного чехла.

Карта № 1. Масштаб карты 1 : 50 000, то есть она относится к разряду крупномасштабных. Карта отображает в упрощенном виде геологическое строение участка чехла Восточно-Европейской платформы в районе северо-западной части Московской синеклизы. Рельеф местности сглаженный, полого-холмистый, с абсолютными отметками до 200 м. Наиболее возвышенные участки находятся на водоразделе в северной части территории, самые низкие отметки (115 м) – на юге, в долине реки Мышега. На водораздельных участках локальные превышения небольшие – 10—20 м, уклоны очень пологие, 1:50—1:100; в бортах речных долин превышения увеличиваются до 30—40 м, а уклоны возрастают до 5—7°. Гидросеть района составляют река Мышега и ее притоки, а также верховья ручьев, принадлежащих к соседнему водосборному бассейну. Мышега – типичная небольшая равнинная река с долиной шириной 1—1,5 км. Почти на всю ширину долину занимает пойма, местами сохранилась надпойменная терраса шириной до 200—300 м и высотой около 10 м.

Притоки Мышеги представляют собой небольшие речки и ручьи с V-образными долинами.

Стратиграфический разрез состоит из отложений каменноугольной, юрской и меловой систем. Каменноугольная система представлена нижним отделом, расчлененным на ряд горизонтов (алексинский, михайловский, веневский, тарусский, стешевский и протвинский) мощностью по 10—20 м каждый, преимущественно карбонатного состава. Они обнажаются в бортах речных долин, а также вскрыты скважинами. Нижний карбон несогласно перекрывается верхнеюрскими песчано-глинистыми отложениями, расчлененными на келловейский*, оксфордский и кимериджский ярусы, залегающие между собой согласно. Келловейский ярус распространен повсеместно, оксфорд и кимеридж – только в южной части района. Выше несогласно залегают песчано-глинистые отложения нижнего мела, представленные валанжинским и аптским ярусами, разделенными несогласием. Четвертичные аллювиальные отложения представлены верхнечетвертичным и современным звеньями. Они распространены в долине р. Мышега и слагают надпойменную террасу и пойму, соответственно. В зарамочном оформлении карты приведены частные стратиграфические колонки по восьми скважинам, пробуренным в разных частях территории и вскрывающим разные интервалы разреза. Из соотношения геологических контуров с горизонталями рельефа следует, что дочетвертичные отложения имеют залегание, близкое к горизонтальному. Однако залегание разных комплексов пород несколько различается. Мезозойские отложения залегают слабо наклонно, с очень пологим падением к югу, причем под разными углами, благодаря чему между подразделениями мезозоя наблюдаются незначительные угловые (географические) несогласия. Наиболее полого залегает аптский ярус. Валанжинский ярус залегает немного круче, поэтому он выклинивается к северу. Особенно хорошо это видно в центре листа. Верхнеюрские отложения залегают еще круче, вследствие чего кимериджский и оксфордский ярусы также выклиниваются к северу у подошвы валанжина. Горизонты нижнего карбона, в отличие от мезозоя, залегают совершенно горизонтально, то есть между нижним карбоном и верхней юрой также угловое (географическое) несогласие. Эти горизонты также последовательно выклиниваются у подошвы келловейского яруса, только теперь уже с севера на юг – сначала протвинский, затем стешевский, тарусский и т. д.

* В современной стратиграфической схеме келловейский ярус отнесен к средней юре.

Особенности построения разрезов по картам со структурами платформенного чехла состоят в следующем:

линия разреза ориентируется вкрест преобладающего простирания пород;

линия разреза должна проходить по возможности через буровые скважины, поэтому часто она бывает ломаной;

вертикальный масштаб разреза неизбежно должен быть увеличен в несколько раз, обычно до 20; выбор масштаба делается исходя из общей мощности разреза и минимальной мощности отдельных подразделений.

Построение разреза выполняется в такой последовательности.

Границы разреза обозначаются вертикальными линиями, совпадающими с рамкой карты, причем левая граница должна соответствовать левому (западному, юго-западному или северо-западному) концу линии разреза, либо нижнему (южному) концу линии при ее строго меридиональном направлении. Границы разреза обозначают заглавными буквами русского алфавита (АБ, ВГ и т. п.). Эти буквы надписываются на разрезе над высотными шкалами.

На обеих границах разреза разбиваются высотные шкалы в избранном вертикальном масштабе. Верхняя отметка шкалы определяется максимальной высотной отметкой рельефа по линии разреза, а нижняя – предполагаемой глубиной построения (или общей мощностью) разреза. Разбивка шкал делается через 5 мм, а оцифровка – через 10 мм.

Если нижняя отметка шкалы отрицательная, проводится нулевая линия (линия уровня моря).

Строится высотный профиль земной поверхности по горизонталям рельефа. Следует отметить, что при увеличенном вертикальном масштабе и горизонтальном или слабонаклонном залегании пород построение профиля нужно делать с особой тщательностью, так как положение границ слоев на карте тесно увязано с их высотными отметками.

На линию профиля с карты переносятся буровые скважины, находящиеся на линии разреза и вблизи нее, и отмечаются вертикальными линиями. На этих линиях, начиная от земной поверхности, последовательно откладываются (в вертикальном

масштабе разреза) пройденные скважиной интервалы, которые берутся из колонок в зарамочном оформлении карты.

Переносятся с карты на линию профиля и проводятся на разрезе границы сначала современных, а затем верхнечетвертичных аллювиальных отложений. Границы проводятся плавной кривой на глубину, взятую по данным буровых скважин (рис. 1).



Рис. 19. Построение разреза четвертичных отложений.

Переносятся с карты на линию профиля и проводятся на разрезе границы дочетвертичных подразделений в строгой возрастной последовательности, начиная с наиболее молодых. Границы проводятся по возможности прямыми линиями, причем они должны совпадать с границами интервалов в буровых скважинах. Если границы приходится сильно искривлять, следует проверить правильность построения высотного профиля на участках выхода границы на поверхность и вблизи устья скважины, и в случае необходимости исправить профиль. Точки выклинивания отдельных подразделений на разрезе определяют, мысленно соединяя соседние точки выклинивания на карте (рис. 2).

Законченный разрез раскрашивается в соответствии с картой, затем надписываются индексы подразделений, географические ориентиры, внизу под разрезом указываются горизонтальный и вертикальный масштабы, а сверху над разрезом заголовок, например: «Разрез по линии ДЕ (скв. 2—скв. 4) к карте № 1. Индексы подписываются в вертикальном (не развернутом) положении внутри соответствующих контуров, если они там помещаются.

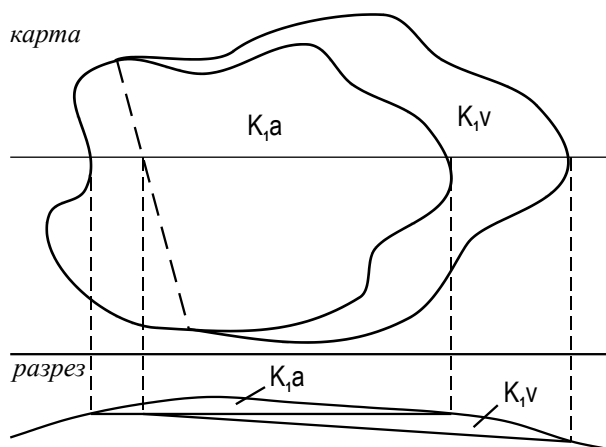


Рис. 20. Определение точки выклинивания на разрезе

Если места недостаточно, индексы пишутся над линией профиля и соединяются с соответствующими полями выносными линиями («указками»). Индексы

проставляются к каждому отдельному контуру. Если индекс вынесен над линией профиля, то его можно соединить «указками» с двумя-тремя сближенными контурами.

Пример оформления разреза к карте № 1 приведен на рис. 21.

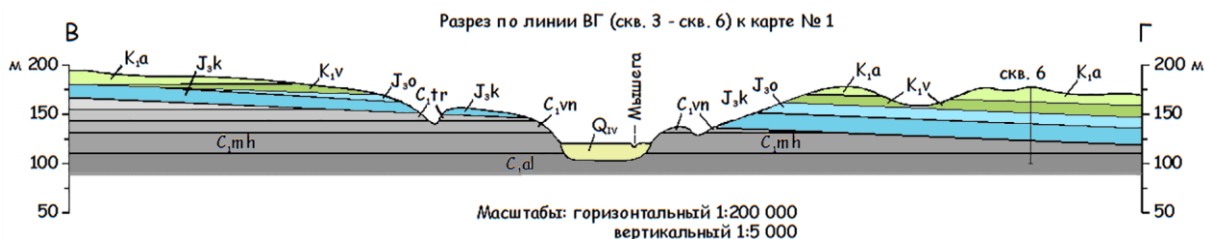


Рис. 21. Оформление разреза к карте № 1

Карта № 2. Масштаб карты 1 : 200 000, то есть она относится к разряду среднемасштабных. Карта отображает в упрощенном виде геологическое строение участка чехла Восточно-Европейской платформы в районе северной части Воронежской антеклизы. Рельеф местности изображен горизонталями с сечением 40 м; имеются также полугоризонтали (прерывистые линии) с отметками 100, 140 и 180 м. В разных частях территории рельеф различается: в северной части района он пологохолмистый, с абсолютными отметками до 218 м. Южная часть территории представляет собой равнину с отметками на водораздельных участках 120—130 м, самые низкие отметки (85—95 м) – наблюдаются в долине реки Ужердь. На водораздельных участках на севере локальные превышения составляют 40—60 м, уклоны очень пологие, 1:50—1:100. Гидросеть района представлена рекой Ужердь, ее притоком р. Сельня, а также их мелкими притоками.

В северной части района, за главным водоразделом, появляются верховья ручьев северного стока. Ужердь – довольно крупная равнинная река с широкой (местами свыше 10 км) долиной. Русло реки меандрирует по широкой пойме со старичными озерами. У южного борта долины на отдельных участках имеется надпойменная терраса шириной до 2—3 км с абсолютными отметками 104—105 м. Приток Ужерди р. Сельня имеет долину шириной 2-4 км с поймой на отметках около 95 м. В эти реки впадают многочисленные речки и ручьи.

Стратиграфический разрез состоит из отложений девонской, юрской, меловой и неогеновой систем. Девонская система представлена верхним отделом, расчлененным на евлановский, ливенский, задонский и елецкий горизонты (из них два первых объединены) мощностью по 10—30 м, преимущественно карбонатного состава (задонский горизонт сложен глинами). Они обнажаются в долинах речек и ручьев на

севере района, а также вскрыты скважинами. Верхний девон несогласно перекрывается верхнеюрскими песчано-глинистыми отложениями, расчлененными на два подразделения: келловейский и оксфордский ярусы объединенные, мощностью от 15 до 40 м, и волжский* (до 10 м) ярусы, разделенные несогласием. Келловейский и оксфордский ярусы обнажаются в северной части района; волжский ярус образует ряд линз в северной и центральной частях территории. Выше несогласно залегают песчано-глинистые отложения нижнего мела, представленные двумя подразделениями: неокомским надъярусом и аптским ярусом объединенными и альбским ярусом. Альб несогласно перекрывается сеноманским ярусом верхнего мела. Выше несогласно залегают ергенинская толща плиоцена, представленная песками и глинами мощностью до 30 м и распространенная в южной части района. Четвертичные аллювиальные отложения представлены верхнечетвертичным и современным звеньями. Верхний плейстоцен слагает надпойменную террасу р. Ужердь, а голоцен – поймы рек Сельня и Ужердь. В зарамочном оформлении карты приведены частные стратиграфические колонки по одиннадцати скважинам, пробуренным в основном в южной части территории и вскрывающим разные интервалы разреза. Легенда карты содержит дополнительный элемент – стратоизогипсы кровли задонского горизонта.

Характер залегания различных комплексов пород выясняется по соотношению геологических границ с горизонталями рельефа и по данным бурения. Самые молодые дочетвертичные отложения – ергенинская толща плиоцена – слагают южную равнинную часть территории. Судя по буровым скважинам, подошва плиоцена практически горизонтальна и находится на отметках около 100 м. В отдельных местах в бортах речных долин, а также в ряде скважин видно, что плиоцен подстилается юрскими, а на самом юге – и меловыми отложениями. У северной границы распространения ергенинской толщи ее подошва воздымается и образует параллельное прилегание с разными горизонтами подстилающих отложений. Меловые и юрские отложения на севере района залегают практически горизонтально, только на западе вблизи границы с неогеном появляются наклонные залегания с пологим падением к югу. Юрские отложения залегают повсеместно на елецком горизонте, и только в северо-западном углу планшета видно их налегание на задонский или ливенский горизонты. Отсюда следует, что между верхним девонem и верхней юрой наблюдается слабое угловое (географическое) несогласие. Залегание верхнедевонских отложений,

* В современной стратиграфической схеме волжский ярус заменен титонским.

судя по стратоизогипсам кровли задонского горизонта, слабонаклонное (моноклиналиное) с общим падением к югу и юго-востоку. Моноклинали в средней и южной частях района нарушается двумя флексурами амплитудой около 40 м каждая.

Рекомендуемый вертикальный масштаб разреза 1 : 5 000. Построение разреза проводится в таком же порядке, как это указано для карты № 1, но с некоторыми отличиями. После построения подошвы ергенинской толщи на юге, отрисовываются границы меловых и юрских отложений в северной части, где они выходят на поверхность. После этого отстраивается кровля задонского горизонта по стратоизогипсам. От кровли задонского горизонта вверх откладывается мощность елецкого горизонта и проводится его верхняя граница (с юрскими отложениями). Если линия разреза пересекает выходы волжского яруса, он показывается под подошвой плиоцена в виде линзы, выклинивающейся в обе стороны. В южной части района, к югу от второй флексуры, судя по скважинам 10 и 11, между юрой и плиоценом появляются также и меловые отложения. То есть, флексуры смещают не только девонские, но и мезозойские толщи. Построенный разрез оформляется как это указано на рис. 21

Лабораторная работа № 9. Простые складчатые структуры.

Цель работы – овладеть навыками чтения геологической карты с элементами простой складчатой структуры и построения разрезов по таким картам.

Содержание работы. В работе № 8 используются карта № 6, на которой изображены элементы простой складчатой структуры.

Общий порядок прочтения геологической карты указан выше. Характеризуя районы, претерпевшие складчатость, необходимо придерживаться следующего порядка. Вначале перечисляются крупные антиклинальные и синклиналиные складки, желательно с наименованиями, данными по географическим названиям. Складки описывают по следующей схеме:

- 1) название, вид и порядок складки;
- 2) расположение на местности и в структуре этажа;
- 3) простираие осевой линии (если оно изменяется, то следует указать каким образом);
- 4) подразделения, слагающие ядро и крылья;

- 5) степень симметрии (прямая, наклонная, опрокинута; приводят наибольшую крутизну падения крыльев складки, направление наклона осевой поверхности);
- 6) форма складки в поперечном сечении (обыкновенная, сундучная и т. д.; угол складки; изменение формы сечения как в плане, так и в разрезе);
- 7) положение шарнира складки и закономерности его изменения (направление и угол погружения или воздымания, ундуляция);
- 8) характер изменения мощности пород на крыльях и в своде складки (концентрическая складка или подобная);
- 9) размеры складки (длина, ширина и высота);
- 10) осложнение складки более мелкими структурами (складками, флексурами и т. д.), а также разрывными нарушениями; у осложняющих складок высоких порядков отмечаются: степень симметрии, направления наклона осевых поверхностей и погружения шарниров, размеры.

При характеристике разрывных нарушений обращают внимание на следующие моменты:

- 1) простираание и положение разрыва по отношению к складчатым структурам (продольный, поперечный, диагональный);
- 2) направление и угол падения плоскости сместителя;
- 3) характер относительного перемещения крыльев, амплитуда смещения (вертикальная и горизонтальная);
- 4) определение типа разлома (сброс, сдвиг, сдвиго-сброс и т.д).

Анализ завершается выводами о последовательности формирования тектонической структуры района в целом или отдельных его частей.

Карта № 6. Масштаб карты 1 : 100 000, то есть она относится к разряду среднемасштабных. Геологическая карта даёт представление о простой складчатой структуре, типично выраженной в Донецком бассейне.

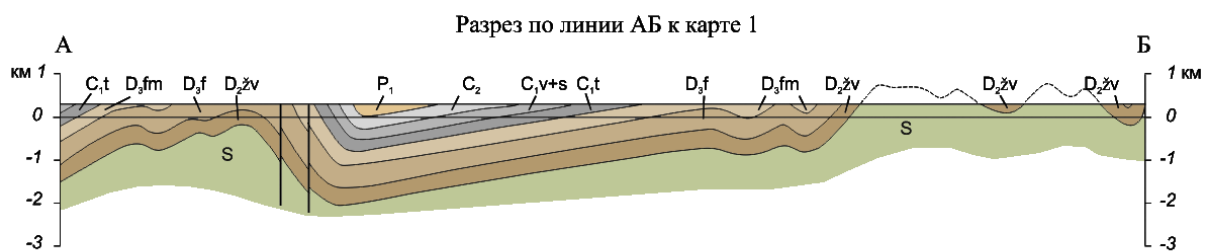
Рельеф местности сглаженный, полого холмистый. Максимальные превышения составляют 200 м. Стратиграфический разрез представляет интервал от силура до перми включительно. На листе карты можно выделить четыре складки первого порядка – две антиклинальные и две синклинальные. Ядра и крылья структур осложнены

складками меньшего размера – второго порядка, на крыльях последних можно выделить и ещё более мелкие складки третьего порядка. Разрывные нарушения представлены круто падающими продольными, диагональными и поперечными сбросами амплитудой в первые десятки метров.

Построение разреза начинается с выбора линии профиля. Он должен быть ориентирован вкрест простирания геологических структур и, по возможности, пересекать наибольшее количество геологических тел. Вертикальный масштаб разреза должен быть равен горизонтальному (1 : 100 000).

Поскольку превышения рельефа незначительны, то профиль местности условно показывается прямой линией на средней высоте 300 м, т.е. 3 мм выше линии нулевых отметок. На линию профиля выносятся границы геологических тел. В первую очередь проводятся линии разрывных нарушений. Затем отмечают места расположения осевых поверхностей складок. Следует помнить, что осевая плоскость в синклинальных складках наклонена к более пологому её крылу, а в антиклинальной складке – в сторону крутого крыла.

Построение разреза начинается от самых молодых геологических подразделений, обнажённых на поверхности в ядрах синклинальных структур, затем переходят к более древним, которые могут на поверхность и не выходить. Недопустимо переходить к нижележащим подразделениям, пока не построена подошва вышележащих по всей линии разреза. Разрез оформляется так же, как и в ранее выполненных работах. Пример оформления разреза приведен на рис. 22.



Масштабы горизонтальный и вертикальный 1:100 000

Рис. 22. Оформление разреза по карте 6

Карта № 13. Масштаб 1 : 200 000, то есть она относится к разряду среднемасштабных. Геологическая карта даёт представление о простой складчатой структуре, типично выраженной в районе Верхоянского хребта. Рельеф местности среднегорный, изображен на карте горизонталями с сечением 200 м. Максимальные превышения составляют около 2000 м. Стратиграфический разрез включает отложения

от нижнего девона до верхнего триаса, залегающие между собой согласно. Следует отметить, что сакмарский, артинский и кургурский ярусы сложены пластичными породами – аргиллитами, мергелями и ангидритами.

Большая часть территории сложена породами пермской и триасовой систем. Здесь можно выделить четыре синклинали и четыре антиклинали первого порядка. Ядра синклиналей сложены породами триасовой системы, ядра и крылья антиклиналей – породами пермской системы. При этом синклинали – симметричные простые складки, в то время, как антиклинали осложнены многочисленными складками второго порядка. Такая дисгармоничная складчатость обусловлена пластичностью нижнепермских отложений. В юго-восточной части территории происходит воздымание зеркала складчатости, благодаря чему пермские породы сменяются вначале каменноугольными, а затем и девонскими отложениями. Построение и оформление разреза выполняется так же, как и для карты №6 (рис. 23).



Рис. 23. Оформление разреза по карте 13

Лабораторная работа № 10. Структурные этажи

Карта № 16. Масштаб карты 1 : 200 000, то есть она относится к разряду среднемасштабных. Геологическая карта даёт представление о складчатой структуре, включающей несколько структурных этажей. Подобные структуры можно наблюдать, в частности, в Центральном Казахстане.

Рельеф местности представляет собой слабо холмистую равнину. Максимальные превышения – около 80 м. Стратиграфический разрез включает нижнепротерозойские, верхнекембрийские, ордовикские, средне-верхнедевонские, каменноугольные, нижнепермские и миоценовые образования. В отличие от ранее рассмотренных карт, на карте № 16 присутствуют интрузивные образования: позднепротерозойские гранито-

гнейсы (две фазы внедрения), позднеордовикские гранитоиды (также две фазы) и раннепермские нефелиновые сиениты.

При анализе легенды следует обратить внимание на обозначение ориентировки плоскостных текстур течения в интрузивных породах и полосчатых текстур в гранито-гнейсах (в самом низу легенды), так как эти текстуры соответствуют положению контактов этих пород.

Анализируя карту, нужно учитывать признаки структурного несогласия: резкие различия в направлении и углах падения выше и ниже поверхности несогласия, различия в степени метаморфизма, налегание осадочных или вулканогенных толщ на поверхность интрузивных образований. Первое такое несогласие обнаруживается в основании верхнего кембрия, таким образом, нижний структурный этаж включает в себя все свиты нижнего протерозоя и верхнепротерозойские гранито-гнейсы. Выходы пород нижнего структурного этажа на поверхность наблюдаются в северо-восточном углу территории, однако, здесь контакт их с вышележащими образованиями тектонический. Поверхность структурного несогласия видна на небольшом участке в центре карты, где в ядре антиклинальной складки верхнекембрийские породы с резким угловым несогласием залегают на нижнем протерозое. Породы нижнего структурного этажа отличаются от вышележащих также и высокой степенью метаморфизма. Складчатые структуры нижнего этажа имеют, в целом, северо-западное направление, однако осевые линии извилисты и меняют простирание. Складки практически симметричные, сжатые, осложнены мелкими складками.

Разрывные нарушения в этом структурном этаже, по-видимому, представлены крутопадающими взбросами. Направления и углы падения сместителей на карте не показаны, однако можно предположить, что падение их направлено так же, как и у более молодого разрыва, проходящего по границе протерозоя и палеозоя, то есть на северо-восток. В плане линии сместителей извилистые, что предполагает их заложение до завершения тектонических движений и участие в последующих деформациях. Видимо и по падению сместители также изгибаются.

Гранито-гнейсы первой фазы образуют ядра куполовидных структур, что видно по ориентировке полосчатости в них. Гранито-гнейсовые купола являются структурами, специфическими для протерозойских образований. Гранито-гнейсы

второй фазы слагают субсогласное линзовидное тело, участвующее в складчатости вместе с вмещающими породами.

Второй структурный этаж ограничен сверху структурным несогласием, проходящим по подошве среднего девона, а там, где он выклинивается – по подошве верхнего девона, а после выклинивания последнего – по подошве нижнего карбона. Все толщи верхнего кембрия-ордовика залегают между собой согласно. К этому структурному этажу приурочены интрузивные образования позднеордовикского возраста.

Выходы пород этого структурного этажа образуют две полосы, вытянутые в северо-западном направлении. В пределах юго-западной полосы породы образуют две антиклинали и три синклинали первого порядка (крайние синклинали обнажены лишь частично). Осевые линии складок протягиваются в северо-западном направлении. В ядрах синклиналей залегают породы верхнего ордовика, в ядрах антиклиналей – верхнего кембрия (в ядре центральной антиклинали вскрыты также породы нижнего структурного этажа). Складки симметричные, открытые, осложнены складками второго порядка. Шарниры складок ундулируют с кульминациями через 30—40 км. Северо-восточная полоса представляет собой блок, зажатый между разломами третьего структурного этажа. Здесь породы образуют две антиклинали и одну синклиналь первого порядка, подобные складкам в юго-западной полосе, но более узкие, сжатые.

Интрузивные тела второго структурного этажа образуют два крупных массива и ряд более мелких тел. Крупные массивы, судя по ориентировке полосчатости, имеют контакты, падающие вовне под крутыми углами, и окружены широкими полями контактовых роговиков. Эти массивы представляют собой батолиты. Мелкие тела, окружающие юго-западный массив, являются, скорее всего, куполами того же батолита. Небольшой массив округлой формы в юго-восточном углу листа является штоком.

Третий структурный этаж ограничен сверху структурным несогласием в подошве миоцена и включает в себя породы среднего и верхнего девона, карбона и нижней перми. В разрезе этих пород имеется ряд незначительных угловых (географических) несогласий, не являющихся структурными. Породы смяты в две синклинали первого порядка (антиклиналь между ними разрушена денудацией и в ее

ядре обнажен породы второго этажа). Складки симметричные, пологие, открытые, осложнены складками второго и третьего порядков. Шарниры складок ундулируют.

К структуре этого этажа принадлежат два крупных продольных взброса и поперечный сброс. Возраст взбросов устанавливается как позднедевонский, поскольку они смещают верхнедевонские отложения и перекрываются нижнекаменноугольными. Сброс, вероятно, того же возраста, хотя он проходит только по среднедевонским породам. Имеются также два мелких разрыва, осложняющих контакты интрузии нефелиновых сиенитов раннепермского возраста. Это небольшое тело овальной в плане формы с вертикальными контактами представляет собой шток и принадлежит к третьему структурному этажу.

Четвертый структурный этаж представлен маломощными миоценовыми осадочными породами, горизонтально залегающими на размытой поверхности более древних пород.

Построение разреза начинается с выбора линии профиля. Он должен быть ориентирован вкрест простирания геологических структур и, по возможности, пересекать все структурные этажи. Вертикальный масштаб разреза должен быть равен горизонтальному (1 : 200 000).

Поскольку превышения рельефа незначительны, то профиль местности условно показывается прямой линией на средней высоте 400 м, т.е. на 2 мм выше линии нулевых отметок.

Построение разреза начинается с верхнего структурного этажа. Поскольку мощность его мала и не может быть показана в масштабе, он изображается условно полоской шириной 1 мм. Затем полностью отрисовывается структура третьего структурного на тех участках, где он обнажается на поверхности. После этого достраиваются части структуры, перекрытые породами верхнего этажа. Следует помнить, что построение разреза ведется в возрастной последовательности, от молодых образований к более древним. После того, как полностью изображена структура третьего структурного этажа, следует перейти к построению второго этажа, которое проводится в такой же последовательности. При построении частей структуры, скрытых под образованиями вышележащих этажей, следует учитывать размеры и форму складок, обнажающихся на поверхности, а также то, что зеркало складчатости должно примерно соответствовать положению поверхности структурного несогласия.

Пример оформления разреза приведен на рис. 24.

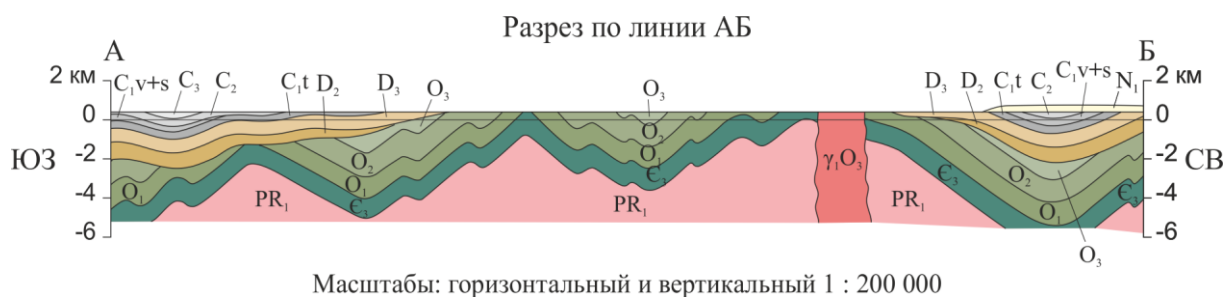


Рис. 24. Оформление разреза по карте 16

Лабораторная работа № 11. Складчато-надвиговые структуры

Цель работы – овладеть навыками чтения геологической карты с опрокинутыми складками и надвигами и построения разрезов по таким картам.

Содержание работы. В работе № 11 используется карта № 20 с изображенными на ней различными, в том числе опрокинутыми, складками и надвигами.

Масштаб карты 1:100 000. Рельеф местности, изображенной на ней, меняется от равнинного на северо-западе к холмистому в средней части, а затем и к горному на юго-востоке. Соответственно, изменяется и геологическое строение. Из стратиграфической колонки следует, что на территории листа присутствуют две структурно-фациальные зоны: Становая и Бештауская. В первой из них развиты верхнеюрские-меловые отложения, во второй – меловые, палеогеновые и неогеновые породы. При этом одновозрастные меловые толщи в Бештауской зоне имеют мощность в полтора-два раза меньше и сложены более грубозернистыми отложениями, чем в Становой зоне. На карте Бештауской зоне соответствует северо-западная половина листа, где на поверхность выходят преимущественно палеогеновые и неогеновые толщи, а Становой – юго-восточная часть. Тектоническая структура Бештауской зоны относительно проста: там развиты открытые симметричные складки. Напряженность складчатости нарастает с северо-запада на юго-восток. В северо-западном углу листа, где на поверхности развиты плиоценовые отложения, структура изображена с помощью стратоизогипс, которые показывают очень пологие складки с углами падения крыльев около 5° . По мере приближения к границе со Становой зоной углы падения крыльев складок возрастают до $25-30^\circ$, а затем и до $50-60^\circ$. Шарниры складок ундулируют. В Становой зоне развиты узкие сжатые линейные асимметричные складки, причем напряженность складчатости возрастает с юго-востока на северо-

запад: наклонные складки сменяются опрокинутыми, углы падения опрокинутых и нормальных крыльев уменьшаются и, соответственно, увеличивается наклон осевых поверхностей. Границей структурно-фациальных зон служит разрывное нарушение, имеющее чрезвычайно извилистую конфигурацию, что указывает на очень пологое залегание поверхности сместителя. Пологий, местами горизонтальный надвиг большой амплитуды носит название «тектонический покров», или «шарьяж». Становая зона представляет собой надвинутое крыло – аллохтон, а Бештауская зона – перекрытое крыло, автохтон. В пределах аллохтона имеется еще ряд надвигов, подчиненных основному надвигу. Углы их падения увеличиваются к юго-востоку. Складки и надвиги пересекаются поперечными сдвигами амплитудой 0,5—1 км. При очень пологом или горизонтальном положении поверхности надвига за счет эрозионного расчленения аллохтона в нем образуются тектонические окна – выходы пород автохтона, со всех сторон окруженные аллохтоном. Там, где аллохтон почти полностью уничтожен денудацией, сохраняются тектонические останцы, или клиппены – фрагменты аллохтона, со всех сторон окруженные породами автохтона. Судя по наличию этих останцов, ранее фронт надвига располагался значительно северо-западнее своего нынешнего положения.

Построение разреза по этой карте ведется в обычной последовательности. Вертикальный масштаб, как и в других случаях разреза складчатой структуры, берется равным горизонтальному. После построения профиля на него переносятся разрывные нарушения. Затем изображают пологие складки в плиоценовых отложениях с помощью стратоизогипс подошвы плиоцена и далее все простые складки в Бештауской зоне. Складки в Становой зоне также отрисовываются в порядке возраста, начиная с ядер синклиналей, сложенных породами сенона (K_2sn). При этом нужно внимательно выявлять небольшие складки по элементам залегания: между знаками нормального и опрокинутого залегания обязательно должна быть складка. Пример оформления готового разреза показан на рис. 25.

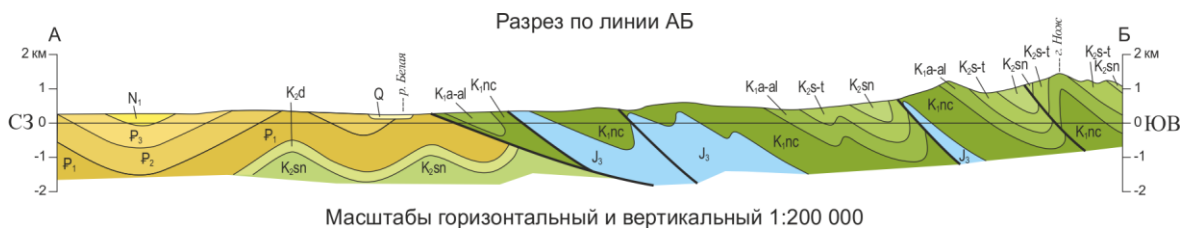


Рис. 25. Оформление разреза по карте 20

ЛИТЕРАТУРА

1. Корсаков А.Е. Структурная геология: учебник / А.К. Корсаков – М.: КДУ, 2009, 328 с.
2. Михайлов А.Е. Структурная геология и геологическое картирование: Учеб. пособие для вузов. 4-е изд., перераб. и доп. М.: Недра, 1984, 464 с.
3. Сократов Г.И. Структурная геология и геологическое картирование. М.: Недра, 1972. 280 с.