

**Министерство науки и высшего образования Российской Федерации  
Федеральное государственное бюджетное образовательное  
учреждение высшего образования  
Санкт-Петербургский горный университет**

**Кафедра исторической и динамической геологии**

# **СТРУКТУРНАЯ ГЕОЛОГИЯ**

## **(ГЕОМЕТРИЯ ПЛАСТА)**

*Методические указания к лабораторным работам  
для студентов специальности 21.05.02*

**САНКТ-ПЕТЕРБУРГ  
2021**

УДК 551.24 (03)

**СТРУКТУРНАЯ ГЕОЛОГИЯ (ГЕОМЕТРИЯ ПЛАСТА):**  
Методические указания к лабораторным работам / Санкт-Петербургский горный университет. Сост.: *Р.А. Щеколдин* СПб, 2021. 32 с.

Методические указания содержат требования, предъявляемые к лабораторным работам по структурной геологии. Объясняется порядок выполнения работ. Приводятся примеры оформления выполненных работ.

Предназначены для студентов специальности 21.05.02 «Прикладная геология»

Научный редактор д.г.-м.н., проф. *И.В. Таловина*

Рецензент: д.г.-м.н., *В.П. Чекулаев* ИГГД РАН

## ВВЕДЕНИЕ

Структурная геология является одной из частей геотектоники - науки о строении, движениях и развитии верхних оболочек земного шара. Она изучает формы залегания горных пород в земной коре, причины их возникновения и историю развития, разрабатывает классификацию этих форм. В соответствии со сложившимися традициями структурная геология занимается в основном структурными формами средних и мелких масштабов, оставляя рассмотрение крупнейших структурных элементов и земной коры в целом на долю общей геотектоники. Структурная геология тесно связана с геологическим картированием - прикладной геологической дисциплиной, рассматривающей методы составления геологических карт и их практическое применение. Цель геологического картирования - всестороннее изучение геологического строения, полезных ископаемых и составление геологической карты выбранного района в том или ином масштабе.

Цель дисциплины "Структурная геология" состоит в том, чтобы дать студентам знания формах залегания в земной коре геологических тел, сложенных осадочными, магматическими и метаморфическими породами, о пространственных и временных взаимоотношениях между такими телами. В соответствии с поставленной целью, основными задачами преподавания дисциплины являются:

- получение студентами знаний о геологических структурах, развитых в областях различного геологического строения - в чехлах древних и молодых платформ, складчатых областях, областях преимущественного развития вулканических, субвулканических и интрузивных комплексов и регионально метаморфизованных образований;

- приобретение студентами навыков чтения геологических карт типовых районов земной коры, изучение легенды геологических карт и методики составления геологических разрезов, т. е. интерпретации геологического строения на глубину;

- овладение основными приемами составления и оформления геологических карт.

В начале курса лабораторные работы направлены на закрепление знаний по горной геометрии. 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.

Изучение раздела завершается выполнением контрольной работы.

Последующие лабораторные работы посвящены овладению навыками содержательного прочтения геологических карт и построения по ним геологических разрезов.

## **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 синклиналиях 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**

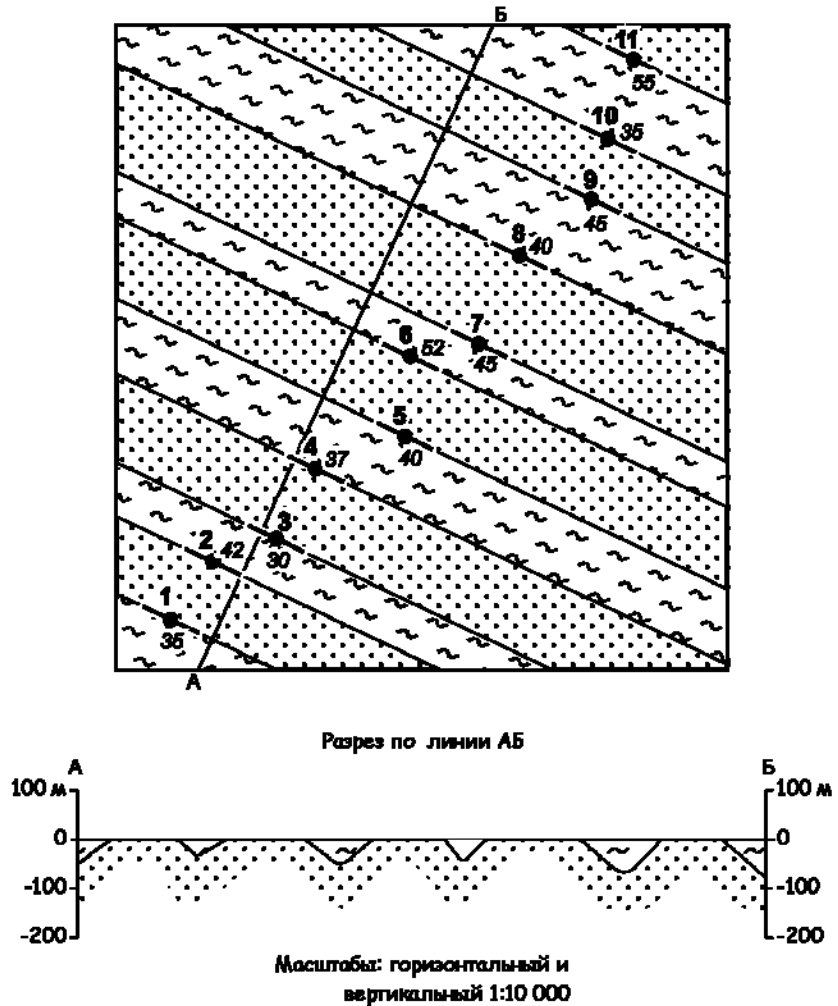


Рис. 1. Образец оформления лабораторной работы № 1

## 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 ( $\alpha_1$ ), 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 косога сечения. Угол между этими лучами ( $\gamma$ ) равен разности азимутов падения и линии косога 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.



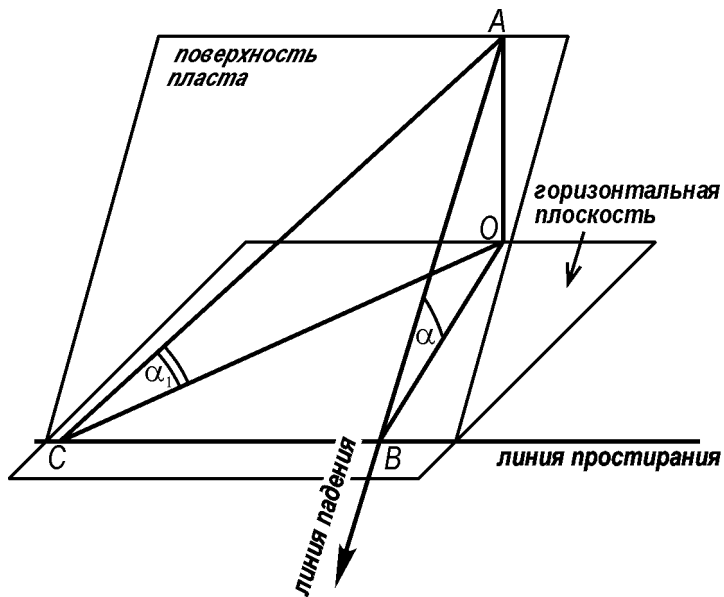


Рис. 2. Блок-диаграмма соотношения истинного и видимого падений

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.

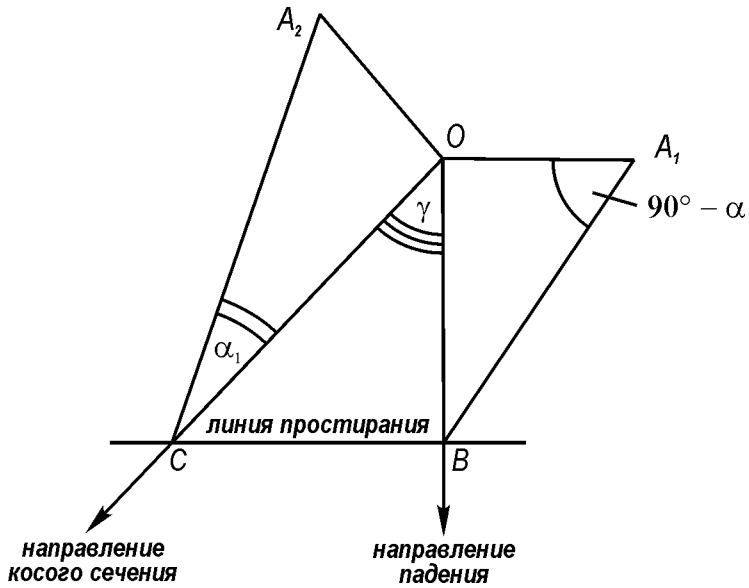


Рис. 3. Определение угла видимого падения пласта в косом сечении

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

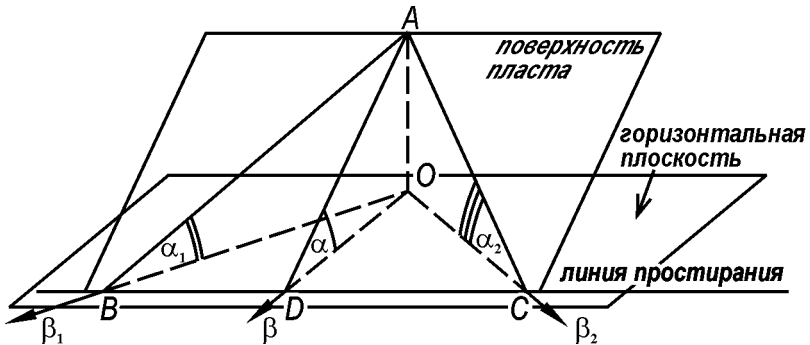


Рис. 4. Блок-диаграмма соотношения видимых падений в косых сечениях и истинного падения

Углы видимых падений  $\alpha_1$  и  $\alpha_2$  измерены в двух пересекающихся вертикальных плоскостях, видимые падения в этих

плоскостях направлены по азимутам  $\beta_1$  и  $\beta_2$ , соответственно. Азимут истинного падения  $\beta$  и угол истинного падения  $\alpha$  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  $A_3O$ .

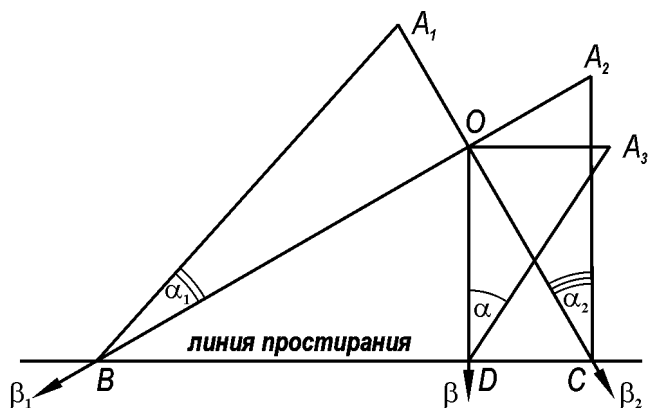


Рис. 5. Определение элементов залегания пласта по двум косым сечениям

Само построение выполняют так (рис. 5): из некоторой произвольно выбранной точки  $O$  проводятся два луча по направлениям косых сечений  $\beta_1$  и  $\beta_2$ . 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 ( $\beta$ ). 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 ( $\alpha$ ).

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 АБ. 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 С, В, 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  $\alpha_1$  и  $\alpha_2$ . 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 простираения, 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  $\alpha_1$  измеряется транспортиром и записывается. Образец оформления выполненной работы приведен на рис. 6.

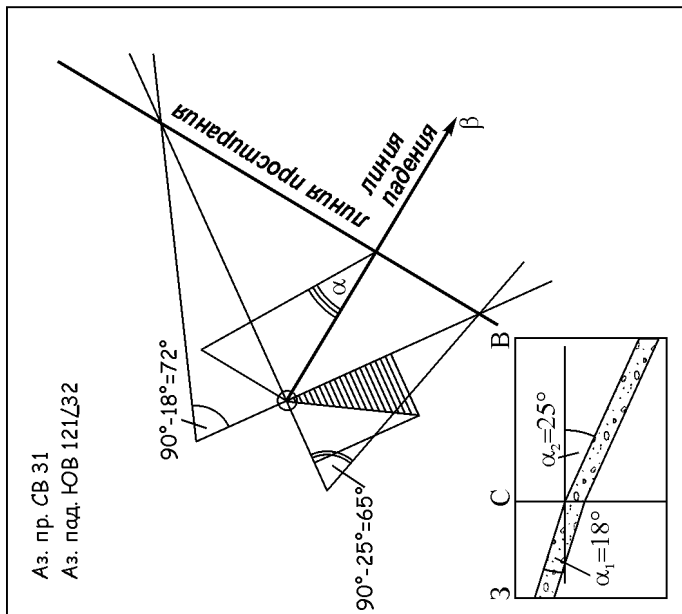
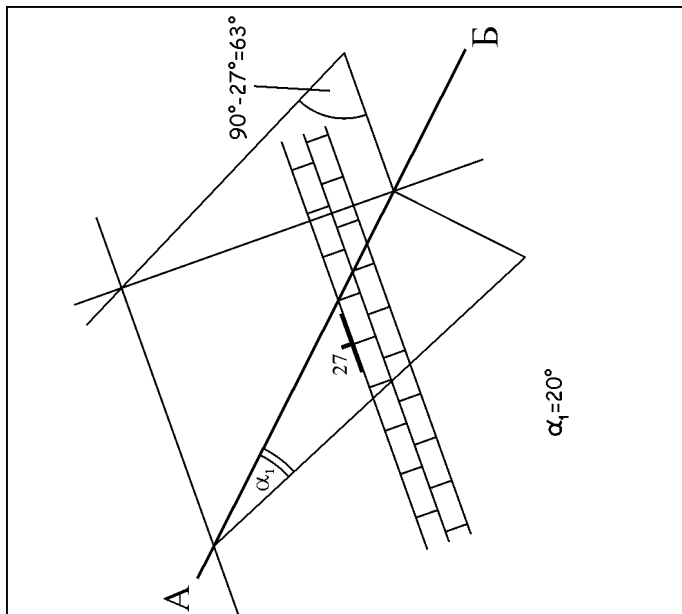


Рис. 6. Образец оформления лабораторной работы № 2

### 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):

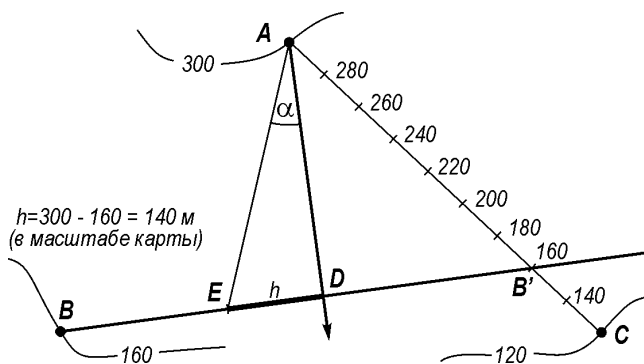


Рис. 7. Определение элементов залегания по трем обнажениям

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 ( $\alpha$ ). 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.

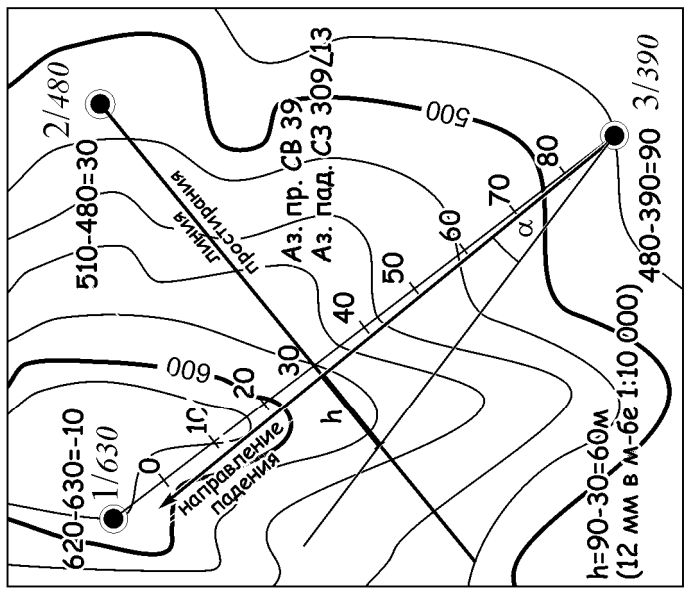
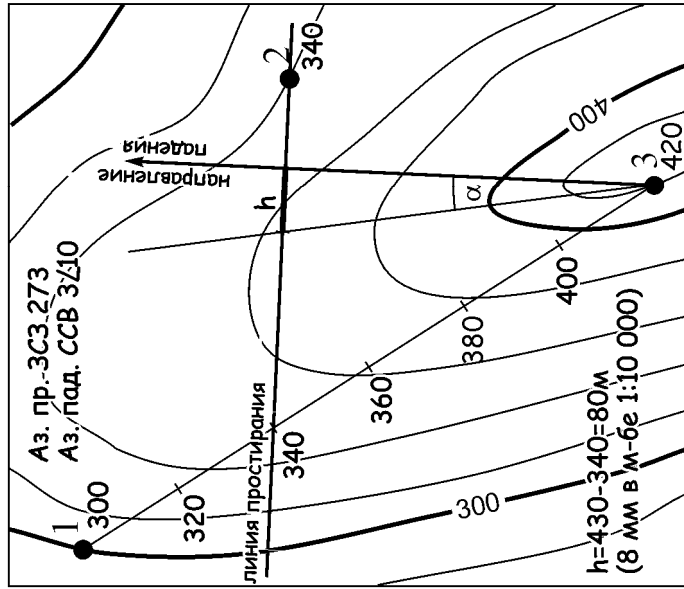


Рис. 8. Образец оформления лабораторной работы № 3



## 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 стратоизогипс.

**Содержание работы.** Чтобы построить выход поверхности (подошвы 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).

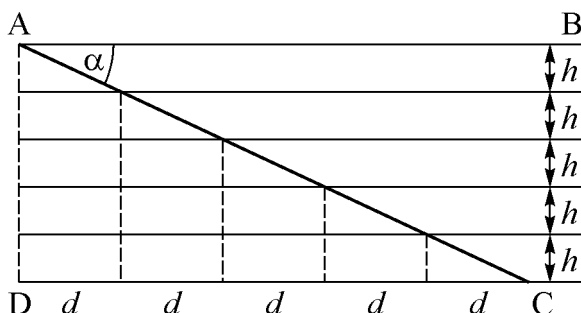


Рис. 9. Определение величины заложения стратоизогипс

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 ( $\alpha$ ) 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 простираения 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 ( $M_r$ ) 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 ( $M_r$ ). У конца отрезка

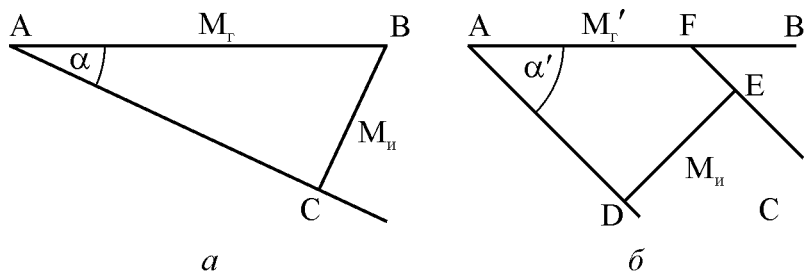


Рис. 10. Определение истинной мощности по горизонтальной (а) и горизонтальной мощности по истинной (б)

(в точке  $A$ ) откладывают угол, равный углу падения пласта ( $\alpha$ ), 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 ( $\alpha'$ ) 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 ( $M_r'$ ), выраженной в масштабе карты. Все стратоизогипсы кровли пласта на южном крыле складки будут смещены в сторону падения от стратоизогипс 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.

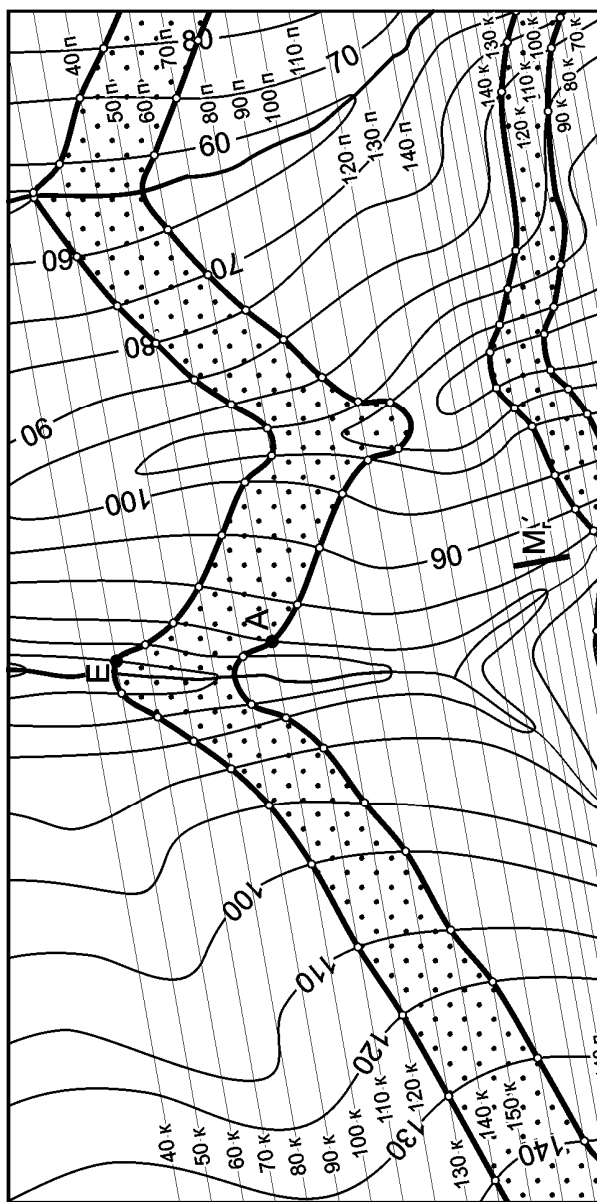


Рис. 11. Образец оформления лабораторной работы № 4 (карта)

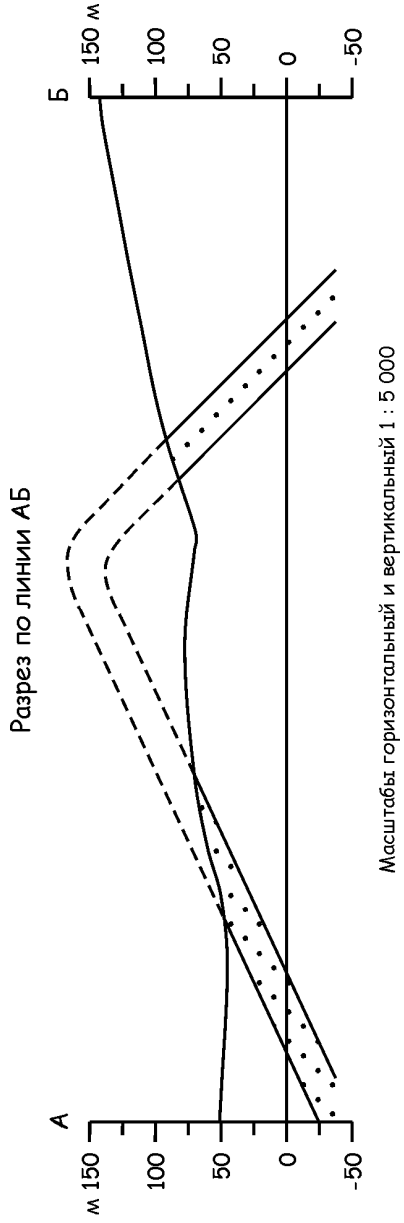


Рис. 12. Образец оформления лабораторной работы № 4 (разрез)

## **ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 5. ПОСТРОЕНИЕ ВЫХОДА МОНОКЛИНАЛЬНОГО 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.

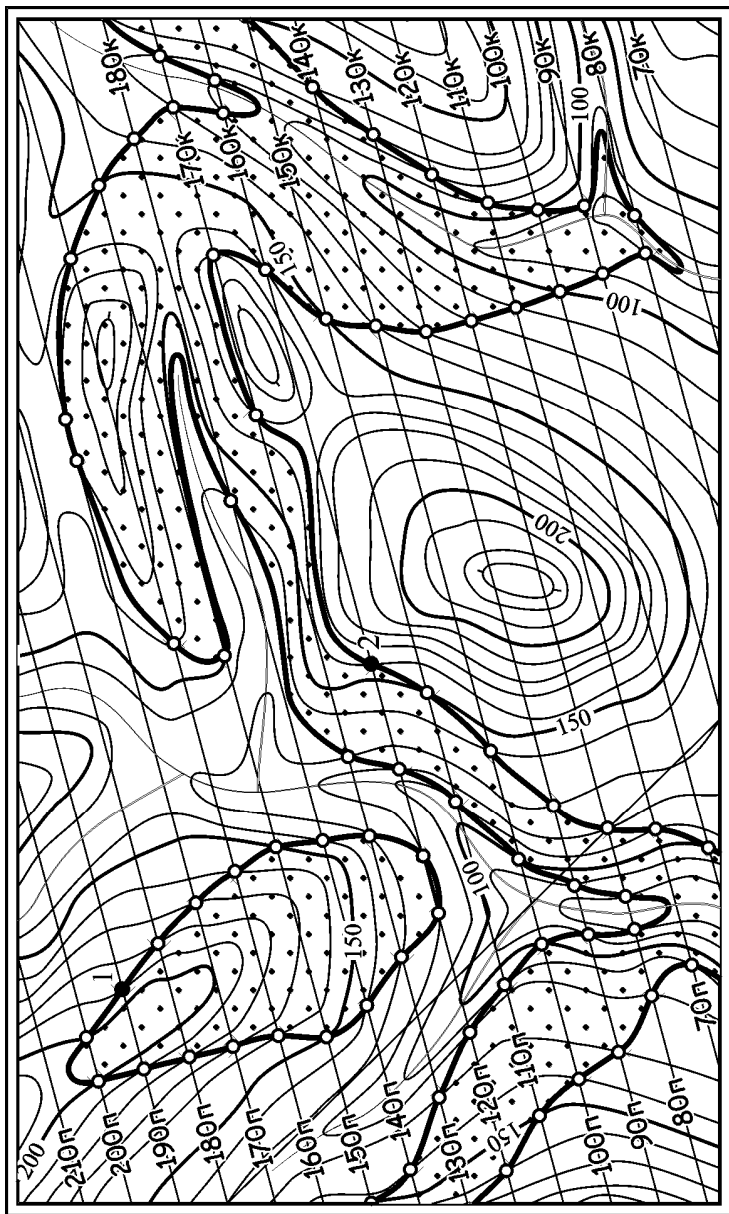


Рис. 13. Образец оформления лабораторной работы № 5 (карта)



## 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).

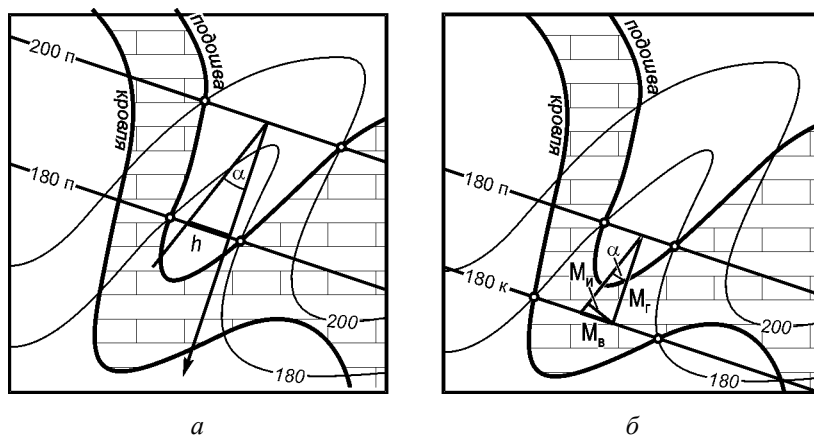


Рис. 14. Определение элементов залегания (а) и мощности (б) пласта по карте с помощью стратоизогипс

Через эти точки проводятся стратоизогипсы, в приведенном примере - подошвы (на рисунке  $180\text{ п}$  и  $200\text{ п}$ ). 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 ( $h=200-180=20\text{ м}$ ), 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 ( $\alpha$ ).

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 н** и **180 к**). Перпендикулярно стратоизогипсам проводится отрезок прямой, который представляет собой **горизонтальную мощность** пласта ( $M_r$ ). Отложив определенный ранее угол падения пласта ( $\alpha$ ), 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).

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.

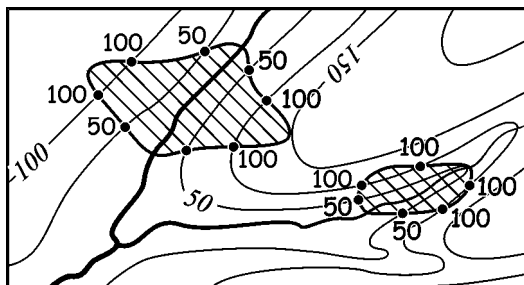


Рис. 15. Определение высотных отметок точек выхода кровли пласта на поверхность

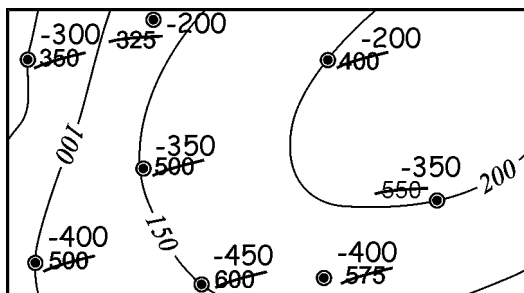


Рис. 16. Определение высотных отметок поверхности опорного горизонта в скважинах

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 А с удаленной точкой В получились два вытянутых треугольника с общей длинной стороной АВ. При интерполяции по линии АВ 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.

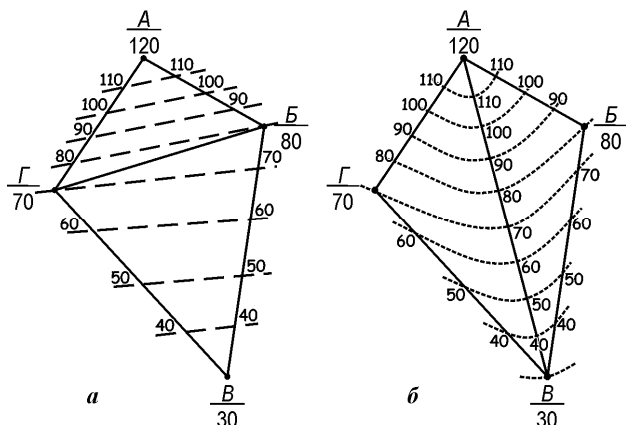


Рис. 17. Проведение стратоизогипс методом треугольников: *a* – правильная разбивка треугольников; *б* – неправильная разбивка треугольников.

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.

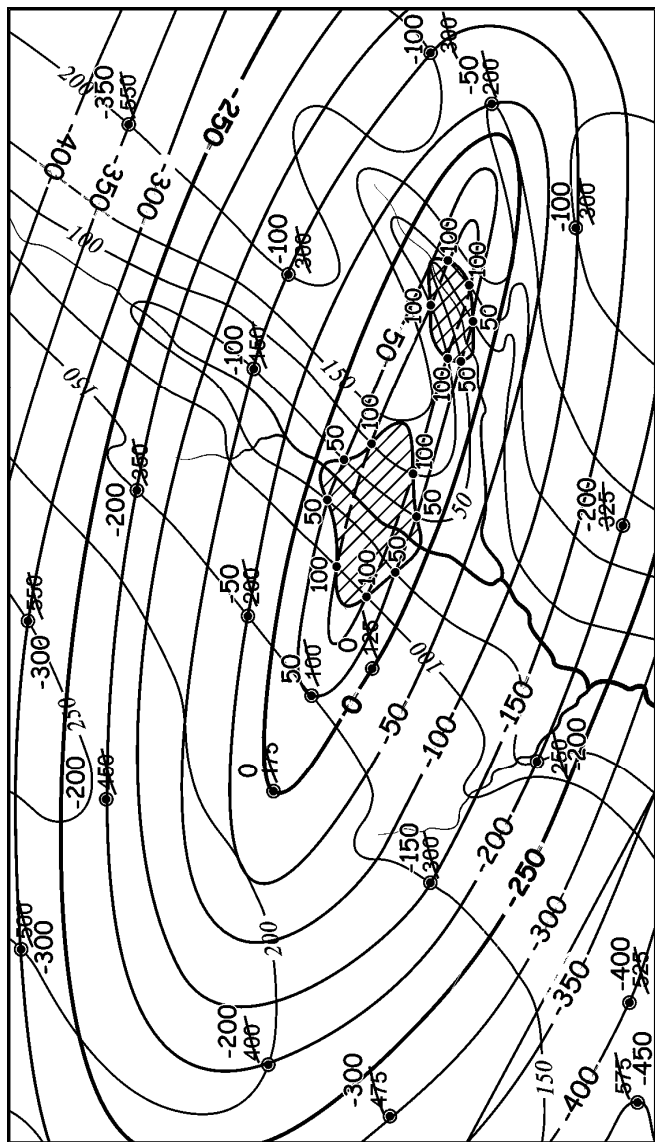


Рис. 18. Образец оформления лабораторной работы № 7

## 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.

## СОДЕРЖАНИЕ

Введение.....	3
Лабораторная работа № 1. Горный компас и элементы залегания....	5
Лабораторная работа № 2. Определение угла видимого падения в косом сечении и элементов залегания по двум косым сечениям (стенкам шурфа) .....	8
Лабораторная работа № 3. Определение элементов залегания по трем обнажениям (скважинам).....	14
лабораторная работа № 4. Построение выхода наклонного слоя на крыльях складки в расчлененном рельефе.....	17
Лабораторная работа № 5. Построение выхода моноклиналичного слоя в расчлененном рельефе.....	23
Лабораторная работа № 6. Определение элементов залегания и мощности наклонного слоя на карте местности с расчлененным рельефом с помощью стратоизогипс.....	25
Лабораторная работа № 7. Построение структурной карты по данным бурения.....	27
Литература .....	31



## **СТРУКТУРНАЯ ГЕОЛОГИЯ (ГЕОМЕТРИЯ ПЛАСТА)**

*Методические указания к лабораторным работам  
для студентов специальности 21.05.02*

Сост.: *Р.А. Щеколдин*

Печатается с оригинал-макета, подготовленного кафедрой  
исторической и динамической геологии

Ответственный за выпуск *Р.А. Щеколдин*

Лицензия ИД № 06517 от 09.01.2002

Подписано к печати 17.12.2021. Формат 60×84/16.  
Усл. печ. л. 1,9. Усл.кр.-отт. 1,9. Уч.-изд.л. 1,6. Тираж 50 экз. Заказ 1145.

Санкт-Петербургский горный университет  
РИЦ Санкт-Петербургского горного университета  
Адрес университета и РИЦ: 199106 Санкт-Петербург, 21-я линия, 2