

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ УКРАИНЫ
ДОНЕЦКИЙ НАЦИОНАЛЬНЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ

КАФЕДРА ГЕОЛОГИИ

МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ
К ВЫПОЛНЕНИЮ ЛАБОРАТОРНЫХ РАБОТ
ПО СТРУКТУРНОЙ ГЕОЛОГИИ
(для студентов геологических специальностей)

Донецк, ДонНТУ, 2010

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ УКРАИНЫ
ДОНЕЦКИЙ НАЦИОНАЛЬНЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ

МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ
К ВЫПОЛНЕНИЮ ЛАБОРАТОРНЫХ РАБОТ
ПО СТРУКТУРНОЙ ГЕОЛОГИИ
(для студентов геологических специальностей)

Утверждено
на заседании кафедры геологии.
Протокол № 8 от 26.05.10

Донецк, ДонНТУ, 2010

УДК 551.243(007)

Методические указания к выполнению лабораторных работ по структурной геологии (для студентов геологических специальностей) /Сост.: М.Д. Карали, М.С. Заборин, ассист., В.И. Таранец, доц.. -Донецк: ДонНТУ, 2010. - 40с.

Излагаются цель, содержание и порядок выполнения графических заданий по структурной геологии: определение элементов залегания слоев графическими и аналитическими способами, приемы анализа геологических карт различной сложности, принципы построения геологических разрезов при разных формах залегания горных пород. Приводятся варианты индивидуальных заданий и список литературных источников по каждой работе.

Составители: М.Д. Карали, ст.препод., М.С. Заборин, ассист., В.И. Таранец, доц..

При прохождении курса "Структурная геология и геокартирование" студентами специальности 7.070701 "Геологическая съемка, поиски и разведка"; "Структурная геология, геокартирование и дистанционные методы исследования" студентами специальности 7.070801 "Экологическая геология" и курса "Структурная геология» студентами специальности 7.090306 "Технология и техника разведки месторождений полезных ископаемых" программой предусмотрено выполнение ряда лабораторных работ, в ходе которых студенты получают навыки определения элементов залегания слоев в различных ситуациях, построения выхода слоя на дневную поверхность по известным элементам залегания его в одной точке выхода, построения структурных карт слоев, анализа геологических карт, построения по ним разрезов.

Для студентов специальности 7.070701 указанные курсы читаются в течение третьего семестра в объеме 32 часа лекций и 32 часа лабораторных занятий, для студентов специальности 7.090306 "Технология и техника разведки месторождений полезных ископаемых" соответственно 16 и 16 часов.

Студенты специальности 7.070801 "Экологическая геология" данный курс слушают в четвертом семестре в объеме 32 часа лекций и 48 часов лабораторных занятий.

Выполнение различных структурно-геологических построений и выработка соответствующих пространственных представлений вызывает у студентов значительные сложности. Вместе с тем в учебных пособиях не приводится единой методики выполнения подобных работ и отсутствуют исходные данные для их выполнения. В связи с этим в настоящих методических указаниях излагаются единые методические приемы выполнения и оформления графических работ по структурной геологии, приводятся необходимые для выполнения каждой работы сведения со ссылками на соответствующую литературу. По каждой работе разработаны варианты индивидуальных заданий.

На лабораторных занятиях каждому студенту выдается индивидуальное задание, которое выполняется или на стандартном листе формата А4 чертежной бумаги, или на бланковой основе, которую выдает преподаватель. Выполнение задания требует графических построений, поэтому делать его рекомендуется в начале чертежным карандашом, а затем, убедившись в правильности и полноте выполнения задания, следует оформить чистовой вариант тушью. Графическое оформление должно быть аккуратное, все подписи делаются чертежным шрифтом.

Если задание выполняется на бланковой карте, то последняя вырезается по рамке, наклеивается на лист чертежной бумаги и сопровождается соответствующими условными обозначениями. Готовая работа обводится рамкой, с левой стороны каждого листа оставляется поле для подшивки, а в правом нижнем углу располагается штамп (рис.1). Следует оставлять поле для подшивки работ в альбом шириной 20 мм.

	20	30	20
10	<i>Группа</i>	<i>ДонНТУ</i> <i>кафедра геологии</i>	<i>Вариант</i>
10	<i>Выполнил</i>		<i>(Ф.И.О.)</i>
10	<i>Проверил</i>		<i>Подпись</i> <i>преподавателя</i>
	35		35

Рис.1. Образец оформления штампа

Выполненная работа представляется на очередном лабораторном занятии и возвращается преподавателем после проверки. При наличии ошибок студент обязан внести исправления и вновь сдать работу на проверку.

Лабораторная работа I

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ЭЛЕМЕНТОВ ЗАЛЕГАНИЯ СЛОЯ НА ГЕОЛОГИЧЕСКОЙ КАРТЕ

1. Цель работы: овладение приемами определения элементов залегания слоя по его выходу на геологической карте, определение глубины подсечения буровой скважиной кровли (подошвы) слоя, определение вертикальной мощности слоя с помощью изогипс.

2. Необходимое оборудование и принадлежности: бланковая карта б, карандаш, линейка, транспортир, измеритель.

3. Краткие теоретические сведения.

Положение слоя в пространстве определяется его элементами залегания:

- а) азимутом линии простирания;
- б) азимутом линии падения;
- в) углом падения.

Линия простирания – линия пересечения поверхности наклонного слоя с горизонтальной плоскостью (рис. 2). Если наклонный слой рассечь серией горизонтальных плоскостей, расположенных на равных вертикальных расстояниях и приуроченных к определенным высотным отметкам, то полученные линии пересечения, спроектированные на горизонтальную плоскость, будут горизонталями слоя, или изогипсами. Они же являются линиями простирания.

Линия падения - линия, проведенная перпендикулярно к линии простирания, лежащая в плоскости пласта и направленная в сторону его максимального наклона. Положение линии простирания и линии падения в пространстве определяется углом в градусах, который называется азимутом и отсчитывается по ходу часовой стрелки от северного направления до линии простирания или до проекции линии падения на горизонтальную плоскость.

Угол между линией падения слоя и ее проекцией на горизонтальную плоскость называется истинным углом падения слоя.

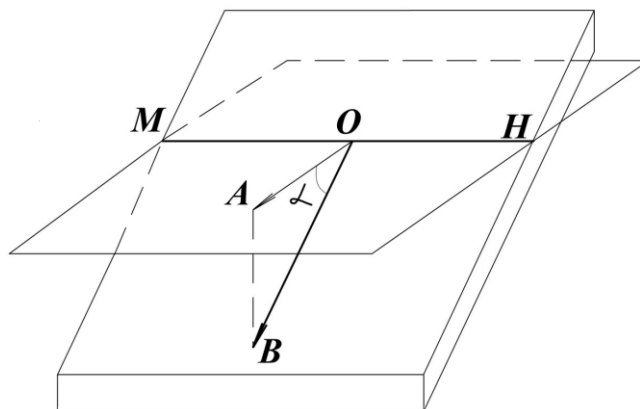


Рис.2. Элементы залегания слоя: MN - линия простирания; OB-линия падения; OA - проекция линии падения на горизонтальную плоскость; AOB - истинный угол падения пласта

Элементы залегания определяются в полевых условиях с помощью горного компаса, а также графических построений или аналитическими вычислениями.

4. Порядок выполнения работы.

Выполнение всей работы можно условно разделить на несколько этапов:

- а) нахождение линии простирания слоя;
- б) нахождение линии падения слоя;
- в) определение азимута падения слоя;
- г) определение угла падения слоя;
- д) определение глубины подсечения буровой скважиной кровли слоя;
- е) определение с помощью изогипс вертикальной мощности слоя.

Рассмотрим по порядку решение этих задач.

На геологической карте с топографической основой линию простирания можно получить путем соединения точек пересечения одноименной горизонтали с одноименной поверхностью слоя (кровли или подошвы). Все эти точки будут иметь одинаковые абсолютные отметки и принадлежать слою. Абсолютная отметка линии простирания (изогипса) будет равна абсолютной отметке горизонтали местности. Таким же образом на карте можно получить ряд линий простирания (изогипс) с различными абсолютными отметками.

Линия, проведенная перпендикулярно к линиям простирания в сторону уменьшения их абсолютных отметок, является линией падения слоя.

Для нахождения азимутов линии простирания и линии падения необходимо в точках пересечения восстановить линию «север-юг» и с помощью транспортира замерить угол между северным направлением меридиана и линиями падения и простирания. Это будут азимут линии падения и азимут линии простирания данного слоя.

Для нахождения истинного угла падения слоя на геологической карте пользуются заложением – проекцией отрезка линии падения слоя на горизонтальную плоскость, заключенного между двумя линиями простирания (изогипсами), проведенными по кровле или подошве слоя.

На карте строим прямоугольный треугольник заложения, в котором, один катет будет равен величине заложения (расстоянию между изогипсами на карте), а второй катет – сечению изогипс в масштабе карты. Угол в треугольнике между катетом, равным заложению, и гипотенузой будет равен истинному углу падения пласта

Аналитически тангенс угла падения слоя определяется по формуле:

$$\operatorname{tg} \alpha = v/a$$

где a - величина заложения; v – сечение изогипс (или разность отметок изогипс), в масштабе карты, α – угол падения пласта.

Глубину подсечения кровли слоя буровой скважиной по геологической карте определяем следующим образом. От устья скважины проводим перпендикуляр к ближайшей изогипсе слоя. От нее на перпендикуляре, в сторону скважины откладываем отрезки равные величине заложения и подписыва-

ем абсолютные отметки кровли слоя. Таким образом, определяем абсолютную отметку кровли слоя в скважине.

Глубина подсечения кровли слоя скважиной (А) будет представлять собой разность абсолютной отметки устья скважины (Z), снятой с топографической основы (по горизонталям местности), и абсолютной отметки кровли слоя в скважине ($Z_{\text{кровли}}$): $A = Z - Z_{\text{кровли}}$, где

A - глубина подсечения кровли слоя;

Z - абсолютная отметка устья скважины;

$Z_{\text{кровли}}$ - абсолютная отметка кровли слоя.

Вертикальная мощность слоя определяется с помощью изогипс путем вычисления разности абсолютных отметок данной изогипсы в кровле и подошве слоя (одна из абсолютных отметок зачастую определяется методом интерполяции).

На рис.3 изогипса в кровле пласта имеет абсолютную отметку : +60 (т. Р), а на подошве пласта эта же изогипса пересекает отметку +40 (т. М). Разность между отметками кровли и подошвы даст величину вертикальной мощности, равную 20 м.

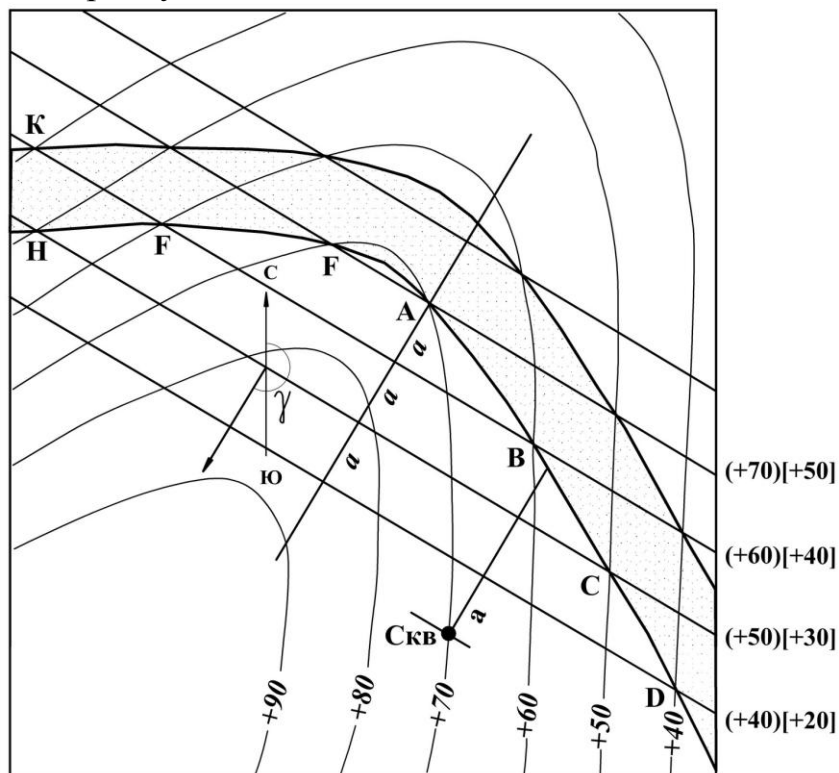


Рис.3. Определение элементов залегания слоя на геологической карте. В круглых скобках - значения изогипс кровли слоя, в квадратных - подошвы. Изогнутые оцифрованные линии - горизонтали рельефа местности

5. Оформление работы. Работа выполняется на учебной бланковой карте №6, на которую наносятся все графические построения. Изогипсы проводятся в пределах карты, не менее пяти для каждого пласта, а их значения подписываются вдоль рамки карты с внешней стороны. Абсолютная отметка кровли слоя в скважине, подписывается в круглых скобках под наименовани-

ем скважины.

Результаты расчетов и определений по всем трем слоям, оформить в виде таблицы (табл.1). Таблица располагается на обратной стороне карты.

Таблица 1

Но- мер слоя	Элементы за- легания слоя	Вертикаль- ная мощ- ность слоя, м	Определение подсечения кровли слоя скважиной:		
			Скважи- на...	Скважи- на...	Скважи- на...
1					
2					
3					

6. Варианты заданий.

Глубина подсечения кровли пластов определяется согласно вариантам:

Вар.	Задание			Вар.	Задание		
1	A-1	B-3	C-2	14	B-1	E-3	D-1
2	E-2	C-3	A-1	15	A-1	F-2	B-3
3	F-2	A-1	B-3	16	F-3	B-1	C-2
4	G-3	B-1	C-2	17	G-1	B-3	C-3
5	G-1	B-3	C-2	18	D-1	B-1	G-1
6	G-3	A-1	F-2	19	F-2	A-1	B-1
7	F-2	E-3	A-1	20	E-3	F-2	A-1
8	D-1	A-1	E-3	21	G-1	B-1	C-2
9	E-2	C-3	D-1	22	G-3	F-2	B-1
10	F-2	G-1	C-3	23	A-1	B-1	D-1
11	G-3	E-2	A-1	24	C-2	E-1	G-3
12	C-3	D-1	G-1	25	A-1	B-1	E-3
13	D-1	G-1	E-3	26	G-3	C-2	A-1

Литература: [1, с. 124-130, 133-135, 139-143]; [2, с.110-115, 119-120, 124-125, 128-129]; [3, с.94-102, 112-114, 118-121]; [4, с.55-59, 63-65, 67-68]; [5, с.3-12]; [6, с.115-123].

Лабораторная работа 2

ПОСТРОЕНИЕ ВЫХОДА НАКЛОННОГО СЛОЯ ПО ИЗВЕСТНЫМ ЕГО ЭЛЕМЕНТАМ ЗАЛЕГАНИЯ В ОДНОЙ ТОЧКЕ ВЫХОДА

1. Цель работы: овладение методикой нанесения выхода наклонного, слоя на топографическую основу по известным его элементам залегания в одной точке выхода и вертикальной мощности.

2. Необходимое оборудование и принадлежности: бланковая карта 4, карандаш, линейка, транспортир, измеритель.

3. Краткие теоретические сведения. При выполнении данной работы необходимо иметь представление о заложении, сведения о котором приведены в лабораторной работе I. Следует помнить, что величина заложения может изменяться в зависимости от угла наклона слоя, избранного вертикального сечения между горизонтальными плоскостями, пересекающими слой, масштаба, в котором производится построение, но она не зависит от формы рельефа. Между углом падения слоя и величиной заложения наблюдается обратная зависимость. С увеличением угла падения слоя величина заложения уменьшается и наоборот.

При увеличении расстояния между горизонтальными плоскостями, пересекающими слой, величина заложения также будет увеличиваться. Заложение широко используют в структурной геологии, в частности для нахождения элементов залегания слоя на геологической карте и для построения выхода слоя на поверхность по элементам залегания в одной точке.

4. Порядок выполнения работы.

Для построения полного выхода слоя с нанесением его кровли и подошвы нам необходимо знать, какой части слоя (кровле или подошве) принадлежит точка выхода, а также должна быть известна вертикальная мощность слоя.

В известной точке выхода слоя (см. вариант), например, т.А, проводим направление на север, от него, с помощью транспортира, откладываем азимут падения и проводим проекцию линии падения. Перпендикулярно ей, в точке выхода слоя А проводим линию простирания (от рамки до рамки карты).

Определяем величину заложения.

Графически величину заложения находим следующим образом. На полях карты проводим параллельные линии с расстоянием равным сечению горизонталей, взятому в масштабе карты. Например, горизонтали секут рельеф через 10 м, что в масштабе карты 1:5000 составит 2 мм и, следовательно, линии будут расположены через 2 мм друг от друга. На верхней линии произвольно выбираем точку А из которой транспортиром откладываем известный из условия истинный угол падения слоя и проводим слой АЕ (рис.4).

Через точки пересечения линии падения с горизонтальными линиями (точки А, Б, В, Г, Д, Е), перпендикулярно плоскости построений, будут проходить линии простирания слоя. Заключенные между линиями простирания отрезки (АБ,БВ,ВГ и т.д.) проектируются на горизонтальную плоскость. Получаем отрезок а, который будет величиной заложения при данном угле на-

клона слоя.

Аналитически величина заложения определяется по формуле:

$$a = v / \operatorname{tg} \alpha$$

где a - величина заложения; v – сечение изогипс (или разность отметок изогипс), в масштабе карты, α – угол падения пласта.

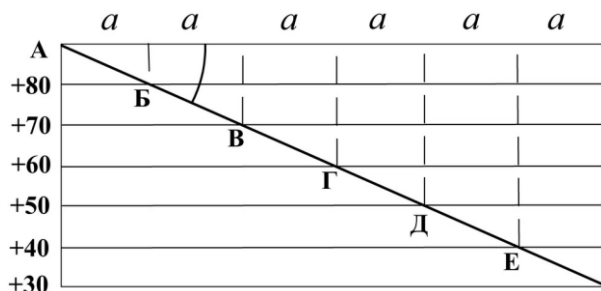


Рис.4. Определение величины заложения

Далее из точки выхода слоя А, по линии падения, откладываем величину заложения, как по падению, так и по восстанию слоя. Через полученные точки проводим линии простирания (стратоизогипсы) от рамки до рамки карты. На концах линий простирания за пределами рамки карты ставим их отметки. Отметки кровли - в круглых, подошвы - в квадратных скобках. Отметки изогипс в направлении падения будут уменьшаться, а в направлении восстания увеличиваться.

Находим точки пересечений изогипс слоя и горизонталей карты с одинаковыми отметками. Полученные точки являются точками выхода слоя. Соединяя их друг с другом, получаем линию выхода слоя на дневную поверхность. Если точка А принадлежала по условию кровле, то полученная линия выхода слоя будет кровлей слоя.

Для нанесения подошвы слоя, то есть, для получения полного выхода слоя на поверхность, необходимо найти одну точку, которая бы принадлежала подошве слоя. Для этой цели по одной из изогипс отложим известную по условию вертикальную мощность в сторону подошвы. Отметка точки подошвы, естественно, будет меньше отметки кровли на величину вертикальной мощности. Полученную отметку изогипсы, проходящей через точку подошвы, подписываем в квадратных скобках рядом со значением отметки изогипсы кровли (см. рис 2): От точки подошвы наносим положение подошвы данного слоя. Для этой цели продельвается та же операция, что и для нанесения кровли.

При соединении точек кривой возникают затруднения в местах, перегибов поверхности рельефа. В этом случае, чтобы точнее нанести положение слоя, либо строят дополнительные промежуточные горизонталы и изогипсы, либо проводят интуитивно плавную кривую, которая должна повторять все неровности рельефа на этом участке и не должна, естественно, пересекать горизонталы и изогипсы.

5. Оформление работы. Работа выполняется на бланковой карте №4 согласно индивидуальному заданию. При окончательном оформлении карта наклеивается на лист чертежной бумаги. На карте должны быть проведены тушью все изогипсы, подписаны их отметки в кровле и подошве (в пределах контуров построенного слоя). Кровлю и подошву слоя также аккуратно обводят тушью, а сам слой бледно подкрашивают цветным карандашом.

Под картой записываются условия работы. Справа или слева от карты располагается график заложения и расчет величины заложения аналитическим способом.

6. Варианты заданий

Номер варианта	Содержание задания
1	2
1	В точке Г обнажается светло-серый мергель; азимут падения, измеренные в подошве ЮВ 145°, угол падения 25°, вертикальная мощность 20 м.
2	В точке В наблюдается выход кровли красноцветной глины, азимут падения ее СВ 70°, угол падения 25°, вертикальная мощность 30 м.
3	В точке А обнажается известняк; азимут падения, замеренный в кровле СВ 20°, угол падения 20°, вертикальная мощность 20 м.
4	На топографической основе построить полный выход наклонного слоя с вертикальной мощностью 20м, подошва которого в точке А с элементами залегания: азимут падения СВ 30°, угол падения 25°.
5	В точке В обнажается глауконитовый песчаник; азимут падения, измеренный в подошве СВ 5°, угол падения 16°, вертикальная мощность 20 м.
6	В точке Г обнажается светло-серый мергель; азимут падения, измеренный в подошве ЮВ 150°, угол падения 30°, вертикальная мощность 30 м.
7	В точке В обнажается выход подошвы красноцветной глины; азимут падения ЮВ 170°, угол падения 20°, вертикальная мощность 30 м
8	В точке Б обнажается глауконитовый песчаник; азимут падения, замеренный в подошве СВ 15°, угол падения 26°, вертикальная мощность 20 м.
9	В точке Г обнажается слой песчаника; азимут падения, замеренный в подошве ЮВ 130°, угол падения 23°, вертикальная мощность 20 м.

1	2
10	В точке А обнажается слой известняка; азимут падения, измеренный в подошве СВ 30°, угол падения 25°, вертикальная мощность 20 м.
11	В точке В обнажается подошва красноцветной глины, азимут падения ЮЗ 190°, угол падения 15°, вертикальная мощность 20 м
12	В точке В обнажается слой розового известняка; азимут падения, замеренный в подошве, ЮЗ 185°, угол падения 30°, вертикальная мощность 20 м.
13	В точке Б обнажается глауконитовый песчаник; азимут падения, замеренный в кровле, ЮЗ 185°, угол падения 15°, вертикальная мощность 20 м.
14	В точке Б обнажается известняк; азимут падения, замеренный в подошве, СВ 30°, угол падения 30°, вертикальная мощность 30 м.
15	В точке А обнажается известняк; азимут падения, замеренный в почве, СВ 25°, угол падения 25°, вертикальная мощность 30 м.
16	В точке А обнажается известняк; азимут падения, замеренный в кровле, СВ 25°, угол падения 15°, вертикальная мощность 30 м.
17	В точке Г обнажается светло-серый мергель; азимут падения, измеренный в подошве, ЮВ 145°, угол падения 18°, вертикальная мощность 20 м.
18	В точке А обнажается известняк; азимут падения, измеренный в кровле, СВ 15°, угол падения 15°, вертикальная мощность 20 м.
19	В точке Б обнажается глауконитовый песчаник; азимут падения, замеренный в подошве, СВ 10°, угол падения 10°, вертикальная мощность 20 м.
20	В точке А обнажается известняк; азимут падения, замеренный в почве, СВ 20°, угол падения 20°, вертикальная мощность 20 м.
21	В точке А обнажается известняк; азимут падения, замеренный в почве, СВ 35°, угол падения 30°, вертикальная мощность 30 м.
22	В точке Г обнажается светло-серый мергель; азимут падения, измеренный в подошве, ЮВ 100°, угол падения 25°, вертикальная мощность 30 м.
23	В точке В обнажается известняк, азимут падения, замеренный в почве, СВ 30°, угол падения 30°, вертикальная мощность 10 м.

1	2
24	В точке Г обнажается слой песчаника. Азимут падения, замеренный в подошве, ЮЗ 130°, угол падения 30°, вертикальная мощность 20 м.
25	В точке Б обнажается розовый известняк. Азимут падения, замеренный в подошве, СВ 20°, угол падения 15°, вертикальная мощность 20 м.

Литература: [1, с. 140-142]; [2, с. 125-128]; [3, с.112-116]; [4, с. 66-69].

Лабораторная работа 3
ОПРЕДЕЛЕНИЕ ЭЛЕМЕНТОВ ЗАЛЕГАНИЯ ПЛАСТА ПО ДАННЫМ
ТРЕХ БУРОВЫХ СКВАЖИН

1. Цель работы: овладение приемами определения элементов залегания пласта по данным подсечения его тремя вертикальными буровыми скважинами, не лежащими на одной прямой, методом графических построений.

2. Краткие теоретические сведения: излагаются в лабораторной работе 1.

3. Порядок выполнения работы. В таблицу исходных данных (табл.2) вписываем вычисленные абсолютные отметки кровли пласта по всем трем буровым скважинам. Абсолютные отметки определяются путем вычитания из значения координаты устья скважины (Z) глубины подсечения скважиной кровли пласта (A). Например, координата устья скважины $Z = +210$ м, глубина подсечения скважиной кровли пласта $A = 215$ м. Абсолютная отметка кровли пласта $Z_{\text{кровли}} = +210 - (215) = -5$ м.

В соответствии со значениями координат X и Y наносим на чертеж положение буровых скважины (A, B, C), располагая абсциссу Y горизонтально, а ординату X - вертикально. Построения производятся в произвольно выбранном масштабе (1:1000, 1:2000; 1:5000 или 1:10000). Скважины, располагаются в вершинах разностороннего треугольника. Решение данной задачи можно осуществить несколькими способами. Способ I и II - методы разности отметок, способ III - метод касательных.

Способ I. Соединяем прямой линией скважины с максимальной и минимальной абсолютными отметками кровли пласта (скважины A и C) (рис.5). Из этих же скважин (A и C) восстанавливаем в разные стороны перпендикуляры и откладываем на них отрезки, равные разности абсолютных значений пласта между скважинами A и B, C и B в принятом масштабе. Получаем точки A' и C' . Полученные точки A' и C' соединяем прямой линией, которая будет пересекать линию AC в точке D .

Проведенная нами, интерполяция абсолютных отметок в скважинах A и C позволила определить абсолютную отметку точки D , которая будет равна абсолютной отметке скважины B .

Полученную точку D соединяем с точкой B . Обе точки лежат в плоскости пласта и имеют одинаковые абсолютные отметки. Линия, их соединяющая, будет, таким образом, горизонтальной, то есть линией простирания пласта.

Проводим из любой скважины (A или C) перпендикуляр к линии простирания в сторону, меньшей абсолютной отметки, и получаем проекцию линии падения пласта на горизонтальную плоскость (на карту).

Восстановив направление на север, определяем, с помощью транспортира, азимут падения пласта.

Для нахождения угла падения необходимо радиусом, соответствующим проекции линии падения AE , провести дугу до пересечения с линией AC .

Полученную точку F соединяем с точкой A_1 . В образовавшемся треугольнике AA_1F угол AFA_1 будет истинным углом падения пласта α .

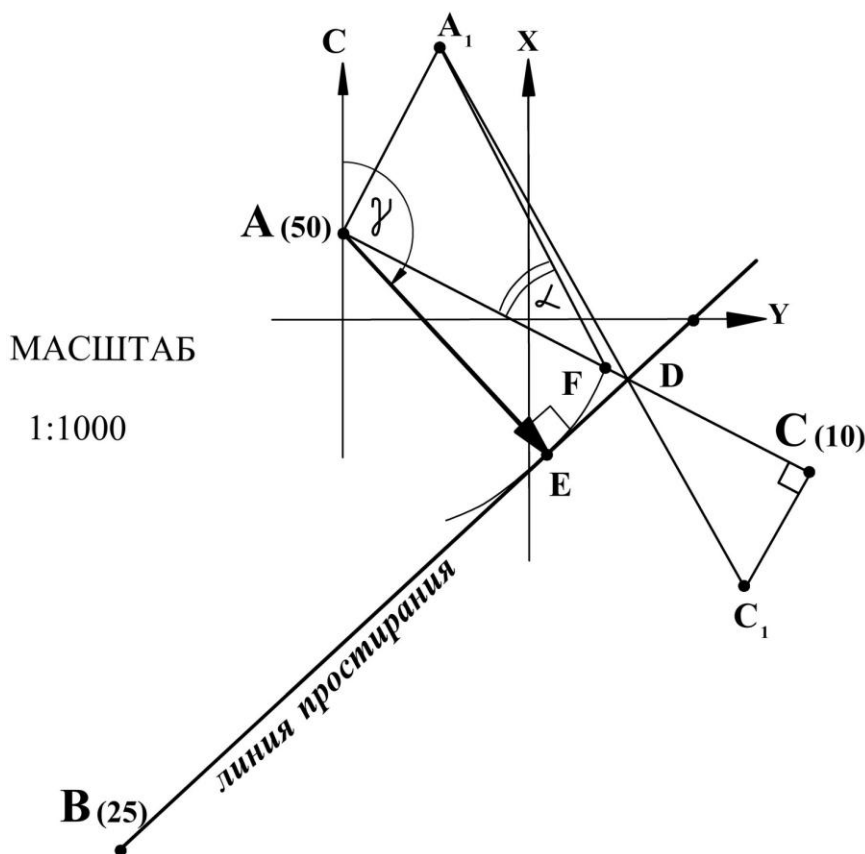


Рис.5 Способ разности отметок I

Способ II. Соединяем прямой линией скважины с максимальной и средней абсолютными отметками кровли пласта (скважины A и B).

В точках A и B восстанавливаем перпендикуляры в одну сторону и на них откладываем отрезки, соответствующие разности абсолютных отметок скважин A и C, B и C в выбранном масштабе (рис.6). Полученные точки A' и B' соединяем линией, которую продолжаем до пересечения с линией AB в точке D. Абсолютная отметка точки D будет такой же, как и абсолютная отметка скважины C.

Линия, проведенная через точки C и D, будет линией простирания пласта, так как точки D и C принадлежат пласту и имеют одинаковые абсолютные отметки.

Из точки A восстанавливаем перпендикуляр на линию простирания. Получаем проекцию линии падения AE. Направление падения - в сторону меньшей абсолютной отметки.

В точке A восстанавливаем положение меридиана и находим азимут падения, с помощью транспортира.

Для нахождения угла падения необходимо найти угол между линией падения и ее проекцией на горизонтальную плоскость, т.е. на карту. Откладываем в масштабе карты, вдоль линии простирания, от точки E расстояние

равное превышению точки А над точкой Е (см. рис.6). Полученную точку F соединяем с точкой А. В образовавшемся треугольнике угол FAE будет истинным углом падения пласта α .

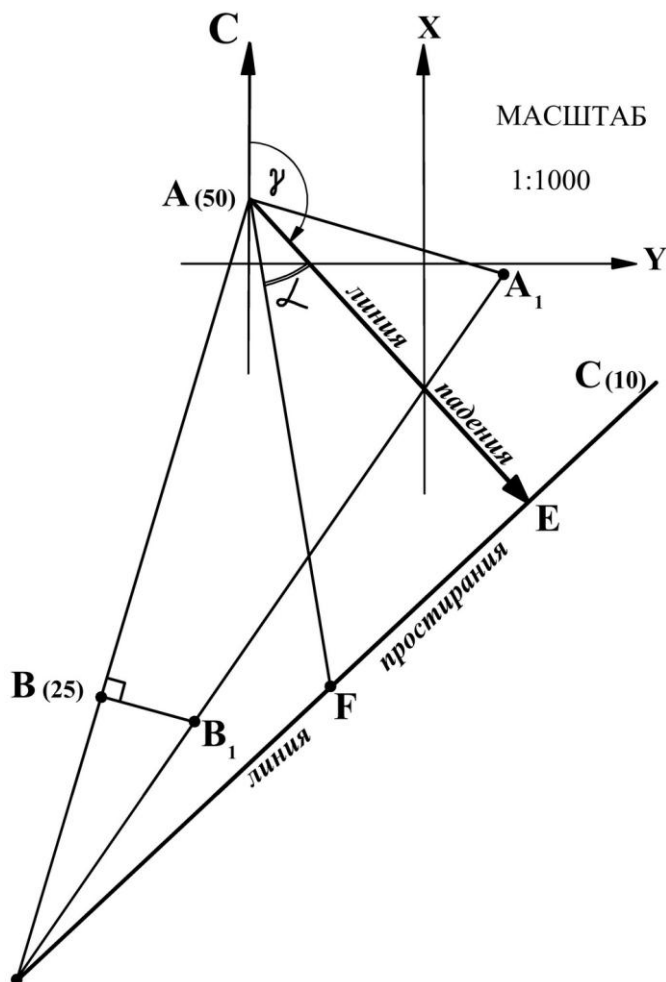


Рис.6 Способ разности отметок II

Способ III. Вокруг каждой скважины, в масштабе построений (рис.7), описываем окружности радиусом, соответствующим абсолютным отметкам кровли пласта в скважинах.

Проводим касательные между каждой парой окружностей до их пересечения в точках n_1 , n_2 и n_3 . Полученные точки, будут иметь одинаковые абсолютные отметки (± 0) и лежать на одной прямой, то есть на линии простиранья.

Опускаем на линию простиранья перпендикуляр, например, из точки В в сторону меньшего абсолютного значения. Получаем на линии простиранья точку К. Отрезок ВК – проекция линии падения пласта.

Для нахождения угла падения пласта, в точке В восстанавливаем перпендикуляр к проекции линии падения до пересечения его с окружностью, проведенной вокруг точки В. Полученную точку Е соединяем с точкой К. Угол ВКЕ является истинным углом падения пласта α .

Результаты определений элементов залегания различными способами по одним и тем же исходным данным не должны отличаться более чем на 2-3°.

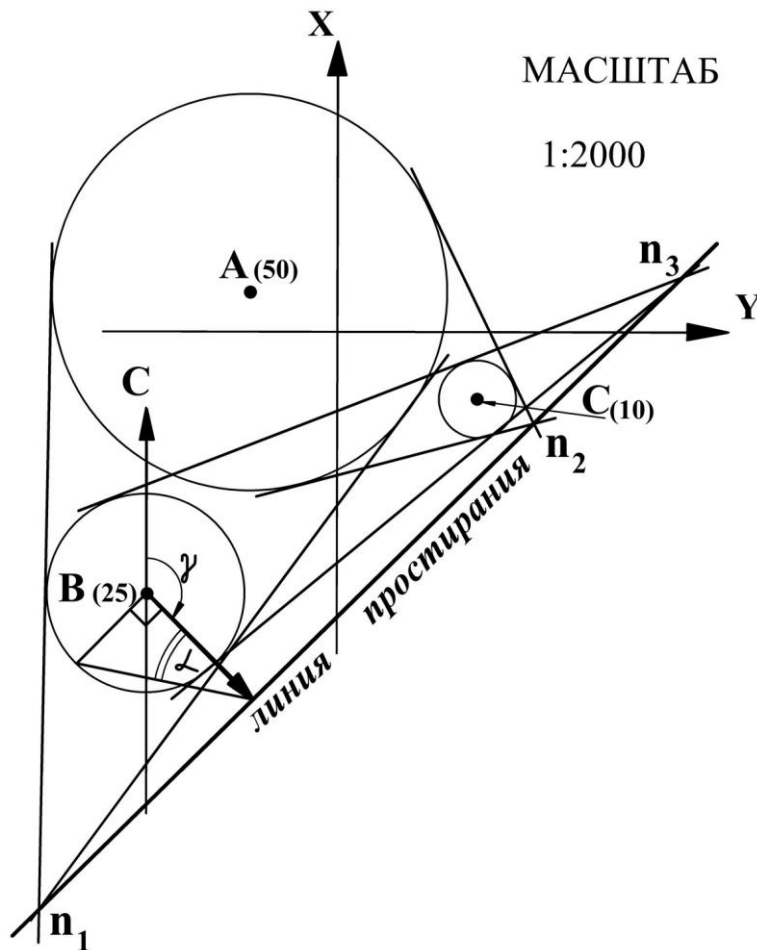


Рис. 7 Способ окружностей

4. Оформление работы. Работа выполняется на двух-трех листах чертежной бумаги формата А4. На одном из листов приводится таблица с исходными данными по форме:

Таблица 2.

Скважины	Координаты			Глубина подсечения кровли, в м, А.	Абсолютная отметка кровли пласта, в м, Z_1
	X	Y	Z		
А					
В					
С					

5. Варианты заданий.

Определить элементы залегания угольного пласта по трем буровым скважинам А, В и С по данным координат и глубинам залегания пласта в

скважинах:

Вариант	Скважины	Координаты			Глубина подсечения кровли, в м.
		X	Y	Z	
1	A	+44	-27	+76	46
	B	-64	+22	+86	21
	C	+34	+108	+108	23
2	A	+34	-17	+46	22
	B	-54	+12	+72	28
	C	+22	+98	+83	19
3	A	-125	-75	+505	100
	B	+145	+130	+390	180
	C	-25	+230	+210	110
4	A	-252	-318	+108	42
	B	-97	+254	+143	25
	C	+524	+201	+217	29
5	A	-65	-15	+90	70
	B	+15	-45	+167	117
	C	-45	+20	+135	55
6	A	+44	-27	+76	44
	B	-64	+22	+92	28
	C	+32	+108	+110	25
7	A	+34	-17	+56	34
	B	-54	+12	+72	18
	C	+22	+98	+93	19
8	A	+60	+59	+24	60
	B	+44	-48	+27	37
	C	-40	+29	+36	19
9	A	+67	-96	+348	338
	B	+67	-46	+352	412
	C	+17	-96	+237	207
10	A	-17	+34	+50	22
	B	+12	-54	+72	28
	C	+98	+22	+83	19
11	A	-220	+350	+520	110
	B	-445	-115	+450	240
	C	+350	-335	+390	270
12	A	+42	-48	+15	39
	B	+25	+39	+18	26
	C	-22	+18	+20	10
13	A	+59	-10	+70	45
	B	+20	-30	+147	87
	C	+33	+14	+116	36

14	A	-48	+42	+16	41
	B	+39	+25	+18	58
	C	+18	-22	+10	22
15	A	-15	+65	+90	70
	B	-45	+15	+167	117
	C	+20	-45	+125	90
16	A	-20	+35	+50	20
	B	+15	-60	+75	31
	C	+100	+21	+81	18
17	A	-15	+55	+90	70
	B	-45	+15	+165	115
	C	+20	-45	+135	45
18	A	-252	-318	+108	48
	B	-97	+254	+143	23
	C	+524	+201	+217	27
19	A	+350	-220	+520	110
	B	-115	-345	+450	240
	C	-335	+350	+390	270
20	A	-58	+62	+25	59
	B	+49	+45	+28	38
	C	+28	-42	+35	20
21	A	-175	-75	+510	115
	B	+145	+130	+480	230
	C	-125	+230	+380	270
22	A	-75	-125	+505	100
	B	+130	+145	+415	180
	C	+230	-25	+220	110
23	A	-20	+50	+20	40
	B	-13	-15	+40	10
	C	+50	-35	+90	30
24	A	+41	+18	+72	62
	B	-12	-40	+115	35
	C	-41	+18	+98	48
25	A	+62	-58	+25	59
	B	+45	+49	+28	38
	C	-42	+28	+35	20

Литература: [1, с. 130-131]; [2, с. 115-116]; [3, с.107-108]; [4, с. 59-60].

Лабораторная работа 4
ОПРЕДЕЛЕНИЕ ЭЛЕМЕНТОВ ЗАЛЕГАНИЯ СЛОЯ ПО ДВУМ ВИДИМЫМ
ПАДЕНИЯМ (ДВУМ СМЕЖНЫМ ВЕРТИКАЛЬНЫМ СТЕНКАМ ШУРФА)

I. Цель работы: овладение приемами графического и аналитического определения истинных элементов залегания слоя по видимым элементам, замеренным в двух смежных вертикальных стенках шурфа.

2. Необходимое оборудование и принадлежности: карандаш, линейка, циркуль, транспортир, два листа чертежной бумаги формата А4, таблицы тригонометрических функций.

3. Краткие теоретические сведения.

Векторы наклона плоскости кровли (подошвы) слоя, установленные в стенах шурфа, карьера, берегового обнажения, в сечениях, не перпендикулярных простиранию, представляют собой частные (видимые) линии падения (рис.8). Азимуты (γ_1, γ_2) и углы (α_1, α_2) видимых падений в полевых условиях определяются горным компасом. Они могут быть сняты также с помощью транспортира с имеющихся в геологической документации зарисовок горной выработки, карьера, и пр. Стенки, в которых определяются видимые элементы залегания, должны быть вертикальными, взаимная перпендикулярность их не обязательна. Очевидно, что направления видимых падений и ориентировка стенок шурфа, в которых они замерялись, совпадают.

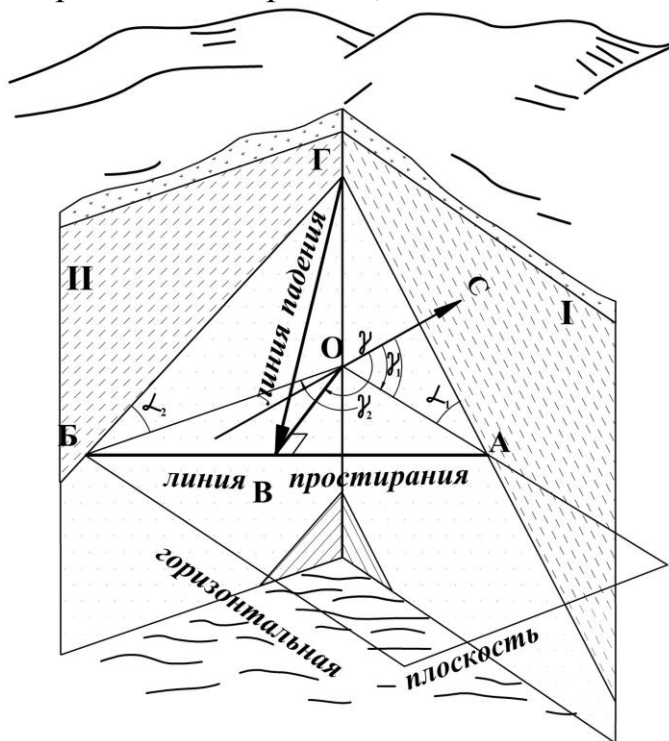


Рис.8. Соотношение видимых ($\gamma_1, \alpha_1; \gamma_2, \alpha_2$) и истинных (γ, α) элементов залегания кровли слоя в смежных стенках шурфа.

4. Порядок выполнения работы. Для определения истинных элементов залегания слоя мысленно рассекаем стенки шурфа (см.рис.8) горизонтальной плоскостью (БОА) так, чтобы она пересекала слой в обеих замеренных стен-

ках. Линия простирания AB соединяет точки пересечения кровли слоя с горизонтальной плоскостью. Перпендикуляр к линии простирания, направленный по падению слоя – линия падения слоя $ГВ$. Тогда γ и α – соответственно азимут и угол истинного падения. Истинный угол падения всегда превышает каждый из видимых углов.

Определить численно истинные элементы залегания слоя по видимым можно графическим способом, способом тангенсов или котангенсов.

Графический способ. Изобразим треугольники $АГО$, $БГО$, $ВГО$ (см. рис.8) на горизонтальной плоскости. Общая сторона их $ГО$ соответствует радиусу окружности на рис.9. Через центр окружности O проводим меридиан, из точки O с помощью транспортира проводим векторы OA и OB , направления которых соответствуют азимутам видимых падений (γ_1, γ_2), т.е. ориентировке соответствующих стенок шурфа. Из точки O направляем перпендикуляры к векторам до пересечения с окружностью в точках Γ' и Γ'' . В обеих этих точках транспортиром откладываем углы, дополнительные к углам видимых падений ($90-\alpha_1, 90-\alpha_2$). Стороны построенных углов продолжаем до пересечения с направлениями видимых падений в точках A и B и соединяем последние прямой, которая является линией простирания слоя. Перпендикуляр OB на прямую AB – проекция линии падения слоя. Замеренный транспортиром угол ориентировки линии OB по отношению к меридиану – истинный азимут падения слоя γ . Через точку O проводим перпендикуляр к линии OB до пересечения с окружностью в точке Γ''' , последнюю соединяем с точкой B . Угол $OB\Gamma''' = \alpha$ – истинный угол падения слоя, замеряем его величину с помощью транспортира.

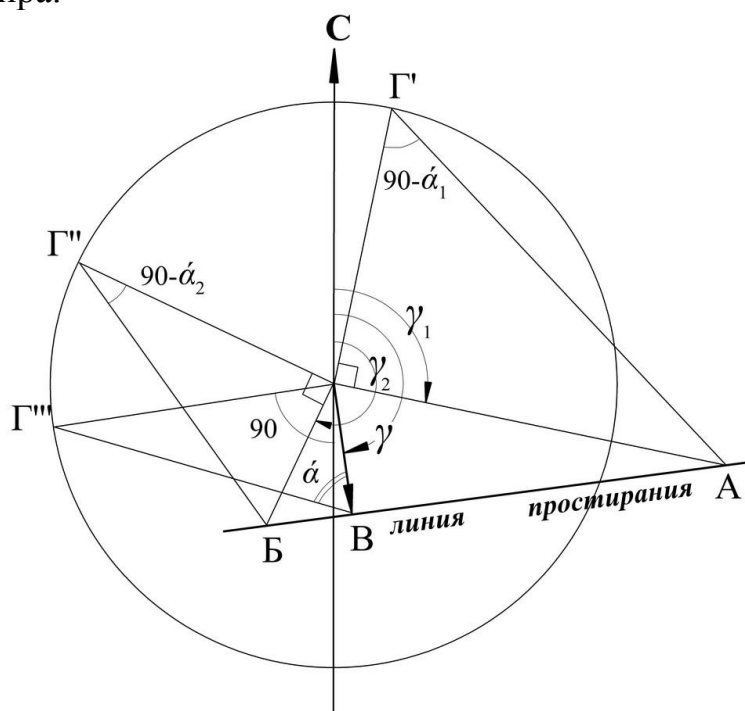


Рис. 9. Графический способ определения элементов залегания слоя по двум видимым падениям

Способ тангенсов. От истинного меридиана в точке O с помощью транспортира проводим два вектора, направления которых соответствуют азимутам видимых падений (рис.10). Определяем по таблицам тригонометрических функций тангенсы углов видимых падений, выбираем в зависимости от их величин масштаб изображения и откладываем на построенных векторах отрезки OA и OB , равные значениям тангенсов. Например, $\alpha_1=35^\circ$, $\alpha_2=65^\circ$, $tg\alpha_1=0,7$, $tg\alpha_2=2,14$. В выбранной масштабе - $OA=7$ мм (графическое выражение величины $tg\alpha_1$), $OB=21,4$ мм (графическое выражение $tg\alpha_2$). В точках A и B восстанавливаем перпендикуляры к векторам OA и OB до их пересечения в точке V . Проводим вектор OV , который является направлением истинной линии падения, определяем транспортиром истинный азимут падения γ . Графически вектор OV (длина его 25 мм) представляет собой тангенс истинного угла падения α . В соответствии с принятым масштабом $tg\alpha=2,5$, тогда (по тригонометрическим таблицам) $\alpha=68^\circ$.

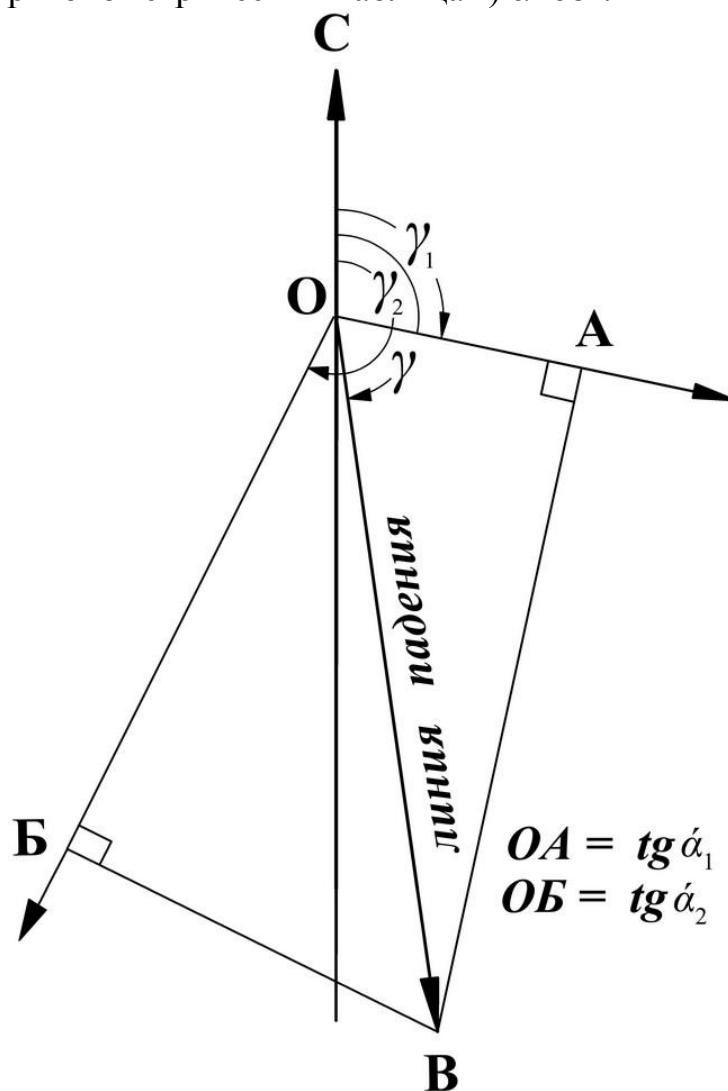


Рис. 10 Способ тангенсов

Способ котангенсов. От истинного меридиана проводим направления азимутов видимых падений γ_1, γ_2 , ограничивая их отрезками $OA = OB = ctg\alpha_1$ и

$OB = ctg \alpha_2$, масштаб построений выбираем в зависимости от значений котангенсов (рис.11). Линия АБ является направлением простирания, перпендикуляр к ней ОВ - направление истинного падения, γ - азимут истинного падения. Длина отрезка ОВ в принятом масштабе - котангенс истинного угла падения α .

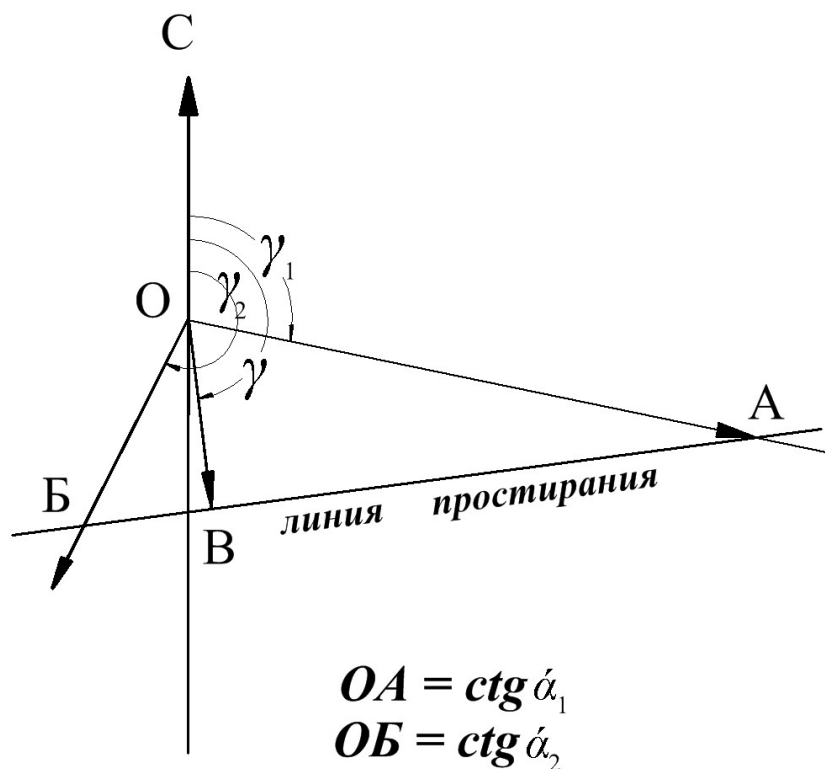


Рис.11 Способ котангенсов

5. Оформление работы. Работа оформляется тушью на одном или на двух (в зависимости от масштаба построений) листах чертежной бумаги формата А4. В заглавии подписывается наименование метода, которым произведено определение истинных элементов залегания. Под чертежами приводятся установленные значения γ и α . Величины γ и α по различным определениям должны совпадать (допустимы отличия 2-3°). На одном из листов записывается условие задачи (исходные значения $\gamma_1, \alpha_1; \gamma_2, \alpha_2$).

6. Варианты заданий:

Вариант	Азимуты видимого падения, γ_1 и γ_2		Углы видимого падения, α_1 и α_2	
	Стенка I	Стенка II	Стенка I	Стенка II
1	СВ 45	ЮВ 145	20	15
2	СЗ 302	СВ 37	12	23
3	ЮЗ 260	СЗ 350	25	45
4	ЮВ 175	СВ 85	42	19

5	ЮВ 127	ЮЗ 219	27	41
6	ЮВ 165	СВ 71	22	37
7	СВ 52	ЮВ 147	25	17
8	СЗ 281	ЮЗ 197	19	54
9	СВ 30	ЮВ 125	15	20
10	СЗ 302	СВ 27	22	13
11	ЮВ 165	СВ 65	33	19
12	ЮЗ 190	ЮВ 97	19	44
13	СВ 42	ЮВ 127	15	12
14	ЮЗ 230	ЮВ 150	15	30
15	ЮВ 132	ЮЗ 225	40	34
16	СВ 10	ЮВ 105	13	40
17	СВ 30	ЮВ 132	45	11
18	СЗ 331	СВ 62	28	34
19	ЮЗ 251	СЗ 341	25	38
20	ЮЗ 190	СЗ 279	34	32
21	СЗ 352	ЮВ 85	17	44
22	ЮЗ 201	СЗ 294	46	23
23	СВ 13	ЮВ 105	49	38
24	ЮВ 179	СЗ 272	34	19
25	СВ 45	СЗ 321	28	37

Литература: [1, с.130-133]; [2, с.117-119]; [3, С.102-105]; [4, с. 60-62].

Лабораторная работа 5

АНАЛИЗ ГЕОЛОГИЧЕСКОЙ КАРТЫ С ГОРИЗОНТАЛЬНЫМ ЗАЛЕГАНИЕМ СЛОЕВ И ПОСТРОЕНИЕ РАЗРЕЗА

1. Цель работы: изучение признаков горизонтального залегания слоев на геологической карте и овладение методикой построения геологических разрезов по картам горизонтально залегающих толщ.

2. Краткие теоретические сведения. Горизонтальное залегание является простейшей формой залегания осадочных горных пород.

При горизонтальном залегании абсолютные высоты границ между слоями приблизительно одинаковые. Это можно установить следующим образом:

2.1. Если геологическая карта выполнена на топографической основе, на которой рельеф местности изображен с помощью горизонталей, то границы слоев при горизонтальном их залегании должны совпадать или быть параллельными горизонталям местности.

2.2. При горизонтальном положении осадочных толщ каждый нижележащий слой является более древним, чем перекрывающий. Соотношения разновозрастных слоев с элементами рельефа характеризуются расположением древних слоев в пониженных участках, а наиболее молодых - на возвышенных участках рельефа.

2.3. На геологических картах, на которых рельеф местности не изображен, горизонтальное залегание слоев может быть установлено предположительно по косвенным признакам. Если местность имеет достаточно расчлененный рельеф, то границы горизонтально залегающих слоев будут повторять очертания речной сети или основных форм овражно-балочного рельефа. При этом в наиболее низких точках рельефа всегда будут располагаться более древние коренные породы, а на водоразделах – самые молодые. При выровненном рельефе широкое развитие на поверхности будут иметь слои даже относительно небольшой мощности, но залегающие горизонтально.

2.4. При изучении данных буровых скважин горизонтальное положение слоев определяется по совпадению высот выбранной границы между слоями не менее чем в трех вертикальных скважинах.

3. Порядок выполнения. Построение геологического разреза выполняется по учебной геологической карте 3. В западной части карты показаны горизонтально лежащие слои, центральная и восточная часть карты свободна от геологической нагрузки. В центральной части карты проходит вертикальный сброс меридианального простирания. Амплитуда и знак вертикального перемещения восточного блока нарушения задается преподавателем.

Требуется распространить геологические границы на большую правую часть карты, учитывая существование сброса; построить геологический разрез и стратиграфическую колонку.

Работу рекомендуется выполнять в следующей последовательности.

Высотные отметки, необходимые для проведения геологических границ, находят на карте путем интерполяции отметок между горизонталями.

По данным отметкам проводят границы выходов слоев в западном блоке разрыва.

Затем рассчитывают высотные отметки геологических границ в восточном крыле сброса, изменяя их на величину амплитуды нарушения: увеличивая их в случае, если восточное крыло поднято, и уменьшая, если опущено.

По рассчитанным отметкам проводят границы слоев в восточном блоке.

Вычерчивают и заполняют стратиграфическую колонку. Сначала в столбце "колонка" необходимо в выбранном масштабе отложить мощности стратиграфических подразделений, начиная с молодых, и указать значения мощностей в столбце "мощность". В столбце "колонка" провести границы между стратиграфическими подразделениями прямой линией (согласное залегание). Эти границы продолжить до пересечения со столбцами "мощность", "характеристика пород", "индекс", "отдел", "система". Затем в выделенных интервалах всех столбцов сделать необходимые записи, а в столбце "колонка" условными знаками показать литологический состав пород.

Строится и вычерчивается геологический разрез. При горизонтальном залегании геологические разрезы строят обычным способом. Выбирается горизонтальный и вертикальный масштабы. Вертикальный масштаб зависит от мощностей, изображаемых на разрезе слоев или стратиграфических подразделений. Следует стремиться, чтобы вертикальный масштаб разреза был равен масштабу карты. Вначале вычерчиваем топографический профиль земной поверхности, а затем сносим на этот профиль точки пересечения геологических границ с линией разреза. По полученным точкам строим границы на разрезе.

Под разрезом составляются и вычерчиваются условные обозначения, включающие описание пород с их названиями и возрастной привязкой.

Делаются все зарамочные построения и надписи. Вся работа обводится тушью, после этого раскрашиваются геологическая карта, условные обозначения и геологический разрез.

4. Оформление работы. Работа выполняется на 3 листах чертежной бумаге формата А4. Необходимо обращать внимание на правильное оформление работы. В начале и в конце линии разреза ставится ориентировка по сторонам света. На обоих концах разреза подписываются высотные отметки, а в пределах подземной части разреза проводятся через 1 см горизонтальные линии. Горизонтальная линия с нулевой отметкой (± 0) проводится и подписывается красным цветом. В подзаголовке к разрезу приводятся числовой горизонтальный и вертикальный масштабы. На разрезе наносятся индексы, соответствующие возрастным индексам изображенных пород, производится окраска разновозрастных толщ в соответствии с геохронологической шкалой.

6. Варианты заданий. Амплитуда разрыва и линия разреза указываются преподавателем.

Литература: [1, с.112-116, 122-123]; [2, с.99-103, 105-106]; [3, с.56-65]; [4, с.53-55]; [6, с.113-115].

Лабораторная работа 6
АНАЛИЗ ГЕОЛОГИЧЕСКОЙ КАРТЫ С МОНОКЛИНАЛЬНЫМ ЗАЛЕГАНИЕМ СЛОЕВ ПРИ НАЛИЧИИ УГЛОВОГО НЕСОГЛАСИЯ, ПОСТРОЕНИЕ ГЕОЛОГИЧЕСКОГО РАЗРЕЗА

1. Цель работы: выработка навыков чтения и анализа геологических карт с моноклиналильным залеганием слоев, установление и анализ углового несогласия, овладение методикой построения разрезов по данным картам.

2. Необходимое оборудование: бланковая карта 9-1 масштаба I: 50000 либо 9-2 масштаба 1:25000, 3 листа чертежной бумаги формата А4, карандаш, линейка, транспортир, измеритель, таблица тригонометрических функций.

3. Краткие теоретические сведения

Наклонное, или моноклиналильное, залегание слоев горных пород наблюдается тогда, когда слои на обширных пространствах наклонены в одном направлении. Например, в Крыму и на Северном Кавказе толщи меловых и палеогеновых пород повсеместно наклонены на север-северо-восток с углами падения 30° . Положение наклонно залегающих слоев в пространстве определяется с помощью горного компаса, по двум видимым наклонам в стенах шурфа (см. лабораторную работу 4), по данным трех буровых скважин (см. лабораторную работу 3) либо путем анализа геологической карты с горизонталями (см. лабораторную работу I).

Выход наклонно залегающего пласта на геологической карте при расчлененном рельефе будет иметь сложную конфигурацию, зависящую от угла наклона пласта и форм рельефа местности. Ширина выхода пласта на поверхности будет тем больше, чем больше истинная мощность, и увеличивается при выполаживании рельефа местности.

Несогласное залегание слоев образуется при нарушении стратиграфической последовательности слоев вследствие перерывов в осадконакоплении.

При несогласном залегании выделяется поверхность несогласия, условно совпадающая с подошвой нижнего слоя осадочной толщи, формирование которой возобновилось после перерыва в осадконакоплении.

Несогласное залегание (несогласие) может быть параллельным, когда серии слоев, налегающие выше и ниже поверхности несогласия, параллельны друг другу, и угловым, когда перерыв наблюдается между осадочными толщами, имеющими разные углы наклона. При угловом несогласии поверхность несогласия срезает под углом различные горизонты более древней толщи и проходит параллельно границам верхней, более молодой толщи. Угловое несогласие будет слабым при угле несогласия до 30° и резким - при угле свыше 30° .

Порядок выполнения работы. Прежде всего, произведем анализ бланковой карты и проведем карандашом линию несогласия по подошве наиболее древнего слоя более молодой толщи (по легенде к карте – это подошва слоя 4). Более молодая толща располагается в северо-восточной и восточной час-

тях площади, более древняя – палеозойская, в западной и юго-западной частях.

Затем определяем элементы залегания обеих толщ по методике, аналогичной использованной в лабораторной работе I. Для этого:

1. Проводим для ниже лежащей толщи изогипсы любого пласта (его кровли или подошвы). Изогипсы проводятся только в пределах поля выходов толщи (рис.12). Подписываем изогипсы карандашом и определяем направление падения.

2. Проводим линию падения (ее горизонтальную проекцию) и показываем направление падения стрелкой. От начала линии падения проводим положение меридиана и показываем азимут падения. Определяем его значение с помощью транспортира.

3. Определяем величину вертикального сечения изогипс в масштабе карты, учитывая, что сечение рельефа местности и, соответственно, изогипс составляет 100 м, а масштаб карты равен 1:25000 (в 1 см - 250 м). Строим прямоугольный треугольник заложения на двух соседних изогипсах, один его катет - расстояние между соседними изогипсами на карте (величина заложения), другой - графическое выражение сечения изогипс в масштабе карты. Замеряем транспортиром угол падения - α , который в треугольнике находится между гипотенузой и катетом, равным заложению.

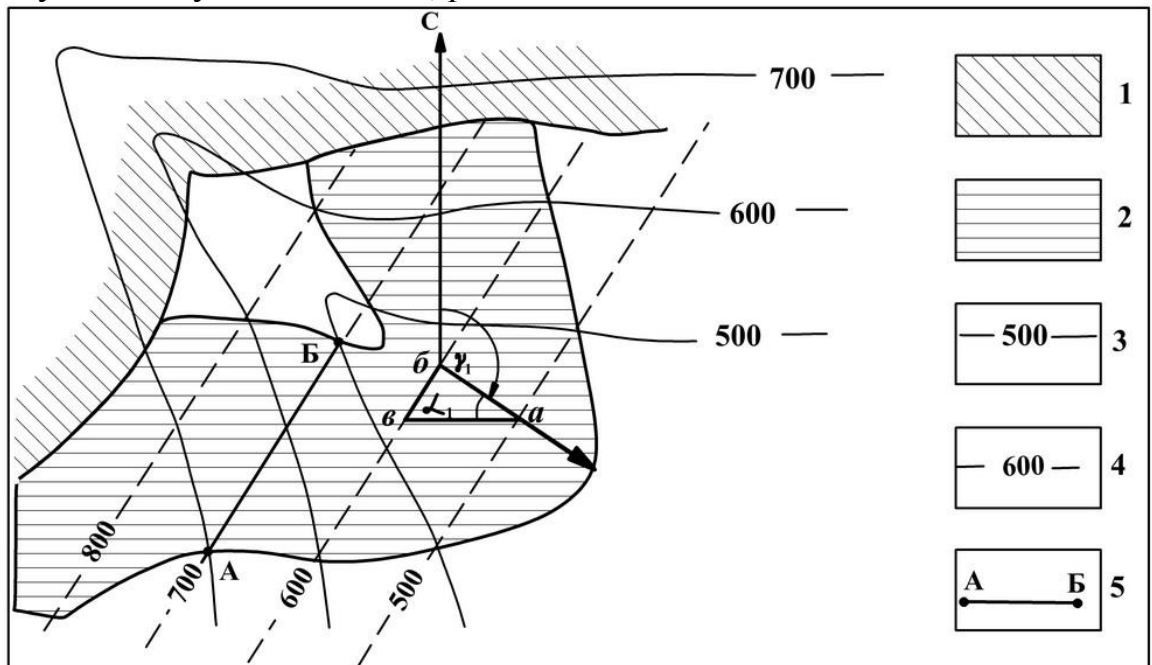


Рис.12. Графические построения при определении элементов залегания и вертикальной мощности слоев нижней толщи:

I - верхняя толща; 2 - слой нижней толщи; 3 - горизонтали рельефа местности; 4 - изогипсы кровли слоя нижней толщи; 5 - участок изогипсы между кровлей и подошвой слоя, по которому определяется его вертикальная мощность; аб - заложение, бв - графическое выражение сечения изогипс в масштабе карты.

Вертикальная мощность слоя равна: $700 \text{ м} - 500 \text{ м} = 200 \text{ м}$.

4. Прodelываем те же операции для верхней, более молодой толщи.

Построение фиксируем на карте, показывая графически азимуты линий падения и углы падения.

Затем производим определение вертикальной мощности слоев более древней и более молодой толщ по методике, изложенной в задании 4. Мощности определяется как разность отметок горизонталей между точками выходов кровли и подошвы данного слоя, расположенных на одной и той же изогипсе (см.рис.). Вертикальные мощности наиболее древнего и наиболее молодого слоев нижней толщи (слой 9 и 5) и наиболее молодого слоя верхней толщи не могут быть установлены вследствие того, что пласт в рельефе полностью не вскрыт: в пластах I и 5 отсутствуют выходы на поверхность кровли, в пласте 9 – подошва.

Пересчитываем вертикальные мощности на истинные (прил. I);

$$H_{\text{ист}} = H_{\text{верт}} \cdot \cos \alpha,$$

где α - угол падения слоев соответствующей толщи;

$H_{\text{ист}}$ - истинная мощность соответствующего слоя;

$H_{\text{верт}}$ - вертикальная мощность соответствующего слоя.

Затем производится построение вертикального разреза по линии; заданной преподавателем. Вертикальный масштаб разреза принимается равным горизонтальному.

В сечениях разреза, не совпадающих с падением пород, угол падения будет искажен. Искаженные в плоскости вертикального разреза тангенсы углов падения пород можно определить по формуле:

$$\operatorname{tg} \alpha_{\text{вид}} = \operatorname{tg} \alpha_{\text{ист}} \cdot \cos \beta,$$

где $\alpha_{\text{вид}}$ - угол падения в плоскости разреза в сечении, не совпадающем с падением слоев

$\alpha_{\text{ист}}$ - истинный угол падения пород;

β - угол между направлением разреза и направлением падения пород.

Угол в косом сечении может определяться при построении разреза по специальным монограммам.

На разрезе вначале изображаются слои верхней толщи, до поверхности несогласия. Затем, по имеющимся выходам на поверхность слоевых границ нижней толщи, пользуясь также рассчитанными углами падения, показываем слои нижней толщи, продолжая их до поверхности несогласия (последней они будут срезаться). Контролем правильности построения разреза является соблюдение вертикальных мощностей пластов в пределах всего разреза.

5. Оформление работы. Работа представляется на трех листах чертежной бумаги формата А4. Бланковая карта с произведенными построениями вырезается и наклеивается на первый лист. Карта раскрашивается в соответствии с геохронологической шкалой, проставляются возрастные индексы пород. Изогипсы нижней и верхней толщ показываются различными цветными линиями (без оцифровки). Подписывается заглавие ("Геологическая карта №... с моноклинальным залеганием слоев"), указывается масштаб карты.

Геологический разрез составляется на втором листе бумаги со всеми необходимыми требованиями к его оформлению (заглавие, ориентировка,

масштаб, вертикальные масштабные линейки, окраска, возрастные индексы). Слои на разрезе штрихуются в соответствии с легендой к карте.

Под разрезом помещаются условные обозначения, включающие описание пород с их названиями, возрастной привязкой и мощностями для тех пластов, где они определены.

На третьем листе выполняется стратиграфическая колонка, в соответствии с требованиями к ее составлению.

6. Варианты заданий. Задание выполняется по карте 9-1 масштаба 1:50000 либо по карте 9-2 масштаба 1:25000. Линия разреза задается преподавателем индивидуально каждому студенту.

Литература, [1, с.124, 99-102, 134, 143, 147-148, 462-463]; [2, с.109-110, 83-86, 128-129, 119, 135]; [3, с. 61-63, 94, 118-119, 120, 350-351]; [4, с. 62-64]; [6, с. 112-115, 124-125].

Лабораторная работа 7

АНАЛИЗ ГЕОЛОГИЧЕСКОЙ КАРТЫ СКЛАДЧАТОЙ СТРУКТУРЫ, ПОСТРОЕНИЕ ГЕОЛОГИЧЕСКОГО РАЗРЕЗА

1. Цель работы: получение навыков чтения геологических карт со складчатым залеганием слоев и овладение методикой построения по ним геологических разрезов.

2. Краткие теоретические сведения

Выполнение задания базируется на теоретическом материале, изложенном в лекционном курсе. Студенты четко должны себе представлять складки, как волнообразные изгибы в слоистых толщах, образующиеся при пластических деформациях горных пород, и что все они вместе взятые составляют складчатость.

В складках различают *ядро* (центральная часть), *крылья* (боковые части), *замок* (часть складки, в которой встречаются крылья и происходит перегиб слоев), *осевую поверхность* (поверхность, проходящая через точки перегиба слоев), *ось* складки (линия пересечения осевой поверхности с поверхностью рельефа или разреза), *шарнир* (линия, соединяющая точки перегиба складки по поверхности одного пласта).

Складки бывают двух видов - антиклинальные, в ядрах которых располагаются наиболее древние породы относительно пород, слагающих крылья, и синклинальные, в которых центральная часть (ядро) сложена более молодыми породами по сравнению с расположенными на крыльях породами.

Складки обычно классифицируются по морфологическим признакам. Выделяется несколько типов складок по положению осевой поверхности и наклону крыльев:

прямая складка, у которой осевая поверхность расположена вертикально, а крылья падают в разные стороны под одинаковым углом. Эти складки называют еще симметричными;

наклонная складка, у которой осевая поверхность наклонена, а крылья падают в разные стороны под разными углами. Эти складки называют еще косыми, или асимметричными,

опрокинутая складка, у которой крылья падают в одну сторону под разными углами, то есть одно крыло находится в опрокинутом залегании;

лежащая складка, характеризуется горизонтальным положением осевой поверхности;

перевернутая (ныряющая) складка, у которой осевая плоскость перевернута от вертикального положения на угол более 90°.

По характеру замка складки могут быть: 1) *острые*; 2) *округлые*; 3) *изоклинные*, в которых крылья и осевые линии параллельны между собой и падают в одну сторону; 4) *веерообразные*; 5) *сундучные (коробчатые)*; 6) *флексурь*.

Складки характеризуются размерами - длиной, шириной и высотой. Длина складки - расстояние вдоль осевой линии между смежными перегибами шарнира. Ширина складки - расстояние между осевыми линиями двух со-

седних антиклиналей или синклиналей. Высота складки - расстояние по вертикали между замками смежных антиклинали и синклинали, измеренное по одному и тому же слою.

Линейными называются складки, у которых отношение длины к ширине больше трех. При соотношении длины к ширине, равном 2-3, такие складки называются брахиформными (брахиантиклинали и брахисинклинали), а в случае приблизительно одинаковых поперечных размеров складки – *куполами* (антиклинали) и *мульдами* (синклинали).

При выполнении лабораторной работы следует помнить несколько полезных советов:

1. Осевая линия в прямых синклинальных или антиклинальных складках будет проходить через точки, расположенные в местах перегиба слоя, разделяя складку на две, приблизительно симметричные, части. В асимметричных (косых) складках осевая линия будет смещена от центра в сторону более круто падающего крыла.

2. Шарнир складки всегда погружается в сторону более молодых пород. На карте из точки выхода шарнира на дневную поверхность (точка замыкания складки) вдоль осевой линии в сторону более молодых пород ставится стрелка, указывающая на направление его погружения.

3. Для построения геологического разреза по карте со складчатым залеганием слоев необходимы элементы залегания крыльев складок. Если их нет, а есть хотя бы несколько слоев с известной истинной мощностью в разных крыльях складок, то угол падения крыльев складок можно определить из зависимости:

$$\sin\alpha = H_{\text{ист}} / H_{\text{вид}}, \text{ где}$$

$H_{\text{ист}}$ - истинная мощность слоя;

$H_{\text{вид}}$ - видимая мощность слоя, измеренная по выходу слоя на поверхность, близкую к горизонтальной;

α - угол падения слоя.

Имея угол падения крыльев складок, мы можем при наличии видимых мощностей определить все недостающие истинные мощности слоев:

$$H_{\text{ист}} = H_{\text{вид}} \cdot \sin\alpha$$

3. Порядок выполнения работы. Выполнение данной работы сводится к анализу геологической карты 22-2 со складчатым залеганием слоев и построением по ней геологического разреза. Перед выполнением работы каждому студенту в легенде проставляется возраст пород и намечается линия разреза.

Необходимо:

1. Проанализировать геологическую карту:

а) определить виды складок;

б) провести их оси пунктирными линиями;

в) показать стрелками направление погружения шарниров, а коротким штрихом - места перегибов шарниров;

г) обратить внимание на участки с несогласно залегающими молодыми породами, перекрывающими складчатую структуру.

2. Определить направление падения пород на крыльях складок, вычислить точные углы падения и показать их на карте значками наклонного залегания.

3. Определить отсутствующие в легенде истинные мощности слоев.

4. Построить геологический разрез.

5. Составить стратиграфическую колонку.

На карте нет горизонталей местности, указаны лишь отдельные высотные отметки, по которым можно судить о равнинном характере местности. Поэтому топографическим профилем поверхности разреза является горизонтальная линия.

Горизонтальный и вертикальный масштабы разреза принимаются равными масштабу карты. Строится разрез по известной методике с учетом углов падения крыльев складок. Однако не следует забывать, что линия разреза может не совпадать с направлением падения крыльев складок, поэтому для определения угла падения крыльев складок в косом сечении необходимо сделать пересчеты истинного угла (см. лабораторную работу 6). Воздушные части складок показываются пунктиром, а реальные - проводят сплошными линиями, штрихуются и раскрашиваются в соответствии с легендами. Горизонтально залегающие породы, несогласно перекрывающие складчатую структуру (слои I, 2), показываются мощностью 100 м каждый.

4. Оформление работы. Работа представляется на трех листах чертежной бумаги формата А4. Бланковая карта вырезается и наклеивается на первый лист. Она раскрашивается в соответствии с заданными возрастами, представляются возрастные индексы пород. Показываются пунктиром оси складок, стрелками - направление погружения шарнира, коротким штрихом - места перегибов шарнира. Направления падения слоев показываются значками наклонного залегания с указанием угла падения. Подписывается заглавие работы ("Геологическая карта №... складчатой структуры"), указывается масштаб карты.

Геологический разрез составляется на втором листе бумаги со всеми необходимыми требованиями к оформлению (заглавие, ориентировка, масштаб горизонтальный и вертикальный, вертикальные масштабные линейки, окраска, возрастные индексы).

Под разрезом помещаются условные обозначения, включающие данные легенды (возраст и состав пород), мощности слоев, а также расшифровку всех построений, сделанных на карте (значки наклонного залегания, сведения о положении осей складок и характере погружения шарнира).

На третьем листе бумаги вычерчивается стратиграфическая колонка, в более крупном масштабе, чем масштаб карты.

6. Задание выполняется на бланковой карте 22-2 масштаба 1:50000. Линия разреза задается преподавателем индивидуально каждому студенту.

Литература: [1, с.148-158, 134, 198-200, 462-463]; [2, с.140-150, 119, 185-186]; [3, с.134-139, 146-147, 120, 350-351, 189-193]; [4, с.85-90, 113-120, 62-64]; [5, с.16-18]; [6, с.125-137].

Лабораторная работа 8

АНАЛИЗ ГЕОЛОГИЧЕСКОЙ КАРТЫ С РАЗРЫВНЫМИ НАРУШЕНИЯМИ, ПОСТРОЕНИЕ ГЕОЛОГИЧЕСКОГО РАЗРЕЗА

1. Цель работы: выработка навыков чтения и анализа геологических карт с моноклиналильным залеганием при наличии несогласий и разновозрастных разрывных нарушений, установление характера и амплитуды смещения по разрывам, овладение методикой построения геологических разрезов по подобным картам.

2. Необходимое оборудование и принадлежности: бланковая карта 13-1 масштаба 1:50000 либо 13-2 масштаба 1:25000, три листа чертежной бумаги формата А4, карандаш, линейка, транспортир, циркуль-измеритель, таблица тригонометрических функций.

3. Краткие теоретические сведения.

Характеристика наклонного (моноклиналильного) залегания слоев, а также основные сведения о несогласиях изложены в лабораторной работе 6.

В разрывах со смещениями выделяют *сместитель* (сбрасыватель) - трещину, вдоль которой произошло заметное на глаз перемещение блоков пород; последние называются *крыльями* разрыва. При наличии вертикальных перемещений по разрыву выделяет приподнятое и опущенное крыло разрыва. Если сместитель наклонный, то крыло разрыва, располагающееся над сместителем, будет висячим, а под ним - лежачим. У разрывов, относящихся к *сбросам*, сместитель наклонен в сторону опущенного крыла, которое является одновременно висячим крылом. У *взбросов* сместитель наклонен в сторону приподнятого крыла, причем висячим является приподнятое крыло. К надвигам относятся разрывы взбросового характера, обычно параллельные осям складок и с пологим сместителем. Разрывы, смещения крыльев в которых происходят в горизонтальном направлении, называются сдвигами.

Величина относительного смещения крыльев по разрыву называется амплитудой. У разрыва сбросового или взбросового характера истинная амплитуда определяется в плоскости сместителя (рис.13). Кратчайшее (по перпендикуляру) расстояние между одноименными смещенными элементами пласта образует стратиграфическую амплитуду.

Горизонтальная составляющая истинной амплитуды называется горизонтальной амплитудой, вертикальная составляющая - вертикальной амплитудой. Расстояния по вертикали или горизонтали между одноименными смещенными элементами слоя образуют амплитуды вертикального отхода и горизонтального отхода. При вертикальном сместителе разрыва вертикальная амплитуда и вертикальный отход совпадают.

Анализируя геологическую карту с разрывными нарушениями, необходимо помнить, что при наличии разрыва с горизонтальным перемещением крыльев (сдвига) разорванные геологические границы полностью совместятся, если вернуть сдвинутые по линии разрыва крылья в первоначальное положение.

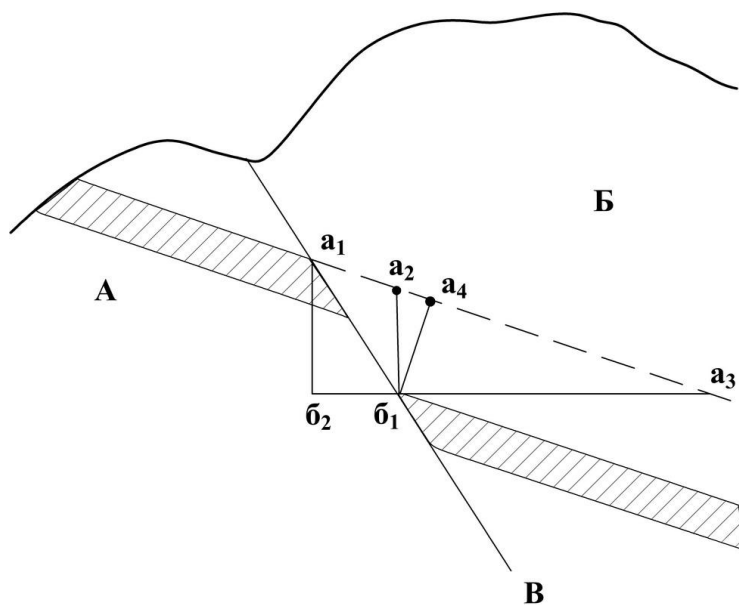


Рис. 13. Элементы сброса

А - приподнятое (лежачее) крыло, Б - опущенное (висячее) крыло, В – сместитель. Амплитуда: a_1-b_1 - истинная (по сместителю); a_1-b_2 - горизонтальная; a_4-b_1 - стратиграфическая; a_2-b_1 - вертикальный отход; b_2-a_3 - горизонтальный отход.

Разрывы с вертикальным сместителем на геологической карте будут прямолинейны, с наклонным (при неровном рельефе) - криволинейны. Кривизна разрыва будет тем заметнее, чем ближе разрыв и сложнее рельеф местности.

Если на геологической карте по линии сместителя сброса (взброса) приведены в соприкосновение разновозрастные породы, то определить относительно приподнятое крыло можно по выходам на нем более древних пород, соприкасающихся с более молодыми породами другого крыла. В случае смещения разрывом наклонно залегающей осадочной толщи, конкретный слой в относительно приподнятом крыле будет смещен в направлении падения.

Возраст разрыва определяют по возрасту нарушенных пород: разрыв всегда моложе самой молодой нарушенной им породы; разрыв древнее той толщи, которая перекрывает (погребает) сместитель. Более молодой сброс (или взброс) будет нарушать и сдвигать линию сместителя более древнего разрыва, если последний наклонный. Если более древний разрыв вертикальный, то выход его на поверхность не сдвигается молодым сбросом или взбросом.

4. Порядок выполнения работы. Прежде всего, производим анализ геологической карты.

1. Фиксируем линию несогласия по подошве нижнемеловой толщи с учетом того, что линия несогласия смещена по разрыву.

2. Устанавливаем относительный возраст разрывов: по соотношению между собой и имеющимися на карте осадочными толщами.

3. Устанавливаем приподнятое и опущенное крылья разрывов. Ставим на приподнятых крыльях знак "+", на опущенных "-".

5. Определяем тип разрывов с учетом относительного положения крыльев и наклона сместителя. Поскольку сместители у всех разрывов вертикальны и контуры смещенных пород невозможно восстановить, мысленно совмещая сдвинутые крылья, то разрывы относятся к сбросам.

Производя анализ геологической карты, определяем элементы залегания палеозойской и мезокайнозойской толщ с использованием методики и приемов, изложенных в лабораторных работах 1 и 6. Необходимо иметь в виду, что изогипсы каждой толщи следует проводить в пределах всего поля ее распространения в различных тектонических блоках, а графические построения, необходимые для определения азимутов и углов падения толщ, производятся в пределах одного тектонического блока.

Определяем вертикальные мощности слоев обеих толщ и пересчитываем их на истинные мощности (см. лабораторные работы 1 и 6).

Так как разрывы вертикальны, то вертикальные амплитуды и вертикальные отходы совпадают. Определяем вертикальные амплитуды смещения по разрывам.

1. Если одной изогипсой на разных крыльях разрыва пересекается кровля или подошва одного и того же слоя, то отмечаем одноименные элементы слоя, лежащие на одной изогипсе по разные стороны сместителя, точками А и В. Разность отметок рельефа отмеченных точек составляет вертикальную амплитуду разрыва F_1 (рис.14): $1700(А) - 1500(В) = 200$ м.

2. Если одна изогипса не пересекает одноименные элементы слоев на разных крыльях разрыва, для определения вертикальной амплитуды используется заложение, то есть расстояние между изогипсами (см.рис.14). Для этого по падению или восстанию слоя переходим с одного крыла разрыва на другое (линия ВТ), одновременно считая количество шагов заложения (величина а). Каждый шаг заложения отвечает подъему или спуску по вертикали на величину сечения изогипс. Если бы не было разрыва, высотная отметка поверхности слоя в точке Б составляла 2100 м, а фактически она равна 1500 м, следовательно, вертикальная амплитуда разрыва F_2 равна 600 м.

Затем по заданной преподавателем линии проводится построение разреза. Вертикальный масштаб принимается равным горизонтальному. В сечениях разреза, не совпадающих с направлением падения слоев палеозойской и мезокайнозойской толщ пересчитываем углы падения на косое сечение (см.выполнение лабораторной работы 6).

Построение начинается с построения топографического профиля, на который затем выносятся черным цветом вертикальные сместители разрывов, выходящих на поверхность. Затем изображаются слои более молодой толщи (см. выполнение лабораторной работы 6). Если молодая толща по линии разреза перекрывает какой-либо разрыв (что устанавливается мысленным его продолжением на карте до пересечения с линией разреза), то экстраполируем положение сместителя этого разрыва на разрез и проводим сместитель вниз от подошвы молодой толщи. Изображаем на разрезе более древ-

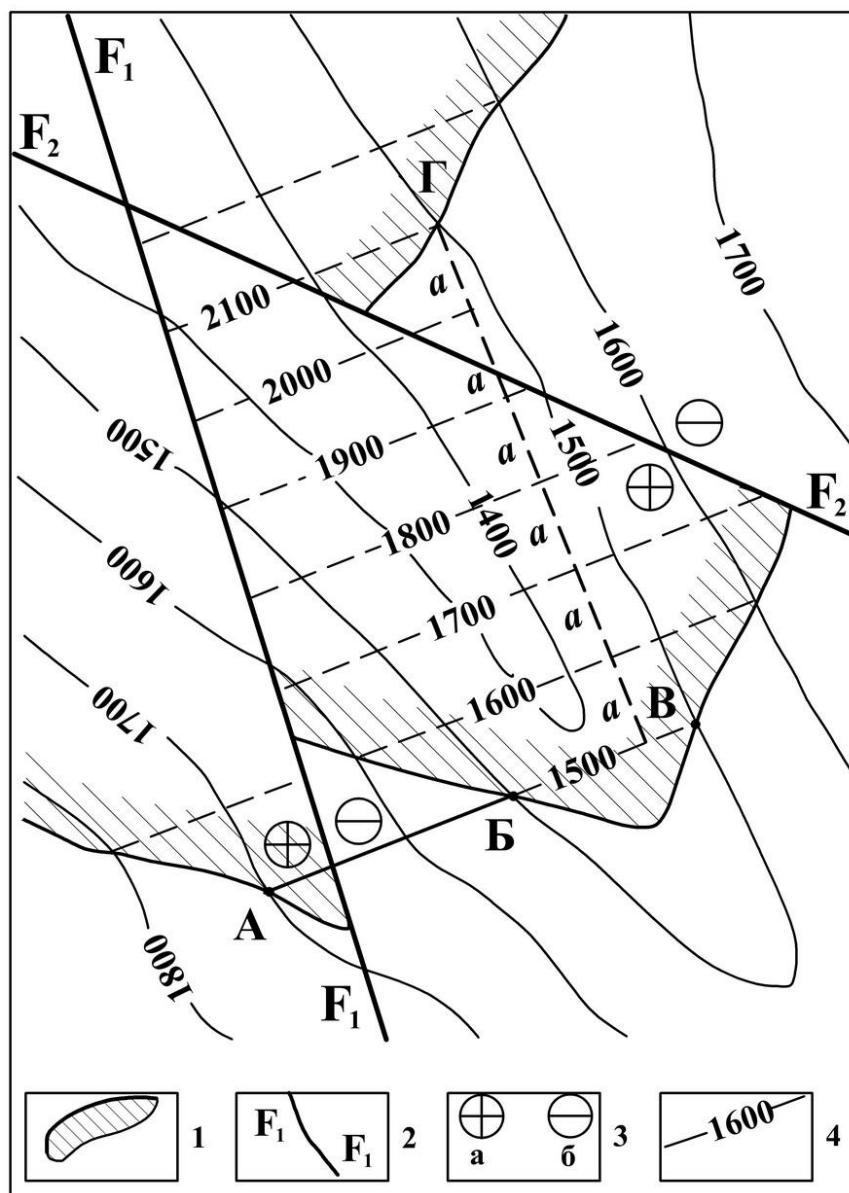


Рис.14 Определение вертикальной амплитуды разрывов с вертикальными сместителями по линиям простирания и с помощью заложения: 1 - кровля толщи и ее изогипсы; 2 - разрывные нарушения; 3 - относительно приподнятое (а) и опущенное (б) смежные крылья разрывов; 4 - горизонтали рельефа местности. АБ - участок линии простирания (изогипсы), по которой определялась амплитуда разрыва F₁; БВ - участок линии падения, по которому определялась амплитуда разрыва F₂.

ную, палеозойскую толщу. Контролем за правильностью построения является соблюдение вертикальных мощностей слоев обеих толщ, а также вертикальных амплитуд их смещения по разрывам.

5. Оформление работы. Работа представляется на трех листах чертежной бумаги формата А4. Бланковая карта с произведенными на ней построениями вырезается и наклеивается на первый лист. Карта раскрашивается в соответствии с легендой и требованиями геохронологической шкалы, проставляются возрастные индексы пород. Разрывы показываются черным цве-

том, линией толщиной 0,8 мм, отмечаются значками "плюс-минус" приподнятые и опущенные крылья разрывов, на полях подписываются значения их вертикальных амплитуд. Изогипсы толщ показываются различными цветными линиями (без оцифровки), на полях подписываются элементы залегания толщ. Участки изогипс и отрезки линий падения использовавшиеся для определения амплитуд разрывов, показываются утолщенными линиями.

Геологический разрез составляется на втором листе бумаги, стратиграфическая колонка - на третьем. Требования к разрезу, стратиграфической колонке и условным обозначениям, помещаемым под разрезом, подробно изложены в лабораторной работе 6.

6. Варианты заданий. Задание выполняется на бланковых картах 13-1 (масштаб 1:50000) или 13-2 (масштаб 1:25000). Линия разреза задается преподавателем индивидуально каждому студенту.

Литература: [1, с.124, 99-102, 134, 143, 147-148, 233-234, 145-146, 239-241, 462-463]; [2, с.109-110, 68-86, 128-129, 119, 217-218, 229-231, 224-225, 135]; [3, с.94, 118-119, 120, 61-63, 235-244, 270-273, 350-351]; [4, с.62-64, 140-142, 146-147].

Лабораторная работа 9
АНАЛИЗ ГЕОЛОГИЧЕСКОЙ КАРТЫ С МОНОКЛИНАЛЬНЫМ ЗАЛЕГАНИЕМ СЛОЕВ, ОСЛОЖНЕННЫМ НАКЛОННЫМ РАЗРЫВНЫМ НАРУШЕНИЕМ. ПОСТРОЕНИЕ РАЗРЕЗА

1. Цель работы: выработка навыков чтения геологических карт с разрывными нарушениями; овладение методикой определения элементов залегания и амплитуды наклонных разрывов; построения разрезов при наличии разрывных нарушений.

2. Необходимое оборудование и принадлежности: бланковая карта 14 масштаба 1: 50000, три листа чертежной бумаги формата А4, карандаш, линейка, транспортир, измеритель.

3. Краткие теоретические сведения. В лабораторной работе 8 приводятся краткие теоретические сведения о разрывных нарушениях.

Сместитель наклонного разрыва представляет собой плоскость, которую можно отождествить с поверхностью кровли (подошвы) наклонно залегающего слоя. Элементы залегания подобной плоскости на карте с горизонталями определяются совершенно так же, как и для слоевых поверхностей.

4. Порядок выполнения работы. Производим анализ карты. На карте изображены две моноклиналильные толщи: палеозойская и более молодая, палеогеновая, залегающие между собой несогласно. Обе толщи пересекаются разрывом, сместитель которого выходит на поверхность по линии АА'.

Линия выхода сместителя изогнута и располагается под углом к горизонталям рельефа местности, что свидетельствует о наклонном положении сместителя.

Переходим к графическим построениям

1. Проводим линию несогласия по подошве палеогеновой толщи (см. выполнение работы 6). Линия несогласия будет разобщаться и смещаться по линии разрывного нарушения.

3. Проводим красными линиями изогипсы поверхности разрыва (по аналогии с изогипсами кровли или подошвы слоя, как в лабораторной работе I). Подписываем изогипсы.

4. Показываем направление падения поверхности разрыва стрелкой (перпендикулярной к изогипсам) и определяем транспортиром азимут падения с учетом того, что положение меридиана совпадает с вертикальной рамкой карты.

5. Определяем вертикальное расстояние между изогипсами (то есть величину сечения рельефа местности) в масштабе карты. Строим между двумя изогипсами прямоугольный треугольник заложения и определяем угол падения поверхности разрыва.

6. Приемами и методикой, аналогичными описанным в лабораторной работе 6 и I, определяем элементы залегания и вертикальные мощности слоев палеозойской и палеогеновой толщ.

7. Используя изогипсы палеогеновой толщи, определяем величину вертикального отхода по разрыву. Для этого на участке, где фрагменты данной

толщи соприкасаются по разрыву, проследим изогипсы с одного крыла на другое (рис.15). Разность отметок рельефа между выходами одноименных элементов слоя на разных крыльях разрыва, которые находятся на продолжении одной и той же изогипсы, составляет величину вертикального отхода по разрыву. При этом приподнятое крыло будет иметь изогипсы с большими отметками. Отмечаем приподнятое крыло разрыва знаком "+", опущенное - знаком "-".

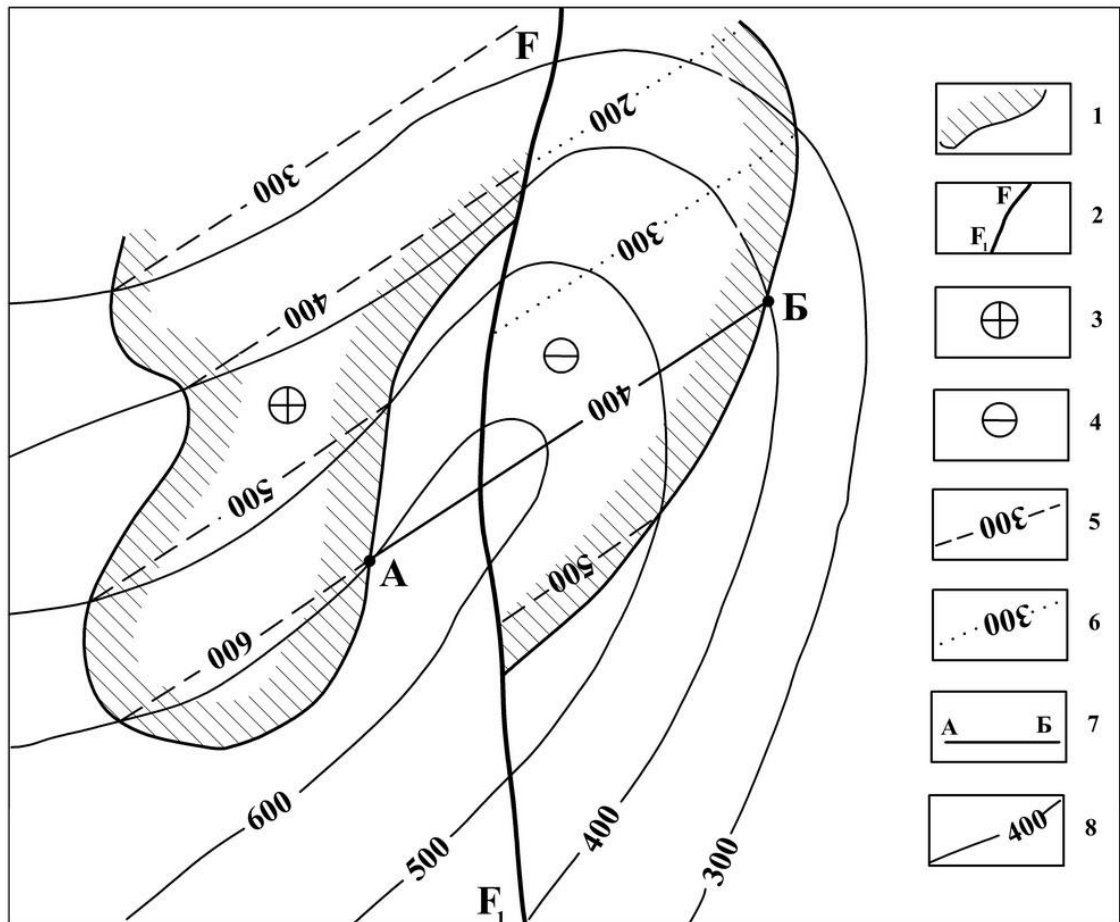


Рис.15 Определение вертикального отхода по разрыву: 1 - подошва толщи; 2 - разрывное нарушение; 3 - поднятое крыло; 4 - опущенное крыло; 5 - изогипсы подошвы толщи в поднятом крыле; 6 - изогипсы подошвы толщи в опущенном крыле; 7 - продолжение изогипс подошвы толщи с приподнятого крыла на опущенное; 8 - горизонтали рельефа.

Вертикальный отход по разрыву равен разности высотных отметок точек А и Б: $600 \text{ м} - 400 \text{ м} = 200 \text{ м}$.

8. По наклону сместителя и относительному вертикальному положению крыльев определяем тип разрыва.

9. По заданной преподавателем линии строится разрез. Вертикальный масштаб его принимается равным горизонтальному. В сечениях разреза, не совпадающих с направлением падения слоев палеозойской и палеогеновой толщ, а также падения плоскости разрыва, рассчитываем углы на косое сече-

ние:

$$\operatorname{tg} \alpha_{\text{вид.}} = \operatorname{tg} \alpha_{\text{ист.}} \cdot \cos \beta,$$

где $\alpha_{\text{вид.}}$ - угол падения в плоскости разреза в сечении, не совпадающем с падением слоев;

$\alpha_{\text{ист.}}$ - истинный угол падения пород;

β - угол между направлением разреза и направлением падения пород.

Построение следует начинать с нанесения на разрез линии разрыва. Затем изображается более молодая (палеогеновая) и более древняя (палеозойская) толщи (см. выполнение работы б). Контролем за правильностью построения является соблюдение вертикальных мощностей слоев обеих толщ, а также амплитуды вертикального отхода по разрыву.

5. Оформление работы. Работа представляется на трех листах формата А4. Бланковая карта с графическими построениями вырезается и наклеивается на первый лист. Карта раскрашивается в соответствии с геохронологической шкалой, проставляются возрастные индексы пород. Изогипсы сместителя разрывного нарушения показываются красным цветом, изогипсы толщ - другими цветовыми линиями.

Участки изогипс, использованные для определения амплитуды разрыва, показываются утолщенной линией.

Построения, произведенные для определения элементов залегания толщ, также закрепляются на карте, подписываются определенные азимуты и углы падений. Знаками "плюс-минус" показывается приподнятое и опущенное крылья разрыва. На поле карты подписывается тип разрыва и его амплитуда. Подписывается заглавие работы "Геологическая карта 14", указывается масштаб карты.

Геологический разрез вычерчивается на втором листе бумаги со всеми необходимыми требованиями к его выполнению (заглавие, ориентировка, масштабы, вертикальные масштабные линейки, окраска, возрастные индексы). Слои на разрезе штрихуются в соответствии с легендой к карте.

Под разрезом выполняются условные обозначения, включающие описание слоев (с их названиями, возрастной привязкой и мощностью), условные обозначения разрыва, приподнятого-опущенного крыла, изогипс различных поверхностей. На третьем листе выполняется стратиграфическая колонка в масштабе более крупном, чем масштаб карты.

6. Варианты заданий. Индивидуально каждому студенту преподавателем задается линия разреза.

Литература: [1, с.233-234, 245-246, 239-241, 143, 147-148, 462-463]; [2, с.217-218, 229-231, 224-225, 128-129, 135]; [3, с.235-244, 118-119, 270-273, 350-351]; [4, с.140-142, 146-147, 62-63]; [5, с.18]; [6, с.137-139].

Синусы, косинусы

Десятки град.	единицы градусов											
	0°	1°	2°	3°	4°	5°	6°	7°	8°	9°	10°	
	с и н у с ы											
											0,000	90°
00°	0,000	018	035	052	070	087	104	122	139	156	0,174	80°
10°	0,174	191	208	225	242	259	276	292	309	326	0,342	70°
20°	0,342	358	375	391	407	423	438	454	470	485	0,500	60°
30°	0,500	515	530	545	559	574	588	602	616	629	0,643	50°
40°	0,643	656	669	682	695	707	719	731	743	755	0,766	40°
50°	0,766	777	788	799	809	819	829	839	848	857	0,866	30°
60°	0,866	875	883	891	899	906	914	920	927	934	0,940	20°
70°	0,940	946	951	956	961	966	970	974	978	982	0,985	10°
80°	0,985	988	990	992	994	996	998	998	999	999	1,000	00°
90°	1,000											
	к о с и н у с ы											Десятки град.
	10°	9°	8°	7°	6°	5°	4°	3°	2°	1°	0°	

Тангенсы, котангенсы

Десятки град.	единицы градусов											
	0°	1°	2°	3°	4°	5°	6°	7°	8°	9°	10°	
	т а н г е н с ы											
											0,000	90°
00°	0,000	018	035	052	070	088	105	123	140	158	0,158	80°
10°	0,176	194	213	231	249	268	287	306	325	344	0,364	70°
20°	0,364	384	404	424	445	466	488	510	532	554	0,577	60°
30°	0,577	601	625	649	674	700	726	754	781	810	0,839	50°
40°	0,839	869	900	932	966	1,00	1,04	1,07	1,11	1,15	1,19	40°
50°	1,19	1,23	1,28	1,33	1,38	1,43	1,48	1,54	1,60	1,66	1,73	30°
60°	1,73	1,80	1,88	1,96	2,05	2,14	2,25	2,36	2,48	2,60	2,75	20°
70°	2,75	2,90	3,08	3,27	3,49	3,73	4,01	4,33	4,70	5,14	5,67	10°
80°	5,67	6,31	7,12	8,14	9,51	11,4	14,3	19,1	28,6	57,3		00°
90°												
	к о т а н г е н с ы											Десятки град.
	10°	9°	8°	7°	6°	5°	4°	3°	2°	1°	0°	

Список рекомендованной литературы

1. Михайлов А.Е. Структурная геология и геологическое картирование. -М.: Недра, 1984, 464с.
2. Павлинов В.Н. Структурная геология и геологическое картирование с основами геотектоники. Ч.І. М: Недра, 1979, 358с.
3. Кушнарєв Н.П., Кушнарєв П.Н., Мельникова К.М. Методы структурной геологии и геологического картирования. М: Недра, 1984, 376с.
4. Сократов Г.Н. Структурная геология и геологическое картирование. М: Недра, 1972, 280с.
5. Ковальчук І.О., Шевчук В.В. Геометричні основи складання та аналізу геологічних карт. К: НМК ВО, 1993, 104с.
6. Сафиров Г.Н. Структурная геология и геологическое картирование. М: Недра, 1982, 245с.
7. Лукієнко О.І. Структурна геологія. - К: КНТ, 2008, 350с.
8. Методические указания к выполнению лабораторных и индивидуальных работ по структурной геологии (для студентов геологических специальностей)/ Сост.: В.М.Яновский, Е.П.Бахтарова, М.Д.Карали. Донецк: ДПИ, 1991, 52с.
9. Куликов В.Н., Михайлов А.Е. Руководство к практическим занятиям по структурной геологии и геологическому картированию. М: Недра, 1993, 144с.
10. Методическое пособие к выполнению курсового проекта по структурной геологии и геологическому картированию (для студентів спеціальностей 7.070701, 7.070801) / Сост.: В.М.Яновский, Е.П.Бахтарова, М.Д.Карали, М.С.Заборин. Донецк: ДонНТУ, 2002, 52с.