

Г.С. ПОРШНЯКОВ



**ПОСТРОЕНИЕ  
БЛОК-ДИАГРАММ  
ПО ГЕОЛОГИЧЕСКИМ КАРТАМ**

ИЗДАТЕЛЬСТВО  
ЛЕНИНГРАДСКОГО  
УНИВЕРСИТЕТА  
1956

*Ленинградский* — *Жданов*  
ЛЕНИНГРАДСКИЙ ОРДЕНА ЛЕНИНА ГОСУДАРСТВЕННЫЙ  
УНИВЕРСИТЕТ имени А. А. ЖДАНОВА

---

Г. С. ПОРШНЯКОВ

ПОСТРОЕНИЕ  
БЛОК-ДИАГРАММ  
ПО ГЕОЛОГИЧЕСКИМ КАРТАМ

ИЗДАТЕЛЬСТВО  
ЛЕНИНГРАДСКОГО УНИВЕРСИТЕТА  
1966



Печатается по постановлению  
Редакционно-издательского совета  
Ленинградского университета

Брошюра содержит изложение методики построения наглядных геологических чертежей — блок-диаграмм по геологическим картам в аксонометрических, аффинных и перспективных проекциях. Она рассчитана на геологов и студентов геологических факультетов университетов.

## ВВЕДЕНИЕ

Одной из важных задач почти любого геологического исследования является установление форм, размеров, пространственных соотношений и условий залегания геологических тел (пластов, свит, интрузий, покровов, жил и т. п.). Поскольку большинство этих тел ограничено обычно неправильными поверхностями, для которых невозможно аналитическое выражение, а словесная характеристика обычно получается тем туманнее, чем она подробнее, постольку *графическое изображение* становится наиболее удовлетворительным и наиболее желательным способом представления результатов исследований, относящихся к формам, размерам и пространственным соотношениям геологических тел. Особенно важное значение чертежи приобретают при детальных геологических работах. Как и ко всяким чертежам, к ним следует предъявлять (помимо других требований) требования *удобоизмеримости* и *наглядности*. Следует отметить, что различные способы графического изображения природных объектов в различной степени удовлетворяют этим двум требованиям.

Так, обычная геологическая карта, являющаяся с геометрической точки зрения вертикальной проекцией на горизонтальную плоскость выходов геологических тел, при ограниченных возможностях измерительных операций не может полностью удовлетворять и требованию наглядности, ибо объемное представление о строении изображенного на ней участка возникает обычно лишь после внимательного ее изучения и некоторого напряжения пространственного воображения. Следует отметить к тому же, что это представление может быть обычно лишь приближенным, а порой и неоднозначным.

Метод изображения поверхностей геологических тел на картах линиями равной высоты (изогипсами подземного рельефа), принятый при составлении так называемых структурных карт или гипсометрических планов, полностью удовлетворяя требованию удобоизмеримости, недостаточно нагляден, особенно, если изображению подлежат несколько сложных поверхностей.

Наибольшей наглядностью из геологических чертежей обладают блок-диаграммы и объемные (стерео) изображения, хотя



они, естественно, не лишены других недостатков: на блок-диаграмме затруднены измерительные операции, стереоизображения требуют, кроме того, для их рассмотрения специальных приспособлений (стереоскоп или анаглифические очки). Широкое их применение затрудняется также и некоторой (нам представляется — незначительной) сложностью построения этих чертежей. Несмотря на это, весьма целесообразно составление блок-диаграмм во всех случаях, когда наглядность изображения выдвигается на первый план, как, например, в печатных работах, учебниках, популярных иллюстрациях, а в качестве дополнительных графических приложений — в геолого-съёмочных и геолого-разведочных отчетах. Надо думать, что с дальнейшим развитием аэрогеологических методов в практику геологических работ прочно войдет стереоскоп, а вместе с ним получит большее распространение и объемная графика — не только в виде фото-стереопар, но и в виде парных стерео-чертежей.

Поскольку первичными геологическими чертежами являются обычно геологические карты, задача построения блок-диаграмм сводится обычно к трансформированию карт. Ниже рассматривается методика построения блок-диаграмм по геологическим картам.

Блок-диаграммы можно строить, опираясь на следующие методы проектирования:

- 1) метод аксонометрических проекций,
- 2) метод аффинных проекций,
- 3) метод перспективных проекций.

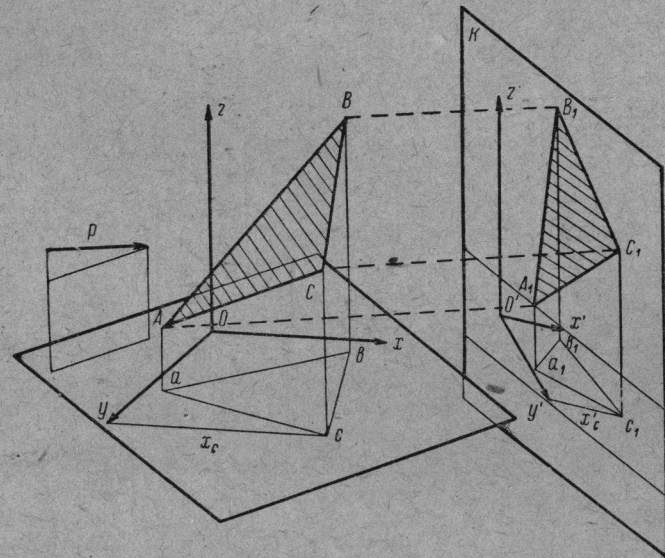
Первые два метода относятся к типу *параллельных проекций*, для которых принимается, что проектирующий пучок лучей состоит из параллельных прямых; это соответствует бесконечно-удаленному положению точки зрения или полюса проекции от изображаемого предмета. Аксонометрические и аффинные проекции дают тождественные изображения, отличающиеся лишь способом их построения.

Для перспективного проектирования берется пучок исходящих из одной точки лучей, что дает более привычное для нашего глаза, но вместе с тем и более сложное для построения изображение.

### 1. АКСОНОМЕТРИЧЕСКИЕ ПРОЕКЦИИ

Сущность аксонометрического проектирования (фиг. 1) заключается в следующем: изображаемый предмет ( $\triangle ABC$ ) сначала относят к системе прямоугольных декартовых координат ( $x, y, z$ ), а затем все характерные точки предмета, равно как и оси пространственных координат, переносят параллельно некоторому направлению ( $P$ ) на плоскость проекции или картинную плоскость ( $K$ ). Полученная таким образом на картинной плоскости фигура ( $\triangle A_1B_1C_1$ ) будет аксонометрическим изображением предмета.

Проектирование осуществляется обычно по точкам. Так, точка  $B_1$  будет аксонометрической проекцией точки  $B$ . Положение точки  $B_1$  на картинной плоскости, естественно, не определяет положения точки  $B$  в пространстве, так как при данном направлении проектирования все точки отрезка  $BB_1$  проектируются в ту же точку  $B_1$ . Для того чтобы определить пространственное положение точки  $B$ , кроме положения точки  $B_1$  надо знать еще положение точки  $B_1$ , которая носит название *вторичной проекции* точки  $B$  на плоскость  $x'y'$ . Соответственно  $\triangle a_1b_1c_1$



Фиг. 1. Принцип аксонометрического проектирования.

будет вторичной горизонтальной проекцией  $\triangle ABC$  (и аксонометрической проекцией  $\triangle abc$ ).

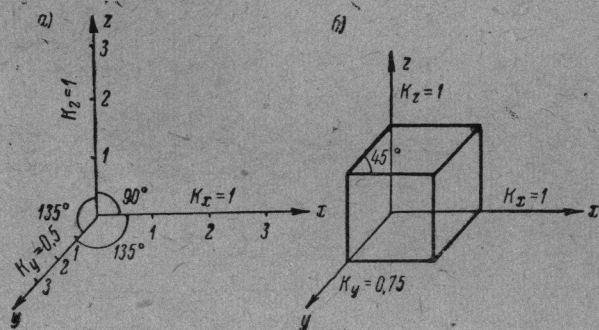
Очевидно, что аксонометрические координаты точки  $B_1$  (т. е. положение ее относительно осей  $x'y'z'$ ) будут отличаться от пространственных координат точки  $B$ , ибо в общем случае как размеры предмета, так и отрезки на координатных осях в процессе проектирования претерпят искажения. Величины этих искажений (называемые показателями искажения) принято характеризовать отношением аксонометрических координат к прямоугольным. Так показатель искажения по оси  $x$  определится отношением:

$$K_x = \frac{x'_c}{x_c}$$

Таким образом, показатели искажения равны длинам аксонометрических проекций отрезка, равного единице, отложенного на соответствующих осях координат в пространстве. В общем случае они различны по всем трем осям ( $K_x \neq K_y \neq K_z$ ) и тогда проекции носят название *триметрических*. Если же два из



них равны между собой, но не равны третьему ( $K_x = K_z \neq K_y$ ), то проекции называются *диметрическими*, а при равенстве всех трех показателей искажения — *изометрическими*. Вместе с тем аксонометрические проекции подразделяются на *прямоугольные* (направление проектирования перпендикулярно плоскости проекции) и *косоугольные* (направление проектирования не перпендикулярно картинной плоскости). Для косоугольных проекций, как доказывается в теории аксонометрических проекций, за аксонометрические оси могут быть приняты три произвольные прямые, пересекающиеся в одной точке, а за показатели искажения — три произвольные конечные числа. Косоугольные проекции, следовательно, предоставляют большую свободу действия исполнителю



Фиг. 2. Аксонометрические масштабы.

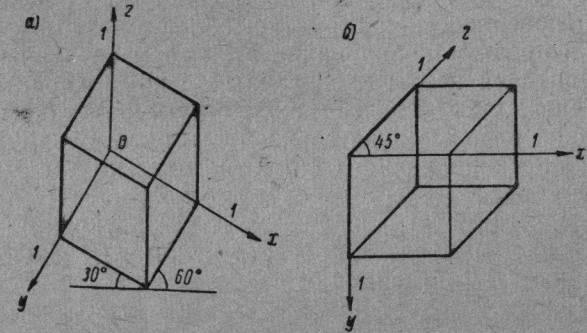
чертежа. Ими обычно и пользуются при построении блок-диаграмм. Однако из бесконечного количества возможных косоугольных аксонометрических проекций в целях максимальной простоты построения и наибольшей наглядности чертежа практически используются, главным образом, лишь некоторые изометрические и диметрические проекции, для построения которых картинная плоскость совмещается с одной из координатных плоскостей пространства, а направление проектирования составляет с плоскостью проекций угол в  $45^\circ$ — $60^\circ$ . Для того чтобы знать, какие условия проектирования приняты при составлении чертежа, каждое аксонометрическое изображение должно быть снабжено вспомогательным чертежом (фиг. 2,а), представляющим соответствующую систему аксонометрических осей, проградированных в соответствии с принятыми масштабами искажения (аксонометрический масштаб), или просто небольшим изображением куба в той же проекции с гранями, совпадающими с координатными плоскостями и с указанием показателей искажения (фиг. 2,б).

Измерительные операции на блок-диаграмме сильно упрощаются, если будет указано также: какой величине соответствует на местности длина ребра куба (в метрах или километрах) и

если на его гранях вычерчены вписанные в них окружности того же диаметра.

Рассмотрим условия проектирования в основных видах аксонометрических проекций, применяемых при вычерчивании блок-диаграмм.

«Военная перспектива» — косоугольная изометрическая проекция, картинная плоскость которой совмещена с плоскостью  $хоу$  (горизонтальна), направление же проектирования составляет с нею угол в  $45^\circ$ . Ось  $z$  обычно (фиг. 3,а) вертикальна, а оси  $x$  и  $y$  образуют между собою угол  $90^\circ$ , а с горизонтальной линией — произвольные углы (чаще всего  $60^\circ$  и  $30^\circ$ ). Иногда



Фиг. 3. Изображения куба в «военной перспективе».

принимают за ось  $z$  линию, наклоненную к горизонту под углом  $45^\circ$ . Тогда ось  $y$  будет вертикальна, а  $x$  — горизонтальна (фиг. 3,б). Показатели искажения по всем трем осям равны между собой и обычно принимаются за 1.

Большим преимуществом этого вида проекций является тот факт, что все линии, лежащие в какой-либо горизонтальной плоскости, изображаются без искажения линейных величин и угловых соотношений. В силу этого при построении аксонометрического изображения в «военной перспективе» отпадает необходимость в построении вспомогательной вторичной проекции ( $\Delta a_1 b_1 c_1$  на фиг. 1), так как вместо такового может быть использована непосредственно геологическая карта, являющаяся исходным чертежом для построения.

Для построения блок-диаграммы в этой проекции можно рекомендовать следующую последовательность операций.

1. Выбрать положение карты, при котором изображаемые объекты (формы рельефа, геологические структуры) были бы видны наилучшим образом. Для этого обрез карты, расположенный ближе к направлению простираемости структур, можно развернуть под углом около  $60^\circ$  к горизонтальной линии. Тогда разрез по другому обрезу карты, проходящему примерно вкост простираемости структур, будет менее искажен на блок-диаграмме. При

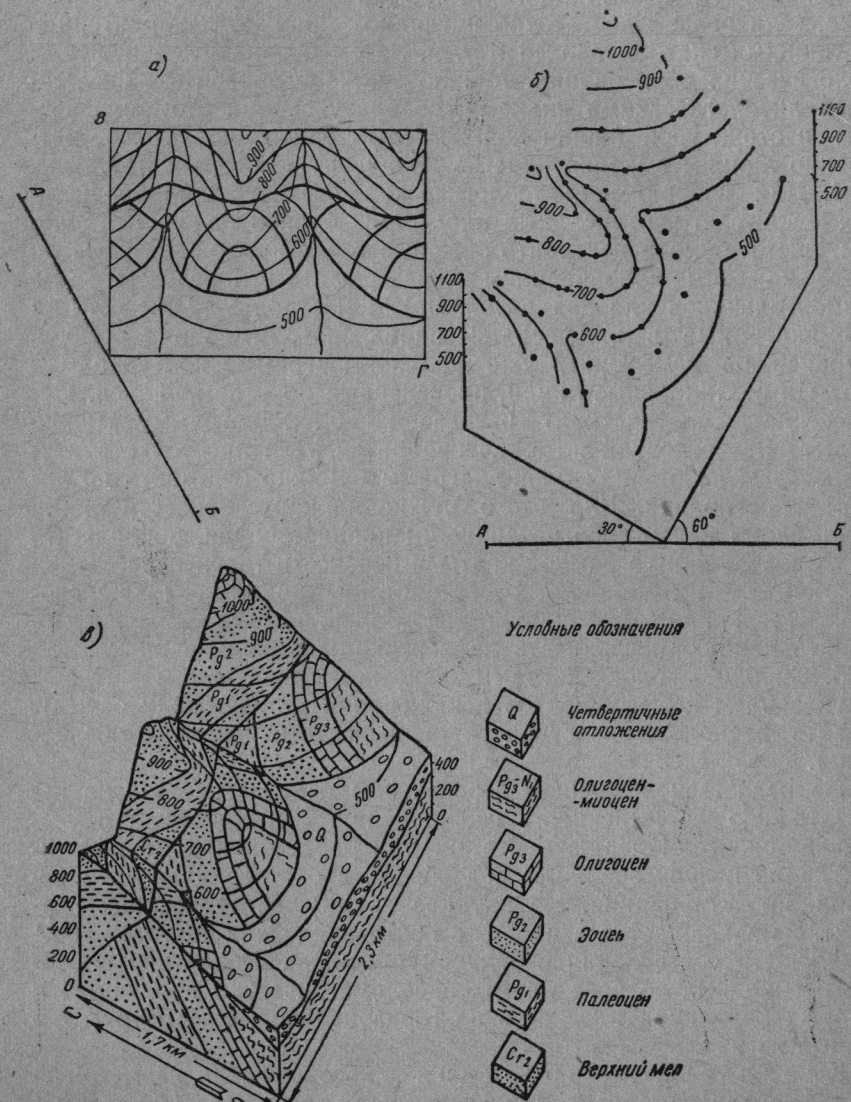


равноценности разрезов по обеим рамкам карты можно использовать положение аксонометрических осей, указанное на фиг. 3,б. В этом случае оба ограничивающих блок-диаграмму разреза претерпят одинаковые искажения. Если разрезы по рамке карты недостаточно иллюстрируют геологическую структуру района, то следует выбрать наиболее характерное направление разреза или даже несколько таких направлений и провести их на карте, разделив ими диаграмму на 2 (или более) самостоятельных блока. Максимальные высоты района удобнее располагать в дальней части диаграммы.

2. Поскольку в принятой проекции все горизонтальные сечения передаются без искажения, построение топографической поверхности и поверхностной структуры блок-диаграммы будет заключаться в простом копировании этих горизонтальных сечений (т. е. горизонталей карты и связанных с ними характерных точек, принадлежащих геологической структуре) таким образом, чтобы каждая более высокая горизонталь была сдвинута на чертеже вверх по направлению оси  $z$  относительно предыдущей горизонтали на расстояние, равное сечению горизонталей в масштабе карты. Для этого на чистом листе восковки (удобнее в нижней его части) следует провести вспомогательную горизонтальную линию (AB на фиг. 4,б).

Затем восковку следует наложить на карту с таким расчетом, чтобы карта расположилась в положении, предусмотренном пунктом 1 (фиг. 4,а,б). В этом положении скопировать на восковку две обращенные к зрителю стороны рамки карты. Если карта разделена дополнительными разрезами на более мелкие блоки, то надо копировать отдельные блоки на кальку раздельно, раздвинув их перемещением кальки на необходимое расстояние и копируя рамки для каждого блока в отдельности. Затем из 2 диагонально расположенных углов рамки, принимая их отметки за нулевые (или иные, до глубины которых предполагается строить ограничивающие блок-диаграмму разрезы), нужно построить вертикальные масштабы, указав на них отметки всех горизонталей. После этого, перемещая восковку по карте, совмещаем углы последней (точки В и Г на фиг. 4, а) с отметками самой верхней горизонтали вертикальных масштабов, в этом положении копируем только данную горизонталь и точки пересечения ею рек, дорог и геологических контуров, а затем продельваем эту операцию последовательно для всех горизонталей карты. Характерные точки геологических или иных контуров можно брать не только на горизонталях, но и между ними, оценивая их высоту и копируя на восковку при соответствующем ее положении. В случае разбивки карты на отдельные блоки эти построения надо производить для каждого блока в отдельности.

3. По точкам, отмеченным на горизонталях, провести геологические контуры, реки, дороги, обрывы и т. п. С помощью теней и характерных линий рельефа придать полученной предыдущим



Фиг. 4. Построение блок-диаграммы в „военной перспективе“. а — карта; б — первый этап построения; в — блок-диаграмма.



построением топографической поверхности возможно большую выразительность. При этом можно вычертить горизонталы тонкими вспомогательными линиями, либо даже вовсе убрать их с чертежа, если рельеф достаточно наглядно выражается характерными линиями скатов, гребней и т. п. Затем обозначить индексами геологические образования. Можно также изобразить их условными литологическими знаками, сообразуясь при этом с рельефом и структурой (знаки должны быть ориентированы соответственно линиям выходов пластов на дневную поверхность).

4. Для изображения геологической структуры на обращенных к зрителю вертикальных плоскостях блоков надо на отдельном листе бумаги построить обычные геологические разрезы по карте по этим направлениям и разграфить эти разрезы сетью прямоугольников или квадратов. Затем построить ту же сеть на блок-диаграмме в виде систем параллелограммов или ромбов, опираясь на нанесенный уже на блок-диаграмме контур рамки карты и вертикальные линии, проведенные по углам блоков. Перенесение геологического разреза на блок-диаграмму можно осуществить рисовкой по сетке квадратов. Для простой структуры разрезы на стенках блок-диаграммы можно построить по линиям простирания. Для этого нужно на карте провести линии простирания какой-либо поверхности напластования, продолжить их до пересечения с рамкой карты и перенести точки пересечения на блок-диаграмму с отметками линий простирания тем же способом, что и при нанесении горизонталей. По этим точкам построить данную поверхность на вертикальной стенке блока.

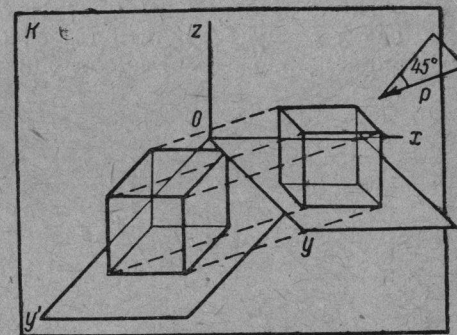
5. Снабдить блок-диаграмму аксонометрическим масштабом (с указанием коэффициентов искажения и углов между осями), указать расположение стран света, вычертить условные обозначения.

Из недостатков военной перспективы следует указать на недостаточную естественность изображения. Наглядность его увеличивается, если держать чертеж при рассмотрении не перпендикулярно к лучу зрения, а под  $\angle 45^\circ$ , восстанавливая этим условием проектирования. Но крупное преимущество военной перспективы заключается в простоте построения блок-диаграммы, не требующего составления вторичной проекции. Последняя операция необходима во всех других аксонометрических проекциях, в которых картинная плоскость не горизонтальна. Рассмотрим основные из них.

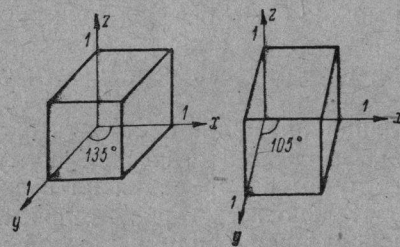
Кавальерная проекция — косоугольная изометрическая фронтальная проекция. Картинная плоскость ( $K$ ) совмещается с координатной плоскостью  $xoz$ , т. е. вертикальна. Направление проектирования ( $P$ ) составляет с нею угол  $45^\circ$  (фиг. 5). Отрезки, параллельные всем трем осям пространственных координат, изображаются в этой проекции без искажения. Все линии, лежащие в вертикальных плоскостях, параллельных плоскости  $xoz$ , изображаются без искажения линейных величин и угловых

соотношений. Ось  $z$  — вертикальна, ось  $x$  — горизонтальна, ось  $y$  образует с ними углы, зависящие от направления проектирующих лучей. Обычно угол между осями  $x$  и  $y$  принимается в  $135^\circ$ , иногда — меньше ( $105^\circ$ ). Изображение куба в кавальерной проекции (фиг. 6) не совсем естественно, оно как бы вытянуто по оси  $y$ . Большую наглядность дает так называемая кабинетная проекция (фиг. 7), принадлежащая к косоугольным диметрическим фронтальным проекциям. Она отличается от кавальерной проекции только тем, что направление проектирования образует с картинной плоскостью угол не в  $45^\circ$ , а около  $60^\circ$ , что дает сокращение вдвое всех отрезков, параллельных оси  $y$ . Ось  $y$  располагают при этом обычно под углом  $150^\circ$  к оси  $x$ . Изображение куба в кабинетной проекции довольно естественно, хотя заметно все же чрезмерное укорочение по оси  $y$ , что в сочетании с большим углом между осями  $x$  и  $y$  затрудняет изображение земной поверхности (площадь верхней грани куба сильно уменьшена и искажена).

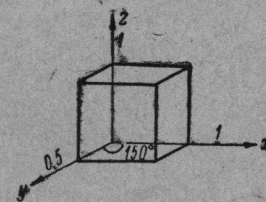
Можно рекомендовать поэтому для изображения геологических структур путем блок-диаграмм косоугольную диметриче-



Фиг. 5. Принцип кавальерного проектирования.



Фиг. 6. Изображения куба в кавальерной проекции.



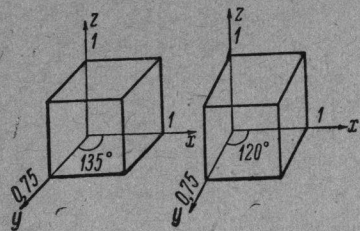
Фиг. 7. Изображение куба в кабинетной проекции.

скую фронтальную проекцию с показателем искажения по оси  $y$  равным  $3/4$  и с углом между осями  $x$  и  $y$  равным  $135$  или  $120^\circ$  (фиг. 8). Эта проекция дает наиболее привычное для глаза изображение. Передняя сторона блок-диаграммы при этом не получает ни линейных, ни угловых искажений.

Рассмотрим методику построения блок-диаграммы по геологической карте в этой проекции. Ход построения можно разбить на следующий ряд операций.



1. Выбрать положение осей  $x$  и  $y$  на карте. Если изображению подлежит не вся площадь карты, а какая-то определенная структура или группа структур, то удобнее всего ограничить выбранный блок прямыми, проходящими вкrest простираения и по простираению структур, причем за ось  $x$  принять сторону блока, ориентированную вкrest простираения, а за ось  $y$  — по простираению структур, имея в виду, что разрез вкrest простираения будет изображен в этом случае на передней стенке блок-диаграммы без искажения. Если же изобразить следует всю площадь карты, то за ось  $x$  следует принять тот ее обрез, который ближе проходит к направлению вкrest простираения структур, а за  $y$  — обрез карты, ближе расположенный к их простираению.

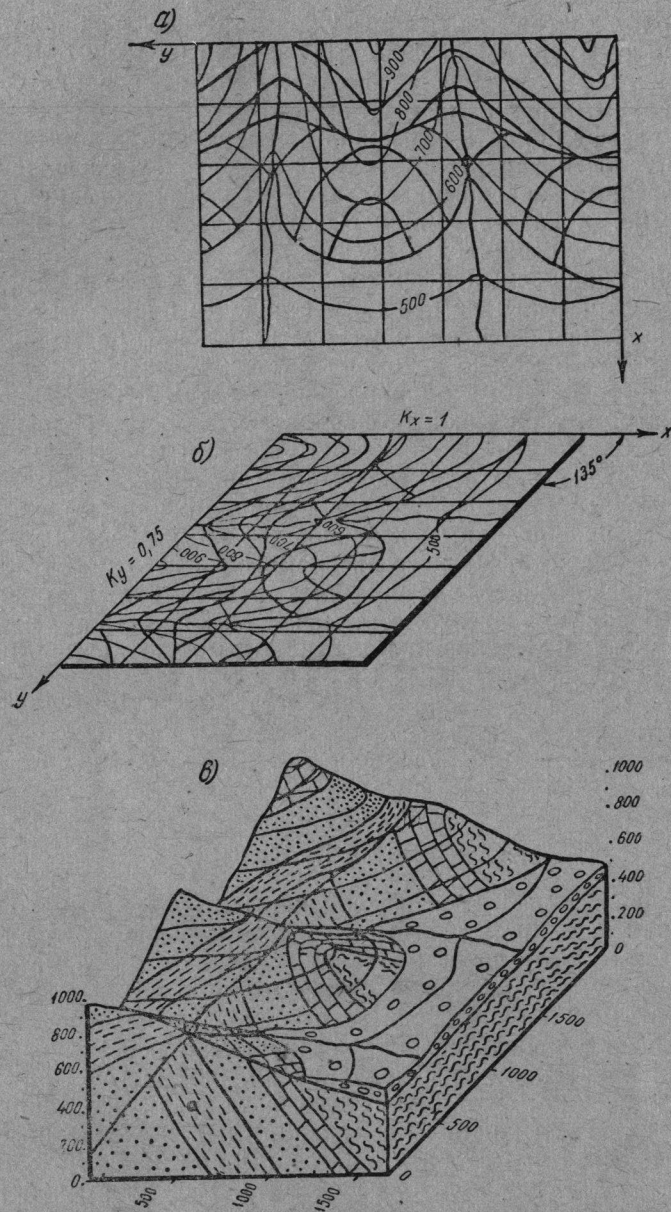


Фиг. 8. Изображение куба в диметрической фронтальной проекции при  $K_y = 0,75$ .

2. Построить вторичную горизонтальную проекцию геологической карты (фиг. 9, б). Для этого на чистом листе бумаги провести горизонтально ось  $x$  и под углом 120 или 135° к ней — ось  $y$ , перенести с карты размеры блок-диаграммы, предварительно уменьшив размер по оси  $y$  умножением на 0,75, и построить параллелограмм, соответствующий прямоугольному блоку карты. Затем системами параллельных прямых разбить на карте сетку квадратов, а на вторичной проекции — сетку соответствующих им параллелограммов. Размеры ячейки этой сетки должны быть достаточно малы для того, чтобы можно было без больших погрешностей осуществить рисовкой перенос всех контуров геологической карты (горизонталей, реки, геологические границы и т. п.) на вторичную проекцию.

3. По вторичной горизонтальной проекции построить аксонометрическое изображение рельефа и геологических контуров. Построение можно осуществить путем копирования на восковку со вторичной проекции последовательно всех горизонталей, начиная с самой высокой, причем после копирования каждой горизонтали восковка сдвигается вверх на величину, равную сечению горизонталей в масштабе карты. Одновременно с копированием горизонталей отмечаются все точки пересечения с ними геологических контуров, рек и т. п., по которым желательно здесь же проводить эти контуры. Смещения восковки можно вести с помощью вспомогательных масштабов высот, как это указано для построений в военной перспективе (стр. 8).

Когда все горизонталы перенесены, скопировать рамку блока при положении восковки, соответствующем той отметке, до которой предполагается показать геологическое строение на боковых сторонах блок-диаграммы. Этот контур будет служить основа-



Фиг. 9. Построение блок-диаграммы в диметрической фронтальной проекции.

$a$  — карта,  $b$  — вторичная проекция карты,  $в$  — блок-диаграмма.



нием блок-диаграммы. Концы горизонталей соединить кривыми линиями соответственно формам рельефа (профили, ограничивающие топографическую поверхность), а углы основания соединить вертикальными прямыми с углами топографической поверхности.

4. Рельефу придать возможно большую выразительность с помощью теней и характерных линий водоразделов и склонов. Литологическими значками, согласно геологическим контурам на диаграмме, показать линии выходов пластов (если не всех, то наиболее выделяющихся в рельефе).

5. На обращенных к зрителю сторонах блока построить геологические разрезы: на передней стенке (в плоскости  $xoz$ ) — без искажения, на боковой — с учетом искажения расстояний и углов. Для этого можно рекомендовать сначала построение обычного разреза по этому направлению, а затем перенесение его на блок-диаграмму рисовкой по квадратам.

6. Снабдить чертеж аксонометрическим масштабом, указать стороны света, вычертить условные обозначения.

Рассмотренные выше проекции, наиболее простые и в той или иной степени наглядные, конечно далеко не исчерпывают всех возможностей косоугольного аксонометрического проектирования, которое представляет, как уже указывалось, большую свободу в выборе положения аксонометрических осей и показателей искажения. Большой наглядности, в частности, можно достичь в триметрических проекциях, но построение их несколько сложнее. Самой простой в построении является военная перспектива. Большой наглядностью, но и несколько большей сложностью построения отличается рекомендованная выше косоугольная диметрическая фронтальная проекция.

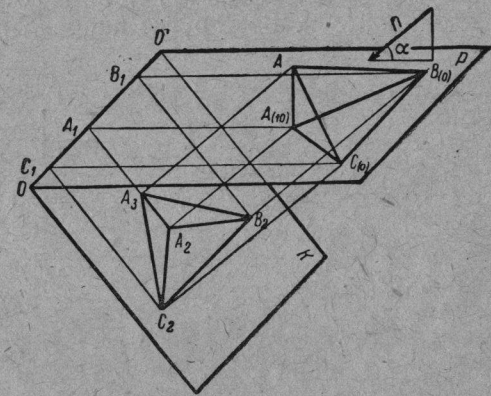
## 2. АФФИННЫЕ ПРОЕКЦИИ

Преобразование геологической карты в более наглядное изображение может быть достигнуто и с помощью метода аффинного (родственного) проектирования. Сущность этого метода сводится к тому, что изображение какого-либо объекта, данное на плоскости, может быть перенесено на другую плоскость методом параллельного проектирования, если задано положение плоскостей и направление проектирования в пространстве. При этом новое изображение может быть более наглядным, ибо направление проектирования (направление зрения) и положение новой картинной плоскости могут быть выбраны как наиболее естественные при рассмотрении данного объекта. Рельеф земной поверхности выглядит наиболее естественно при взгляде на него не прямо сверху, как он дается на карте, а под некоторым острым углом, как он представлялся бы при взгляде с какой-либо возвышенной точки зрения. При этом более естественным и более простым в построении будет изображение на плоскости, перпендикулярной проектирующим лучам. Рассмотрим метод аффинного

преобразования на простейшем примере, наиболее близком к нашему случаю (фиг. 10). Пусть на горизонтальной плоскости  $P$  дано в проекции с отметками изображение треугольника  $A_{(10)} B_{(10)} C_{(10)}$ . Направление проектирования  $n$  образует с горизонтальной плоскостью угол  $\alpha$ . Необходимо построить изображение этого треугольника на плоскости  $K$ , перпендикулярной направлению проектирования. Построение будем вести, опираясь на положение проектируемых точек относительно линии  $OO'$ , принадлежащей обеим плоскостям и называемой *родственной осью*.

Условимся положение соответствующих точек на плоскости  $K$  относительно этой оси определять следующими аффинными координатами:  $y$  — кратчайшее расстояние точки от оси (например  $B_1 B_2$ );  $x$  — расстояние по родственной оси от некоторой точки  $O$ , условно взятой за начало координат, до перпендикуляра, опущенного на ось из проектируемой точки ( $OB_1$ );  $z$  — величина проекции на картинную плоскость вертикального отрезка, равного высоте отметке данной точки на плоскости  $P$ , т. е. на карте (например  $A_2 A_3$  — проекция отметки точки  $A$  на картинную плоскость). Из чертежа следует, что на эту величину будет уменьшена ордината  $y$  точки  $A$  по сравнению с ординатой ее второй горизонтальной проекции (точка  $A_2$ ). Для вычисления аффинных координат рассмотрим сечение фиг. 10 плоскостью, проходящей через точку  $A$  и перпендикулярной родственной оси (фиг. 11). Из чертежа следует, что  $A_1 A_2 = A_1 A_{(10)} \cdot \sin \alpha$ , т. е.  $y = y' \cdot \sin \alpha$ , а  $A_2 A_3 A_{10} D = z' \cos \alpha$ , т. е.  $z = z' \cdot \cos \alpha$ .

Таким образом, аффинные координаты, т. е. положение точки на плоскости  $K$  относительно родственной оси, могут быть легко получены по положению этой точки на горизонтальной плоскости относительно той же оси. При этом абсциссы ( $x$ ) будут одни и те же для обеих плоскостей, а аффинные ординаты ( $y$ ) и аппликаты ( $z$ ) могут быть найдены либо по приведенным выше простым формулам, либо же с помощью простого вспомогательного графика (фиг. 12). Если мы на этом графике отложим от точки  $O$  по прямой  $OA$  отрезок, равный расстоянию точки от родственной оси в горизонтальной плоскости ( $y'$ ), то на оси ординат получим в том же масштабе аффинную ординату той же точки ( $y$ ), т. е. расстояние ее от родственной оси на плоскости  $K$ . От-

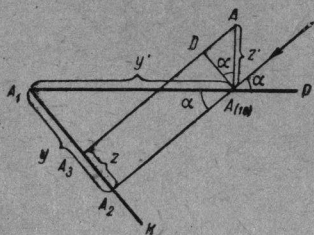


Фиг. 10. Принцип аффинного проектирования.

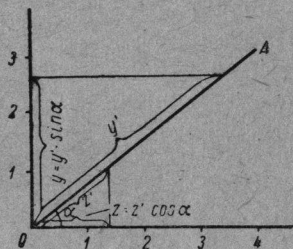


ложив же по прямой  $OA$  высотную отметку точки ( $z'$ ), получим на оси абсцисс отрезок, на который следует приблизить к родственной оси вторичную проекцию этой точки, т. е. получим ее аффинную аппликату ( $z$ ).

Следовательно, для построения изображения методом прямоугольного аффинного проектирования по карте достаточно задать определенным направлением проектирования, т. е. азимутом и углом наклона к горизонту лучей зрения. Следует иметь в виду, что при этом проектировании все отрезки на карте, параллельные родственной оси (например отрезок  $BC$  на фиг. 10), передаются на блок-диаграмме без искажения. Максимальному сокращению подвергаются длины отрезков, перпендикулярных родственной оси. Все другие направления в плоскости карты ха-



Фиг. 11. Вчисление аффинных координат.

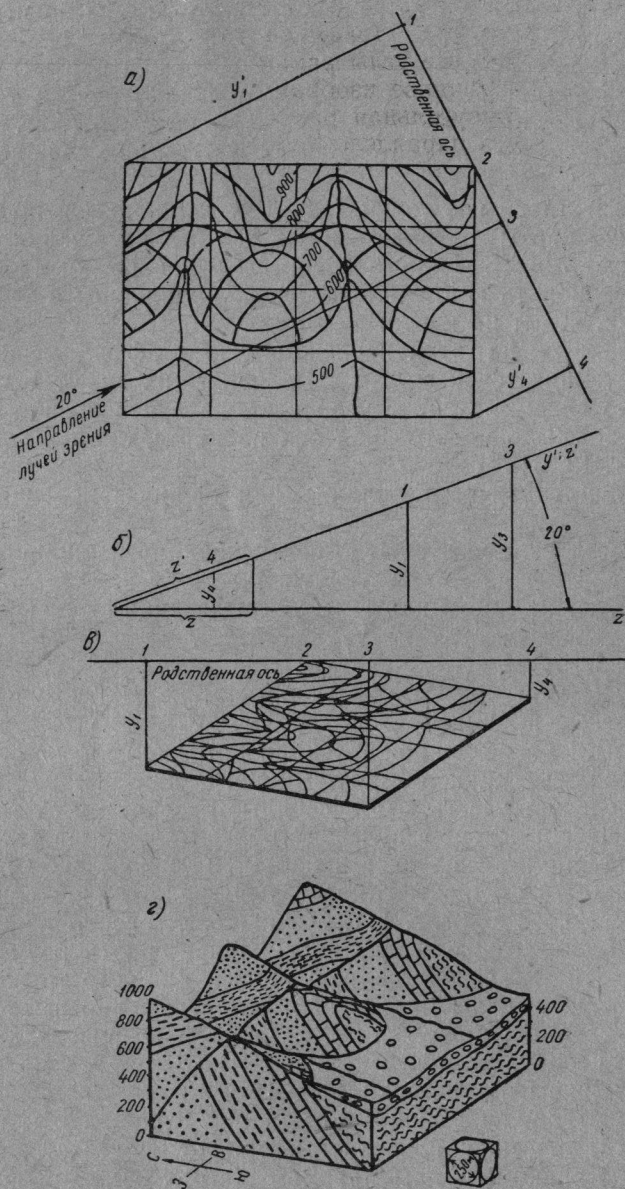


Фиг. 12. График для определения аффинных координат.

рактеризуются различной степенью укорочения в аффинном изображении, но все параллельные друг другу линии искажаются в одной и той же степени. Из углов искажения не испытывают только прямые углы, образованные направлениями, параллельными и перпендикулярными родственной оси.

Для построения аффинного изображения по геологической карте можно рекомендовать следующую последовательность операций.

1. Выбрать направление проектирования и начертить его на полях карты в виде стрелки (фиг. 13,а). При выборе направления следует учесть, что большая наглядность достигается при косом направлении луча зрения по отношению к простиранию структур и основным формам рельефа. Угол луча зрения с горизонтальной плоскостью обычно выбирают в пределах от  $15^\circ$  до  $60^\circ$ . Чем меньше этот угол, тем большему сокращению подвергнется площадь топографической поверхности на блок-диаграмме и тем резче будут выявляться формы рельефа. В сильно пересеченной местности поэтому можно брать большие углы зрения, в равнинной — меньшие.



Фиг. 13. Построение блок-диаграммы в аффинной проекции.

а — карта и условия проектирования, б — графическое определение аффинных координат, в — аффинная проекция карты, г — блок-диаграмма.



2. Перпендикулярно направлению проектирования провести на карте родственную ось с таким расчетом, чтобы на нее можно было спроектировать все углы рамки карты.

3. Построить аффинное изображение рамки карты на чистом листе бумаги (прямоугольная рамка в общем случае трансформируется при этом в параллелограмм). Для этого (фиг. 13,в):

а) провести на нем горизонтальную линию — родственную ось;

б) перенести на нее точки 1, 2, 3, 4, являющиеся проекциями углов рамки карты на родственную ось без искажения расстояний между ними (аффинные абсциссы углов рамки карты);

в) восстановить к этим точкам перпендикуляры в тех же направлениях, что и на карте;

г) Отложить на этих перпендикулярах аффинные ординаты соответствующих точек ( $y_{1-4}$ ). Величины их могут быть получены умножением на синус угла наклона лучей зрения расстояний этих точек до родственной оси на карте, либо же — графически (фиг. 13,б);

д) соединить прямыми линиями аффинные проекции углов карты.

4. Нанести вспомогательную сетку квадратов или прямоугольников на карту и соответствующую им сетку параллелограммов на аффинную проекцию карты методом деления сторон рамки на соответствующее количество частей.

5. Пользуясь сеткой квадратов, перенести на аффинную проекцию карты все горизонтали, геологические контуры и необходимые местные предметы.

6. Перейти от аффинной проекции карты как плоского чертежа к аффинной проекции объемной топографической поверхности. При этом следует учесть, что аффинные проекции всех точек, лежащих выше некоторой нулевой горизонтальной плоскости, за которую мы примем плоскость карты, на какую-либо величину  $z'$  должны быть смещены относительно родственной оси на величину  $z = z' \cdot \cos \alpha$  (фиг. 11). Очевидно, что все точки, принадлежащие одной горизонтали, должны претерпеть равновеликое смещение относительно родственной оси, или, что то же самое, родственная ось для каждой горизонтали должна быть перемещена на величину, равную отметке данной горизонтали, умноженной на косинус угла лучей зрения. Величина эта может быть получена также и графически (фиг. 12 и 13,б).

Преобразование аффинной проекции плоской карты в проекцию топографической поверхности можно произвести, следовательно, уже знакомым нам приемом (стр. 8) копирования отдельных горизонталей и связанных с ними характерных точек структуры на кальку, которая перемещается поперек родственной оси для каждой следующей горизонтали на одну и ту же величину, равную сечению горизонталей (в масштабе карты), умноженному на  $\cos$  угла наклона лучей зрения. Для этого на

кальке проводится горизонтальная линия — родственная ось для нулевой горизонтали. Совместив эту линию с осью аффинного изображения карты, надо скопировать две ближайшие к зрителю стороны рамки карты и на их концах построить вертикальные масштабы соответствующего сечения. Затем калька накладывается на аффинное изображение плоской карты таким образом, чтобы противоположные углы этого изображения совпали с отметками самой высокой горизонтали на вертикальных масштабах кальки, и в этом положении копируется верхняя горизонталь. Последовательным совмещением более низких отметок вертикальных масштабов с теми же углами изображения и последовательным копированием одноименных этим отметкам горизонталей на кальку на последней достигается аффинное изображение топографической поверхности и связанных с нею элементов геологического строения.

7. Оформить изображение рельефа и геологической структуры на топографической поверхности. Для этого:

а) пользуясь концами горизонталей, на аффинном изображении вычертить топографические профили, ограничивающие рельеф блока;

б) если нужно, оттенить характерные формы рельефа линиями склонов или тушевкой (накладкой теней);

в) провести геологические контуры (выходы пластов на поверхность), если нужно, то дополнить их литологическими знаками, ориентированными соответственно линиям выходов пластов.

8. Построить геологические разрезы на плоскостях, ограничивающих блок и обращенных к зрителю.

В случае простой структуры для этого построения можно воспользоваться линиями простираения, проведенными через определенные отметки пласта (через точки пересечения геологического контура горизонталями). При этом линии простираения продолжают до рамки карты и с соответствующими высотными отметками переносят на блок-диаграмму тем же путем, что и при построении горизонталей.

В случае сложных структур можно построить вдоль 2 рамок карты обычные геологические разрезы и перенести их на диаграмму по специально для этого построенной сетке квадратов. Разрезы также оформляются соответствующими литологическими условными обозначениями.

9. Снабдить чертеж указаниями стран света, графическими масштабами по трем осям (вертикальной и параллельным обрезами карты) и условными геологическими обозначениями.

Построение блок-диаграмм указанным выше способом, конечно, дело трудоемкое. В целях его облегчения маркшейдерами [4, 6] предложен целый ряд конструкций сравнительно несложных приборов — аффинографов, с помощью которых можно преобразовывать карту в аффинное изображение данного участка мест-

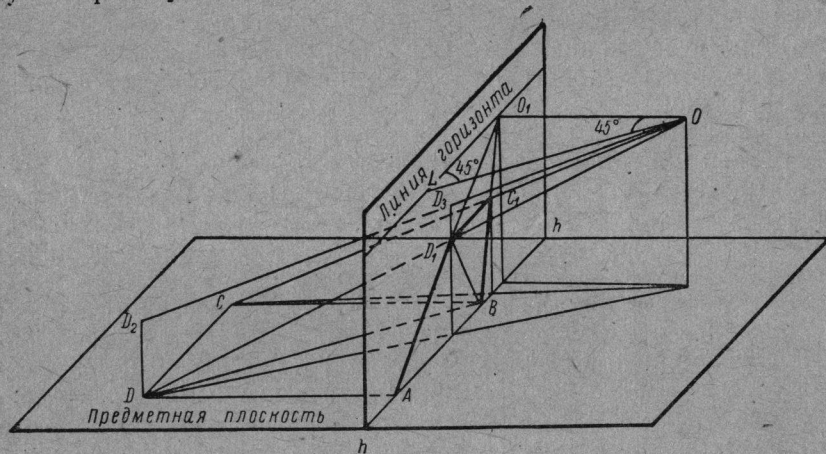


ности. Приборы эти работают по тому же принципу, что и широко известные пантографы, но дают соответствующим образом искаженное, родственное оригиналу, изображение. Специальные приспособления позволяют смещать относительно друг друга аффинные проекции отдельных горизонтальных сечений, чем и достигается построение основных контуров блок-диаграмм.

Массового распространения эти приборы пока, к сожалению, не получили.

### 3. ПЕРСПЕКТИВНЫЕ ПРОЕКЦИИ

Сущность перспективного проектирования можно рассмотреть на примере, изображенном на фиг. 14. Квадрат  $ABCD$ , лежащий в горизонтальной предметной плоскости, и точка  $D_2$ , расположенная в пространстве над точкой  $D$ , проектируются на вертикальную картинную плоскость посредством пучка лучей, исходящих

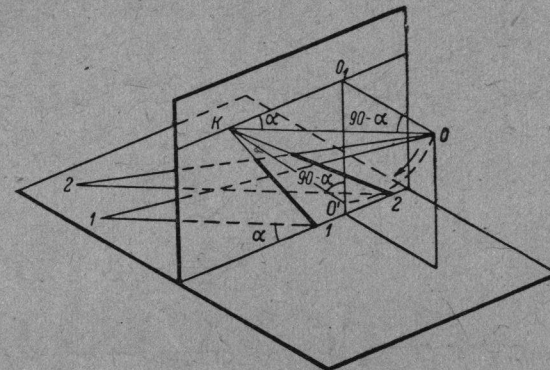


Фиг. 14. Принцип перспективного проектирования.

из точки  $O$  (точки зрения или полюса проекции), расположенной по другую сторону картинной плоскости. Трапеция  $ABC_1D_1$  есть перспективная проекция квадрата  $ABCD$ , а точка  $D_3$  — перспективная проекция точки  $D_2$ . Если бы мы обвели на оконном стекле контуры предметов, которые видим через окно, то получили бы перспективные проекции их. Очевидно, что этот способ проектирования дает наиболее естественные, наиболее привычные глазу изображения. Обычные рисунки, картины создаются по методу перспективного проектирования.

Рассмотрим основные черты этого метода. Кроме указанных выше геометрических элементов его, на всякой картине (картинной плоскости) различают еще *главную точку картины* ( $O_1$ ), являющуюся основанием перпендикуляра, опущенного на эту пло-

скость из точки зрения ( $O$ ). Горизонтальная линия, проведенная через главную точку в картинной плоскости, носит название *линии горизонта*, а точка  $L$ , отстоящая от главной точки по линии горизонта на расстоянии, равном удалению точки зрения от картинной плоскости ( $O_1L = OO_1$ ), носит название *дистанционной точки*. Линия пересечения картинной и предметной плоскости ( $h-h$ ) является *основанием картины*. Задавшем определенным расположением этих элементов, можно вести проектирование любых предметов, расположенных на предметной плоскости. При этом следует иметь в виду, что в перспективной проекции параллельные линии изображаются, как правило, линиями сходящи-

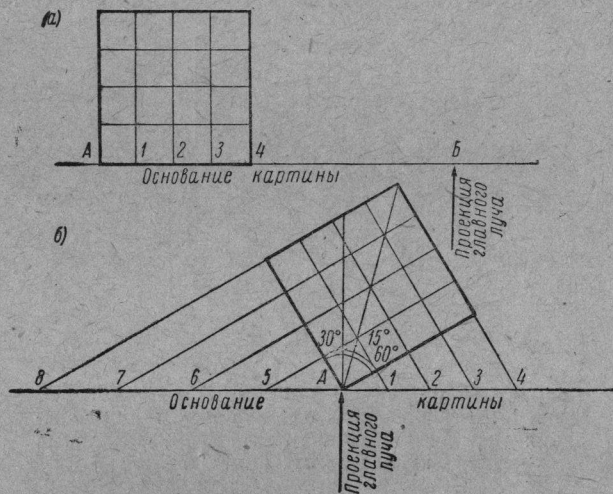


Фиг. 15. Графическое определение точки схождения перспективных проекций горизонтальных параллельных прямых.

мися, за исключением линий, параллельных картинной плоскости, которые сохраняют свою параллельность. Точки соединения всех горизонтальных параллельных прямых лежат на линии горизонта, причем в главной точке сходятся все прямые, перпендикулярные картинной плоскости, а в дистанционных точках — горизонтальные прямые, образующие с нею угол в  $45^\circ$ . Точка соединения параллельных горизонтальных прямых ( $1-1$  и  $2-2$ ), образующих с картинной плоскостью (с основанием картины) угол  $\alpha$ , может быть найдена (фиг. 15), если мы из точки зрения ( $O$ ) проведем горизонтальную прямую под углом  $90-\alpha$  к направлению  $OO_1$  до пересечения с линией горизонта в точке  $K$ . Очевидно, что это построение может быть сделано в плоскости картины, если мы совместим прямоугольный треугольник  $OO_1K$  с картинной плоскостью путем вращения вокруг катета  $O_1K$ , т. е. если построим в картинной плоскости  $\triangle O_1O'K$  по катету  $O_1O'$ , равному дистанции, и углу  $O_1O'K$ , равному  $90-\alpha$ . Поскольку параллельные линии в рассматриваемом виде проекций изображаются в общем случае линиями, сходящимися в какой-то точке чертежа, непрерывным изменениям подвержены оказываются и масштабы, как горизонтальные, так и вертикальные. Они сохраняют свои



значения только в пределах какого-либо сечения, параллельного картинной плоскости. Это, естественно, сильно затрудняет построение блок-диаграмм в перспективных проекциях и ограничивает их применение. Несмотря на это, можно все же рекомендовать простейшие случаи перспективы, особенно для районов с равнинным рельефом, практически не изображаемым на диаграмме. В этом случае при трансформировании геологической карты в блок-диаграмму можно придерживаться следующей последовательности операций.



Фиг. 16. Положение карты относительно основания картины при фронтальной (а) и угловой (б) перспективной проекции.

1. Выбрать положение карты относительно картинной плоскости и главного, т. е. перпендикулярного к картинной плоскости луча зрения. На фиг. 16 показаны 2 из множества возможных положений карты. На фиг. 16,а один обрез карты (желательно — наиболее близкий к направлению вкрест простираения структур) совмещен с линией основания картинной плоскости, а главный луч зрения вынесен вправо и вверх для того, чтобы показать разрез по правому обрезу карты и верхнюю поверхность блока.

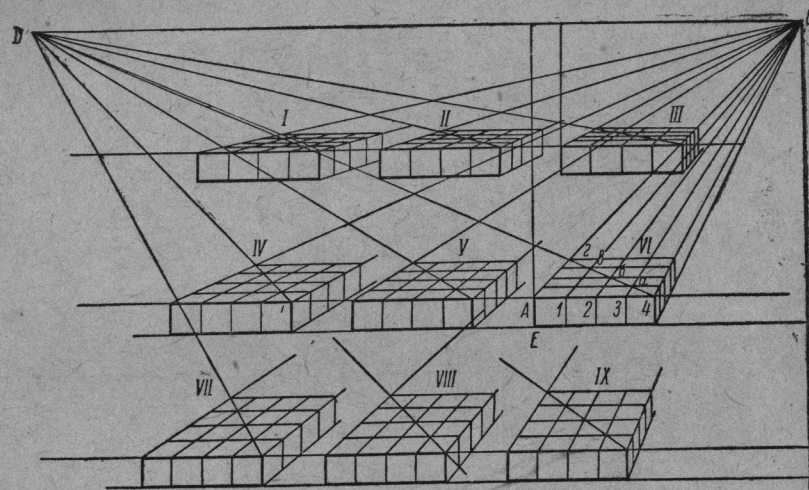
На фиг. 16,б обрезы карты ориентированы косо по отношению к линии основания картины, а главный луч зрения расположен прямо над точкой их соприкосновения или же близок к ней.

2. Разбить на карте сетку квадратов желаемой густоты (зависит от нагрузки карты). Для простоты построения можно принять стороны сетки параллельными и перпендикулярными основанию картины.

3. Построить на чистом листе бумаги сетку четырехугольников (в частном случае — трапеций), являющуюся перспективной проекцией сетки квадратов карты. Для этого в случае фронтальной ориентировки карты, показанной на фиг. 16,а, можно действовать следующим образом (фиг. 17):

а) у верхнего обреза листа провести линию горизонта. В правой части ее наметить главную точку картины —  $O$ ;

б) отложив влево от нее 2—4 стороны карты ( $AB$  на фиг. 16,а) и примерно то же расстояние вниз (высота точки зрения), поставить точку  $A$ , через которую и провести горизонтальную линию основания картины;



Фиг. 17. Построение сеток квадратов во фронтальной перспективе.

в) отложить на ней от точки  $A$  стороны квадратов сетки карты (точки 1, 2, 3, 4);

г) наметить на линии горизонта дистанционную точку  $D$  на расстоянии, превышающем в 4—8 раз размеры рамки карты. Желательно, чтобы дистанционное расстояние было все же не менее 25 см;

д) соединить точки  $A$ , 1, 2, 3, 4 с точкой  $O$ , т. е. провести линии сетки, перпендикулярные картинной плоскости;

е) соединить точку 4 с точкой  $D$ , т. е. провести диагональ сетки квадратов (она образует в плане угол  $45^\circ$  с основанием картины);

ж) из точек пересечения диагонали с системой прямых сетки (точка  $a$ ,  $b$ ,  $v$ ,  $z$ ) провести прямые, параллельные линии основания. Сетка готова.

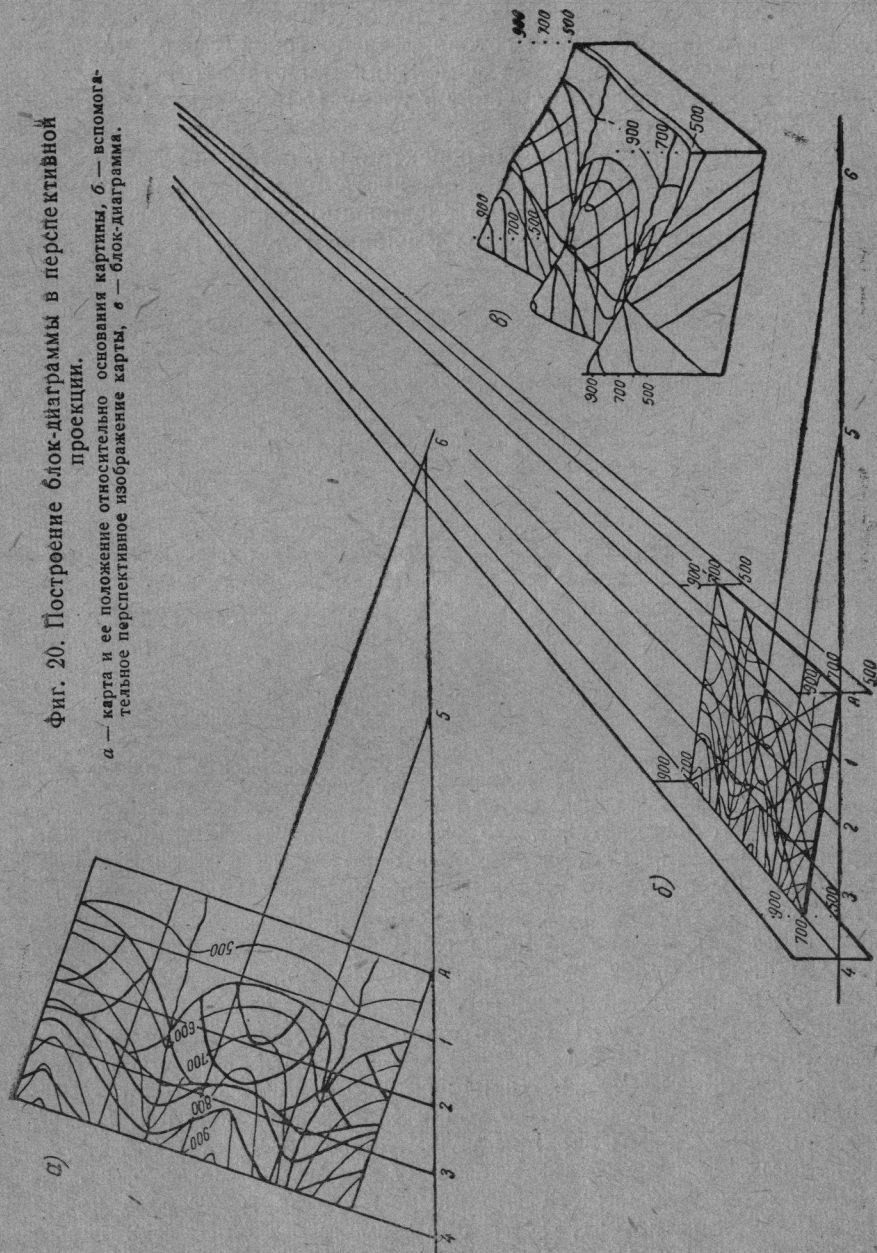
На фиг. 17 показано, что имея положения точек  $O$  и  $D$  на чертеже, можно построить множество блоков, по-разному распо-







Фиг. 20. Построение блок-диаграммы в перспективной проекции.



*a* — карта и ее положение относительно основания картины, *б* — вспомогательное перспективное изображение карты, *в* — блок-диаграмма.

ответственно с точками 5, 6, 7, 8, получаем вторую систему прямых, являющуюся проекцией сторон сетки квадратов. Точка *B* может быть получена на пересечении 2-й диагонали *Г-в* с прямой *B-4*. Использование диагоналей перспективной сетки позволяет сократить необходимое количество точек на линии основания картины. Построение вертикальных плоскостей, ограничивающих блок, ясно из чертежа 19. Для этого вниз от точки *A* откладываем без искажения сторону квадрата, либо же произвольный отрезок до желаемой глубины, и из полученной точки *E* проводим прямые в направлении левого верхнего угла до пересечения с вертикальной линией, опущенной из точки *Г*, и в точку *K*, которая в свою очередь может быть получена на пересечении вертикали, проходящей через точку *B*, и прямой *КМ*, идущей в левый верхний угол листа из точки *M*, отстоящей от точки 4 на расстоянии той же стороны квадрата ( $4 - M = AE$ ). Полученную таким путем блок-диаграмму на фиг. 19 следует рассматривать с расстояния 12—15 см, так как дистанция для нее будет примерно 12 см.

4. Перенести геологические контуры и необходимый минимум топографических элементов с карты на перспективную ее проекцию, пользуясь построенными сетками и рисуя контуры по квадратам и их проекциям. Оформить полученную таким образом поверхность блок-диаграммы соответствующими условными знаками (литологические знаки, краски и т. п.). Следует заметить, что перспективная проекция карты как плоского изображения может быть получена не только описанным выше методом графических построений, но и путем фотографирования карты под соответствующим углом зрения.

5. Построить разрезы на обращенных к зрителю сторонах блока. Для этого сначала построить обычные геологические разрезы по соответствующим сторонам рамки карты до желаемой глубины. Если одна из сторон блока расположена параллельно картинной плоскости, то геологический разрез на ней дается без искажений. Разрез же на стороне, расположенной под углом к картинной плоскости, можно построить с помощью рисовки по сетке квадратов, построение которых ясно из чертежей 17, 18, 19.

6. Указать размеры изображенного блока по 3 осям, ориентировку его по странам света, вычертить условные обозначения.

Так можно выполнить построение блок-диаграммы в перспективе при равнинном рельефе. В случае необходимости построения перспективы горной местности задача усложняется тем, что построение проекции сетки квадратов, вычерченных на карте, нужно будет сделать для каждой 5-й (10-й) горизонтали отдельно и переносить эти horizontали на соответствующие им по высоте сетки. При небольших размерах блока и невысоких требованиях к точности чертежа практически можно ограничиться построением вспомогательной перспективной проекции сетки квадратов или прямоугольников только для одной средней для дан-



ной местности высоты (на фиг. 20,б она принята за высоту 700 м). Перенеся на эту сетку геологические контуры и горизонтали, надо построить на всех четырех ее углах вертикальные масштабы (различные в общем случае на каждом углу). Затем все 4 масштаба копируются на восковку, и дальнейшее построение топографической поверхности ведется уже знакомым нам методом копирования отдельных горизонталей при последовательном совмещении соответствующих отметок вертикальных масштабов на восковке с углами вспомогательного изображения карты. Поскольку полное совмещение невозможно, следует, перемещая несколько восковку, достигать совмещения отдельно для тех частей чертежа, на которых ведется копирование горизонталей. Повышение точности чертежа может быть достигнуто увеличением количества вертикальных масштабов, построенных для различных частей вспомогательной проекции. На фиг. 20 показаны основные этапы построения блок-диаграммы в перспективной проекции.

\* \*  
\*

Мы познакомились с некоторыми приемами построения блок-диаграмм методами аксонометрического, аффинного и перспективного проектирования. Следует заметить, что для наибольшей наглядности при рассматривании изображений, полученных этими методами, желательно располагать перед собой чертеж таким образом, чтобы как бы восстанавливать при этом условия проектирования. Так, например, рассматривая чертеж, выполненный в военной перспективе, надо положить его впереди себя на столе так, чтобы лучи зрения падали на него примерно под углом  $45^\circ$ . Чертежи, выполненные в прямоугольной аффинной проекции, надо располагать перпендикулярно лучам зрения, наклоненным под тем или иным углом, принятым при проектировании. Перспективные проекции выглядят наиболее выразительно, если смотреть на вертикально поставленный чертеж одним глазом, расположив его против главной точки на дистанционном расстоянии от чертежа, т. е. в точке зрения, принятой при его построении.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Апродов В. А. Геологическое картирование. Госгеолиздат, 1952, стр. 340—342.
2. Буялов Н. И. Структурная и полевая геология. Гостоптехиздат, 1953, стр. 462—472.
3. Вебер В. Н. Методы геологической съемки. ОНТИ, 1937, стр. 203—206.
4. Вилесов Г. И. Наглядные объемные графики. Горный журнал, 1951, № 9.
5. Рыжов П. А. Проекция, применяемые в геолого-маркшейдерском деле. Углетехиздат, 1951, стр. 110—141.
6. Ушаков Г. А. Зубчатый аффинограф для составления наглядных маркшейдерских планов. Горный журнал, 1953, № 11.
7. Ушаков И. Н. Горная геометрия. Углетехиздат, 1951, стр. 46—69.



СОДЕРЖАНИЕ

Введение . . . . .	Стр. 3
1. Аксонометрические проекции . . . . .	4
2. Аффинные проекции . . . . .	14
3. Перспективные проекции . . . . .	20
Литература . . . . .	29

ОПЕЧАТКИ

Стр.	Строка	Напечатано	Следует читать
5	6 сверху	$B_1$	$B_1$
5	8 " "	$B_1$	$B_1$
15	13 снизу	$A_2 A_3 A_{10} D =$	$A_2 A_3 = AD =$

Зак. 791

*Поршняков Георгий Сергеевич*

Построение блок-диаграмм по геологическим картам

Редактор *Л. А. Келарев*

Техн. редактор *А. В. Иванова*    Корректоры *А. А. Милитаури* и *И. Л. Каган*

М-34075. Подписано к печати 14-VIII-56 г. Уч.-изд. л. 1,97. Печ. л. 17/8.

Бум. л. 0,94. Формат бум. 60×92<sup>1</sup>/<sub>16</sub>. Тираж 3500 экз. Заказ 791.

Типография ЛОЛГУ. Ленинград, Университетская наб., 7/9.