Глава 2.
Стереографические и зенитальные проекции.

Стереографическая проекция (от греческого «стереон» - пространственный и «графейн» - писать) предложена основоположником астрономии Гиппархом (II в. до н.э.), но главные ее свойства открыты Птолемеем (II в. н.э). Первое дошедшее до нас изложение теории стереографической проекции принадлежит узбекскому ученому Ахмаду аль-Фергани (IX в.). В 18-19 столетиях в Европе стереографическая проекция совместно с другими способами построения проекции сферы на плоскости (перспективной, зенитальной, цилиндрической, конической) описана в ряде фундаментальных работ по математике и картографии Л. Эйлера, К. Гаусса, Н. Тиссо, Ж. Ламберта и др. В геологии стереографическая проекция впервые была применена Е.С. Федоровым и К.Ф. Беккером для изображения на плоскости ориентировок оптических и кристаллографических элементов минеральных зерен, измеряемых в шлифах под микроскопом (на столике Федорова). В дальнейшем стереографические проекции стали применяться в различных видах структурного анализа (морфоструктурного, структурно-петрологического, тектонофизического, структурно-петрофизического, анализа трещиноватости) Г. Клоосом, Б. Зандером, А.В. Пэком, Г.В. Вульфом, В. Шмидтом, А.К. Болдыревым, А.В. Прониным, А.Б. Вистелиусом, Н.К. Разумовским, Ф.К. Филипсом, М.В. Гзовским, В.И. Старостиным и многими другими. Сформировалось два основных направления использования стереографических и зенитальных проекций. Первое из них связано с построением проекций плоскостных и линейных структурных элементов (разломов, трещин, крыльев и осей складок, слоистости, сланцеватости, линий течения и т.д.), определением их пространственной ориентировки и углов между отдельными элементами. Второе направление включает различные методы статистического анализа ориентировки и способы графического отображения на плоскости больших совокупностей структурных элементов. Это, прежде всего, диаграммы трещиноватости, структурные схемы сети трещин или прожилков (штокверков), индикатрисы скоростей упругих волн по данным ультразвукового прозвучивания пород и руд. Оба направления служат основой для решения задач тектонофизического и структурного-петрофизического анализа по восстановлению ориентировки полей тектонических напряжений, в которых происходило формирование и развитие геологических структур.

ОБЩИЕ ПРИНЦИПЫ ПОСТРОЕНИЯ СТЕРЕОГРАФИЧЕСКИХ И ЗЕНИТАЛЬНЫХ ПРОЕКЦИЙ

При изучении геологических структур любого масштаба решаются задачи по определению пространственной ориентировки отдельных структурных элементов и их изображению на плоскости с минимальными искажениями. Поэтому возникает необходимость отображения на плоскости фигур, которые возникают при пересечении плоскостей и прямых со сферической поверхностью. При этом принимается, что все отображаемые структурные элементы проходят через центр сферы. Поскольку в этом случае получаются симметричные пары выходов на сферу каждого структурного элемента, то достаточно иметь изображение только половины сферы (обычно верхней полусферы). Поверхность полусферы отображается на плоскости в виде градусных сеток – проекций координатных линий – меридианов и параллелей. Цена деления стандартных сеток, т.е. расстояние между соседними координатными линиями, равна 2 градусам, толстые линии соответствуют десятиградусной шкале (рис.2.1, 2.2).

Меридианы представляют собой большие круги, образованные при пересечении сферы плоскостями, проходящими через перпендикуляр к плоскости экватора (полюсную линию). *Параллели* являются малыми кругами, образованными при пересечении сферы плоскостями, параллельными плоскости экватора, т.е. не проходящими через центр сферы. Экватор также относится к параллелям, но как исключение является большим кругом и проходит через центр сферы.

Положение любой точки на сфере определяется двумя сферическими координатами – долготой и широтой. Если соединить эту точку с центром сферы, то ее долгота определится по азимуту наклона этой линии, а широта – по углу ее наклона к плоскости проекции (к горизонту). Азимуты измеряются углами, которые отсчитываются от северного (нулевого) направления (верхняя точка на внешнем большом круге сетки) по часовой стрелке - от 0 до 359 градусов. Азимут наклона отличается от азимута восстания на 180 градусов. Угол наклона линии соответствует градусному расстоянию от внешнего круга сетки до данной точки. На сфере он соответствует дуге, которая образуется при пересечении сферы вертикальной плоскостью, проходящей через данную точку и центр сферы (рис. 2.3).

По направлению проецирования выделяется два вида проекций и соответствующих им сеток – *экваториальные и полярные*. В случае экваториальной проекции плоскость проекции совпадает с плоскостью одного из меридианов. В этой проекции меридианы представляют собой дуги больших кругов, которые проходят через верхнюю и нижнюю точки (полюса) сетки. Параллели образуют серию симметрично расположенных относительно центра сетки дуг малых кругов. Экватор, который представляет собой большой круг, перпендикулярный меридианам, в этой проекции является горизонтальным диаметром сетки. Вертикальный диаметр сетки представляет собой один из ее меридианов. Отсчет азимутов производится по часовой стрелке от северного нулевого направления сетки как угол между вертикальным диаметром сетки и радиусом, соответствующим выбранному направлению. Угол наклона отсчитывается по одному из диаметров сетки как градусное расстояние от внешнего круга сетки (экватора) до проекции.

В случае полярной проекции плоскость проекции совпадает с экватором. Меридианы в такой проекции проецируются в виде радиальных линий – диаметров сетки, пересекающихся в ее центре. Все линии, проекции которых совпадают с каким-либо меридианом имеют один и тот

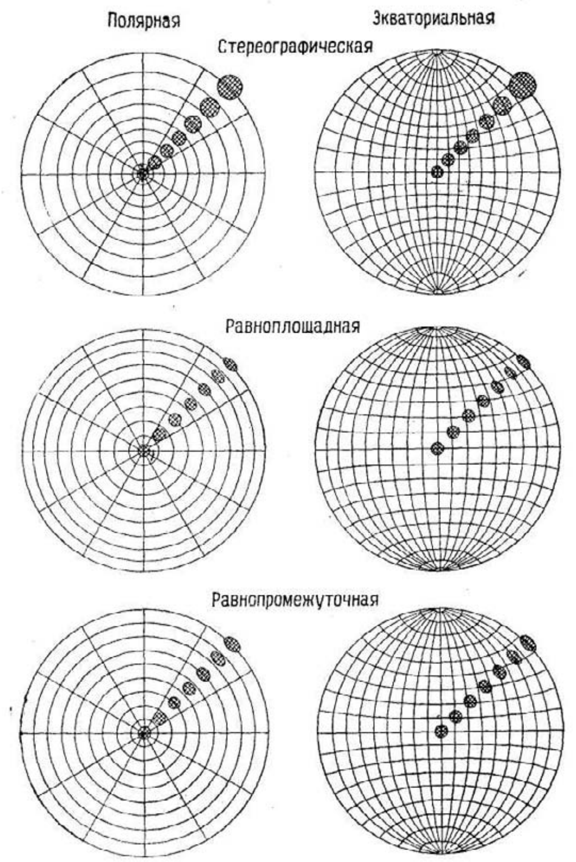


Рис.2.1. Полярные и экваториальные сетки стереографической, равноплощадной и равнопромежуточной проекций.
Штриховкой обозначена проекция круга единичного радиуса, спроектированного из различных частей сферы на плоскость проекции.

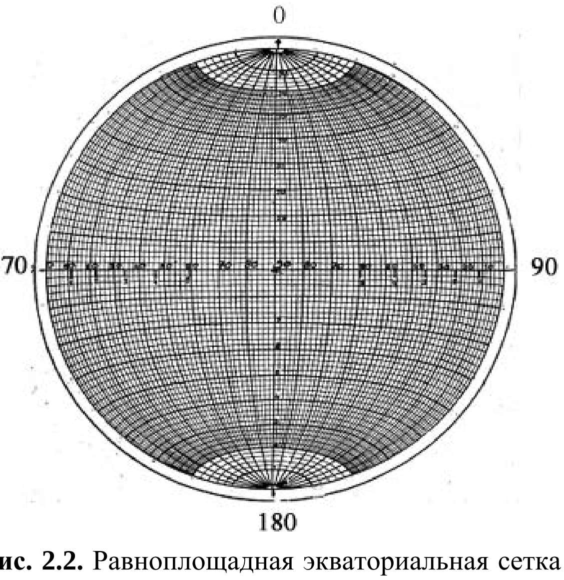


Рис. 2.2. Равноплощадная экваториальная сетка В. Шмидта.
Цифры около внешнего круга – значения азимутов соответствующих направлений (отсчет производится от верхней точки по часовой стрелке, толстые линии совпадают со значениями кратными 10^0, тонкие -2^0). Цифры над горизонтальным диаметром указывают значения углов наклона (падения) – от 0 до 90^0 в обе стороны от центра проекции.

же азимут наклона. Параллели образуют серию концентрических кругов. Все линии, проекции которых находятся на одной параллели, имеют один и тот же угол наклона. Экватор совпадает с внешним большим кругом сетки. Угол наклона линий, проекции которых находятся на экваторе, равен нулю.

В зависимости от того, где находится центр проекции, выделяются два основных типа проекций и соответствующих им сеток – *стереографические и зенитальные*. Плоскость проекции в обоих типах проекций горизонтальна и проходит через центр сферы. Центр проекции (точка зрения) в стереографической проекции находится на поверхности сферы (является самой нижней ее точкой, если проекция создается для верхней полусферы), а в зенитальной проекции не лежит на ее поверхности, находясь на определенном расстоянии от центра сферы.

Стереографическая проекция является равноугольной. Зенитальные проекции разделяются на равноплощадные (равноплощадная проекция Ламберта) и равнопромежуточные (равнопромежуточная проекция Постеля).

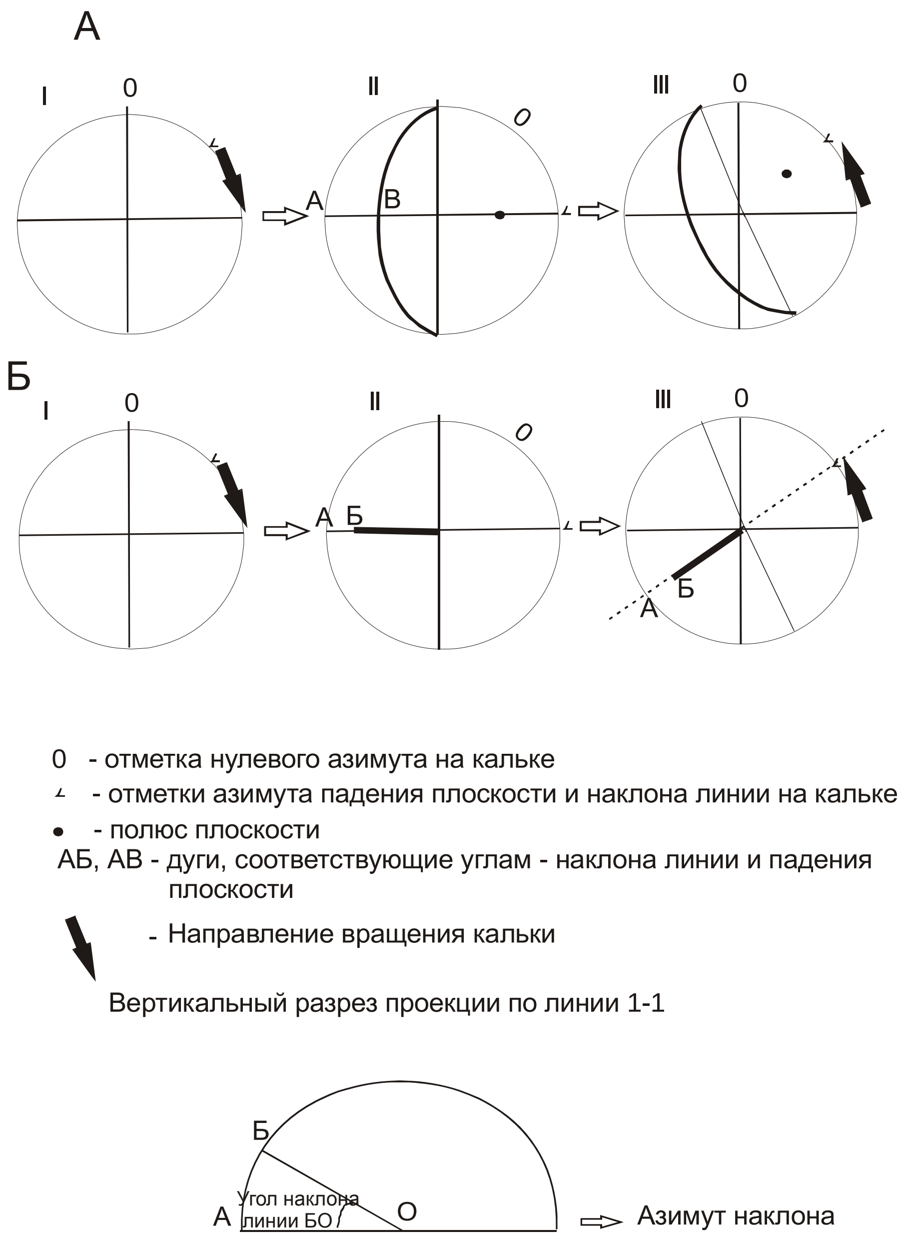


Рис. 2.3. Порядок построения проекции плоскости (А) и линии (Б) на экваториальной сетке (пояснения в тексте).

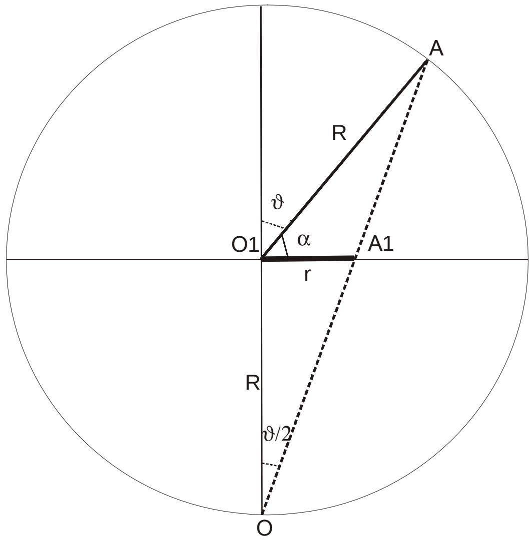


Рис. 2.4. Схема построения стереографической (равноугольной) проекции.

В структурном анализе используется 4 вида сеток: равноугольные - экваториальная сетка Вульфа и полярная сетка Болдырева, равноплощадная экваториальная сетка Шмидта и равнопромежуточная экваториальная сетка Каврайского (рис.2.1). Сетка Болдырева наиболее удобна для построения статистических круговых диаграмм трещиноватости. Азимуты отсчитываются здесь, также как и на экваториальных сетках, а углы наклона (падения) – по градусной шкале соответствующего меридиана, которая образована его пересечением с концентрическими кругами параллелей.

Экваториальные сетки используются для построения проекций структурных элементов (прямых и плоскостей) и определения их ориентировки, хотя они также пригодны и для построения круговых диаграмм трещиноватости. Каждая из сеток дает свои искажения в изображении, что связано со способами создания проекции.

Все рассмотренные сетки относятся к азимутальной проекции, признаком которой является изображение параллелей в виде концентрических кругов, а меридианов- в виде радиусов на полярных сетках.

СТЕРЕОГРАФИЧЕСКИЕ РАВНОУГОЛЬНЫЕ СЕТКИ ВУЛЬФА И БОЛДЫРЕВА.

Эти сетки представляют собой стереографическую проекцию координатных линий полусферы на плоскость. Поэтому любая точка (A) на верхней полусфере проецируется на плоскость по линии, соединяющей ее с нижней точкой сферы (центром проецирования - точкой O) (рис. 2.4). Проекция линии АО1 соответствует отрезку r = A1O1, где O1-центр проекции (сетки). Из рассмотрения прямоугольного треугольника OaO1, в котором α - угол наклона линии АО1, (θ - полярный угол), выводится формула длины проекции:

$$\mathbf{r = R\ tg\ (}\theta/2) = \mathbf{R\ tg}\ (45^0 - \boldsymbol{\alpha}/2),$$

где R – радиус сферы (сетки).

Масштабы изображения на стереографической сетке по радиальным (m) и концентричеким (n) направлениям возрастают от центра к периферии сетки в соответствии с зависимостью:

$$n = m = \sec^2(45^0 - \boldsymbol{\alpha}/2),$$

Отсюда следует, что на внешнем кругу сетки проекция радиуса этого круга увеличится в 2 раза, а площадь круга – в 4 раза.

Отличительными свойствами стереографической проекции являются следующие:

- окружности на сфере проектируются в виде окружностей на плоскости проекции (если они не проходят через центр сферы);
- углы между дугами на сфере проектируются равными им углами на плоскость проекции
- линейные масштабы проекции увеличиваются от ее центра к периферии в 2 раза, а площадной – в 4 раза.
-

ЗЕНИТАЛЬНАЯ РАВНОПЛОЩАДНАЯ СЕТКА ШМИДТА

Способ создания этой сетки основан на зенитальной проекции Ламберта (рис. 2.5). Точка Б горизонтального радиуса сферы проектируется в точку Б1 на горизонтальную плоскость, касающуюся верхней полусферы в ее верхней точке. Это осуществляется с помощью циркуля по дуге (с центром в точке А). Аналогично, точка В на верхней полусфере проецируется в точку В1. При таком способе построения проекций продолжения линий ББ1 и ВВ1 сойдутся в одной зенитной точке О, лежащей на продолжении вертикального диаметра сферы. Эта точка и будет центром проецирования (точкой зрения).

Для определения длины проекции линии О1В с углом наклона α (полярным углом θ) r = О1В2 следует рассмотреть две пары подобных прямоугольных треугольников: ОО1В2-ОАВ1 и ОО1Б-ОАБ1. Очевидно, что АБ = АБ1 = $R\sqrt{2}$. Из прямоугольного треугольника АВД следует, что АВ = $2R\sin\theta/2$ = АВ1. Из соотношения оснований указанных подобных треугольников следует, что $r/R = (2R\sin\theta/2)/R\sqrt{2}$, откуда:

$$r = R\sqrt{2}\sin(\theta/2) = R\sqrt{2}\,\mathrm{Sin}(45^0 - \alpha/2),$$

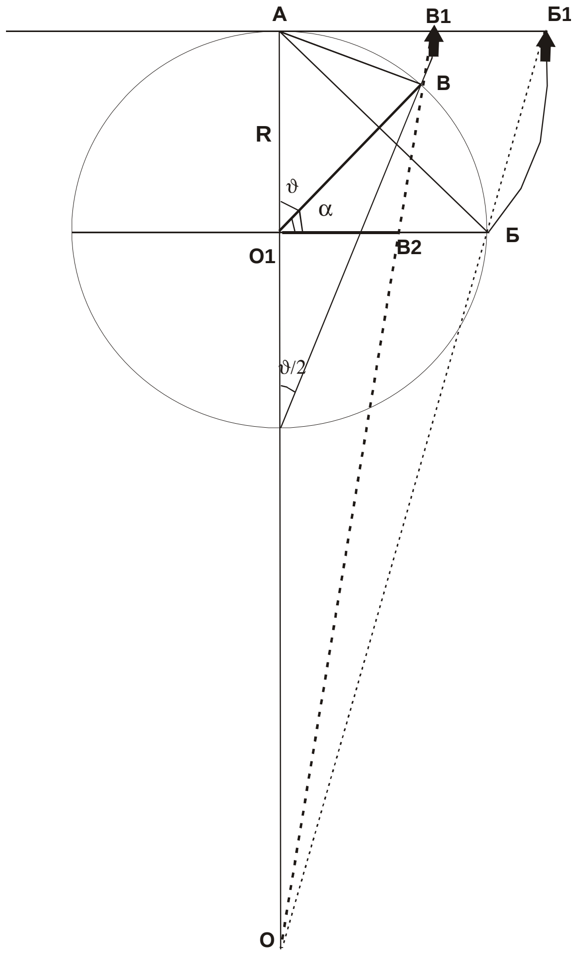


Рис. 2.5. Схема построения зенитальной равноплощадной проекции.

Изменение масштабов изображения для равноплощадной проекции определяется соотношениями:

$$m = \mathrm{Cos}\theta/2 = \mathrm{Cos}(45^0 - \alpha/2),\ n = \mathrm{Sec}\theta/2 = \mathrm{Sec}(45^0 - \alpha/2),$$

Отсюда следует, что площади проекций круга (S) в любой ее части остаются постоянными, т.к. $S = \pi r^2 = \pi\, r\mathrm{Cos}\theta/2 \times r\,\mathrm{Sec}\theta/2$. При этом форма проекции круга по мере увеличения полярного угла θ, т.е. ближе к краям сетки , искажается и принимает форму все более вытянутого эллипса (рис. 2.3.1). На внешнем круге сетки его оси составляют $r(\sqrt{2}/2)$и $r(2/\sqrt{2})$.

ЗЕНИТАЛЬНАЯ РАВНОПРОМЕЖУТОЧНАЯ СЕТКА КАВРАЙСКОГО

Равнопромежуточная сетка Каврайского (экваториальная проекция) создана на основе зенитальной проекции Постеля и во всех частях имеет одинаковый линейный масштаб (m =1), т.е. градусные деления центрального меридиана и экватора везде равны между собой. По концентрическим направлениям масштаб изменяется: $n = \theta/\mathrm{Sin}\theta$. Поэтому происходит искажение формы фигур при проектировании, а также их площадей (рис. 2.1). Круг на сфере при его смещении от центра проекции на периферию будет проектироваться в виде эллипса с увеличением его площади до 1.571 на краю сетки ($\theta = 0.5\pi$).

Уравнение проекции радиуса-вектора R с полярным углом θ :

$$r = R(\theta)$$

Сетка позволяет получать одинаковую максимальную точность измерения угловых величин в любой части круга проекции. Точность их измерения определяется как отношение цены деления сетки к радиальному масштабу изображения m, который везде остается минимальным и постоянным.

ПОСТРОЕНИЕ ПРОЕКЦИЙ И ОПРЕДЕЛЕНИЕ ОРИЕНТИРОВКИ СТРУКТУРНЫХ ЭЛЕМЕНТОВ

При решении задач по построению, определению ориентировки и взаимного положения структурных элементов используются экваториальные сетки, позволяющие строить проекции как прямых линий, так и плоскостей с различными углами падения. Цена деления градусной шкалы равна 2 градусам (жирные линии соответствуют 10 градусам). Когда приступают к построениям, на сетку накладывают кальку, на которой отмечается нулевой азимут и центр сетки. При построении проекции линии по шкале азимутов на внешнем круге сетки отмечают *азимут наклона* линии и поворотом кальки совмещают его с любым из диаметров сетки. Затем от противоположного этому азимуту конца диаметра от внешнего круга сетки отсчитывают значение угла наклона и ставят точку. Полная проекция линии получается при соединении этой точки с центром сетки. После построения калька возвращается в исходное положение (рис.2.3).

Ориентировка плоскостных структурных элементов задается азимутами падения и углами падения. Для построения проекции плоскости по внешнему кругу сетки на кальке отмечается точка, соответствующая азимуту падения плоскости. Поворотом кальки она совмещается с горизонтальным диаметром сетки и на противоположной его стороне от внешнего круга сетки откладывается значение угла падения (рис.2.3). Дуга меридиана, с которым совпадает значение угла падения, наносится на кальку. Для изображения полной проекции плоскости концы этой дуги следует соединить прямой линией по диаметру сетки. После этого калька возвращается в исходное положение.

Ориентировку плоскости графически можно представить в виде точки (полюса плоскости), который соответствует проекции выхода на сферу перпендикуляра к этой плоскости. Эту точку можно построить и при построении проекции плоскости. От дуги меридиана, соответствующей проеции плоскости по диаметру сетки отсчитывается 90 градусов и ставится точка полюса этой плоскости. Полюс плоскости однозначно определяет ее положение в пространстве, т.к. к данной плоскости можно восстановить перпендикуляр только одного направления.

Другой вариант его построения (без построения самой плоскости) производится почти аналогично построению проекции линии. После совмещения азимута падения плоскости с любым из диаметров сетки от ее центра в сторону азимута падения откладывается угол падения плоскости и ставится точка (полюс плоскости). Затем калька возвращается в исходное положение.

Обратные задачи заключаются в определении ориентировки структурных элементов по имеющимся их проекциям. Если имеется проекция прямой, то азимут ее наклона находится по месту пересечения линии, проходящей через проекцию прямой и центр сетки с внешним кругом сетки, но с противоположной стороны от центра. Угол наклона прямой определится после совмещения ее проекции с одним из диаметров сетки - по длине отрезка между проекцией и внешним кругом сетки.

Для определения угла падения плоскости ее проекцию совмещают с соответствующим меридианом и отсчитывают значения угла от внешнего круга сетки до дуги меридиана. Затем по диаметру сетки от ее центра до проекции плоскости проводят линию, которая является линией падения этой плоскости. После возвращения кальки в исходное положение определяется азимут падения плоскости. Для этого линейку совмещают с линией падения и на противоположной части внешнего круга сетки находят азимут.

Если задан полюс плоскости, то азимут ее падения определится по точке пересечения прямой с внешним кругом сетки, проведенной из центра сетки через полюс плоскости. Угол падения устанавливается при совмещении полюса с одним из диаметров сетки и отсчетом угла от центра сетки до полюса. Таким образом, углы наклона и падения можно установить только по шкале диаметров сетки.

В группе задач по определению взаимной ориентировки структурных элементов устанавливаются углы между ними, положение линий пересечения плоскостей.

1.Определение углов между двумя прямыми по их проекциям.

Если имеются проекции двух прямых, то для определения угла между ними следует найти плоскость, в которой они лежат. Для этого обе проекции (точки А и Б) совмещаются с одним из меридианов путем вращения кальки вокруг центра сетки (рис. 2.6 А). Этот меридиан и есть проекция той плоскости, в которой лежат эти прямые. Тогда по градусной шкале меридиана определяется угол между прямыми (дуга АБ).

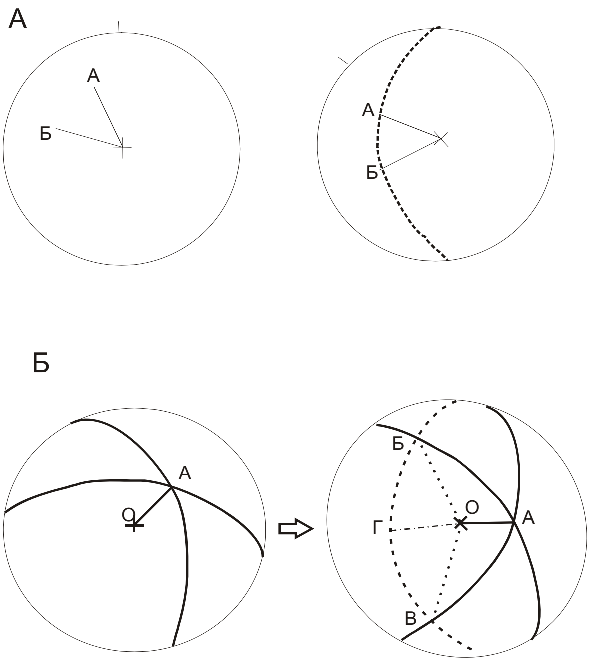


Рис. 2.6. Определение угла между двумя линиями (А) и построение линии пересечения двух плоскостей (Б).

Обратная задача сводится к построению второй прямой под определенным углом к первой, уже заданной своей проекцией. В данном случае не требуется находить определенную плоскость, т.к. по условию задачи обе прямые могут лежать в произвольной плоскости. Тогда достаточно просто отсчитать требуемый угол по меридиану, с которым совпадает заданная проекция прямой, и поставить точку. Это и будет проекция второй прямой.

2.Определение угла между прямой и плоскостью.

Если заданы проекции прямой и плоскости, то угол между ними должен определяться в плоскости, перпендикулярной данной плоскости, и при этом проходящей через заданную прямую. Наиболее простой способ заключается в использовании полюса плоскости, построение которого рассмотрено выше. После его вынесения на кальку полюс плоскости и проекция прямой совмещаются с одним из меридианов и, аналогично предыдущей задаче, определяется градусное расстояние между этими точками (α). Оно соответствует дополнительному углу по отношению к искомому, который будет равен 90 - α.

Обратная задача заключается в построении прямой под определенным углом α к заданной плоскости. Используя полюс этой плоскости, следует совместить его с одним из диаметров сетки и отсчитав от него угол, равный 90 - α, поставить точку – проекцию прямой.

Если имеется проекция прямой, то для построения плоскости, образующей с ней угол α, необходимо совместить эту проекцию с горизонтальным диаметром сетки. Затем от проекции прямой по диаметру отсчитывается требуемый угол и по соответствующей дуге меридиана проводится проекция искомой плоскости.

3.Построение линии пересечения двух плоскостей и третьей плоскости, перпендикулярной двум первым. Определение двугранного угла между плоскостями.

Если заданы проекции двух плоскостей, то точка их пересечения А и будет являться искомой проекцией линии их пересечения (рис. 2.6 Б). Как и любую проекцию линии,

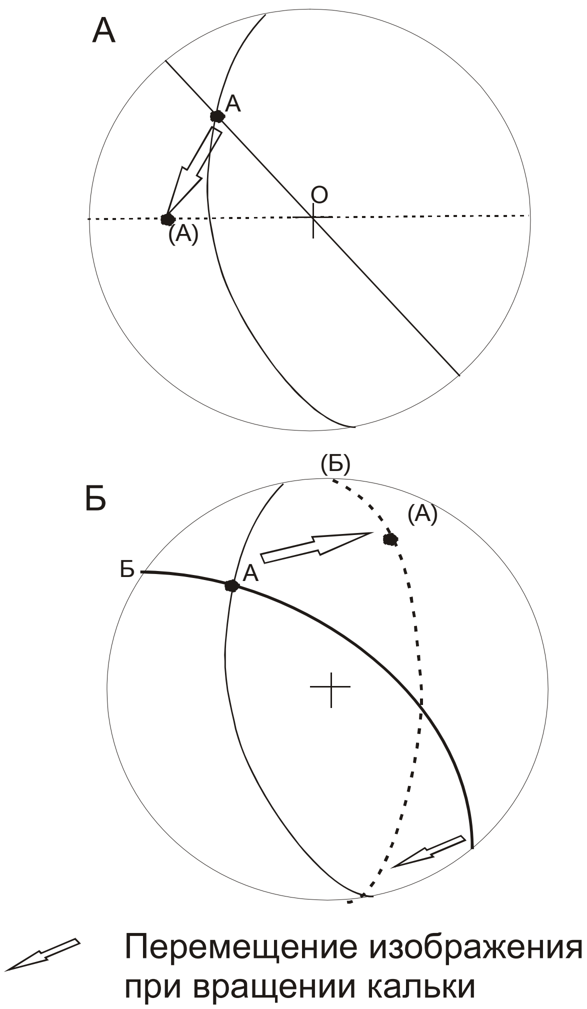


Рис. 2.7. Определение угла видимого падения плоскости пласта в вертикальном разрезе по заданному направлению (А); в наклонном разрезе – в плоскости Б (Б).

ее можно соединить с центром сетки. Для построения третьей плоскости проекцию линии пересечения следует совместить с горизонтальным диаметром сетки и, отсчитав от нее 90 градусов, провести по меридиану проекцию искомой плоскости. Угол между заданными плоскостями по определению является двугранным углом, который измеряется величиной дуги БВ в третьей плоскости, перпендикулярной первым двум. Разделив дугу БВ пополам (точка Г) можно провести биссектрису этого угла – линию ГО. После возвращения кальки в исходное положение, можно приступить к определению азимута наклона линии пересечения плоскостей.

4. Определение угла наклона плоскости пласта в разрезе по заданному направлению.

Для решения этой задачи необходимо построить проекции наклонной плоскости пласта и вертикальной плоскости разреза, которая представится в виде линии, проходящей по азимуту простирания разреза. На пересечении проекций этих плоскостей отмечается точка А. Для измерения угла наклона следует совместить точку А с горизонтальным или вертикальным диаметром сетки. Расстояние от внешнего круга сетки до точки А и будет равно искомому углу, который всегда меньше угла падения этой плоскости (рис.2.7 А).

Аналогичная задача может быть рассмотрена в более общем варианте – определения угла наклона плоскости пласта I в плоскости наклонного разреза, который задается плоскостью II. Для решения необходимо построить проекции плоскости пласта и самого наклонного разреза. Искомый угол будет лежать в плоскости разреза (II). Поэтому для его измерения плоскость разреза следует совместить с одним из меридианов. Градусное расстояние по дуге АБ между точкой А (пересечения плоскостей пласта и разреза) и точкой Б (выхода дуги большого круга проекции плоскости разреза на большой круг сетки) и будет равна искомому углу (рис.2.7 Б).

5.Определение первичной ориентировки структурных элементов.

Наблюдаемая ориентировка структурных элементов часто не является первичной. Так, например, это относится к направлениям течения древних потоков, следы которых наблюдаются в осадочных или вулканических породах, претерпевших впоследствии тектонические деформации; ориентировке тектонической линейности или полосчатости в гнейсах, претерпевших деформации на более поздних этапах преобразования геологических структур.

Для примера можно рассмотреть крыло складки, в котором наблюдаются первичные текстуры течения (например, флюидальность) – линейные структурные элементы, имеющие определенный азимут и угол наклона. Требуется определить первичный их азимут, который соответствовал их горизонтальному положению до образования складки.

Для этого с помощью экваториальной сетки необходимо перевести их в горизонтальную плоскость и затем измерить азимут простирания. На кальке имеется проекция плоскости крыла складки (положение I) с лежащей в ней проекцией линии течения (стрелка АО) (рис.2.8). Проекция плоскости крыла складки поворотом кальки совмещается с дугой большого круга соответствующего меридиана (положение II) и для точки (А) на этом меридиане, находится малый круг сетки, на который она попадает. Затем по этому малому кругу точка А переносится на внешний круг сетки в точку А1. После нанесения точки А1 на кальку следует вернуть кальку в исходное положение I и определить азимут простирания горизонтальной линии первичной ориентировки направления течения - ОА2.

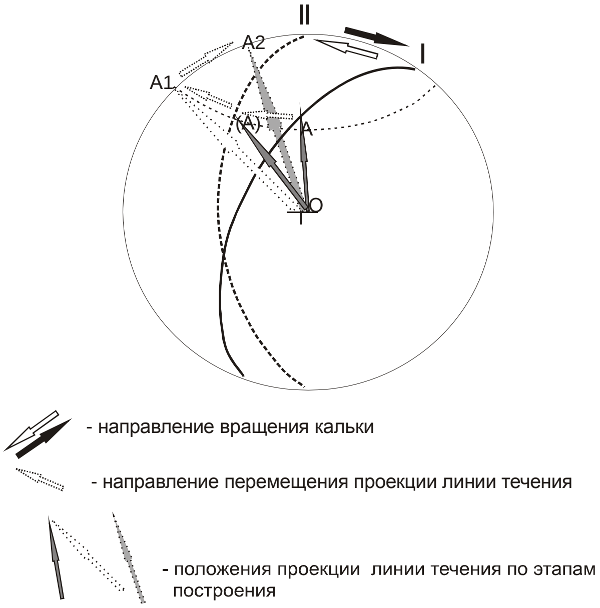
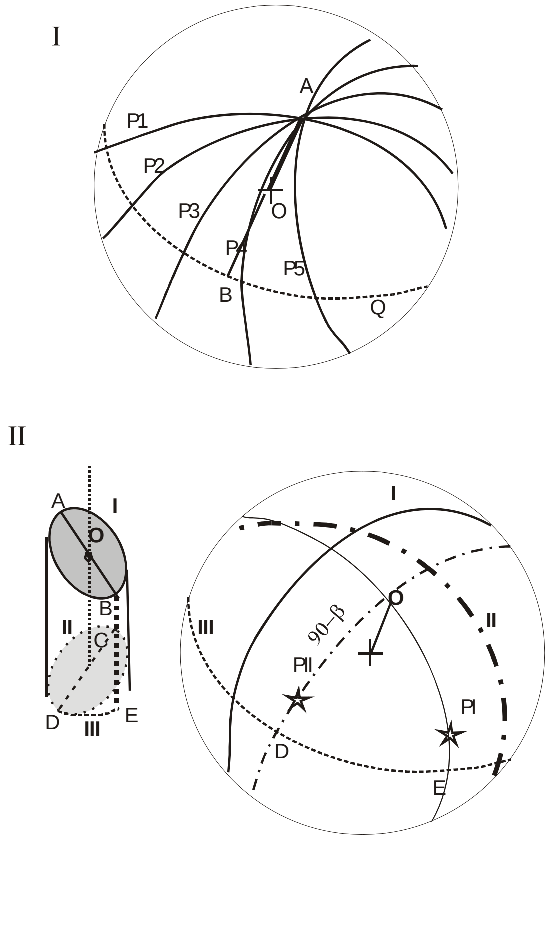


Рис. 2.8. Восстановление первичной ориентировки линейного элемента.

6.Построение серий плоскостей, имеющих общую ось пересечения и образующих равные двугранные углы (α).

Ориентировка линии пересечения (ОА) всех плоскостей (Р1, Р2, Р3 и т.д.) известна – Аз. наклона 220^0 , угол 50. Углы α=30^0 . Для построения этих плоскостей необходимо вначале построить плоскость Q, перпендикулярную линии ОА, путем совмещения с горизонтальным диаметром сетки этой линии, отсчета от точки А по диаметру 90^0, проведения через полученную точку В проекции плоскости по меридиану и разметки ее точками С1…С6 на дуги равные 30^0 . Затем точка О последовательно совмещается с меридианами, на которых также должны находится последовательно каждая из размеченных на плоскости точек С1…С6. Эти меридианы и являются искомыми плоскостями Р1… Р6 . Двугранные углы между соседними плоскостями (Р1-Р2 и т.д.) измеряются отмеченными дугами на плоскости Q (рис.2.9-I).



☆ – полюсы плоскостей

Рис. 2.9. Построение серии плоскостей, проходящих через одну прямую (I); определение ориентировки одного плоскостного элемента по ориентировке другого в неориентированном керне (II).

7.Определение ориентировки плоскости прожилка по известной ориентировке плоскости слоистости в неориентированном керне.

Для неориентированного керна обычно известна ориентировка его оси по данным инклинометрии. Она выносится на сетку в виде точки О (рис. 2.9-II). Затем строится проекция плоскости слоистости I и ее полюс PI, а также плоскость III, пер-

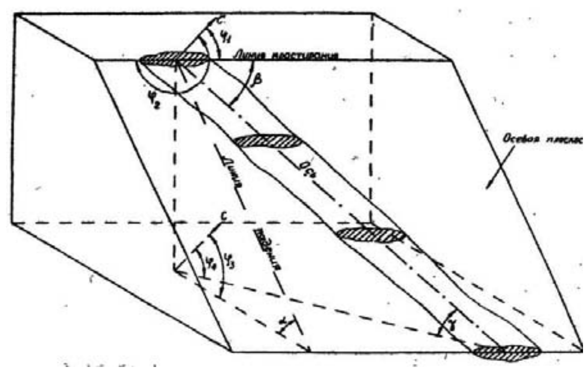


Рис.2.10. Элементы залегания геологических тел.
φ_1 - азимут простирания; φ_3 - азимут падения φ_1 - азимут склонения φ_4 -азимут скатывания (ныряния); α - угол падения β - угол склонения γ - угол скатывания (ныряния).

пендикулярная оси керна. Линии падения плоскости I (AB) и плоскости прожилка II (CD) устанавливаются по длинным осям эллипсов в сечениях керна (линии максимального наклона этих плоскостей). Угол DE между этими линиями в плоскости III легко измеряется по керну простой палеткой. Точка E находится в плоскости, проходящей через полюс PI и ось керна O (по линии падения плоскости I). От нее откладывается дуга ED. Через точку D и ось керна можно провести единственную плоскость, которая идет по линии падения искомой плоскости прожилка II и при этом проходит через полюс этой плоскости. Угол наклона (β) этой плоскости относительно оси керна (образующей цилиндра) легко измерить в керне (между длинной осью эллипса плоскости II и образующей керна). Отложив угол (90 - β) от оси керна O в сторону падения плоскости II, получим ее полюс PII, по которому можно установить ориентировку плоскости II и построить саму эту плоскость.

8. Определение элементов залегания линзообразных и трубообразных рудных тел.

Трубообразные и линзообразные рудные тела характеризуются более сложным набором элементов их ориентировки, чем плоскостные (жильные), хотя последние также могут описываться тем же набором элементов, если, например, жилы имеют скошенные границы по простиранию (например, лестничные жилы) (рис.2.10). Для решения данной задачи требуется замерить азимут простирания длинной оси линзы (φ_1), угол и азимут наклона (φ_4) линии выклинивания или угол (γ) и азимут падения φ_3 осевой плоскости линзы (в зависимости от возможности осуществления замеров). Тогда можно построить осевую плоскость на сетке. Сначала строится горизонтальная линия простирания (φ_1), затем линия выклинивания (скатывания, ныряния), которая соответствует осевой линии линзы (трубки). Получив проекции двух линий, можно через них провести осевую плоскость линзы, совместив проекции двух этих линий на сфере с одним из меридианов сетки. По проекции этой плоскости определяются незамеренные элементы ее ориентировки, т.е. азимут φ_3 или угол падения α. Линия ныряния составляет угол склонения (β) с линией простирания – в осевой плоскости линзы. Этот угол легко измерить по меридиану этой плоскости между двумя построенными линиями. Угол наклона линии выклинивания (γ) называется углом *скатывания или ныряния рудного тела* (линзы, трубки).

Если полностью замерена ориентировка осевой плоскости линзы и имеется также только замер угла (γ) или угла (β), то по углу β, отложенному от линии падения осевой плоскости (линия, делящая пополам проекцию этой плоскости), легко построить и саму проекцию линии скатывания. Угол β откладывается от линии простирания осевой плоскости по ее дуге большого круга, предварительно выставленного на меридиан сетки.

Если используется угол γ, то точка проекции линии скатывания получается путем вращения кальки до такого положения дуги большого круга осевой плоскости, где угловое расстояние между этой дугой и большим кругом сетки (отмеренное по горизонтальному ее диаметру), станет равным углу γ. При этом необходимо учитывать общее направление наклона линии скатывания, т.к. на меридиане имеется две симметричных точки с одинаковым угловым расстоянием от большого круга сетки. По полученной проекции линии скатывания легко установить и азимут ее наклона – *азимут скатывания (ныряния)*. С построенной проекцией совмещается линейка и на противоположной от проекции части большого круга сетки отмечается азимут ее наклона.