

560.8  
к 89

В. И. КУЗЬМИН.  
М. Я. КРАСНОПЕРОВ

**МЕТОДЫ  
ПОСТРОЕНИЯ  
ГЕОЛОГИЧЕСКИХ  
РАЗРЕЗОВ**

В. И. КУЗЬМИН, М. Я. КРАСНОПЕРОВ

МЕТОДЫ  
ПОСТРОЕНИЯ  
ГЕОЛОГИЧЕСКИХ  
РАЗРЕЗОВ



МОСКВА  
«НЕДРА» 1975

Кузьмин В. И., Красноперов М. Я. Методы построения геологических разрезов. М., «Недра», 1975, 64 с.

В книге дается систематическое изложение методики построения геологических разрезов. Рассматриваются вопросы проецирования на плоскость геологического разреза точек, отрезков ствола искривленной скважины и углов встречи ее с пластами. Особое внимание уделяется построению видимых углов падения пластов на разрезе как дополнительной геологоразведочной информации, позволяющей повысить качество и достоверность геологических разрезов и гипсометрических планов.

Методика предусматривает использование специальных номограмм, с помощью которых решаются все вопросы проецирования. Приводятся примеры построения и совместной увязки геологических разрезов и гипсометрических планов пластов.

Пособие рассчитано на шахтных, рудничных и полевых геологов-разведчиков и может быть использовано студентами геологоразведочных факультетов.

Табл. 11, ил. 35, список лит. — 35 назв.

## ВВЕДЕНИЕ

Предлагаемая работа написана на основе обобщения практического опыта геологов-разведчиков Донбасса и теоретических исследований авторов, выполненных для геологоразведочных организаций бассейна в 1967—1972 гг. Поэтому методика и примеры построения геологических разрезов изложены в основном применительно к условиям Донецкого бассейна. Однако геометрические законы проецирования точек, углов и отрезков линий на плоскость разреза носят общий характер и остаются в силе при построении любых геологических разрезов.

Методике построения геологических разрезов посвящена довольно многочисленная литература, однако ни в одном из имеющихся в настоящее время пособий не дано ее полного и систематического изложения. Кроме того, не все геометрические вопросы построений имеют правильные решения в литературе и на практике.

Геологические разрезы занимают одно из главных мест в комплексе геологоразведочной документации на любой стадии разведки месторождения. Они отражают значительную часть информации, которую получают в процессе геологоразведочных работ, а именно: мощность угленосной толщи, основные структурные формы ее залегания, особенности тектоники участка и месторождения, угленасыщенность, литологию вмещающих пород, мощность и состав отложений, перекрывающих угленосную толщу, положение и форму стволов скважин в толще пород и др.

По мере детализации разведки и изучения месторождения геологические разрезы также уточняются и на завершающем этапе используются для подсчета запасов, а позже — для проектирования, реконструкции и эксплуатации горного предприятия.

В связи с комплексной механизацией и строительством крупных шахт повышаются требования к достоверности и качеству геологоразведочных работ, в частности, к точности и достоверности геологических разрезов и гипсометрических планов.

Точность геологических разрезов зависит не только от сложности строения и тектоники месторождения, но и от плотности

разведочной сети, расположения разведочных и горных выработок относительно структурных форм и тектонических элементов.

При разведке месторождений скважинами точность геологических разрезов зависит также от степени и характера искривлений разведочных скважин, точности их инклинометрических съемок и нестворности (уклонений) скважин относительно плоскости геологического профиля. Правильный учет искривлений скважин в методике геометрических построений разрезов приобретает в последнее время особое значение в связи с широким внедрением в практику направленного бурения и увеличением глубины разведочных скважин.

В книге рассматриваются геометрические вопросы построения геологических разрезов и их увязки с гипсометрическими планами пластов.

Изложенная ниже методика построения геологических разрезов и их увязки с гипсометрическими планами предусматривает использование специальных номограмм. Особое внимание уделяется видимым углам падения пластов на разрезах, представляющим дополнительную разведочную информацию, позволяющую повысить точность и достоверность как геологических разрезов, так и гипсометрических планов. Построение видимых углов падения пластов на разрезах основано на использовании углов, измеряемых на керне.

С помощью номограмм решаются также вопросы проецирования на плоскость разреза осевых мощностей слоев горных пород по скважине и зенитных углов ее оси. Однако эти решения носят вспомогательный характер как возможные приемы построений.

## Глава I

### ПОСТРОЕНИЕ ПОПЕРЕЧНЫХ ГЕОЛОГИЧЕСКИХ РАЗРЕЗОВ

В главе рассматривается построение геологических разрезов по разведочным профилям, проходящим вкрест простирания пород или составляющим с этим направлением углы не более  $20-25^\circ$ . Все эти разрезы объединены под общим названием поперечных, в отличие от продольных геологических разрезов, проходящих вдоль простирания пород или составляющих с ним углы  $10-15^\circ$ .

#### § 1. НЕДОСТАТКИ СУЩЕСТВУЮЩЕЙ МЕТОДИКИ ПОСТРОЕНИЯ ГЕОЛОГИЧЕСКИХ РАЗРЕЗОВ

Построение геологических разрезов по данным вертикальных, наклонных или искривленных скважин на практике производят по координатам точек встречи скважин с пластами угля или горных пород, которые вычисляют по результатам инклинометрических съемок.

Если скважина вертикальна и располагается в створе разведочного профиля, то точки вдоль ее оси на разрезе наносят с помощью высотных отметок, используя сетку высот разреза.

Если скважина вертикальна, но задана не в створе разведочного профиля, а несколько в стороне от него, то точки, расположенные на оси скважины, проецируют на плоскость геологического разреза по простиранию пород.

При наклонных и искривленных разведочных скважинах предварительно строят горизонтальную проекцию оси скважины, называемую инклинограммой, а затем производят проецирование точек на плоскость геологического разреза. Построение инклинограммы обычно выполняют по координатам  $x, y$  точек оси скважины либо по горизонтальным проекциям ее отрезков и их азимутам (или дирекционным углам). Положение точек по высоте на разрезе определяют по их высотным отметкам  $z$ .

Далее на осях скважин отмечают все точки, где установлено удвоение пластов угля и слоев горных пород или заметное

увеличение их мощностей, а также нарушение стратиграфической последовательности в их залегании. Указанные точки свидетельствуют о наличии на участке разрывных нарушений, а поэтому должны быть учтены и проанализированы при построении разреза.

На заключительном этапе производят увязку геологических данных по скважинам на основе идентификации угольных пластов и слоев горных пород и выполняют построение всего разреза. При этом стараются учесть всю имеющуюся геологоразведочную информацию, полученную по скважинам, в горных выработках (если они существуют на разведываемом участке) и на выходах пластов за весь период геологического изучения и разведок участка и района.

Несмотря на давность существующей методики построения геологических разрезов и, казалось бы, полное решение всех ее геометрических вопросов, она имеет ряд неточностей и недостатков. К ним относятся следующие.

1. Извлекаемый из скважин керн содержит основную часть геологической информации, ради которой производятся разведочные работы и затрачиваются большие средства. Вместе с тем часть этой ценной информации в виде углов между осью керна и плоскостями напластования на практике не используется. Имеющиеся попытки использования указанных углов при построении геологических разрезов в Криворожском бассейне [19] нельзя признать удачными, так как в основе их лежат неверные геометрические представления.

Ниже показано, что правильное применение углов, измеряемых на керне, при построениях геологических разрезов, а также при взаимной увязке разрезов и гипсометрических планов пластов позволяет существенно повысить точность и достоверность графической геологоразведочной документации.

2. Построение дизъюнктивных нарушений на разрезах часто производят непосредственно по точкам, в которых скважины встретили плоскость сместителя. Однако такое решение будет правильным только в том случае, если скважины искривляются в плоскости разреза и не являются нестворными. Ниже показано, что при азимутальных искривлениях и нестворности скважин дизъюнктивные нарушения на разрезах нельзя строить непосредственно по данным, нанесенным на оси скважин. Наиболее правильную интерпретацию нарушения на разрезе в таких случаях можно получить путем рассечения вертикальной плоскостью разреза гипсометрических планов пластов и поверхности сместителя.

3. В некоторых случаях встречается необходимость проецирования мощностей пластов и слоев горных пород по скважине (так называемых осевых мощностей) на плоскость разреза. Аппарат проецирования, разработанный авторами [12, 13], по видимому, не нашел еще широкого распространения и потому

решение этого вопроса на практике часто производится неверно.

Существуют и другие, более мелкие недостатки. Способы смягчения или устранения их описаны при изложении методики построения геологических разрезов.

## § 2. ОБРАБОТКА ДАННЫХ ИНКЛИНОМЕТРИЧЕСКОЙ СЪЕМКИ СКВАЖИНЫ

В результате съемки ствола скважины инклинометром определяют расстояния от устья скважины до точек замера, а также зенитные углы  $\theta$  и азимуты  $\alpha_{ск}$  оси скважины в этих точках. Данные инклинометрической съемки скважины позволяют вычислить координаты точек ее ствола и по ним определить положение этих точек на планах и разрезах.

Исследования показывают [9, 10], что наиболее точным и удобным способом вычисления координат точек ствола скважины или графического определения их положения на планах и разрезах является способ, при котором для каждого интервала инклинометрической съемки углы  $\theta$  и  $\alpha_{ск}$  определяют как средние из значений, полученных в соседних точках съемки, т. е.

$$\left. \begin{aligned} x_n &= x_y + \sum_{i=1}^n l_i \sin \frac{\theta_i + \theta_{i+1}}{2} \left[ \cos \frac{\alpha_i + \alpha_{i+1}}{2} \right], \\ y_n &= y_y + \sum_{i=1}^n l_i \sin \frac{\theta_i + \theta_{i+1}}{2} \sin \frac{\alpha_i + \alpha_{i+1}}{2}, \\ z_n &= z_y - \sum_{i=1}^n l_i \cos \frac{\theta_i + \theta_{i+1}}{2}, \end{aligned} \right\} (1)$$

где  $x_n, y_n, z_n$  — координаты некоторой точки  $n$  ствола;

$x_y, y_y, z_y$  — координаты устья скважины;

$l_i$  — интервалы инклинометрической съемки ствола;

$\theta_i, \alpha_i$  — зенитные углы и азимуты оси ствола в точках съемки.

Данные инклинометрической съемки скважины записывают и обрабатывают в приведенном ниже журнале (табл. 1). Зенитные углы и азимуты для интервалов съемки вычисляют как средние из значений этих углов в верхней и нижней точках каждого интервала, т. е.

$$\theta_{cp} = \frac{\theta_i + \theta_{i+1}}{2},$$

$$\alpha_{cp} = \frac{\alpha_i + \alpha_{i+1}}{2}.$$

для записи и обработки наблюдений инклинометрической съемки скважины

Скважина (№) \_\_\_\_\_ Начата \_\_\_\_\_ Окончена \_\_\_\_\_ Координаты устья  $x = \dots y = \dots z = \dots$ 

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19
Номер точки съемки и индекс пласта	Расстояние от устья до точки съемки, м	Интервал съемки $l_i$ , м	Средний зенитный угол на интервале $\theta_{cp} = \frac{\theta_i + \theta_{i+1}}{2}$	Средний азимут на интервале $\alpha_{cp} = \frac{\alpha_i + \alpha_{i+1}}{2}$	Горизонтальные проекции интервалов, м	Объединенные горизонтальные проекции интервалов, м	Средний азимут объединенных горизонтальных проекций интервалов	Вертикальные проекции интервалов, м	Объединенные вертикальные проекции интервалов, м	Высотная отметка точки ствола, м	Азимут простирания пласта $\alpha_{пл}$	Угол между линиями восстания пород и осью скважины $\gamma$	Угол между линиями восстания пород и линией разведочного профиля $\gamma'$	Угол падения пласта $\delta$	Видимый угол падения пласта $\delta'$ на разрезе	Угол $\phi$ , измеренный на керне	Проекция угла $\phi$ на разрезе $\phi'$	Примечание
23	460	18,1	2°30'	326	0,79	17,99	338	1,90	39,95	—222,58	105	49			20	20	20	
$l_5$	478,1	1,9	2°30'	326	0,08	1,90		19,98										
24	480	20	2°45'	336	0,96	2,01		19,97										
25	500	20	3°00'	340	1,05			19,92										
26	520	20	5°15'	340	1,83			5,27										
27	540	5,3	6°30'	340	0,48			14,61										
$l_3$	545,3	14,3	6°30'	340	1,66					—289,62	108	38	23	29	27	24		
28	560																	

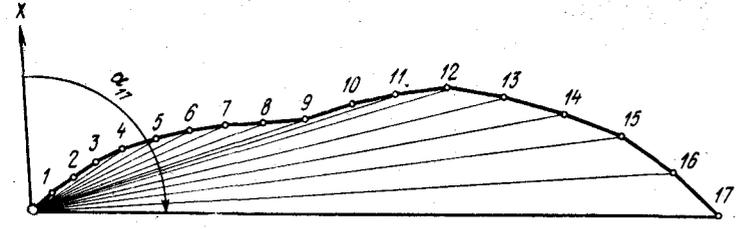


Рис. 1. Определение длин лучей и их азимутов на инклинограмме в крупном масштабе.

Горизонтальные и вертикальные проекции интервалов ствола скважины (графы 6, 9) удобно вычислять с помощью таблиц Б. Г. Шустина [35].

Основным масштабом, в котором строят геологические разрезы и гипсометрические планы пластов при разведках, является 1:5000. Для построения инклинограммы скважины в этом масштабе на практике обычно предварительно строят инклинограмму скважины в крупном масштабе (1:500), определяют на ней длины и азимуты лучей, соединяющих устье со всеми точками ствола (рис. 1), а затем по этим данным строят инклинограмму в масштабе 1:5000.

Такая методика связана с тем, что верхняя часть ствола скважины является вертикальной или слабонаклонной и точки съемки на инклинограмме в этой части проекции ствола располагаются очень близко относительно друг друга. Следует отметить, что построения отличаются трудоемкостью и не исключают всех осложнений, которые возникают при изображении слабонаклонных скважин на плане, особенно если интервалы съемки не превышают 20—40 м.

Исследования показывают, что если зенитные углы нескольких интервалов инклинометрической съемки скважины различаются не более чем на 0,5 и азимуты — не более чем на 5°, то такие интервалы в целях упрощения вычислений и построений целесообразно объединять в один интервал. Зенитный угол такого объединенного интервала будет равен среднему зенитному углу объединяемых интервалов съемки, а азимут — среднему азимуту интервала объединения. Погрешности вычислений и построений, связанные с объединением интервалов, ничтожно малы и не оказывают заметного влияния на точность построений в масштабе 1:5000. При построениях в масштабе 1:2000 производить объединение интервалов не рекомендуется.

По объединенным вертикальным проекциям интервалов (графа 10) вычислять высотные отметки точек суммирования этих величин от устья до каждой данной точки (графа 11). Координаты  $x$  и  $y$  точек обычно вычисляют в отдельном журнале.

Следует, однако, иметь в виду, что при выполнении указанных выше условий объединять можно лишь те интервалы съемки скважины, на которых не встречены пласты или маркирующие горизонты, так как для вычисления координат точек их подсечения необходимы необъединенные интервалы.

Если необходимо вычислить отметку точки подсечения пласта, расположенной между двумя какими-либо точками инклинометрической съемки, то для всех отрезков ствола скважины, заключенных между указанными точками, зенитный угол и азимут принимают равными средним значениям на рассматриваемом интервале съемки.

В графе 13 записывают угол  $\gamma$ , представляющий разность азимутов линии восстания пласта и оси ствола скважины в точке подсечения его скважиной. Угол  $\gamma$  может быть измерен транспортиром непосредственно на гипсометрическом плане между линией восстания пласта и осью скважины (рис. 2) либо вычислен по одной из формул, помещенных в табл. 2. Угол  $\gamma$  изменяется от  $0^\circ$  (ось скважины направлена по линии восстания пласта) до  $180^\circ$  (ось скважины направлена по падению пласта).

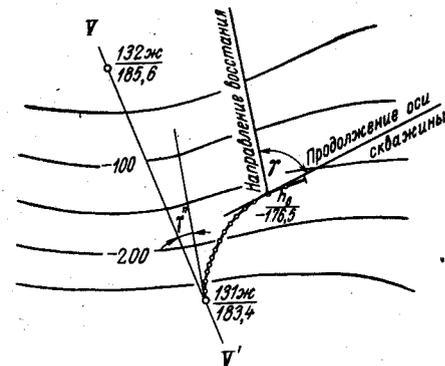


Рис. 2. Определение углов  $\gamma$  и  $\gamma''$  на гипсометрическом плане.

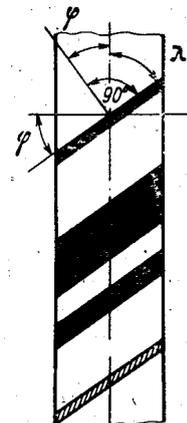


Рис. 3. Определение углов  $\phi$  и  $\lambda$  на керне.

Таблица 2  
Таблица формул для вычисления углов  $\gamma$

Пределы изменения азимута линии восстания пласта	Пределы изменения азимута ствола скважины			
	$0^\circ < \alpha_{СК} < 90^\circ$	$90^\circ < \alpha_{СК} < 180^\circ$	$180^\circ < \alpha_{СК} < 270^\circ$	$270^\circ < \alpha_{СК} < 360^\circ$
$0^\circ \leq \alpha_B \leq 90^\circ$	$ \alpha_{СК} - \alpha_B $	$\alpha_{СК} - \alpha_B$	$\alpha_{СК} - \alpha_B^*$	$\alpha_B - \alpha_{СК} + 360^\circ$
$90^\circ \leq \alpha_B \leq 180^\circ$	$\alpha_B - \alpha_{СК}$	$ \alpha_{СК} - \alpha_B $	$\alpha_{СК} - \alpha_B$	$\alpha_{СК} - \alpha_B^*$
$180^\circ \leq \alpha_B \leq 270^\circ$	$\alpha_B - \alpha_{СК}^*$	$\alpha_B - \alpha_{СК}$	$ \alpha_{СК} - \alpha_B $	$\alpha_{СК} - \alpha_B$
$270^\circ \leq \alpha_B \leq 360^\circ$	$\alpha_{СК} - \alpha_B + 360^\circ$	$\alpha_B - \alpha_{СК}^*$	$\alpha_B - \alpha_{СК}$	$ \alpha_{СК} - \alpha_B $

Примечания: 1. При получении результата больше  $180^\circ$  (помечены звездочкой) его необходимо вычесть из  $360^\circ$ . 2. Результат, полученный по формулам, заключенным в вертикальные скобки, берется по абсолютному значению.

В графе 14 записывают угол  $\gamma''$ , на который отклонилась линия разведочного профиля от направления восстания (падения) пласта. Угол  $\gamma''$  измеряют на гипсометрическом плане транспортиром (см. рис. 2). На практике угол  $\gamma''$  обычно не превышает  $15-20^\circ$ .

В графах 15 и 16 записывают истинный  $\delta$  и видимый на разрезе  $\delta''$  углы падения пласта, которые определяют с помощью номограмм (см. ниже).

В графе 17 записывают значение угла падения пласта на керне  $\phi^*$ , который измеряют с помощью горного компаса или гониометра [13] (рис. 3).

Наконец, в графе 18 записывают значение проекции угла  $\phi$  на плоскость разреза, которое определяют с помощью номограммы.

### § 3. ПОГРЕШНОСТИ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ПЛАНОВОГО И ВЫСОТНОГО ПОЛОЖЕНИЯ ТОЧЕК СТВОЛА СКВАЖИНЫ ПО РЕЗУЛЬТАТАМ ИНКЛИНОМЕТРИЧЕСКОЙ СЪЕМКИ

При построении геологических разрезов и гипсометрических планов важно знать, насколько точно определяется пространственное положение оси искривленной скважины по данным инклинометрической съемки. В качестве оценок точности определения планового и высотного положения точек ствола используют соответствующие погрешности. Величины погрешностей положения точек оси скважины на плане и по высоте позволяют критически оценивать разведочные данные и основанные на них геометрические построения и в необходимых случаях вносить в них коррективы в допустимых размерах.

В основе известных из литературы [4, 5, 9, 32] формул оценок погрешностей положения точек оси скважины

\* Угол падения пласта на керне не является действительным углом падения пласта, если скважина наклонна; только в случае вертикальной скважины этот угол совпадает с углом падения пласта. В точном смысле  $\phi$  — есть угол между осью скважины и перпендикуляром к пласту в точке подсечения.

$$M_s^2 = \frac{m_\theta^2}{\rho^2} \sum_{i=1}^n l_i^2 \cos^2 \theta_i + \frac{m_\alpha^2}{\rho^2} \sum_{i=1}^n l_i^2 \sin^2 \theta_i + m_l^2 \sum_{i=1}^n l_i^2 \sin^2 \theta_i, \quad (2)$$

$$M_z^2 = \frac{m_\theta^2}{\rho^2} \sum_{i=1}^n l_i^2 \sin^2 \theta_i + m_l^2 \sum_{i=1}^n l_i^2 \cos^2 \theta_i, \quad (3)$$

лежит допущение, что интервалы  $l$  между точками инклинометрической съемки измеряются независимо. В действительности измеряются не интервалы между точками съемки, а глубины от устья скважины до этих точек, интервалы же получают как разности соответствующих глубин.

Суммирование погрешностей линейных измерений в этом случае не может происходить как суммирование дисперсий случайных независимых величин, так как суммарная (случайная плюс систематическая) погрешность линейных измерений будет пропорциональна глубине до определяемой точки.

$$m_L = m'_L \cdot L, \quad (4)$$

где  $m_L$  — абсолютная суммарная погрешность измерения глубины  $L$  до точки;

$m'_L$  — суммарная относительная погрешность измерения глубины до точки.

Горизонтальная и вертикальная составляющие погрешности (4) соответственно равны

$$m_{l_s} = m'_L \sum_{i=1}^n l_i \sin \theta_i,$$

$$m_{l_z} = m'_L \sum_{i=1}^n l_i \cos \theta_i,$$

а поэтому формулы (2) и (3) в правильной записи должны иметь вид [17]

$$M_s^2 = \frac{m_\theta^2}{\rho^2} \sum_{i=1}^n l_i^2 \cos^2 \theta_i + \frac{m_\alpha^2}{\rho^2} \sum_{i=1}^n l_i^2 \sin^2 \theta_i + m_L'^2 \left( \sum_{i=1}^n l_i \sin \theta_i \right)^2, \quad (5)$$

$$M_z^2 = \frac{m_\theta^2}{\rho^2} \sum_{i=1}^n l_i^2 \sin^2 \theta_i + m_L'^2 \left( \sum_{i=1}^n l_i \cos \theta_i \right)^2, \quad (6)$$

где  $\theta_i$ ,  $\alpha_i$  — средние значения зенитного угла и азимута скважины на интервале съемки;

$l_i$  — интервалы инклинометрической съемки;

$m_\theta$ ,  $m_\alpha$  — погрешности определения углов  $\theta$  и  $\alpha$ ;

$m_L$  — относительная погрешность измерения глубины скважины;

$$\rho = 57^\circ,3.$$

Формулы (2), (5) и (3), (6) отличаются последними слагаемыми членами. Выражение  $\left( \sum_{i=1}^n l_i \sin \theta_i \right)^2$  больше выражения

$\sum_{i=1}^n l_i^2 \sin^2 \theta_i$  на удвоенную сумму произведений из всех возможных парных комбинаций  $l_i \sin \theta_i$ ,  $l_j \sin \theta_j$  ( $i \neq j$ ), т. е. на величину

$2 \sum_{i=1}^{i=n-1} \sum_{j=2}^j l_i \sin \theta_i l_j \sin \theta_j$ . Поэтому оценка погрешности  $M_s$ , вычисленная по формуле (5), всегда будет больше оценки, вычисленной по формуле (2), на величину

$2 \sum_{i=1}^{i=n-1} \sum_{j=2}^j l_i \sin \theta_i l_j \sin \theta_j$ .

Аналогично, оценка погрешности  $M_z$ , вычисленная по формуле (6), будет больше оценки той же погрешности, вычисленной по формуле (3), на величину

$2 \sum_{i=1}^{i=n-1} \sum_{j=2}^j l_i \cos \theta_i l_j \cos \theta_j$  ( $i \neq j$ ).

Формулы (5) и (6) имеют сложный вид и вычисления по ним требуют значительных затрат времени. Ниже дается вывод простых приближенных формул, которые позволяют для упрощения вычислений построить номограмму.

Предположим, что при съемке скважины получены все одинаковые углы  $\theta$ , т. е. скважина имеет только азимутальное искривление. Тогда можно записать

$$\sum_{i=1}^n \sin \theta_i = n \sin \theta, \quad \sum_{i=1}^n \sin^2 \theta_i = n \sin^2 \theta,$$

$$\sum_{i=1}^n \cos \theta_i = n \cos \theta, \quad \sum_{i=1}^n \cos^2 \theta_i = n \cos^2 \theta.$$

Из записанных равенств следует, что

$$\sum_{i=1}^n \sin^2 \theta_i = \frac{1}{n} \left( \sum_{i=1}^n \sin \theta_i \right)^2, \quad (7)$$

$$\sum_{i=1}^n \cos^2 \theta_i = n - \frac{1}{n} \left( \sum_{i=1}^n \sin \theta_i \right)^2. \quad (8)$$

При различных значениях зенитных углов  $\theta_i$  равенства (7) и (8) теряют силу, поэтому для общего случая зенитного и азимутального искривления скважины в формулы (7) и (8) введе-

ны средние значения поправочных коэффициентов  $q_1=1,4$  и  $q_2=1,03$ , вычисленных на основе обработки данных инклинометрии по ряду разведочных скважин, имеющих различную глубину и интенсивность искривления. Вычисление коэффициентов  $q_1$  и  $q_2$  выполнено в табл. 3.

Таблица 3

Вычисление поправочных коэффициентов  $q_1$  и  $q_2$

№ скважины	Количество точек съемки $n$	$\sum_{i=1}^n \sin^2 \theta_i$	$\frac{(\sum_{i=1}^n \sin \theta_i)^2}{n}$	$q_1 = \frac{(3)}{(4)}$	$\sum_{i=1}^n \cos^2 \theta_i$	$n^2 - \frac{(\sum_{i=1}^n \sin \theta_i)^2}{n}$	$q_2 = \frac{(7)}{(6)}$
1	2	3	4	5	6	7	8
Е 2932	5	0,0275	0,0191	1,44	4,972	4,981	1,00
Е 2932	21	2,6497	1,8702	1,41	18,355	19,130	1,04
Е 2932	31	6,9919	5,3350	1,31	24,008	25,665	1,07
Е 2932	42	5,2910	3,7300	1,42	36,709	38,270	1,04
Е 2932	62	13,9623	9,8200	1,42	48,042	52,180	1,08
Б 2304	24	0,0472	0,0370	1,27	23,953	23,963	1,00
Б 2304	44	2,4794	1,2300	2,02	41,521	42,770	1,03
Б 2308	44	1,1059	0,3600	1,28	42,694	43,140	1,01
ДМ 1061	22	0,3891	0,2683	1,45	21,611	21,732	1,01
ДМ 1061	40	1,9838	1,4710	1,35	38,016	38,529	1,01
ДМ 1061	58	4,1221	3,3100	1,24	53,378	54,690	1,01
3789	6	0,0197	0,0131	1,50	5,980	5,987	1,00
3789	13	0,1830	0,1350	1,35	12,817	12,865	1,01
3789	19	0,7692	0,5285	1,45	13,281	18,472	1,01
3789	23	1,5181	1,0430	1,44	41,482	21,957	1,02
Е 2932	5	0,0275	0,0193	1,42	4,982	4,981	1,00
Е 2932	15	0,8386	0,5930	1,42	14,161	14,407	1,02
Е 2932	26	4,7845	3,4950	1,37	21,216	22,505	1,06
2308	9	0,0132	0,0089	1,47	8,987	8,991	1,00
2308	19	0,1143	0,0837	1,36	18,886	18,916	1,00
2308	54	2,2847	1,6930	1,35	51,715	52,307	1,01

$(q_1)_{cp} = 1,40$

$(q_2)_{cp} = 1,03$

После подстановки значений  $q_1$  и  $q_2$  равенства (7) и (8) принимают вид

$$\sum_{i=1}^n \sin^2 \theta_i = \frac{1,4}{n} \left( \sum_{i=1}^n \sin \theta_i \right)^2, \quad (7')$$

$$\sum_{i=1}^n \cos^2 \theta_i = \frac{n^2 - \left( \sum_{i=1}^n \sin \theta_i \right)^2}{1,03 n}. \quad (8')$$

Большинство применяемых в настоящее время инклинометров позволяет определять азимут и зенитный угол оси скважины в среднем с погрешностями  $m_\alpha = \pm 5^\circ$ ,  $m_\theta = \pm 0,5^\circ$  [4, 28, 32].

Средняя относительная погрешность измерения глубины скважины  $m_L = 1/300$  [4].

$$\text{Обозначим } nl = L, \frac{\sum_{i=1}^n \sin \theta_i}{n} = \frac{l \sum_{i=1}^n \sin \theta_i}{L} = K, \text{ тогда с учетом значений } m_\alpha, m_\theta \text{ и } m'_L \text{ равенства (5) и (6) можно переписать в виде}$$

$$M_s^2 = \frac{6,653 L^2 + (n + 953) L^2 K^2}{90\,000 n}, \quad (9)$$

$$M_z^2 = \frac{l^2}{90\,000} \left( \sum_{i=1}^n \cos \theta_i \right)^2 + \left( \frac{LK}{115} \right)^2 \cdot \frac{1,4}{n}, \quad (10)$$

где  $n$  — количество интервалов съемки от устья до точки, для которой определяется погрешность;

$L$  — глубина скважины до той же точки;

$K$  — коэффициент, характеризующий искривленность скважины и равный отношению ее горизонтальной проекции от устья до рассматриваемой точки к длине скважины на том же интервале.

Исследования уравнения (10) показали, что величина второго слагаемого не превышает 2% от погрешности  $M_z$ , поэтому при вычислениях этим слагаемым можно пренебречь. С учетом последнего замечания погрешность  $M_z$  может определяться по равенству

$$M_z = \pm \frac{1}{300} (z_y - z_i), \quad (11)$$

где  $z_y$  и  $z_i$  — высотные отметки устья скважины и точки, для которой определяется погрешность.

Таблица 4

Сравнение оценок погрешностей  $M_s$  и  $M_z$ , вычисленных по формулам (2), (3) и (5), (6)

№ скважины	Глубина до определяемой точки, м	Количество точек съемки	Длина интервалов съемки, м	Характеристика искривленности $K = \frac{L'}{L}$	Оценка погрешности планового положения $M_s, \text{ м}$		Оценка погрешности высотного положения $M_z, \text{ м}$	
					по формуле (2)	по формуле (5)	по формуле (3)	по формуле (6)
1	2	3	4	5	6	7	8	9
Е 2308	1080	54	20	0,177	2,94	3,01	0,55	3,46
ДМ 1061	1160	58	20	0,239	3,77	3,90	0,61	3,74
3789	920	23	40	0,213	4,62	4,67	0,53	2,90
Е 2932	1240	62	20	0,398	6,66	6,87	0,80	3,68
Е 2932	1240	31	40	0,413	9,44	9,60	0,98	3,73

В табл. 4 приведены значения оценок погрешностей планового  $M_s$  и высотного  $M_z$  положения точек стволов скважин, вычисленных по формулам (2), (3) и (5), (6). Вычисления выполнены при указанных выше значениях погрешностей измерений, т. е.  $m_\theta = \pm 0,5$ ,  $m_\alpha = \pm 5^\circ$ ,  $m'_L = 1/300$ .

Как видно из табл. 4, оценки погрешностей планового положения точек  $M_s$ , вычисленные по новой формуле (5), не очень заметно превышают аналогичные оценки, вычисленные по формуле (2). Однако оценки погрешностей высотного положения точек  $M_z$ , вычисленные по формуле (6), в 4—5 раз превышают аналогичные оценки, вычисленные по формуле (3).

При значительных зенитных углах ствола скважины ( $\theta > 20-30^\circ$ ) различие между оценками  $M_s$ , вычисленными по старой и новой методике, возрастает, а между оценками  $M_z$  уменьшается. Это и понятно, поскольку с ростом углов  $\theta$  увеличивается горизонтальная составляющая погрешности измерения длины ствола скважины и уменьшается ее вертикальная составляющая.

В практике известны случаи, когда удвоенные и даже утроенные значения оценок  $M_z$ , вычисленных по формуле (3), оказывались меньше фактических погрешностей высотного положения точек ствола по результатам маркшейдерских съемок скважин, встреченных горными выработками. Эти факты говорят о том, что формулы (2) и (3) дают преуменьшенные величины оценок погрешностей планового и высотного положения точек.

Формулы (5), (6) показывают, что погрешности положения точек ствола скважины возрастают с увеличением длины интервалов инклинометрической съемки. Особенно чувствительны к увеличению длины интервалов погрешности планового положения точек: с увеличением длины интервалов в 2 раза погрешности  $M_s$  возрастают примерно в 1,5 раза (см. табл. 4, скв. E2932).

Из табл. 4 видно, что погрешности планового и высотного положения точек подсекания пластов скважинами на глубинах 1000—1200 м могут достигать довольно значительных величин. С вероятностью около 0,7 (70%) они не превышают величин  $M_s$  и  $M_z$ , указанных в графах 7 и 9 таблицы. Для вероятности 0,9 (90%) оценки  $M_s$  и  $M_z$  должны быть увеличены в 1,65 раза\*.

При построениях разрезов и гипсометрических планов в масштабе 1:5000 погрешности планового и высотного положения точек стволов скважин не оказывают заметного влияния на точность построений. Однако при построениях в масштабе 1:2000 они оказывают влияние на точность графических результатов. Так, например, при  $M_s = \pm 10$  м точка на разрезе или

\* Погрешности планового и высотного положения точек приближенно следуют закону нормального распределения [5].

гипсометрическом плане в масштабе 1:2000 определяется кругом радиуса 5 мм.

Величины  $M_s$  и  $M_z$  геометрически представляют соответственно горизонтальную и вертикальную полуоси некоторого эллипсоида, центр которого совпадает с определяемой точкой. Как это следует из теории ошибок, каждая точка ствола скважины может находиться внутри указанного эллипсоида погрешностей с вероятностью  $\sim 0,70$ . Если оси эллипсоида удвоить, то точка будет находиться внутри эллипсоида с вероятностью около 0,95.

На геологическом разрезе эллипсоид погрешностей изобразится в виде эллипса, представляющего его вертикальное сечение. Поверхность, огибающая все эллипсоиды погрешностей в различных точках ствола скважины, называется циклической (рис. 4). Циклическая поверхность ограничивает некоторую конусообразную область, внутри которой должен находиться ствол скважины с определенной вероятностью.

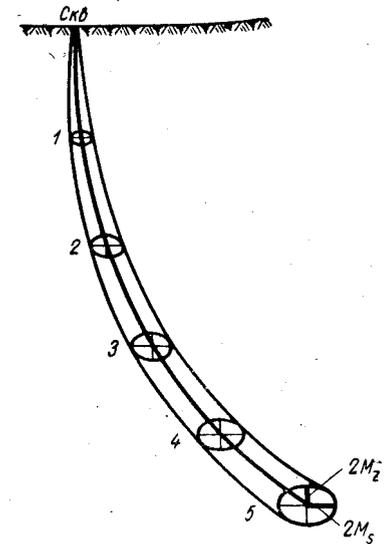


Рис. 4. Эллипсоиды погрешностей точек ствола скважины и огибающая их циклическая поверхность, определяющая область возможных положений ствола.

Если по геологическим данным какая-либо точка ствола скважины на разрезе должна быть несколько правее или левее полученной (спроецированной) по координатам, то можно допустить перемещение этой точки по горизонтальной линии на величину не более  $2M_s$ . Точно так же, если геологические данные требуют поднять или опустить точку ствола скважины, нанесенную по координатам, это допускается делать в пределах величины  $2M_z$ .

Таким образом, величины  $\pm 2M_s$  и  $\pm 2M_z$  определяют пределы допустимых расхождений в положении точек на разрезе, полученных непосредственно по координатам и по геологическим данным в процессе увязки результатов по скважинам. Понятно, что возможные перемещения точек должны быть геологически надежно обоснованы и не вызывать сомнений в своей достоверности.

На рисунке 5 формула (9) представлена номограммой на эллипсе. Чтобы вычислить плановую погрешность точки ствола скважины, необходимо предварительно вычислить коэффициент  $K$  — характеристику искривленности скважины. Для этого строят инклинограмму скважины на плане, находят длину го-

Таблица 5

Сравнение оценок  $M_s$ , вычисленных по формуле (5) и по номограмме

№ скважин	№ точек	Глубина скважины, м	Количество интервалов	Погрешность планового положения точки ствола		$\Delta M_s$	$(\Delta M_s)^2$
				по формуле (5)	по номограмме		
1	2	3	4	5	6	7	8
Е 2932	1	200	10	0,69	0,62	-7	49
	2	400	20	1,37	1,38	+1	1
	3	600	30	2,49	2,53	+4	16
	4	840	42	4,25	4,32	+7	49
	5	980	49	5,27	5,30	+3	9
	6	1100	55	6,06	6,16	+10	100
	7	1240	62	6,87	7,00	+13	169
Е 2308	8	180	9	0,56	0,52	-4	16
	9	380	19	0,97	0,91	-6	36
	10	640	32	1,60	1,60	0	—
	11	880	44	2,22	2,36	+14	196
	12	980	49	2,56	2,69	+13	169
	13	1080	54	3,01	3,17	+16	256
Б 2304	14	280	14	0,68	0,65	-3	9
	15	480	24	0,94	0,90	-4	16
	16	640	32	1,41	1,23	-18	324
	17	780	39	2,37	2,05	-32	1024
	18	880	44	3,03	2,72	-31	961
ДМ 1061	19	140	7	0,48	0,47	-1	1
	20	440	22	1,38	1,32	-6	36
	21	560	28	1,86	1,87	+1	1
	22	660	33	2,23	2,28	+5	25
	23	800	40	2,75	2,90	+15	225
	24	1160	58	3,90	4,14	+24	576
	25	240	6	0,99	0,93	-6	36
3739	26	520	13	1,97	1,97	0	—
	27	760	19	3,45	3,47	+2	4
	28	920	23	4,67	4,69	+2	4
	29	200	10	0,94	0,91	-3	9
Е 2932	30	400	20	1,93	1,83	-10	100
	31	600	30	3,50	3,55	+5	25
	32	840	42	5,96	6,00	+4	16
	33	1040	52	7,95	8,20	+25	625
	34	1240	62	9,60	9,75	+15	225
							Сумма

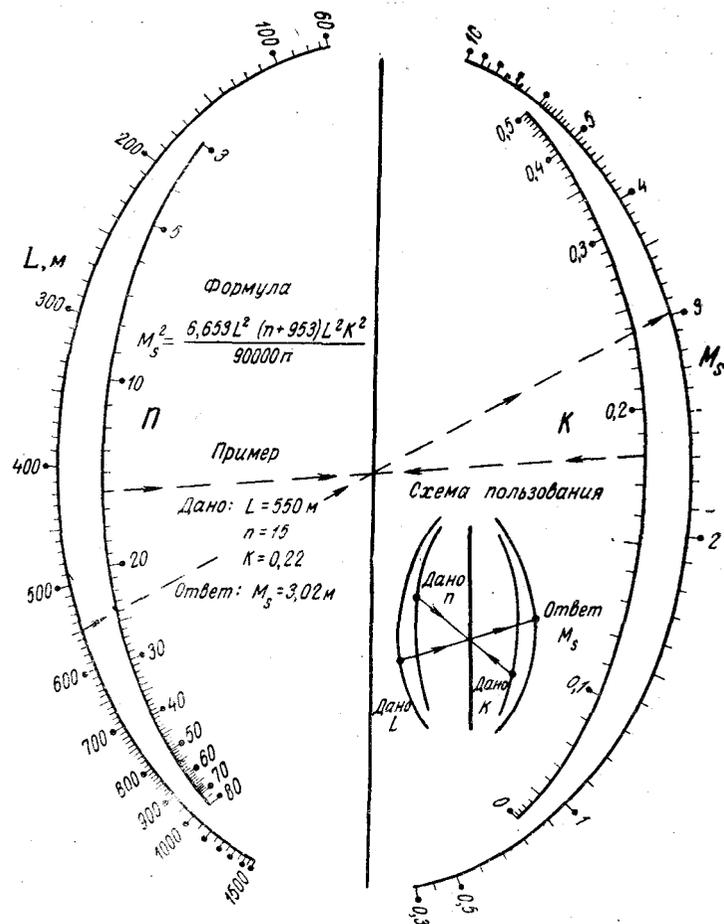


Рис. 5. Номограмма формулы (9) для определения погрешностей планового положения точек ствола искривленной разведочной скважины.

горизонтальной проекции ствола от устья до определяемой точки и вычисляют отношение

$$K = \frac{L_{\Gamma}}{L} = \frac{\sum_{i=1}^n l_i \sin \theta_i}{L}$$

где  $L_{\Gamma}$ ,  $L$  — соответственно длина горизонтальной проекции и фактическая длина ствола скважины от устья до рассматриваемой точки.

При равных интервалах съемки определение коэффициента сводится к вычислению отношения суммы синусов зенитных углов к количеству интервалов съемки до рассматриваемой точки, т. е.

$$K = \frac{\sum_{i=1}^n \sin \theta_i}{n}$$

Далее на номограмме размещают линейку так, чтобы она прошла через пометки шкал  $n$  и  $K$ , соответствующие заданным значениям  $n$  и  $K$ , и фиксируют точку на немой шкале. Повернув линейку вокруг этой точки до совмещения с заданным значением  $L$  на шкале  $L$ , читают на пересечении ее с ответной шкалой значение погрешности  $M_s$ . Описанные операции приведены на полях номограммы в виде схемы пользования и примера.

Сравнение оценок погрешностей, вычисленных с помощью номограммы и по формуле (5), выполнено в табл. 5. Результаты таблицы показывают, что номограммой можно пользоваться как при равных, так и при различных интервалах инклинометрической съемки. Среднеквадратическая погрешность вычисления оценки  $M_s$  с помощью номограммы не превышает  $\pm 12$  см, что вполне достаточно для решения практических задач

$$\sigma_{M_s} = \pm \sqrt{\frac{5308}{34}} = \pm 12 \text{ см.}$$

Как видно из формул (9) и (11), погрешности планового и высотного положения точек ствола скважины увеличиваются с глубиной скважины по линейному закону, что согласуется с результатами более ранних исследований [9, 10]. Причем, если скважина почти вертикальна, то погрешность планового положения мала или равна нулю, если скважина имеет значительный наклон, то указанная погрешность имеет существенное значение.

#### § 4. ПОСТРОЕНИЕ НА РАЗРЕЗЕ ОСЕЙ РАЗВЕДОЧНЫХ СКВАЖИН

Проецирование точек ствола искривленной или расположенной не в створе разведочного профиля скважины на геологический разрез должно выполняться по простиранию пластов, которые пересекает скважина. Если все пласты строго согласны, то для проецирования на разрез всех точек ствола скважины (верхних, средних и нижних) может быть использован гипсометрический план какого-либо одного пласта (желательно среднего в стратиграфическом разрезе). Если пласты имеют несогласное залегание, то проецирование точек следует производить с помощью нескольких гипсометрических планов, каждый из которых должен наилучшим образом представлять группу (свиту) согласных пластов.

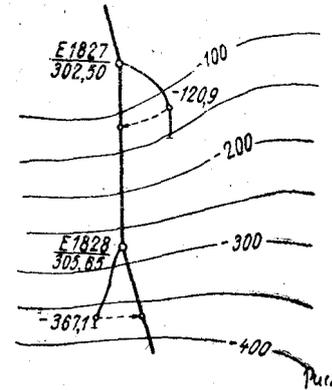


Рис. 6. Схема криволинейного проецирования точек ствола скважины на геологический разрез с помощью гипсометрического плана пласта.

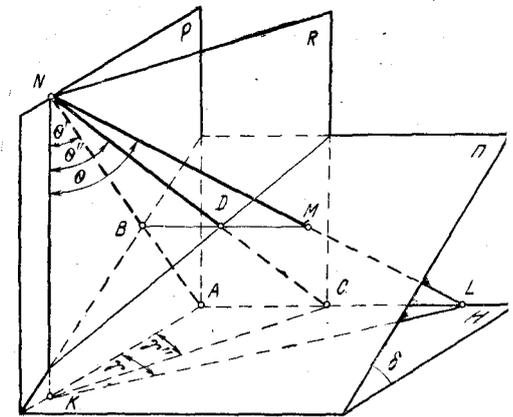


Рис. 7. Схема построения осей разведочных скважин

На рис. 6 показан гипсометрический план пласта, который подсечен скважинами E1827 и E1828 в точках с отметками  $-120,9$  и  $-367,1$  м. Проецирование этих точек на линию разведочного профиля производится с помощью криволинейных лучей, повторяющих конфигурацию изогипс плана. Аналогичным образом проецируют на линию разведочного профиля все другие точки ствола скважины, используя гипсометрические планы соответствующих пластов, подсеченных скважиной.

В тех случаях, когда разрез проходит вблизи горных выработок, но не пересекает их, геологические данные по этим выработкам проецируют на плоскость разреза. Перенос геологического материала на линию разреза допускается производить только по простиранию залегаемой толщи в данном месте. В том случае, когда простирание на данном участке с достаточной точностью не установлено или между линией разреза и расположением выработок проходит складка или разрывное нарушение, перенос геологических данных на линию разведочного профиля не допускается [21].

Спроецированные на линию разреза точки оси искривленной или нестворной скважины переносят затем на плоскость разреза в соответствии с их высотными отметками. Для этого на разрезе строят высотную основу в виде горизонтальных параллельных линий, которые при построениях в масштабе  $1 : 5000$  проводят обычно через  $50$  м, а при построениях в масштабе  $1 : 2000$  — через  $20$  м.

Построение осей разведочных скважин на разрезе можно производить и иным способом, используя проекции средних зенитных углов интервалов инклинометрической съемки.

На рис. 7 изображено:  $H$  — горизонтальная плоскость (план);  $P$  — плоскость напластования горных пород (пласт);  $R$  — плоскость геологического разреза, проходящего вкрест простирания пород;  $P$  — плоскость геологического разреза, проходящего вкрест простирания пород;  $R$  — плоскость разреза, отклонившегося от направления вкрест простирания пород на угол  $\gamma''$ ;  $NM$  — отрезок ствола скважины;  $NB$  — проекция отрезка  $NM$  на плоскость  $P$ ;  $ND$  — проекция отрезка  $NM$  на плоскость  $R$ ;  $\theta$  — зенитный угол скважины на отрезке  $NM$ ;  $\theta'$  — проекция зенитного угла на плоскость  $P$ ;  $\theta''$  — проекция зенитного угла на плоскость  $R$ ;  $\gamma$  — разность азимутов линии восстания пласта и скважины на отрезке  $NM$ ;  $\gamma''$  — разность азимутов линии восстания пласта и плоскости  $R$ .

Из рисунка следует:

$$NK = NL \cos \theta, \quad KA = NL \sin \theta \cos \gamma,$$

$$NK = \frac{KA}{\operatorname{tg} \theta'} = \frac{NL \sin \theta \cos \gamma}{\operatorname{tg} \theta'}, \quad \text{откуда}$$

$$NL \cos \theta = \frac{NL \sin \theta \cos \gamma}{\operatorname{tg} \theta'},$$

$$\operatorname{tg} \theta' = \operatorname{tg} \theta \cos \gamma. \quad (12)$$

Формула (12) позволяет определять проекции зенитных углов на плоскость геологического разреза, проходящего вкрест простирания пород (ортогональное проецирование).

Если плоскость геологического разреза  $R$  образует с линией восстания (падения) пород (пласта) угол  $\gamma''$ , то проецирование углов  $\theta$  на эту плоскость будет выполняться по иному закону.

Из треугольника  $ACK$ :

$$KC = \frac{KA}{\cos \gamma''} = \frac{NL \sin \theta \cos \gamma}{\cos \gamma''}.$$

Из треугольника  $NCK$ :

$$NK = \frac{KC}{\operatorname{tg} \theta''} = \frac{NL \sin \theta \cos \gamma}{\cos \gamma'' \operatorname{tg} \theta''}.$$

Следовательно

$$NL \cos \theta = NL \frac{\sin \theta \cos \gamma}{\cos \gamma'' \operatorname{tg} \theta''},$$

$$\operatorname{tg} \theta'' = \operatorname{tg} \theta \frac{\cos \gamma}{\cos \gamma''}. \quad (13)$$

Формула (13) позволяет вычислять проекции зенитных углов  $\theta$  на плоскость геологического разреза, образующую с линией восстания (падения) пород (пласта) угол  $\gamma''$  (косоугольное проецирование).

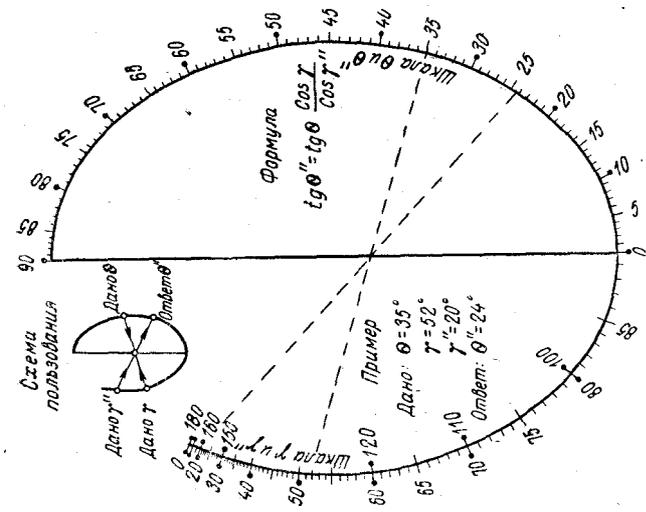


Рис. 9. Номограмма формулы (13) для вычисления проекции зенитного угла ствола скважины на разрезе при косоугольном проецировании.

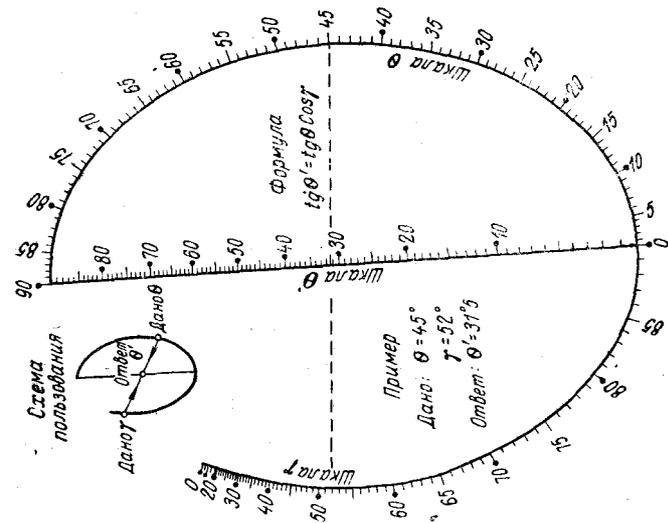


Рис. 8. Номограмма формулы (12) для вычисления проекции зенитного угла ствола скважины на разрезе при ортогональном проецировании.

Для упрощения вычислений формулы (12) и (13) представлены на рис. 8 и 9 номограммами.

Номограмма формулы (12) состоит из одной прямолинейной шкалы для угла  $\theta'$  и двух шкал на эллипсе для углов  $\theta$  и  $\gamma$ . При пользовании номограммой прикладывают линейку к точкам на шкалах  $\theta$  и  $\gamma$ , соответствующим измеренным углам  $\theta$  и  $\gamma$ . На пересечении линейки со шкалой  $\theta'$  читают ответ.

Порядок пользования номограммой показан в виде схемы и примера на свободном поле номограммы.

**Пример.** При инклинометрической съемке скважины измерения: зенитный угол скважины в точке пересечения пласта  $\theta=45^\circ$  и азимут  $\alpha_{ск}=25^\circ$ . Азимут линии восстания пород равен  $\alpha_{в}=77^\circ$ .

**Решение.** При известном азимуте линии восстания пород  $\alpha_{в}=77^\circ$  вычисляют угол  $\gamma$  как разность азимутов скважины и линии восстания пород

$$\gamma = \alpha_{в} - \alpha_{ск} = 77^\circ - 25^\circ = 52^\circ.$$

Прикладывают линейку к пометкам шкал  $\theta=45^\circ$  и  $\gamma=52^\circ$ . В пересечении линейки со средней шкалой читают ответ:  $\theta'=31,5^\circ$ .

Номограмма формулы (13) состоит из четырех шкал на эллипсе попарно сгруппированных переменных ( $\theta$  с  $\gamma$  и  $\theta''$  с  $\gamma''$ ) и промежуточной немой прямолинейной шкалы. При пользовании номограммой прикладывают линейку вначале к пометкам шкал  $\theta$  и  $\gamma$ , соответствующим исходным значениям углов  $\theta$  и  $\gamma$ , и фиксируют точку пересечения линейки с немой шкалой. Поворачивают линейку вокруг зафиксированной точки до совмещения ее с пометкой на шкале  $\gamma''$ , соответствующей заданному значению угла  $\gamma$ . В пересечении линейки со шкалой  $\theta''$  читают ответ.

**Пример.** На основе инклинометрии скважины и предварительно построенной гипсометрии пластов в одной из точек оси скважины получены значения углов:  $\theta=35^\circ$ ,  $\gamma=52^\circ$ ,  $\gamma''=20^\circ$ .

**Решение.** Приложив линейку к пометкам  $\theta=35^\circ$  и  $\gamma=52^\circ$  на шкалах  $\theta$  и  $\gamma$ , фиксируют точку на немой шкале. Поворачивают линейку вокруг зафиксированной точки до совмещения ее с пометкой  $\gamma''=20^\circ$  на шкале  $\gamma''$ . В точке пересечения линейки со шкалой  $\theta''$  читают ответ  $\theta''=24^\circ$ .

Порядок пользования номограммой показан также в виде схемы и примера на свободном поле номограммы.

Если плоскость разреза проходит по линии восстания пород или отклоняется от нее не более чем на угол  $\gamma''=10^\circ$  (ортогональное проецирование), то вычисления следует производить с помощью номограммы, изображенной на рис. 8. Если же плоскость разреза отклоняется от линии восстания (падения) пород на угол  $\gamma''>10^\circ$  (косоугольное проецирование), то вычисления

следует производить с помощью номограммы, изображенной на рис. 9.

Далее производят вычисление проекций интервалов инклинометрической съемки скважины на плоскость разреза.

Если плоскость разреза проходит по линии восстания пород ( $\gamma''<10^\circ$ ), то зависимость между интервалом ствола скважины  $l$  и его проекцией  $l'$  на плоскость разреза описывается формулой [12, 13].

$$l' = l \sqrt{1 - \sin^2 \theta \sin^2 \gamma}, \quad (14)$$

где  $\theta$  — средний зенитный угол ствола скважины на рассматриваемом интервале  $l$ ;

$\gamma$  — разность азимутов линии восстания пород и ствола скважины на интервале  $l$ .

Если плоскость разреза образует с линией восстания (падения) пород угол  $\gamma''>10^\circ$ , то зависимость между интервалами ствола скважины  $l$  и его проекцией  $l''$  на плоскость разреза выражается формулой [12, 13]

$$l'' = l \sqrt{\cos^2 \theta + \sin^2 \theta \cos^2 \gamma (1 + \operatorname{tg}^2 \gamma'')}. \quad (15)$$

Обозначения углов  $\theta$ ,  $\gamma$  и  $\gamma''$  прежние.

Формула (15) описывает наиболее общий случай косоугольного проецирования отрезков ствола на плоскость разреза, в то время как формула (14) справедлива только при ортогональном проецировании и вытекает из формулы (15) при  $\gamma''=0$ .

Формулы (14) и (15) представлены на рисунках 10—13 номограммами, которые заменяют все вычисления.

Номограмма формулы (14) (рис. 10) состоит из двух прямолинейных шкал и бинарной сетки. При пользовании номограммой находят вначале точку на бинарном поле, соответствующую заданным значениям измеренного угла  $\theta$  и интервала  $l$ . Прикладывают линейку так, чтобы она проходила через найденную на бинарном поле точку и пометку на шкале  $\gamma$ , соответствующую вычисленному значению этого угла по исходным данным. На пересечении линейки со шкалой  $l'$  читают ответ.

Номограмма охватывает всевозможные значения длин интервалов, однако точность ее при  $l < 5$  \* низкая. Поэтому для получения более точных результатов при  $l \leq 5$  рекомендуется пользоваться номограммой, изображенной на рис. 11.

**Пример 1.** Дано  $l=39$  м,  $\theta=37^\circ$ ,  $\gamma=45^\circ$ . Необходимо найти проекцию отрезка  $l$  на разрезе, расположенном вкрест простираня пород.

**Решение.** На бинарном поле (рис. 11) находят точку, соответствующую заданным значениям  $l=39$  м и  $\theta=37^\circ$ . Прикладывают линейку так, чтобы она проходила через точку на бинарном поле и пометку на шкале  $\gamma$ , соответствующую  $\gamma=45^\circ$ .

\* Шкалы  $l$  и  $l'$  номограммы даны в безразмерных единицах длины, поэтому 5 единиц могут представлять 50 см, 5 м, 50 м и т. д.

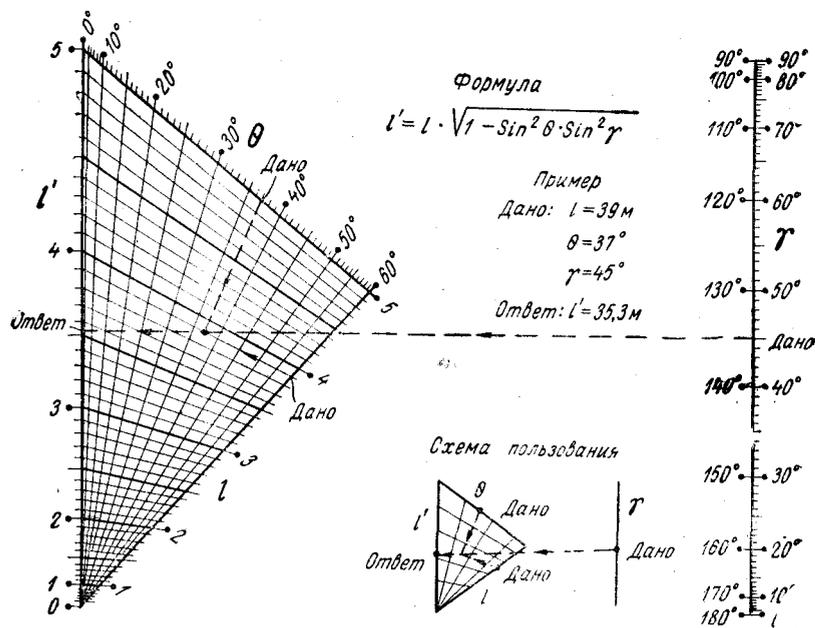


Рис. 10. Номограмма формулы (14) для вычисления проекции отрезка ствола скважины на разрезе при ортогональном проецировании ( $l > 5$ ).

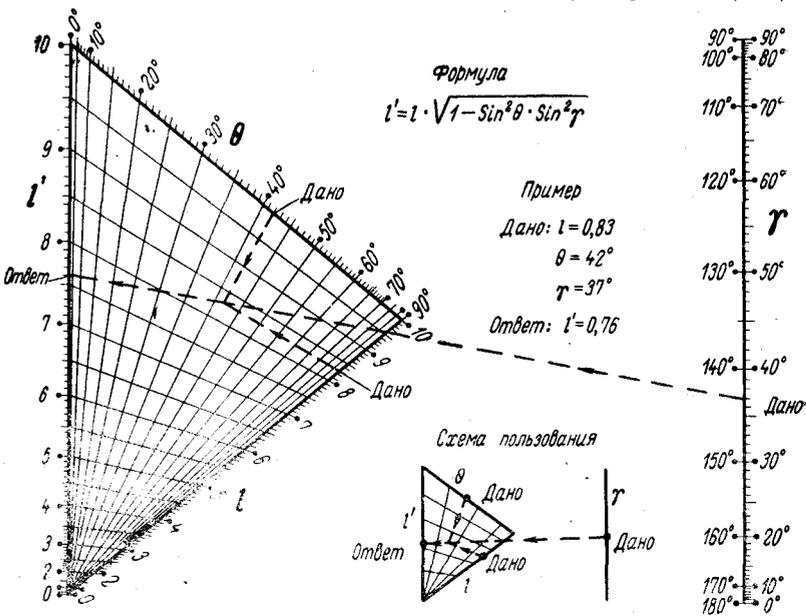


Рис. 11. Номограмма формулы (14) при вычислении проекции отрезка ствола скважины на разрезе при ортогональном проецировании ( $l \leq 5$ ).

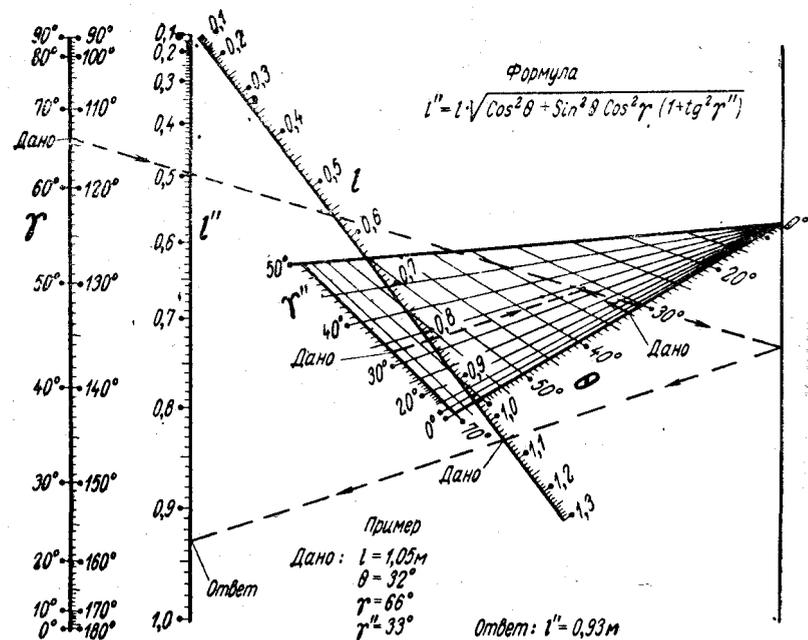


Рис. 12. Номограмма формулы (15) для вычисления проекции отрезка ствола скважины на разрезе при ортогональном проецировании ( $l \leq 5$ ).

В точке пересечения линейки со шкалой  $l'$  читают ответ  $l' = 35,3 \text{ м}$ .

**Пример 2.** Дано  $l = 0,83 \text{ м}$ ,  $\theta = 42^\circ$ ,  $\gamma = 37^\circ$ . Пользуясь номограммой (рис. 10), аналогично определяют  $l' = 0,76 \text{ м}$ .

Номограмма формулы (15) (см. рис. 12) состоит из бинарной сетки, наклонной шкалы  $l$  и трех параллельных вертикальных шкал, из которых одна является немой.

Номограмма, изображенная на рис. 12, используется для вычисления проекций отрезков ствола скважины в пределах от 0 до 5 единиц. Аналогичная номограмма, изображенная на рис. 13, предназначена для проецирования на разрез отрезков ствола скважины от 4 до 11 единиц. За единицу длины можно принимать 1 м, 10 м, 100 м.

Обе номограммы обслуживают косоугольное проецирование, когда угол  $\gamma'' > 10^\circ$ .

При пользовании номограммами необходимо по исходным значениям  $\theta$  и  $\gamma''$  отметить точку на бинарном поле и приложить линейку так, чтобы она проходила через эту точку и пометку на шкале  $\gamma$ , соответствующую заданному значению угла  $\gamma$ . Зафиксировав точку пересечения линейки с немой шкалой, повернуть линейку до совпадения ее с заданной пометкой на шкале  $l$ . Тогда пересечение линейки со шкалой  $l''$  дает ответ.

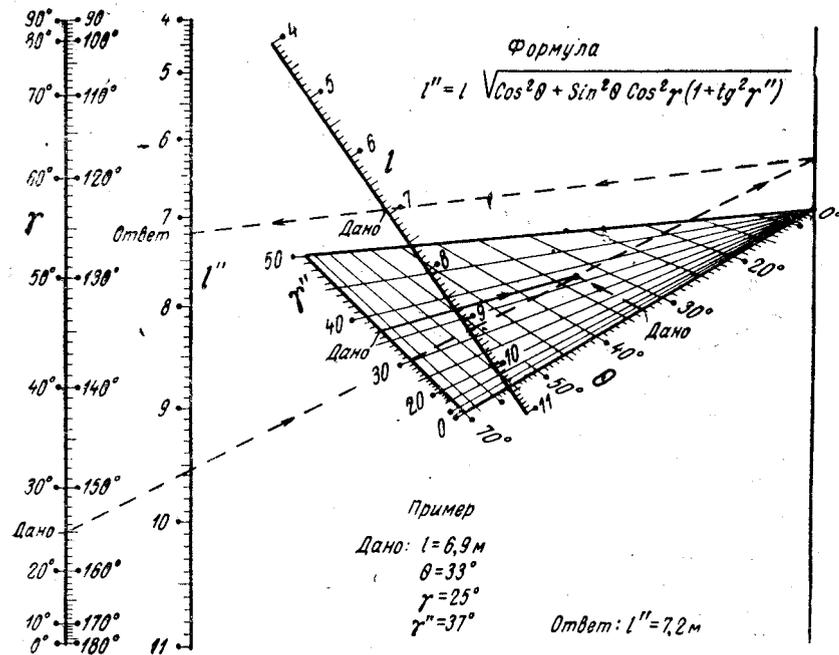


Рис. 13. Номограмма формулы (15) для вычисления проекции отрезка ствола скважины на разрезе при косоугольном проецировании ( $l > 5$ ).

**Пример.** Дано:  $l = 6,9 \text{ м}$ ,  $\theta = 33^\circ$ ,  $\gamma = 25^\circ$ ,  $\gamma'' = 37^\circ$ . Необходимо найти проекцию отрезка  $l$  на разрезе, образующем с направлением восстания (падения) пород угол  $\gamma'' = 37^\circ$ .

**Решение.** На бинарном поле (рис. 13) находят точку, соответствующую значениям  $\theta = 33^\circ$  и  $\gamma'' = 37^\circ$ . Прикладывают линейку к отмеченной точке и к точке на шкале  $\gamma$  с пометкой  $\gamma = 25^\circ$ . Зафиксировав точку на немой шкале, поворачивают линейку около этой точки до совпадения ее на шкале  $l$  с пометкой  $l = 6,9 \text{ м}$ . В точке пересечения линейки со шкалой  $l''$  читают ответ  $l'' = 7,2 \text{ м}$ .

При проецировании отрезка ствола скважины на разрез, образующий с направлением восстания (падения) пород угол  $\gamma'' > 10^\circ$ , величина проекции может быть как больше, так и меньше своего измеренного значения. Все зависит от взаимного расположения ствола скважины и плоскости разреза: если ствол скважины расположен между плоскостями  $P$  и  $R$  ( $\gamma'' > \gamma$ ) (см. рис. 7), то проекция  $l''$  будет больше измеренного отрезка  $l$ .

Следует отметить, что формулы (14), (15) и номограммы (см. рис. 10—13) позволяют решать вопросы проецирования мощностей пластов и слоев горных пород по скважине на плоскость геологического разреза, если на практике встречается в этом необходимость.

Проекция зенитных углов и интервалов ствола скважины рекомендуется записывать в формуляре, для чего в табл. 1 можно отвести специальные графы.

На рис. 14 показана схема построения оси скважины на разрезе с помощью проекций зенитных углов и отрезков ствола. Порядок построения следующий.

На разрез наносят устье скважины и под углом  $\theta_1$ , равным проекции угла  $\theta_1$ , проводят прямую. На ней откладывают отрезок, равный проекции интервала ствола от устья до первой точки съемки. В полученной точке 1 строят угол  $\theta_2$  и откладывают проекцию отрезка ствола 1—2. Далее все операции повторяют.

Зенитные углы  $\theta_1, \theta_2, \theta_3$  и т. д. вычисляют как средние на интервалах съемки.

Описанный способ позволяет производить построения оси скважины на разрезе без предварительного построения инклинограммы скважины на плане. Однако в конечном итоге он не освобождает от необходимости построения инклинограммы скважины, так как последняя необходима при построении гипсометрических планов, а также как документ, фиксирующий пространственное положение и вид оси ствола.

#### § 5. НАНЕСЕНИЕ ПЛАСТОВ И ЛИТОЛОГИЧЕСКИХ РАЗНОСТЕЙ ПОРОД ВДОЛЬ ОСИ СКВАЖИНЫ НА РАЗРЕЗЕ

Нанесение пластов и литологических разностей пород вдоль оси скважины на разрезе производят на основе ее геологической документации в процессе бурения. Точки, соответствующие контактам пород, наносят на ось по их вычисленным высотным отметкам (см. табл. 1, графа 11). Интервалы, соответствующие проекциям осевых мощностей пород на плоскость разреза, помечают стандартными условными обозначениями этих пород.

В некоторых случаях возникает необходимость сопоставлять проекцию осевой мощности слоя горных пород, полученную путем нанесения на ось скважины точек (контактов) по их высотным отметкам, с проекцией осевой мощности слоя, полученной непосредственным ее проецированием. Такое сравнение

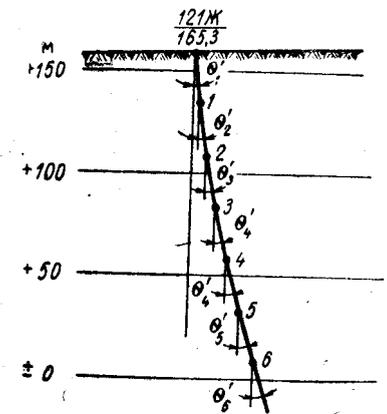


Рис. 14. Схема построения оси скважины на разрезе с помощью проекций зенитных углов и отрезков ствола.

может служить контролем правильности построений, а также контролем постоянства нормальных мощностей пород, разделяющих угольные пласты.

Выдержанность нормальных мощностей междупластий на значительных площадях является характерной особенностью условий осадконакопления для Донбасса [2]. Эта закономерность широко используется геологами при построениях разрезов.

Проецирование осевых мощностей слоев горных пород на разрез следует производить с помощью номограмм (см. рис. 10 и 11), если плоскость разреза проходит по линии восстания пород ( $\gamma'' \leq 10^\circ$ ), либо с помощью номограмм (см. рис. 12 и 13), если плоскость разреза отклоняется от этого направления на угол  $\gamma'' > 10^\circ$ . Если осевая мощность слоя является большой (более 30—40 м), ее проецирование на разрез выполняют по частям, используя средние зенитные углы тех интервалов ствола скважины, на которых зафиксирована осевая мощность.

Методика непосредственного проецирования осевых мощностей слоев горных пород на разрез может быть использована и для нанесения вдоль оси скважины на разрезе литологических разностей пород. Однако она не может полностью заменить нанесения точек по их высотным отметкам.

## § 6. ОПРЕДЕЛЕНИЕ И ПОСТРОЕНИЕ ВИДИМЫХ УГЛОВ ПАДЕНИЯ ПЛАСТОВ НА РАЗРЕЗЕ

Видимые углы падения пластов на разрезе позволяют более полно и правильно использовать геологоразведочную информацию по скважинам при геологических построениях. Они помогают

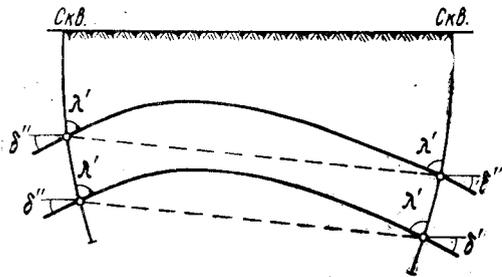


Рис. 15. Схема использования видимых углов падений пластов по скважинам при построениях разрезов.

При отсутствии видимых углов падения пластов по скважинам точки, в которых они подсечены, обычно соединяют более или менее плавными линиями (на рисунке показаны пунктиром), однако проведение этих линий в значительной мере зависит от субъективных представлений геолога.

Использование видимых углов падения пластов при построениях разрезов заставляет в некоторых случаях предполагать существование разрывного нарушения на участке между скважинами, хотя разведкой оно не обнаружено (рис. 16). При отсутствии данных о видимых углах падения форму залегания пластов представляют упрощенно, как это показано на рисунке пунктиром.

Падение пласта на разрезе может быть определено посредством трех углов: а) проекции угла  $\varphi$ , измеренного на керне, б) проекции угла  $\lambda$ , также измеренного на керне и дополняющего угол  $\varphi$  до  $90^\circ$ , в) видимого угла падения пласта на разрезе  $\delta''$ .

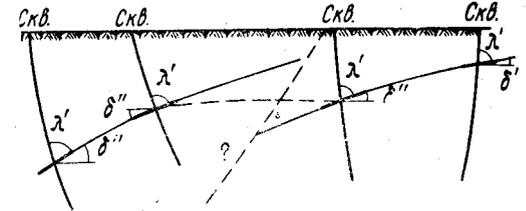


Рис. 16. Схема использования видимых углов падения пластов по скважинам при построениях разрезов.

На рисунках 15 и 16 видно, что в принципе безразлично, какими углами пользоваться при построениях. Однако вычисление проекций углов  $\varphi$  и  $\lambda$  проще производить в тех случаях, когда плоскость разреза проходит по линии падения пород. Если же плоскость разреза отклоняется от этого направления на угол  $\gamma'' > 10^\circ$ , то лучше вычислять видимый угол падения пласта  $\delta''$ .

Если на керне измеряется угол  $\lambda$ , то проекцию угла на разрезе определяют по формуле [11, 13].

$$\sin \lambda' = \frac{\sin \lambda}{\sqrt{1 - \sin^2 \theta \sin^2 \gamma}} \quad (16)$$

где  $\lambda'$  — проекция угла  $\lambda$  на разрезе; остальные обозначения прежние.

Формула (16) представлена на рис. 17 номограммой, состоящей из двух параллельных шкал и бинарной сетки. При пользовании номограммой прикладывают линейку к пометкам прямолинейных шкал  $\lambda$  и  $\gamma$ , соответствующим заданным значениям  $\lambda$  и  $\gamma$ . На бинарной сетке проводят линию, соответствующую значению угла  $\theta$ , до пересечения с линейкой. Через полученную точку проводят линию до пересечения с ответной шкалой  $\lambda'$  и читают ответ.

**Пример.** Дано:  $\lambda = 37^\circ$ ,  $\theta = 42^\circ$ ,  $\gamma = 64^\circ$ . Необходимо определить проекцию угла  $\lambda$  на разрезе.

**Решение.** Проводят на бинарном поле линию, соответствующую

\* В некоторых геологических партиях и организациях на керне измеряют не угол  $\varphi$ , а угол  $\lambda$ , который является углом между осью скважины и пластом; как это видно из рис. 3, углы  $\varphi$  и  $\lambda$  в сумме составляют  $90^\circ$ . В связи с этим ниже рассмотрено проецирование на разрез как углов  $\varphi$ , так и  $\lambda$ .

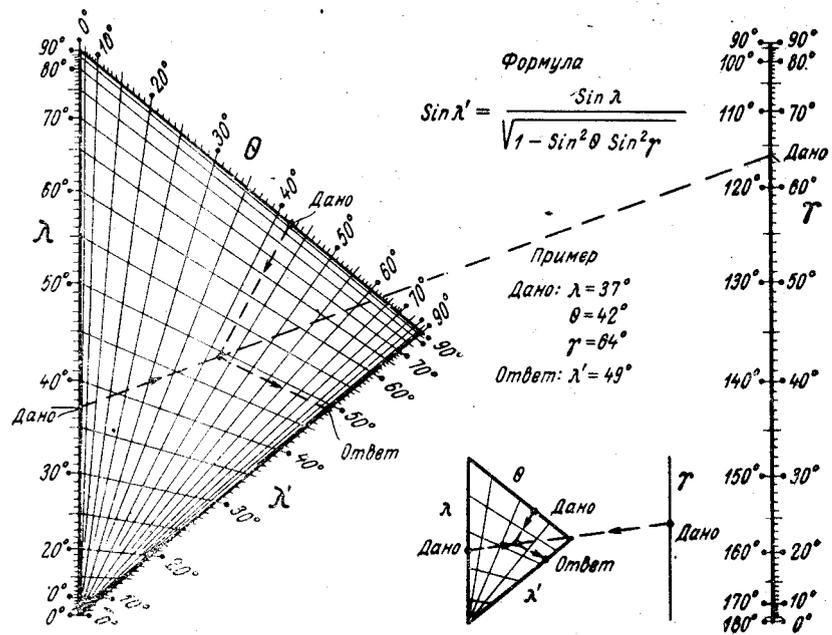


Рис. 17. Номограмма формулы (16) для вычисления проекции угла  $\lambda$  на разрезе.

щую значению  $\theta = 42^\circ$ . Приложив линейку к точкам на шкалах  $\lambda$  и  $\gamma$ , соответствующим заданным значениям  $\lambda = 37^\circ$  и  $\gamma = 64^\circ$ , находят точку пересечения ее с линией  $\theta = 42^\circ$  на бинарной сетке. Через эту точку проводят на бинарном поле прямую равных значений  $\lambda'$  до пересечения ее со шкалой  $\lambda'$  и читают ответ  $\lambda' = 49^\circ$ .

Если на керне измеряется угол  $\varphi$  (см. рис. 3), то проекцию угла на разрезе определяют по формуле [11, 13]

$$\cos \varphi' = \frac{\cos \varphi}{\sqrt{1 - \sin^2 \theta \sin^2 \gamma}}, \quad (17)$$

где  $\varphi'$  — проекция угла  $\varphi$  на разрезе; остальные обозначения прежние.

Формула (17) представлена на рис. 18 номограммой, состоящей из прямолинейной вертикальной шкалы  $\gamma$  и бинарной сетки переменных  $\varphi$ ,  $\theta$  и  $\varphi'$ . При пользовании номограммой прикладывают линейку к пометкам шкал  $\varphi$  и  $\gamma$ , равным значениям этих углов. На шкале  $\theta$  замечают точку, соответствующую углу  $\theta$ , и проводят линию  $\theta = \text{const}$  до пересечения с линейкой. Через найденную на сетке точку проводят линию  $\varphi' = \text{const}$  до пересечения со шкалой  $\varphi'$  и читают ответ.

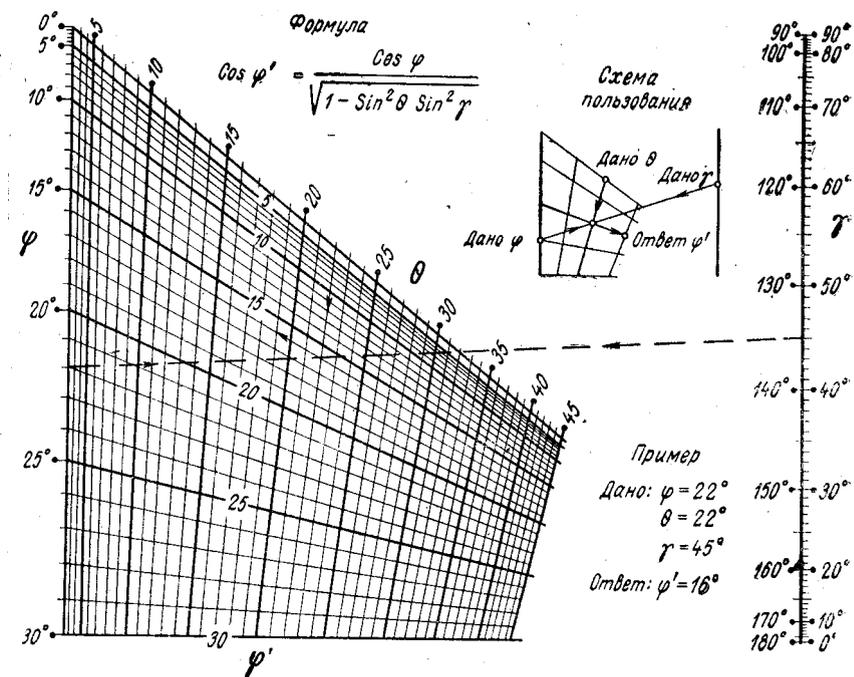


Рис. 18. Номограмма формулы (17) для вычисления проекции угла  $\varphi$  на разрезе.

Примечание. Шкала  $\varphi$  одновременно является и шкалой  $\varphi'$ , поэтому в конце операций ответ читают на шкале  $\varphi(\varphi')$ .

Пример. Дано:  $\varphi = 22^\circ$ ,  $\theta = 22^\circ$ ,  $\gamma = 45^\circ$ . Необходимо определить проекцию угла  $\varphi$  на плоскость разреза, проходящую по линии падения пласта.

Решение. Приложив линейку к пометкам шкал  $\varphi$  и  $\gamma$ , равным значениям этих углов, на бинарной сетке находят точку пересечения линейки с линией  $\theta = 22^\circ$  шкалы  $\theta$ . Через найденную точку проводят линию  $\varphi' = \text{const}$  до пересечения со шкалой  $\varphi'$  и читают ответ  $\varphi' = 16^\circ$ .

Как отмечалось выше, если плоскость геологического разреза образует с линией восстания (падения) пород угол  $\gamma'' > 10^\circ$ , то при построениях удобнее пользоваться видимыми углами падения пластов или слоев горных пород. Видимый угол падения пласта на разрезе определяют по следующим двум формулам [11, 13]:

$$\cos \varphi = \sin \lambda = \cos \theta \cos \delta + \sin \theta \sin \delta \cos \gamma, \quad (18)$$

$$\operatorname{tg} \delta'' = \operatorname{tg} \delta \cos \gamma'', \quad (19)$$

где  $\delta$  — угол падения пласта в точке подсечения его скважиной;

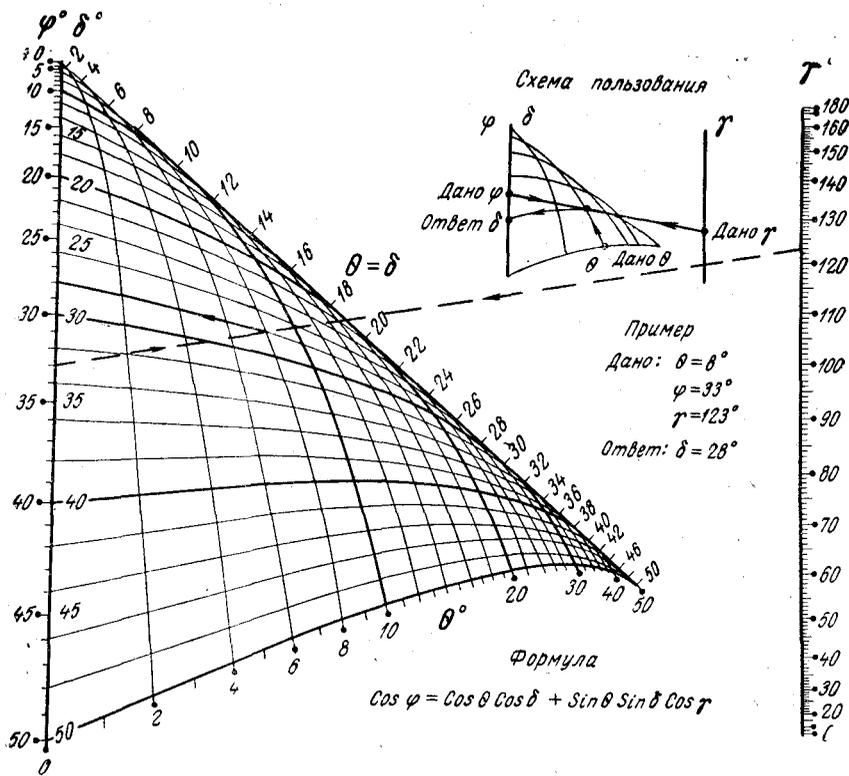


Рис. 19. Номограмма формулы (18) для вычисления угла падения пласта.

$\delta''$  — видимый угол падения пласта на разрезе; остальные обозначения прежние.

Вначале определяют угол падения пласта по формуле (18), используя измеренные углы  $\varphi$  (или  $\lambda$ ),  $\theta$  и  $\gamma$ . Затем определяют видимый угол падения  $\delta''$  по формуле (19).

Для упрощения вычислений формулы (18) и (19) представлены на рис. 19 и 20 номограммами.

Номограмма формулы (18) (см. рис. 19) состоит из криволинейной бинарной сетки переменных  $\theta$  и  $\delta$  и прямолинейных параллельных шкал переменных  $\varphi$  ( $\delta$ ) и  $\gamma$ . Для определения угла падения  $\delta$  линейку прикладывают к пометкам на шкалах  $\varphi$  и  $\gamma$ , равным значениям углов  $\varphi$  и  $\gamma$ . Из точки пересечения линейки с линией бинарной сетки, соответствующей заданному значению угла  $\theta$ , проводят линию  $\delta = \text{const}$  до пересечения со шкалой  $\delta$ , где читают ответ.

Примечание. Шкала  $\varphi$  одновременно является и шкалой значений  $\delta$ , поэтому в конце всех операций ответ получают на шкале  $\varphi$  ( $\delta$ ).

**Пример.** Дано:  $\theta = 8^\circ$ ,  $\varphi = 33^\circ$ ,  $\gamma = 123^\circ$ . Необходимо определить угол падения пласта  $\delta$ .

**Решение.** Приложив линейку к пометкам  $\varphi = 33^\circ$  и  $\gamma = 123^\circ$  на одноименных шкалах, находят точку пересечения ее с линией бинарной сетки, соответствующей значению  $\theta = 8^\circ$ . Через найденную точку проводят кривую  $\delta = \text{const}$  до пересечения со шкалой  $\delta$  и читают ответ  $\delta = 28^\circ$ .

Следует отметить, что при определении угла падения  $\delta$  могут встретиться случаи, когда линия бинарной сетки  $\theta = \text{const}$  не пересекает линейки, приложенной к пометкам на шкалах  $\varphi$  и  $\gamma$ , равным заданным значениям углов  $\varphi$  и  $\gamma$ . Этот факт свидетельствует о том, что исходные значения углов  $\theta$ ,  $\varphi$  и  $\gamma$  определены неверно и соотношение между ними не удовлетворяет равенству (18).

Таким образом, с помощью номограммы (рис. 19) можно контролировать правильность исходных значений углов  $\varphi$ ,  $\theta$  и  $\gamma$ .

Номограмма формулы (19) состоит из вертикальной шкалы переменной  $\delta''$  и двух шкал на эллипсе переменных  $\delta$  и  $\gamma''$ . При пользовании номограммой прикладывают линейку к пометкам на шкалах  $\gamma''$  и  $\delta$ , равным значениям углов  $\gamma''$  и  $\delta$ , и на шкале  $\delta''$  читают ответ.

**Пример.** Дано:  $\delta = 40^\circ$ ,  $\gamma = 35^\circ$ .

**Решение.** Прикладывают линейку к пометкам  $\delta = 40^\circ$  и  $\gamma = 35^\circ$  на одноименных шкалах и на шкале  $\delta''$  читают ответ  $\delta'' = 34^\circ$ .

Вычисленные углы  $\lambda'$ ,  $\varphi'$  или  $\delta''$  откладывают в соответствующих точках оси скважины на разрезе. На рис. 21 показано построение углов  $\delta''$ ,  $\varphi'$  и  $\lambda'$ .

Чтобы построить угол  $\delta''$ , центр дуги транспортира совмещают с точкой на оси скважины и от горизонтальной линии

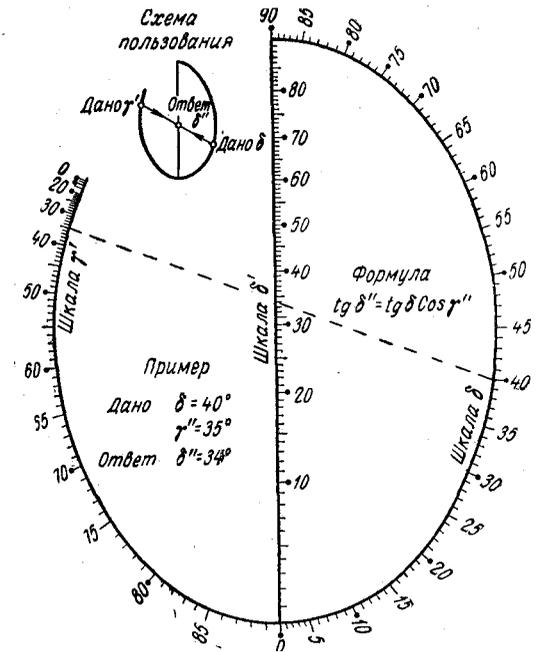


Рис. 20. Номограмма формулы (19) для вычисления видимого угла падения пласта на разрезе.

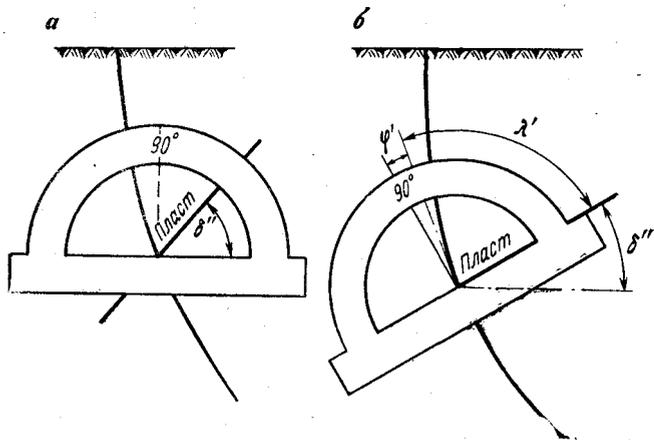


Рис. 21. Построение видимых углов падения пластов на геологических разрезах.

отсчитывают угол  $\delta''$ . Для построения угла  $\varphi'$  в рассматриваемой точке проводят касательную к оси скважины (на рисунке показана штрих-пунктиром), совмещают с этой линией отсчет на дуге транспортира, равный углу  $90^\circ - \varphi'$ , и по линейке транспортира проводят линию (пласт).  $\lambda'$  представляет собой угол между осью скважины и пластом, поэтому для построения его проекции  $\lambda'$  на разрезе в рассматриваемой точке проводят касательную к оси скважины, совмещают с ней отсчет на дуге транспортира, равный  $\lambda'$ , и по линейке транспортира строят пласт (см. рис. 21, б).

После того как видимые углы падения пластов  $\delta''$  (или углы  $\varphi'$ ,  $\lambda'$ ) построены в соответствующих точках осей скважин, производят построение плоскостей сместителей и одновременно выполняют увязку пластов по скважинам.

Необходимо особо подчеркнуть, что на участках, осложненных складчатыми и разрывными нарушениями, где простираение пород определяется приближенно и с большими погрешностями, нередко определение видимых углов падения пластов по номограммам оказывается либо вовсе невозможным, либо они определяются также с большими погрешностями. Некоторые пласты в связи с этим на разрезе (вблизи дизъюнктивных нарушений или в складчатых формах) приходят в несогласие с другими выше- или нижележащими пластами.

Объясняется это тем, что углы  $\varphi$ ,  $\theta$ ,  $\gamma$ ,  $\delta$  и  $\delta''$  не являются независимыми и не могут изменяться произвольно. Величины углов должны удовлетворять уравнениям (18) и (19).

Для наглядного представления взаимной зависимости указанных выше углов на рис. 22 показаны: горизонтальная плоскость  $H$ , наклонная плоскость (пласт)  $\Pi$ , скважина  $OC$ , верти-

кальная линия  $AO$ , нормаль к пласту  $NO$ . Из рисунка следует, что если изменяется, например, зенитный угол  $\theta$  при неизменном значении угла падения пласта  $\delta$ , то это влечет изменение углов  $\varphi$  и  $\gamma$  (так как положение нормали  $NO$  остается неизменным). Другой пример: при неизменных углах  $\delta$  и  $\theta$  скважина может описывать вокруг вертикали  $AO$  конус с углом  $\theta = \text{const}$  при вершине  $O$ , что повлечет изменение углов  $\varphi$  и  $\gamma$ , и т. д.

Если в связи с неточностью определения простираения пласта приближенно определяются углы  $\gamma$  и  $\gamma''$ , то и углы  $\delta$  и  $\delta''$  из уравнений (18), (19) также определяют приближенно, в связи с чем пласт или группа пластов на разрезе не согласуется по углам падения с остальными пластами и строение всего участка.

Таким образом, определение видимых углов падения пластов на разрезе с помощью номограммы может служить контролем правильности построений геологических разрезов и гипсометрических планов. В тех случаях, когда обнаруживается несогласие между гипсометрическими планами и разрезами, номограммы могут быть использованы для внесения корректив в гипсометрические планы и увязки их с геологическими разрезами.

Ниже излагается методика совместной увязки и корректировки планов и разрезов (см. § 9).

## § 7. ПОСТРОЕНИЕ НА РАЗРЕЗАХ ДИЗЬЮНКТИВНЫХ НАРУШЕНИЙ

В методике построения тектонических нарушений на разрезах по данным искривленных и нестворных скважин до сих пор существует ряд неясных и спорных вопросов, которые решаются на практике часто без достаточного понимания геометрии разрывных нарушений.

Наиболее затруднительным случаем, который чаще всего встречается при разведочных работах, является диагональное расположение нарушения относительно простираения пласта. Нарушение обычно строят по точкам, в которых его встретили скважины. Точки проецируют на разрез так же, как и точки, в которых встречены пласты. Однако такое решение будет пра-

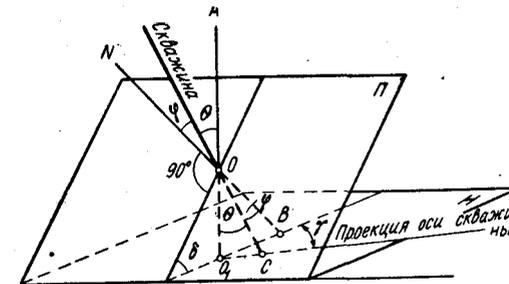


Рис. 22. Схема, поясняющая взаимозависимость углов  $\varphi$ ,  $\theta$ ,  $\gamma$ ,  $\delta$ .

вильным только в том случае, если скважина искривляется в плоскости разреза и не является нестворной.

При значительных азимутальных искривлениях и нестворности скважин геологические разрезы нельзя строить непосредственно по данным, нанесенным вдоль их осей. Такой «буквальный» перенос разведочных данных на разрез и использование их при построении приводит к искажениям [6, 14].

Наиболее правильно и просто можно построить дизъюнктивное нарушение на разрезе, если поверхность сместителя рассечь вертикальной плоскостью разведочного профиля. Для этого поверхность сместителя должна быть изображена на отдельном гипсометрическом плане.

Построение гипсометрии поверхности сместителя производят по отметкам точек, в которых скважины подсекали сместитель. При этом основным и главным вопросом в методике построения является правильная идентификация и увязка нарушений, встреченных отдельными скважинами. Сравнение амплитуд указанных нарушений, анализ их взаимного пространственного положения, знание закономерностей развития тектоники на рассматриваемом участке и опыт геолога позволяют находить правильные решения.

Если нарушение представляет зону раздробленных пород значительной мощности, то необходимо построить гипсометрические планы отдельно висячего и лежащего боков этой зоны.

Для построения линий обреза пластов сместителем необходимо гипсометрический план сместителя последовательно совместить с гипсометрическими планами пластов и найти точки пересечения одноименных изогипс планов пластов и сместителя. Гипсометрический план сместителя для удобства построения следует вычертить на кальке.

Расшифровка и построение дизъюнктивных нарушений на гипсометрических планах и разрезах представляет наиболее трудную часть геологических построений. Не всегда она решается однозначно. В тех случаях, когда гипсометрический план сместителя из-за недостаточности разведочной информации построить невозможно, дизъюнктивное нарушение на разрезе строят непосредственно по данным бурения, т. е. по точкам, в которых скважины встретили нарушение (удвоение пластов, нарушение стратиграфической последовательности слоев горных пород, зону нарушенных пород, зеркала скольжения и др.).

Следует особо подчеркнуть, что в тех случаях, когда скважина расположена несколько в стороне от линии разведочного профиля или отклонилась от плоскости разреза вследствие азимутального искривления, точки, в которых она встретила сместитель, необходимо проецировать на разрез только по простиранию сместителя. Для этого в распоряжении геолога должны быть данные, которые позволяли бы достаточно надежно установить простирание сместителя в районе обнаружения его сква-

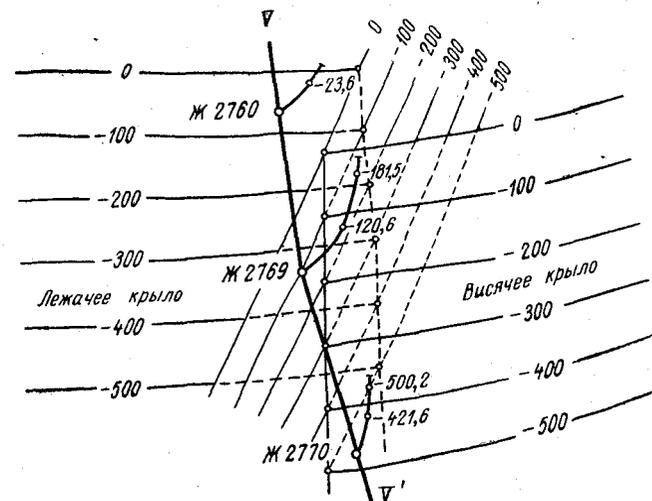


Рис. 23. Совмещенные гипсометрические планы пласта и сместителя.

жиной. При отсутствии этих данных построения, связанные с расшифровкой нарушения, не могут быть признаны как достоверные или даже правдоподобные.

На рис. 23 показан гипсометрический план пласта и совмещенный с ним гипсометрический план сместителя. Пласт в районе нарушения разведан скважинами Ж2760, Ж2769, Ж2770. Скважина Ж2770 встретила висячее крыло нарушения в точке с отметкой —421,6 м и сместитель в точке с отметкой —500,2 м. Проецирование точки с отметкой —421,6 м на разрез V—V' должно выполняться по простиранию висячего крыла, а точки с отметкой —500,2 м — по простиранию сместителя. В результате построения (рис. 24) точка с отметкой —500,2 м на разрезе не будет принадлежать оси скважины, хотя фактически она зафиксирована скважиной.

Пример наглядно показывает, что точки, в которых искривленная или нестворная скважина встретила сместитель, на разрезе не останутся на оси скважины, а сместятся в сторону. На практике этот факт нередко не учитывается геологами, что приводит к погрешностям в построениях.

В тех случаях, когда скважина пересекает оба крыла дизъюнктивного нарушения (удвоение пласта), необходимо прежде всего установить, к какому из крыльев принадлежит каждая из точек подсекания пласта. Отметки этих точек используются для построения гипсометрического плана пласта. Каждое крыло нарушения при этом строят самостоятельно и независимо только по тем точкам, которые действительно принадлежат этому крылу.

Проецирование точек подсечения пласта на линию разреза производят с помощью гипсометрического плана того крыла нарушения, к которому принадлежат точки. Это правило остается в силе при любом расположении разрывного нарушения и линии разреза относительно простирания пласта.

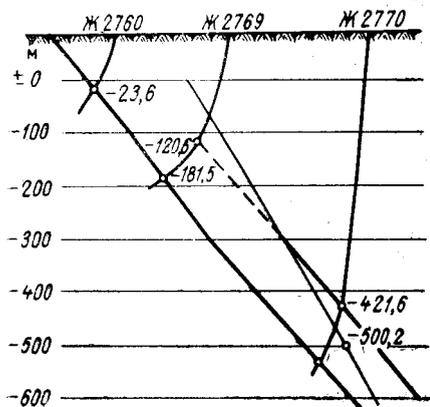


Рис. 24. Разрез по линии V-V' (см. рис. 23).

Необходимо обратить внимание на то, что на гипсометрических планах пластов поверхность сместителя следует также показывать изогипсами (рис. 25). Такое изображение сместителя делает гипсометрический план пласта более полным и наглядным, а при необходимости позволяет воспользоваться гипсометрией сместителя для оперативных построений (определения углов простирания и падения и др.).

Изображение сместителя изогипсами на гипсометрических планах не исключает необходимости иметь полный план всех тектонических нарушений на участке в изогипсах.

Следует отметить, что штрихи «гребенки», которые показывают на линиях обреза крыльев пласта сместителем (см. рис.

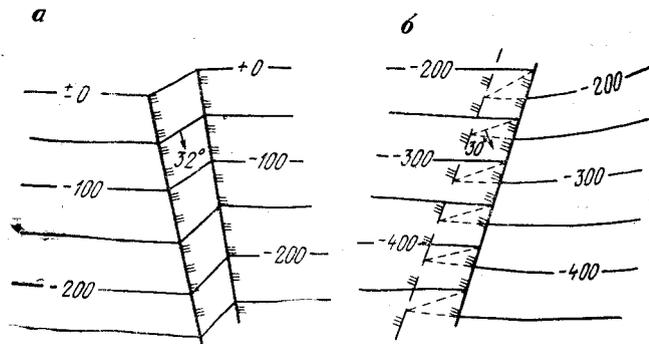


Рис. 25. Изображение поверхности сместителя изогипсами на гипсометрическом плане пласта: а — зияние пласта; б — удвоение пласта.

25), в абсолютном большинстве случаев не совпадают с направлением падения сместителя, поэтому направление и угол падения сместителя на плане необходимо показывать стрелкой, как это обозначено на рис. 25.

## § 8. УВЯЗКА ДАННЫХ ПО СКВАЖИНАМ И РАСШИФРОВКА СТРОЕНИЯ УЧАСТКА

При увязке данных по скважинам на разрезе учитывают всю геологическую информацию, полученную в процессе разведки: состав и мощность пород и пластов угля, их стратиграфическую последовательность, положение надежно установленных маркирующих горизонтов, постоянство мощностей пород, разделяющих маркирующие горизонты и пласты, и др.

Основная задача заключается в правильной и безошибочной идентификации пластов по скважинам. Полезную дополнительную информацию дают видимые углы падения пластов угля и слоев горных пород на разрезе. Иногда они позволяют объяснить «неувязку» пластов и высказать достаточно обоснованные предположения о существовании пликативных или дизъюнктивных нарушений, пропущенных разведкой.

Рисовку пластов на разрезах обычно производят от руки, более или менее плавными линиями. Для повышения точности построений и исключения субъективных решений при изображении складчатых структур рекомендуется применять способ вспомогательных углов\* [13, 27].

**Сущность способа.** Способ основывается на двух допущениях: а) мощности слоев горных пород в пределах тех участков разреза, где применяется способ, остаются постоянными и б) изменение углов падения слоев горных пород и угольных

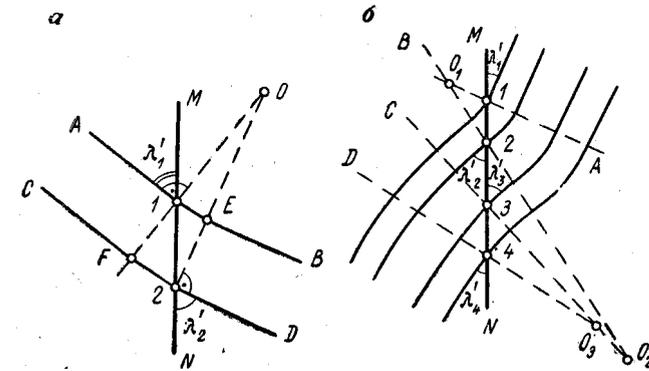


Рис. 26. Построение разреза способом вспомогательных углов.

пластов в промежутках между скважинами происходит плавно, без резких скачков. При несоблюдении этих условий способ вспомогательных углов применять не рекомендуется.

Пусть линия MN (рис. 26, а) представляет ось вертикальной или искривленной скважины, в точках 1 и 2 которой определе-

\* В. И. Скок называет его способом биссектрис.

ны по керну углы  $\lambda_1$  и  $\lambda_2$  между осью скважины и плоскостями напластований. С помощью номограммы (см. рис. 17) вычисляют проекции этих углов  $\lambda'_1$  и  $\lambda'_2$ .

Из точек 1 и 2 проводят перпендикуляры 1O и 2O соответственно к линиям контактов пород A1 и D2. В пределах полученного угла FO2 радиусами O1 и O2 строят дуги 1E и F2. Затем из точки E проводят линию BE, параллельную 2D, и из точки F — линию FC, параллельную A1.

Если углы  $\lambda$  определены по керну в нескольких точках оси скважины и при этом их проекции  $\lambda_1, \lambda_2, \lambda_3, \lambda_4$  оказались различными, то построения выполняют в том же порядке (см. рис. 26, б). В точках 1, 2, 3, 4 строят углы  $\lambda_1, \lambda_2, \lambda_3, \lambda_4$  и проводят перпендикуляры к намеченным линиям контактов пород, продолжая их до пересечения в точках O1, O2, O3.

В пределах полученных углов проводят дуги соответствующих радиусов. Так, например, в пределах угла AO1O2 сначала проводят дуги радиусами O1I и O1J, в пределах угла BO2C — дуги радиусами O22 и O23 и в пределах угла CO3D — дуги радиусами O33 и O34. Затем, используя полученные на перпендикулярах точки, проводят остальные дуги.

Построения рекомендуется начинать с горизонтов, имеющих наибольшее количество геологоразведочной информации и определенных наиболее точно.

### § 9. ВЗАИМНАЯ КОРРЕКТИРОВКА ГЕОЛОГИЧЕСКИХ РАЗРЕЗОВ И ГИПСОМЕТРИЧЕСКИХ ПЛАНОВ

Порядок увязки геологических разрезов и гипсометрических планов рассмотрим на примерах.

На рис. 27 и 28 показаны разрез V—V' и гипсометрический план пласта на участке шахты Восточной Донецко-Макеевского геолого-промышленного района. Видимые углы падения пластов  $h_2, h_3, h_4$  и  $h_6$  вблизи Смоляниновского надвига (см. рис. 27, скв. ДМ 1007 и ДМ1018), построенные с помощью номограмм, отличаются на 15—20° от углов падения остальных пластов.

В результате инклинометрической съемки скважины ДМ1007 вблизи точки подсечения пласта  $h_6$  определены зенитный угол  $\theta = 14^\circ 30'$  и азимут оси скважины  $\alpha_{ск} = 160^\circ$ . Угол  $\varphi$ , измеренный на керне в этой же точке, равен  $35^\circ$ . Азимут линии разреза V—V' равен  $197^\circ$ . Видимый угол падения пласта на разрезе (по аналогии с ближайшими пластами) должен быть равен  $\delta'' \approx 23^\circ$ . Азимут простирания пласта  $h_6$  в точке подсечения его скважиной, измеренный на гипсометрическом плане, равен  $\alpha_{пл} = 265^\circ$ .

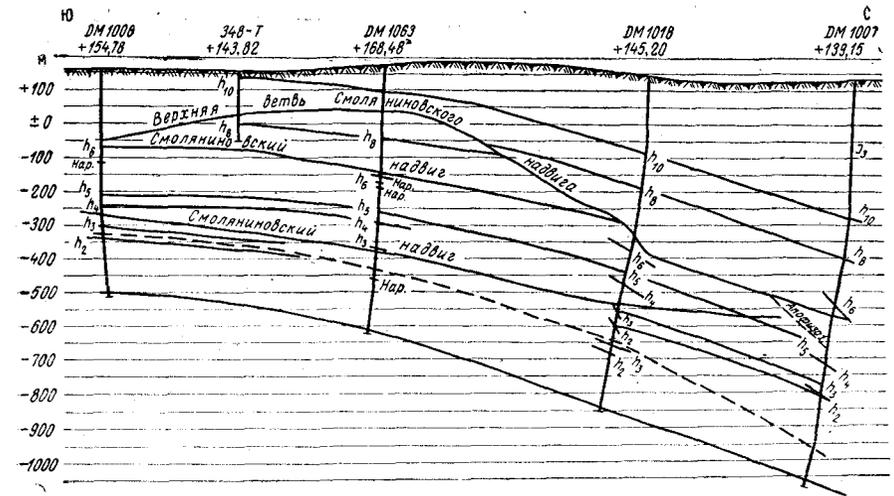


Рис. 27. Разрез V—V', построенный по новой методике (шахта «Восточная» Пролетарского участка).

На основе записанных данных определяют:

$$\gamma = (265 - 90) - 160 = 15^\circ,$$

$$\gamma'' = 197 - (265 - 90) = 22^\circ.$$

Далее по номограмме (рис. 19) определяют истинный угол падения пласта  $\delta = 49^\circ$  и по номограмме (рис. 20) видимый угол падения на разрезе  $\delta'' = 47^\circ$ . Полученный угол значительно отличается от видимых углов падения пластов на разрезе по скв. ДМ1007 и приводит к несогласию пласта  $h_6$  с другими пластами вблизи Смоляниновского надвига. Это означает, что простирание пласта  $h_6$  в точке подсечения скв. ДМ1007 определено с большой погрешностью и на гипсометрическом плане показано неверно.

Чтобы получить видимый угол падения пласта  $h_6$   $\delta'' = 23^\circ$ , на номограмме (рис. 20) при неизменном  $\delta = 49^\circ$  перемещают линейку так, чтобы она прошла через пометку шкалы  $\delta''$ , равную  $\delta'' = 23^\circ$ . Тогда на шкале  $\gamma''$  читают значение угла  $\gamma = 70^\circ$  и по нему находят возможное простирание пласта

$$\alpha_{пл} = (197 - 70) + 90 = 217^\circ.$$

Используя табл. 2, вычисляют угол  $\gamma = 160^\circ - (217^\circ - 90^\circ) = 33^\circ$ , соответствующий найденному значению  $\alpha_{пл} = 217^\circ$ . По номограммам (см. рис. 19 и 20) вновь определяют  $\delta = 47^\circ$  и  $\delta'' = 21^\circ$ . Так как полученное значение видимого угла падения близко к  $\delta'' = 23^\circ$ , то вычисленный угол простирания пласта  $\alpha_{пл} = 217^\circ$  можно признать наиболее вероятным. Этот угол

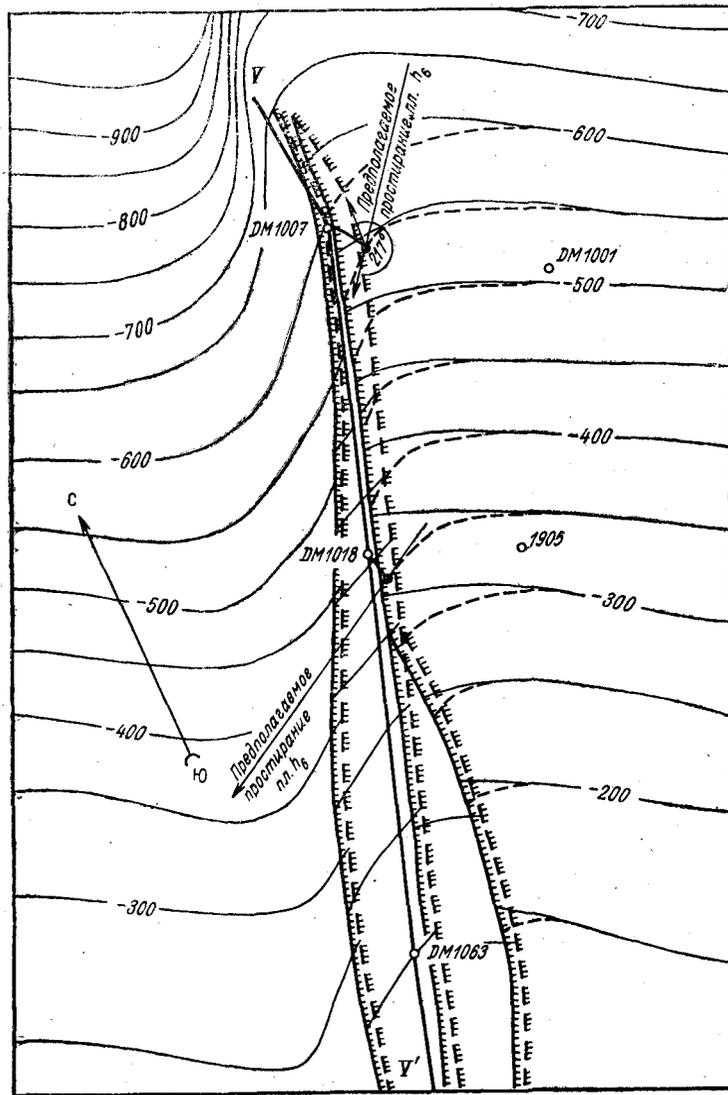


Рис. 28. Гипсометрический план пласта  $L_6$  в районе Смоляниновского надвига (участок шахты «Восточная»).

наносят на гипсометрический план в точке подсечения пласта скважиной и по нему производят корректировку изогипс с учетом высотных отметок точек подсечения пласта другими скважинами и результатов интерполяции.

Исправленный гипсометрический план совмещают с гипсометрическим планом сместителя и строят наиболее вероятное

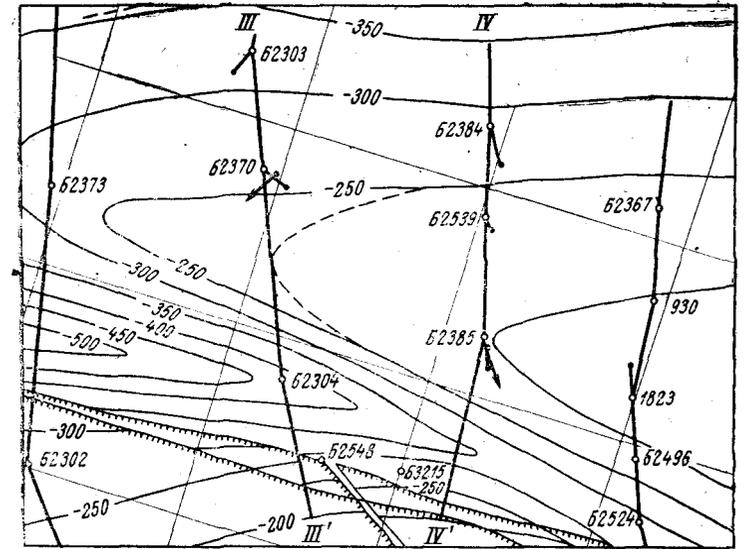


Рис. 29. Гипсометрический план пласта  $L_6$  (участок шахты № 6—6-бис «Брянка»):

положение линий обреза пласта сместителем. В результате получают новую геометрическую трактовку тектонического нарушения.

На рис. 28 стрелками показано простирание пласта в точках подсечения скважинами ДМ1007 и ДМ1018, вычисленное описанным выше методом. Пунктиром даны исправленные изогипсы пласта, показывающие, что образование Смоляниновского надвига сопровождалось заворотом крыльев нарушения.

Если бы полученный по номограмме угол ( $\delta'' = 21^\circ$ ) существенно отличался от искомого угла  $\delta'' = 23^\circ$ , то все операции по приближению этого угла к искомому нужно было бы повторить.

Аналогичным образом производят корректировку гипсометрических планов пластов на складчатых участках. На рис. 29 представлен фрагмент гипсометрического плана пласта  $L_6$  на участке шахты № 6—6-бис «Брянка». Разрез III—III' (см. рис. 30) в пределах исследуемого участка построен по скважинам Б2548, Б2304, Б2370, Б2303, из которых две последние являются значительно искривленными и уклонившимися из плоскости разреза, а скважина Б2548 — нестворной (расположена в 50 м к северо-востоку от линии разреза). Плоскость разреза в отдельных местах значительно отклоняется от направления вкост простирания пород.

Определение углов падения  $\delta$  пластов  $L_6$  и  $L_3$  по скв. Б2370 выполнено с помощью номограммы (см. рис. 19). По гипсомет-



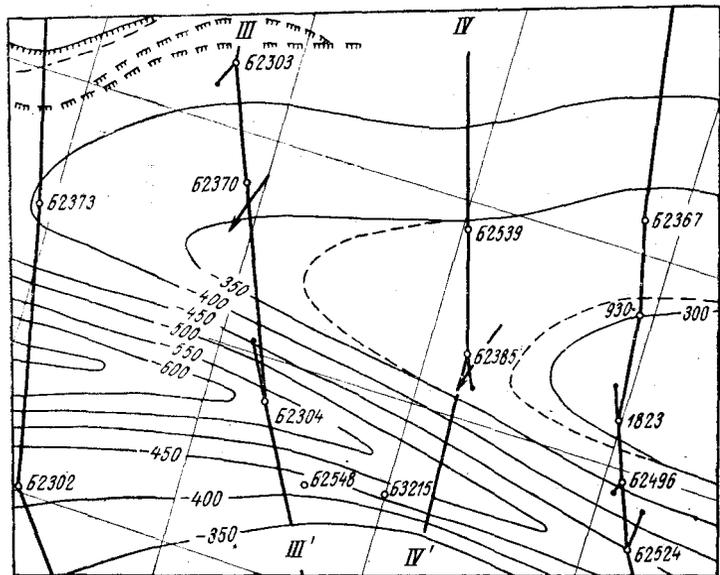


Рис. 31. Гипсометрический план пласта  $l_6$  (участок шахты № 6—6-бис «Брянка»).

При построении разреза с использованием номограмм учитывалась и скв. Б3215, расположенная в стороне от разведочного профиля, что позволило получить дополнительную разведочную информацию, полностью согласующуюся с данными по основным скважинам разреза.

Особое внимание при построении разреза уделено изображению структуры на участке между скважинами Б2385 и 934. Использование углов  $\phi'$  и  $\delta''$ , а также данных по скв. Б3215 позволило уточнить положение пластов, на разрезе в районе указанной скважины.

Важно подчеркнуть, что разрез, построенный непосредственно по данным бурения, и разрез, построенный по гипсометрическим планам пластов и сместителей путем рассечения их вертикальной плоскостью разведочного профиля, всегда должны совпадать. На практике это требование не всегда выполняется и редко проверяется контрольными построениями. В результате наблюдаются расхождения между геологическими разрезами и гипсометрическими планами в представлении тектоники участка.

Взаимную увязку и корректировку разрезов и гипсометрических планов следует считать обязательной. Она позволяет повысить качество и достоверность как разрезов, так и гипсометрических планов.

Представляет практический интерес вопрос о том, как влияет погрешность определения простирания пласта на точность

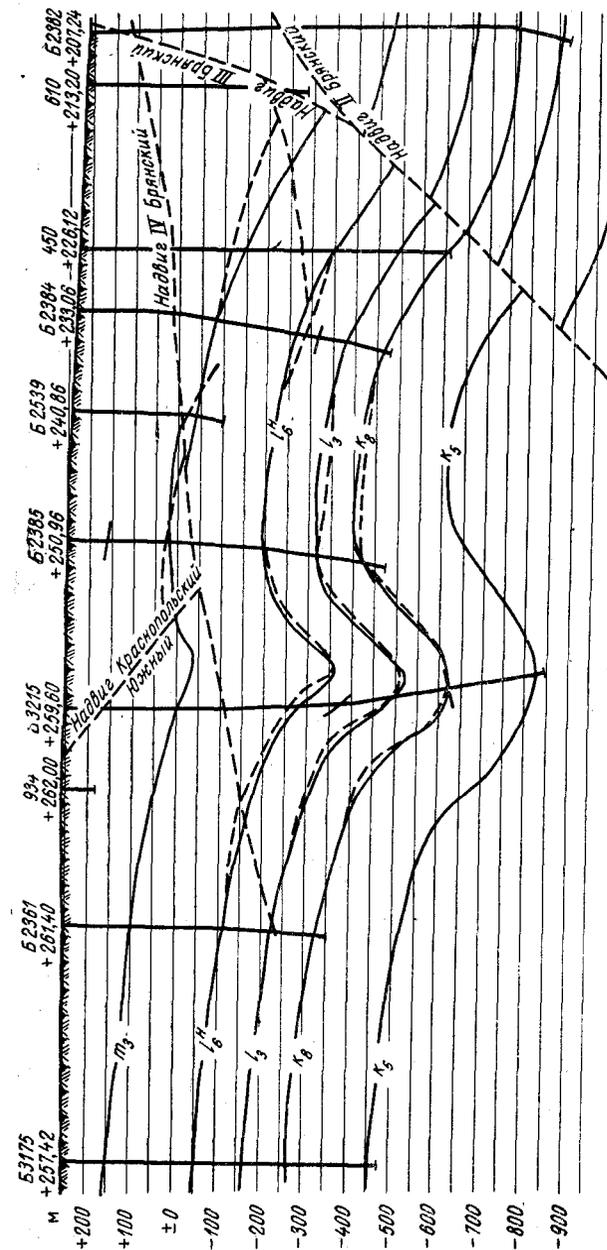


Рис. 32. Разрез IV—IV' (участок шахты № 6—6-бис «Брянка»).

определения его истинного угла падения  $\delta$  по формуле (18). В табл. 6 представлены данные, характеризующие изменение угла  $\delta$  в зависимости от изменения угла  $\gamma$  при различных значениях углов  $\theta$  и  $\lambda(\varphi)$  \*.

Таблица 6

Изменение угла  $\delta$  в зависимости от изменения угла  $\gamma$

$\theta^\circ$	$\gamma^\circ$	$\delta^\circ$									
$\lambda = 20^\circ(\varphi = 70^\circ)$			$\lambda = 40^\circ(\varphi = 50^\circ)$			$\lambda = 60^\circ(\varphi = 30^\circ)$			$\lambda = 80^\circ(\varphi = 10^\circ)$		
10	0	80	10	0	60	10	0	40	10	0	20
	20	79		20	59		20	39		20	19
	40	77		40	57		40	37		40	17
	60	75		60	55		60	34		60	14
	80	71		80	52		80	30		80	10
20	0	90	20	0	70	20	0	50	20	0	30
	20	89		20	69		20	48		20	27
	40	85		40	64		40	43		40	20
	60	79		60	58		60	35		60	—
	80	72		80	50		80	27		80	—
30	0	—	30	0	80	30	0	60	30	0	40
	20	—		20	78		20	57		20	30
	40	—		40	71		40	48		40	—
	60	84		60	61		60	32		60	—
	80	72		80	48		80	13		80	—
40	0	—	40	0	90	40	0	70	40	0	50
	20	—		20	87		20	65		20	—
	40	—		40	78		40	51		40	—
	60	88		60	62		60	—		60	—
	80	72		80	45		80	—		80	—

Из табл. 6 видно, что при  $\lambda=20^\circ$  ( $\varphi=70^\circ$ ) и  $\theta \leq 20^\circ$  угол  $\delta$  изменяется очень медленно, если угол  $\gamma$  не превышает  $60^\circ$ . И только при  $\gamma \geq 60^\circ$  и  $\theta \geq 30^\circ$  угол  $\delta$  начинает изменяться быстро. Это значит, что при очень острых углах встречи скважины с пластом и умеренных ее зенитных и азимутальных искривлениях ( $\theta \leq 20^\circ$ ,  $\gamma \leq 60^\circ$ ) погрешность определения простирания пласта, равная  $\pm 20-30^\circ$ , мало сказывается на точности определения угла  $\delta$ . При значительных зенитных и азимутальных

\* Прочерки в таблице означают, что данные значения углов  $\theta$ ,  $\gamma$ ,  $\lambda$  и  $\delta$  несовместимы.

искривлениях скважины ( $\theta > 20^\circ$ ,  $\gamma > 60^\circ$ ) погрешность определения простирания пласта, равная  $\pm 20^\circ$ , приводит к погрешности определения угла  $\delta$ , равной  $\pm 12-14^\circ$ .

При значениях  $\lambda=40^\circ$  ( $\varphi=50^\circ$ ),  $\theta \leq 20^\circ$  и  $\gamma \leq 40^\circ$  изменение угла  $\delta$  происходит также медленно, а поэтому погрешность угла  $\gamma$  в  $\pm 20-30^\circ$  не оказывает существенного влияния на точность определения угла  $\delta$ . При более значительных зенитных и азимутальных искривлениях скважины ( $\theta > 20^\circ$ ,  $\gamma > 40^\circ$ ) погрешность определения угла  $\gamma$ , равная  $\pm 20^\circ$ , приводит к погрешности определения угла  $\delta$ , равной  $\pm 13-17^\circ$ .

При значениях углов  $\lambda=60^\circ$  ( $\varphi=30^\circ$ ),  $\theta \leq 20^\circ$  и  $\gamma \leq 40^\circ$  угол  $\delta$  изменяется медленно и потому погрешность угла  $\gamma$ , равная  $\pm 20-30^\circ$ , мало оказывает влияния на точность определения угла падения пласта. При значительных зенитных и особенно азимутальных искривлениях скважины ( $\theta > 20^\circ$ ,  $\gamma > 40^\circ$ ) влияние погрешности определения угла  $\gamma$  на точность определения угла  $\delta$  заметно возрастает.

Наконец, при  $\lambda=80^\circ$  ( $\varphi=10^\circ$ ), т. е. при пересечении скважиной пласта по направлению, близкому к нормали, изменение угла  $\delta$  происходит наиболее интенсивно при всех значениях углов  $\theta$  и  $\gamma$ , причем при значительных зенитных и азимутальных искривлениях скважины в большинстве случаев угол  $\delta$  определить нельзя (углы  $\lambda$ ,  $\theta$ ,  $\gamma$  и  $\delta$  при заданных значениях несовместимы).

Таким образом, наибольшие погрешности в определении угла падения  $\delta$  за счет неправильного определения простирания пласта получаются при углах  $\lambda$ , близких к  $60-70^\circ$ , и значительных зенитных и азимутальных искривлениях скважины. Поскольку на практике зенитные углы оси скважины не превышают, как

Таблица 7

Изменение угла  $\delta''$  в зависимости от изменения угла  $\gamma''$

$\delta^\circ$	$\gamma''$	$\delta''$												
10	0	10	20	0	20	30	0	30	40	0	40	50	0	50
	10	9,5		10	19		10	29		10	39		10	49
	20	9		20	18		20	28		20	38		20	48
	30	8,5		30	17		30	26		30	36,5		30	46
	40	7,8		40	15,5		40	24		40	32		40	42
	50	6,5		50	13		50	20,5		50	28		50	38
	60	5		60	10,5		60	16		60	22,5		60	31
	70	3,5		70	7		70	11		70	16		70	23
	80	1,5		80	3,5		80	6		80	8		80	12

правило,  $20-30^\circ$ , наиболее существенное влияние на точность определения угла  $\delta$  оказывает азимутальное искривление скважины.

В табл. 7 приведены данные, показывающие, как изменяется видимый угол падения пласта на разрезе  $\delta''$  в зависимости от

изменения угла  $\gamma''$  при различных значениях истинного угла падения пласта.

Из табл. 7 следует, что при малых значениях угла  $\delta$  ( $\delta \leq 20^\circ$ ) его проекция  $\delta''$  на плоскость разреза при  $\gamma'' \leq 60^\circ$  изменяется очень медленно. Если погрешность определения угла  $\gamma''$  не превышает  $\pm 20^\circ$ , то погрешность определения угла  $\delta''$  не превышает  $3-5^\circ$ . С увеличением угла  $\delta$  интенсивность изменения угла  $\delta''$  возрастает. Так, например, при  $\delta = 50^\circ$  и  $\gamma > 40^\circ$  погрешность угла  $\gamma''$ , равная  $\pm 20^\circ$ , приводит к погрешности угла  $\delta''$ , равной  $\pm 4-12^\circ$ .

Точность определения угла  $\gamma''$  зависит от точности определения простирания пласта, поэтому погрешность в определении простирания приводит к погрешности угла  $\delta''$  на разрезе.

Погрешность определения простирания пласта действует однозначно как при определении угла  $\delta$ , так и при определении его проекции  $\delta''$  на разрезе. Поэтому погрешности углов  $\delta$  и  $\delta''$  при построении разрезов суммируются арифметически как величины с одинаковыми знаками.

Из табл. 6 и 7 видно, что наиболее точно видимые углы падения пластов на разрезе получают при пологом их залегании ( $\delta \leq 20-30^\circ$ ) и небольших зенитных и азимутальных искривлениях скважин. Точность построений разрезов снижается с увеличением углов падения пластов и искривлений скважин.

#### § 10. СРАВНЕНИЕ РАЗРЕЗОВ, ПОСТРОЕННЫХ ПО СТАРОЙ И НОВОЙ МЕТОДИКЕ

В настоящем параграфе рассматривается сравнение разрезов, построенных по обычной методике, применяемой на практике, и по новой, в которой используются видимые углы падения пластов, определяемые с помощью номограмм.

Визуальное сравнение разрезов, построенных по старой и новой методике, позволяет только в общих чертах и в описательной форме охарактеризовать их различие и указать, какие элементы разрезов (пласты, нарушения, видимые углы падения) совпадают или не совпадают.

Более полное и объективное сравнение разрезов получают с помощью числовой характеристики, измеряющей отклонения элементов одного разреза от тех же элементов другого разреза. В качестве такой характеристики может быть выбрана величина

$$\overline{\Delta Z} = \frac{\sum_{i=1}^n |\Delta Z|}{n}, \quad (20)$$

где  $\Delta Z$  — разности отметок одних и тех же элементов двух сравниваемых разрезов в каких-либо точках наблюдений;

$n$  — число сравниваемых точек на разрезах.

Величина  $\overline{\Delta Z}$  представляет среднее значение абсолютных разностей отметок элементов сравниваемых разрезов и характеризует отклонение одних и тех же элементов на разрезах по высоте. Легко усмотреть, что критерий  $\overline{\Delta Z}$  является хорошей объективной характеристикой различий двух сравниваемых разрезов только в том случае, когда элементы этих разрезов (пласты, поверхности сместителей) имеют пологое или наклонное залегание.

При крутом залегании элементов разрезов ( $\delta > 50^\circ$ ) более правильно будет сравнивать их с помощью величины

$$\overline{\Delta d} = \frac{\sum_{i=1}^n |\Delta d|}{n}, \quad (21)$$

где  $\Delta d$  — горизонтальное расстояние между точками одних и тех же элементов на сравниваемых разрезах;

$n$  — число сравниваемых точек на разрезах.

Критерий  $\overline{\Delta d}$  представляет среднее значение абсолютных горизонтальных расстояний между сравниваемыми точками одних и тех же элементов двух разрезов. Критерии  $\overline{\Delta Z}$  и  $\overline{\Delta d}$  взаимозависимы и дополняют друг друга.

Однако более употребляемыми и привычными характеристиками точности каких-либо экспериментальных данных являются среднеквадратические отклонения. Поэтому при сравнении двух разрезов в качестве меры их различий могут быть использованы величины

$$\sigma_z = \pm \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (\Delta Z)^2}{n-1}}, \quad (22)$$

$$\sigma_d = \pm \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (\Delta d)^2}{n-1}}, \quad (23)$$

где  $\sigma_z$ ,  $\sigma_d$  — среднеквадратические значения отклонений элементов одного разреза от элементов другого разреза соответственно по высоте и по горизонтали.

Поскольку на рассматриваемых ниже разрезах падение пластов и сместителей является пологим или наклонным, основными критериями различий разрезов будут величины  $\overline{\Delta Z}$  и  $\sigma_z$ .

Вычисление критерия  $\sigma_z$  для двух сравниваемых разрезов производят следующим образом. Разрезы, вычерченные на прозрачной основе (кальке), совмещают и накладывают на них прозрачный трафарет из вертикальных линий, отстоящих друг

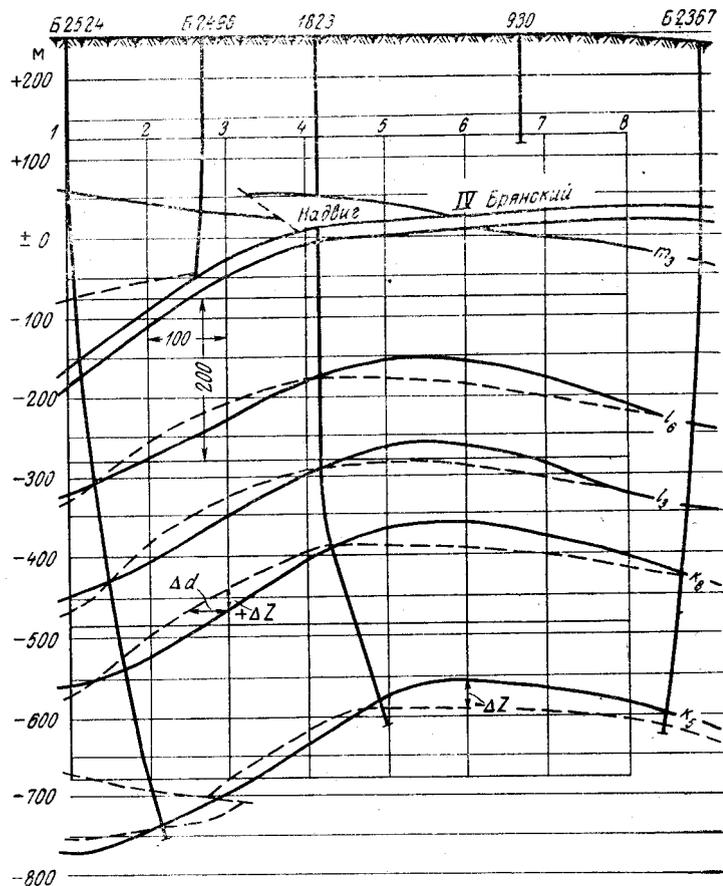


Рис. 33. Схема к определению величин  $\Delta z$  и  $\Delta d$ .

от друга на заданном расстоянии (в рассматриваемых примерах расстояние между линиями трафарета принято равным 100 м). Рассматривают какой-либо пласт или сместитель на сравниваемых разрезах и вдоль линий трафарета определяют величины  $\Delta Z_i = Z_1 - Z_2$  ( $Z_1$  и  $Z_2$  — отметки точек пласта или сместителя на сравниваемых разрезах вдоль вертикальных линий трафарета) (рис. 33). Далее по формулам (20) и (22) вычисляют величины  $\overline{\Delta Z}$  и  $\sigma_z$ .

Вычисление критериев  $\overline{\Delta Z}$  и  $\sigma_z$  нужно производить только на тех участках сравниваемых разрезов, где действительно имеются расхождения в построениях. На участках разрезов, где таких расхождений нет, критерии  $\overline{\Delta Z}$  и  $\sigma_z$  будут равны нулю. В связи с этим при сравнении двух разрезов разумно разделить их на несколько участков (от скважины № ... до сква-

жины № ...) и для каждого участка вычислить значение  $\overline{\Delta Z}$  или  $\sigma_z$ . Если критерий  $\overline{\Delta Z}$  ( $\sigma_z$ ) вычислить для всего разреза, то такая характеристика будет слишком обобщенной и не даст представлений о средних отклонениях элементов сравниваемых разрезов на отдельных участках.

Ниже выполнено сравнение разрезов III—III' и V—V' на участке шахты № 6—6-бис «Брянка». Сравниваются не все разрезы в целом, а только их части, на которых расположены искривленные и нестворные скважины и где наиболее ярко выражена возможность уточнения положения пластов с помощью видимых углов падения по скважинам. Такие участки характеризуются, как правило, складчатостью и сложностью в тектоническом отношении. Участки разрезов, где залегание пород простое, не осложнено тектоническими нарушениями и скважины вертикальны, не имеют расхождений.

На разрезе III—III' производится сравнение положения пластов  $l_6^H$  и  $l_3$  на участке между скважинами Б3166 и Б2370 (см. рис. 30).

На разрезе V—V' сравнивается расхождение в положении пластов  $l_3$  и  $k_5$  на участке между скважинами Б3179 и Б2367.

Таблица 8

Разрез III—III', пласт  $l_6^H$

№ точек измерений	Глубина, м	$\Delta Z = Z_1 - Z_2$ , м	$\Delta Z^2$ , м <sup>2</sup>
Скв. Б3166			
1	425	0	0
2	490	0	0
3	470	0	0
4	500	-20	400
5	580	-23	529
6	665	-18	324
7	635	15	225
8	590	40	1600
9	500	40	1600
10	490	20	400
11	485	5	25
12	500	0	0
Сумма		181	5103

$$\overline{\Delta Z} = \frac{181}{12} = 15,1 \text{ м}$$

$$\sigma_z = \pm \sqrt{\frac{5103}{11}} = \pm 21,6 \text{ м}$$

Таблица 9

Разрез III—III', пласт  $l_3$

№ точек измерений	Глубина, м	$\Delta Z = Z_1 - Z_2$ , м	$\Delta Z^2$ , м <sup>2</sup>
Скв. Б3166			
1	540	0	0
2	560	-2	4
3	582	-10	100
4	625	-28	784
5	720	-20	400
6	790	-28	784
7	750	-10	100
8	665	15	225
9	600	25	625
10	590	15	225
11	590	0	0
Сумма		153	3247

$$\overline{\Delta Z} = \frac{153}{11} = 14 \text{ м}$$

$$\sigma_z = \pm \sqrt{\frac{3247}{10}} = \pm 18 \text{ м}$$

Таблица 10

Разрез V—V', пласт  $l_6$ 

№ точек измерений	Глубина, м	$\Delta Z = Z_1 - Z_2$ , м	$\Delta Z^2$ , м <sup>2</sup>
Скв. Б3179			
1	500	0	0
2	545	0	0
3	590	0	0
4	645	-25	625
5	690	-30	900
6	675	18	324
7	620	25	625
8	570	15	225
9	520	-20	400
10	510	-35	1225
11	525	-20	400
12	550	-5	25
13	570	0	0
Сумма		193	4749

$$\bar{\Delta Z} = \frac{193}{13} = 15 \text{ м}$$

$$\sigma_Z = \pm \sqrt{\frac{4749}{12}} = \pm 20 \text{ м}$$

Таблица 11

Разрез V—V', пласт  $k_5$ 

№ точек измерений	Глубина, м	$\Delta Z = Z_1 - Z_2$ , м	$\Delta Z^2$ , м <sup>2</sup>
Скв. Б3179			
1	830	15	225
2	875	-20	400
3	925	-35	1225
4	965	-40	1600
5	990	-25	625
6	995	-15	225
7	985	10	100
8	930	20	400
9	870	10	100
10	805	-35	1225
11	805	-35	1225
12	820	-25	625
13	830	-20	400
Сумма		305	8375

$$\bar{\Delta Z} = \frac{305}{13} = 23,5 \text{ м}$$

$$\sigma_Z = \pm \sqrt{\frac{8375}{12}} = \pm 26 \text{ м}$$

Выбранные для сравнения пласты построены наиболее обоснованно. Исходные материалы по ним позволили определить видимые углы падения и за счет этих углов уточнить их положение на разрезах. Результаты оценки расхождений в положении пластов по разрезам приведены в табл. 8—11.

Приведенные в табл. 8—11 результаты свидетельствуют о том, что с помощью видимых углов падения пластов на разрезах, а также путем увязки гипсометрических планов и разрезов на основе использования номограмм можно добиться заметных уточнений геологических построений. Пренебрегать этими уточнениями даже на планах и разрезах масштаба 1 : 5000 нельзя. Тем более нельзя ими пренебрегать на планах и разрезах масштаба 1 : 2000, используемых при проектировании и реконструкции шахт.

## Глава II

## ПОСТРОЕНИЕ ПРОДОЛЬНЫХ ГЕОЛОГИЧЕСКИХ РАЗРЕЗОВ И РАЗРЕЗОВ В ПЕРИКЛИНАЛЬНЫХ И ЦЕНТРИКЛИНАЛЬНЫХ ЗАМЫКАНИЯХ СКЛАДОВ

### § 1. ПОСТРОЕНИЕ ПРОДОЛЬНЫХ ГЕОЛОГИЧЕСКИХ РАЗРЕЗОВ

Наиболее эффективным способом построения продольных геологических разрезов является построение их по гипсометрическим планам пластов и сместителей путем рассеивания последних вертикальной плоскостью разведочного профиля. При построениях точки пересечения линии разведочного профиля с изогипсами плана переносят на разрез в соответствии с их высотными отметками. Разрез при таком способе построения является документом, производным от гипсометрических планов, и следовательно, всецело будет зависеть от точности построения последних.

В тех случаях, когда гипсометрические планы пластов отсутствуют, проецирование на разрез точек, в которых искривленная скважина встретила пласты, производят по их линиям падения (восстания). При этом отметку спроецированной на разрез точки уменьшают на величину  $Ltg\delta$ , если проецирование производят по направлению падения пласта, или увеличивают на ту же величину, если проецирование производят по направлению восстания пласта. Здесь  $L$  — расстояние от точки до линии разведочного профиля, измеряемое на плане по линии восстания (падения) пласта, и  $\delta$  — средний угол падения пласта на участке проецирования (см. рис. 34, а).

Проецирование точек на разрез можно производить и ортогонально. В этом случае отметку спроецированной точки уменьшают на величину  $Ltg\delta\cos\gamma$ , если проецирование производят по направлению падения пласта, или увеличивают на ту же величину, если проецирование производят по направлению восстания пласта. Здесь  $L$  — расстояние от точки до линии разреза, измеряемое на плане по перпендикуляру к этой линии,  $\delta$  — сред-

ний угол падения пласта и  $\gamma$  — угол между линией падения (восстания) пласта и перпендикуляром к линии разведочного профиля (см. рис. 34, б).

Вычисления можно производить с помощью номограммы (см. рис. 20), которая позволяет получать значения  $\text{tg}\delta\cos\psi$ . Полное произведение  $L\text{tg}\delta\cos\psi$  легко подсчитать на логарифмической линейке или арифмометре.

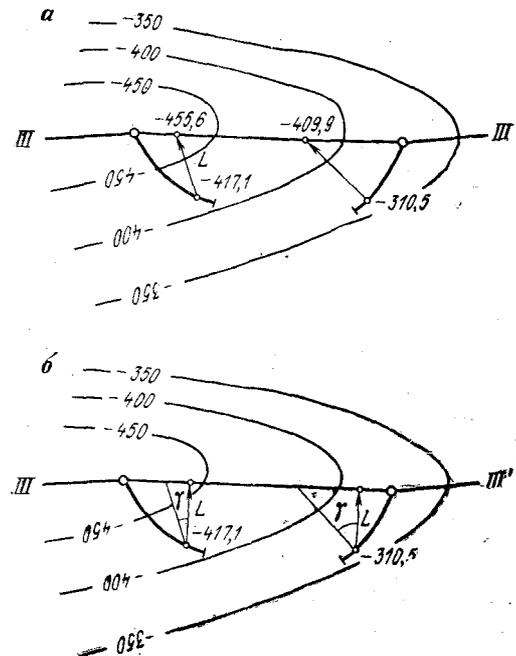


Рис. 34. Схема проецирования точек искривленных скважин на продольный разрез:  
а — проецирование по направлению падения;  
б — ортогональное проецирование.

ние их по гипсометрическим планам пластов и сместителей, а потому на практике, если это возможно, применять первый способ не следует.

Метод проецирования точек рекомендуется применять как дополнение к методу построения разрезов по гипсометрическим планам только для тех пластов и слоев горных пород, которые не имеют гипсометрических планов. Проецирование точек на разрез по таким пластам и слоям горных пород следует контролировать, используя основной «скелет» разреза, полученный путем рассечения гипсометрических планов. Точки при проецировании на разрез должны «ложиться» между теми пластами, между которыми стратиграфически заключен данный пласт или слой горных пород. Если точки «выскакивают» из этого интер-

Из изложенного следует, что для построения продольного разреза необходимо знать углы простирания и падения пласта в районе построения. Без знания этих данных производить построения невозможно. Приближенное значение элементов залегания пласта на участке построения можно получить, решая «задачу о трех скважинах», т. е. путем интерполяции минимум по трем скважинам [25, 32].

Следует подчеркнуть, что построение продольных разрезов путем проецирования на разрез точек, в которых скважины встретили пласты, дает всегда менее точные результаты, чем построение

вала или приближаются к одному из пластов, то, по-видимому, проецирование дает неточные результаты, так как нарушается условие постоянства мощностей междупластья.

Точность определения угла падения пласта  $\delta$ , участвующего в проецировании точек, можно повысить с помощью номограммы (см. рис. 19), если известно простирание пласта. Для этого определяют угол  $\gamma$  и по известным значениям  $\phi$ ,  $\theta$ ,  $\gamma$  определяют угол  $\delta$ .

**Пример.** Пусть зенитный угол в точке подсечения пласта  $\theta=17^\circ$ , азимут оси скважины в той же точке  $\alpha_{ск}=53^\circ$ , простирание пласта  $\alpha_{пл}=87^\circ$ , угол  $\phi$ , измеренный на керне,  $\phi=24^\circ$ .

Вычисляют угол  $\gamma$  (см. табл. 2):

$$\gamma = \alpha_{ск} - \alpha_{в} + 360^\circ = 53^\circ - 357^\circ + 360^\circ = 56^\circ.$$

На шкале  $\theta$  делают пометку  $\theta=17^\circ$ , на шкале  $\gamma$  помечают  $\gamma=56^\circ$  и на шкале  $\phi$  делают пометку  $\phi=24^\circ$ . Находят точку пересечения прямой, соединяющей указанные пометки, с линией бинарной сетки, соответствующей измеренному углу  $\theta=17^\circ$ . Эта точка бинарной сетки будет соответствовать углу  $\delta=30^\circ$ , величину которого определяют по одноименной шкале номограммы.

## § 2. ПОСТРОЕНИЕ ГЕОЛОГИЧЕСКИХ РАЗРЕЗОВ В ПЕРИКЛИНАЛЬНЫХ И ЦЕНТРИКЛИНАЛЬНЫХ ЗАМКНЕНИЯХ СКЛАДОВ

Периклиналильные и центриклиналильные замыкания антиклиналильных и синклиналильных складок являются участками с наиболее интенсивным изменением простирания пластов. Нередко основная складчатая структура осложнена более мелкими складками второго и третьего порядка. Все это, естественно, затрудняет расшифровку строения участка и снижает точность разрезов и гипсометрических планов пластов. Точность и достоверность геологических построений на участках указанных замыканий, как правило, всегда ниже, чем на участках с выдержанным простиранием пластов.

В связи с изменчивостью простирания пластов разрезы на участках центриклиналильных и периклиналильных замыканий складок оказываются во многих случаях и не продольными и не поперечными, так как проходят в «косом» относительно простирания направлении. Поэтому главным и основным методом составления геологических разрезов на указанных участках является построение их по гипсометрическим планам пластов. Метод построения разрезов непосредственно по данным бурения (т. е. метод проецирования точек на разрез) может иметь лишь вспомогательное и притом весьма ограниченное применение.

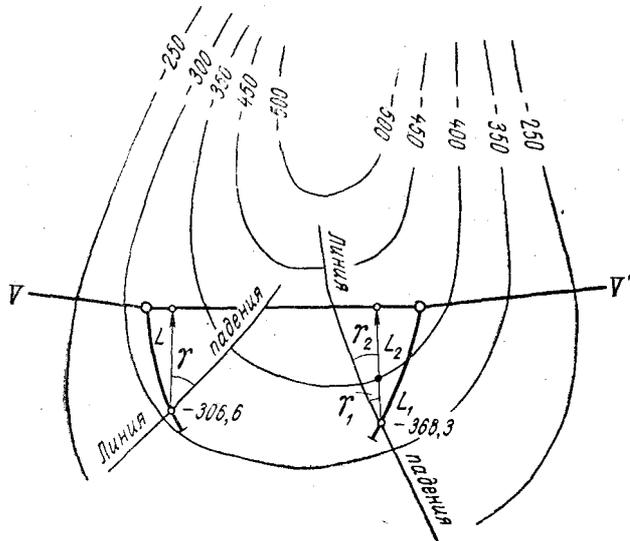


Рис. 35. Схема проецирования точек искривленных скважин на разрез на участках центриклинальных и периклиналильных замыканий складок.

На рис. 35 показана линия разведочного профиля  $V-V'$  на участке центриклинального замыкания складки. Точки с отметками  $-306,6$  м и  $-368,3$  м, в которых скважины встретили пласт, при отсутствии гипсометрического плана можно проецировать на разрез только ортогонально. Из рисунка видно, что при проецировании на разрез точки с отметкой  $-368,3$  м ее отметка должна быть уменьшена на величину

$$\Delta Z = L_1 \operatorname{tg} \delta_1 \cos \gamma_1 + L_2 \operatorname{tg} \delta_2 \cos \gamma_2.$$

Однако получить значения углов  $\delta_1$ ,  $\delta_2$ ,  $\gamma_1$ ,  $\gamma_2$  и расстояний  $L_1$ ,  $L_2$  без гипсометрического плана практически невозможно. В лучшем случае углы  $\delta_1$ ,  $\delta_2$ ,  $\gamma_1$ ,  $\gamma_2$  могут быть заменены приближенными средними углами  $\delta$  и  $\gamma$  и отметка уменьшена на величину

$$\Delta Z = (L_1 + L_2) \operatorname{tg} \delta \cos \gamma.$$

Приближенное решение снижает точность построений и повысить его можно только бурением дополнительных скважин. Пример подтверждает ограниченные возможности метода проецирования точек на плоскость разреза в складчатых областях.

#### ЗАДАЧИ ПО СОВЕРШЕНСТВОВАНИЮ МЕТОДИКИ ГЕОЛОГИЧЕСКИХ ПОСТРОЕНИЙ

Как бы ни была хорошо разработана геометрическая сторона геологических построений, она не может представлять мето-

дику этих построений в целом. Существенную часть методики составляют чисто геологические вопросы, которые требуют дальнейшей разработки и совершенствования. К таким вопросам относятся:

1. Разработка критериев и методики надежной идентификации разрывных нарушений, встреченных отдельными скважинами. Решение этого вопроса позволит однозначно производить увязку нарушений, встреченных скважинами, и правильно расшифровывать тектонику разрывных нарушений на участке. По-видимому, со временем в решении этого вопроса могут быть использованы электронные вычислительные машины на базе применения различных алгоритмов распознавания образов.

2. Изучение и обобщение геометрии разрывных нарушений. Речь идет об установлении зависимости характера и интенсивности заворота крыльев от амплитуды нарушения и механических свойств пород. Знание этих закономерностей позволит более правильно трактовать геометрию разрывных нарушений на разрезах и гипсометрических планах.

3. Установление закономерностей развития и совместного сосуществования разрывных и складчатых форм дислокаций, характерных для данного структурно-тектонического участка или района. Знание и использование этих закономерностей в процессе посторений позволит уточнить разведочные данные, получать однозначные решения в затруднительных случаях.

Изучение и решение перечисленных вопросов может быть выполнено путем сравнения геологических разрезов и гипсометрических планов, построенных по данным бурения, с аналогичными фактическими разрезами и планами, построенными по данным эксплуатации месторождения. Накопление и обобщение подобных материалов, пожалуй, наиболее реальный и эффективный путь решения проблемы.

4. Улучшение качества геологической документации скважин и проводимых в них геофизических исследований. Геологическая документация скважин и результаты геофизических исследований, проводимых в них, представляют ту исходную разведочную информацию, которая в первую очередь определяет точность и достоверность геологических построений. Поэтому повышение качества геологической документации и точности каротажа, инклинометрии и других геофизических исследований скважин составляет первоочередную задачу.

Геометрическая часть методики построения геологических разрезов и гипсометрических планов позволяет наиболее полно использовать и представить разведочную информацию, но она не может заменить геологических знаний исследователя.

Эффективность изложенной методики построений в большой степени зависит от опыта геолога, его осведомленности в вопросах геологического строения и тектоники рассматриваемого участка и района.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Абрамович М. В. Построение геологических профилей складок. Баку, Азнефтьиздат, 1933, 43 с.
2. Методика разведки угольных месторождений Донецкого бассейна. М., «Недра», 1972, 339 с. Авт.: Буцик Ю. В., Левенштейн М. Н., Шарманова Г. В., и др.
3. Васильев С. П. Шахтная геология угольных месторождений. М., Углетехиздат, 1951, 212 с.
4. Герасименко Г. И. Геологическая документация и геометризация при разведке и разработке угольных месторождений. М., Углетехиздат, 1958, 123 с.
5. Добкин И. И., Рябов Ю. И. О точности получения координат точки пересечения разведочной скважины с пластом при разведке угля. — В кн.: Сборник статей по вопросам маркшейдерского дела. М., 1960, вып. 35, с. 24—40 (ВНИМИ).
6. Добрянский А. М. О методике составления геологических разрезов. — «Разведка и охрана недр», 1970, № 5, с. 14—17.
7. Изаксон С. С. Методика подсчета запасов угольных месторождений. М., Госгортехиздат, 1960, 372 с.
8. Журбицкий Б. И., Погосов А. А. О точности структурных построений по результатам бурения в Донбассе. — «Разведка и охрана недр», 1974, № 2, с. 16—19.
9. Кузьмин В. И. Геометризация и подсчет запасов месторождений твердых полезных ископаемых. М., «Недра», 1967, 243 с.
10. Кузьмин В. И. О точности способов вычисления координат точек ствола искривленной скважины. — «Нефтяное хозяйство», 1968, № 6, с. 20—25.
11. Кузьмин В. И., Красноперов М. Я. Построение на геологических разрезах углов падения пород по данным искривленных скважин. — «Разведка и охрана недр», 1969, № 9, с. 25—29.
12. Кузьмин В. И., Красноперов М. Я. Проектирование видимых мощностей пластов на плоскость геологического разреза. — «Разведка и охрана недр», 1970, № 7, с. 25—27.
13. Кузьмин В. И., Красноперов М. Я. Построение геологических разрезов по данным искривленных разведочных скважин. М., «Недра», 1970, 47 с.
14. Кузьмин В. И., Красноперов М. Я. Построение тектонических нарушений на геологических разрезах по искривленным скважинам. — «Разведка и охрана недр», 1972, № 2, с. 25—27.
15. Кузьмин В. И., Красноперов М. Я. Руководство и таблицы для определения нормальной мощности пластов. М., «Недра», 1973, 105 с.
16. Кузьмин В. И., Красноперов М. Я. Определение истинной мощности пласта по скважине. — «Изв. вузов. Геология и разведка», 1974, № 2, с. 166—170.
17. Кузьмин В. И., Красноперов М. Я., Кирикилица С. И. Вычисление оценок погрешностей положения точек ствола разведочной сква-

жины. — В кн.: Методика и техника разведки. Л., 1974, вып. 89, с. 36—39. (ВИТР).

18. Кузьмин В. И., Красноперов М. Я. О методике увязки геологических разрезов и гипсометрических планов пластов. «Изв. вузов. Геология и разведка», 1974, № 8, с. 104—108.

19. Методическое руководство для разведочной и рудничной геологической службы месторождений Криворожского типа. Изд. АН УССР, 1963, 396 с.

20. Миронов К. В. Геологические основы разведки угольных месторождений. М., «Недра», 1973, 316 с.

21. Омелянович В. М. Вопросы тектоники в работе шахтного геолога Донбасса. М., Углетехиздат, 1957, 96 с.

22. Омелянович В. М. Геологическая служба на шахтах Донбасса. М., Углетехиздат, 1953, 163 с.

23. Омелянович В. М. Шахтная геология угольных месторождений. М., «Недра», 1966, 219 с.

24. Паталаха Е. И. Способ определения ориентировки плоскостных структурных элементов по керну искривленной скважины. «Изв. АН КазССР, серия геологическая». 1962, вып. 2(47), с. 116—120.

25. Рыжов П. А. Геометрия недр. М., «Недра», 1964, 500 с.

26. Смирнов В. И., Прокофьев А. П. и др. Подсчет запасов месторождений полезных ископаемых. М., Госгеолтехиздат, 1960, 672 с.

27. Скок В. И. Графические приемы построения геологических разрезов. — «Разведка и охрана недр», 1959, № 1, с. 15—18.

28. Сулакшин С. С. Искривление скважин. М., Госгеолтехиздат, 1960, 187 с.

29. Сулакшин С. С. Закономерности искривления и направленное бурение геологоразведочных скважин. М., «Недра», 1966, 293 с.

30. Терентьев Е. В. Задачи геологоразведочных работ в связи с новыми требованиями угольной промышленности. — В кн.: Геология угольных месторождений, т. 1, М., 1969, с. 25—30.

31. Трофимов С. Ф., Винницкий А. Е. О количественной оценке выдержанности тонких угольных пластов. — «Разведка и охрана недр», 1970, № 11, с. 26—30.

32. Ушаков И. Н. Горная геометрия. М., Госгортехиздат, 1962, 459 с.

33. Фролов Н. Ф., Фролов Е. Ф. Геологические наблюдения и построения при бурении искривленных скважин. М., Гостоптехиздат, 1957, 184 с.

34. Фролов Е. Ф., Серганова И. И. Проектирование разрезов искривленных скважин на профильное сечение. — В кн.: Вопросы геологии нефтяных и газовых месторождений. М., 1957, вып. 11, с. 347—354 (ВНИИ).

35. Шустин Б. Г. Таблицы горизонтальных и вертикальных проекций для вычисления искривлений скважин. М., «Недра», 1970, 189 с.

## ОГЛАВЛЕНИЕ

	Стр.
Введение	3
<b>Глава I. Построение поперечных геологических разрезов</b>	<b>5</b>
§ 1. Недостатки существующей методики построения геологических разрезов	5
§ 2. Обработка данных инклинометрической съемки скважины	7
§ 3. Погрешности определения планового и высотного положения точек ствола скважины по результатам инклинометрической съемки	11
§ 4. Построение на разрезе осей разведочных скважин	20
§ 5. Нанесение пластов и литологических разностей пород вдоль оси скважины на разрезе	29
§ 6. Определение и построение видимых углов падения пластов на разрезе	30
§ 7. Построение на разрезах дизъюнктивных нарушений	37
§ 8. Увязка данных по скважинам и расшифровка строения участка	41
§ 9. Взаимная корректировка геологических разрезов и гипсометрических планов	42
§ 10. Сравнение разрезов, построенных по старой и новой методике	52
<b>Глава II. Построение продольных геологических разрезов и разрезов в периклинальных и центриклинальных замыканиях складок</b>	<b>57</b>
§ 1. Построение продольных геологических разрезов	57
§ 2. Построение геологических разрезов в периклинальных и центриклинальных замыканиях складок	59
Задачи по совершенствованию методики геологических построений	60
Список литературы	62

ВАЛЕНТИН ИВАНОВИЧ КУЗЬМИН  
МИХАИЛ ЯКОВЛЕВИЧ КРАСНОПЕРОВ

### МЕТОДЫ ПОСТРОЕНИЯ ГЕОЛОГИЧЕСКИХ РАЗРЕЗОВ

Редактор издательства *А. И. Панова*  
Художник *А. А. Хромченко*  
Технический редактор *В. В. Кириллова*  
Корректор *Г. А. Петрухина*

Сдано в набор 4/VI—1975 г. Подписано в печать 7/VIII—1975 г. Т-10489 Формат 60×90<sup>1/16</sup>.  
Бумага № 2. Печ. л. 4,0 Уч.-изд. л. 4,04 Тираж 10800 экз. Заказ № 876/5158—2 Цена 20 коп.  
Заказ № 876

Издательство «Недра», 103633, Москва, К-12, Третьяковский проезд, 1/19  
Московская типография № 32 «Союзполиграфпрома» при Государственном комитете  
Совета Министров СССР по делам издательств, полиграфии и книжной торговли.  
Москва, К-51, Цветной бульвар, д. 26.