


**ЛАБОРАТОРНЫЕ
РАБОТЫ
ПО СТРУКТУРНОЙ
ГЕОЛОГИИ,
ГЕОКАРТИРОВАНИЮ
И ДИСТАНЦИОННЫМ
МЕТОДАМ**



**ВЫСШЕЕ
ОБРАЗОВАНИЕ**

ЛАБОРАТОРНЫЕ РАБОТЫ ПО СТРУКТУРНОЙ ГЕОЛОГИИ, ГЕОКАРТИРОВАНИЮ И ДИСТАНЦИОННЫМ МЕТОДАМ

*Допущено Министерством высшего и среднего
специального образования СССР в качестве учебного пособия
для студентов горно-геологических специальностей вузов*



МОСКВА "НЕДРА" 1988



5102

ББК 26.3

Л 12

УДК [551.243 + 550.8 : 528.94 + 550.814] (075)

Авторы: *А. Е. Михайлов, В. В. Шершуков, Е. П. Успенский, А. К. Соколовский, М. К. Бахтеев, Д. С. Кизевальтер, К. М. Мельникова, А. А. Рыжова, М. И. Никитина, В. Н. Павлинов, Ю. Б. Баранов, Н. И. Корчуганова, В. Я. Медведев*

Рецензенты: кафедра теоретических основ поисков и разведки нефти и газа Московского института нефти и газа, д-р геол.-минер. наук *В. Г. Тихомиров*

Л $\frac{1904030000-398}{043(01)-88}$ 60—88

© Издательство «Недра», 1988

ISBN 5-247-00320-9

В настоящей работе обобщен более чем 50-летний опыт преподавания курса «Структурная геология, геологическое картирование и дистанционные методы» в Московском геологоразведочном институте для студентов по специальности «Геологическая съемка, поиски и разведка месторождений полезных ископаемых» (0101). Это первое издание подобного рода. Оно составлено исходя из объема курса, указанного в учебном плане. Выполнение всех приведенных в нем заданий и рекомендаций в значительной степени зависит от подбора геологических карт, аэрофотоснимков и космических снимков, имеющихся в соответствующих учебных кабинетах вузов, а также от степени обеспеченности приборами, в особенности фотограмметрическими, и другим оборудованием.

При составлении этого учебного пособия авторы, помимо собственных материалов, использовали фрагменты, бланки и упражнения из атласов, опубликованных как центральными, так и внутривузовскими издательствами. Основные среди них следующие: Атлас учебных геологических карт, изданный ВАГТом в 1972 г. под редакцией М. М. Москвина и Ю. А. Зайцева; Атлас учебных геологических карт (Изд. ВСЕГЕИ, 1987; под редакцией Ю. А. Зайцева, В. В. Козлова, М. М. Москвина); Атлас бланков и геологических карт, составленный проф. Е. В. Милановским в 1936 г. и впоследствии много раз переиздававшийся; Сборник задач и упражнений по курсу структурной геологии и геологическому картированию (Изд. МГРИ, 1965); Геологические карты и разрезы (Изд. МГРИ, 1966); Сборник задач по курсу структурной геологии и геологического картирования (Изд. МГРИ, 1980); Сборник заданий по специальным методам геологического картирования (Изд. Московского института цветных металлов и золота, 1957); Атлас схематических геологических и бланковых карт (изд-во МГУ, 1986; под редакцией М. М. Москвина), а также учебное пособие А. Е. Михайлова «Структурная геология и геологическое картирование» (4-е изд., Недра, 1984).

Задания для лабораторных и самостоятельных работ студентов в большинстве разделов даны в одном-двух вариантах и должны служить примером для составления близких по содержанию работ.

В отношении содержания и объема заданий можно отметить следующее: они, с одной стороны, должны иллюстрировать и дополнять лекционную часть курса, а с другой — помочь студентам усвоить решение практических вопросов и задач в производственных условиях. Выбор заданий осуществляется при контроле со стороны преподавателей.

Авторы настоятельно обращают внимание студентов на бережное отношение как к изданным геологическим картам, так

и к бланковым картам и атласам. Следует категорически воздерживаться от нанесения на изданные геологические карты каких-либо линий и пометок тушью или карандашом; не перегибать их и перед использованием наклеить на картон. У геологических карт учебных атласов следует отрезать разрезы. Последние должны храниться отдельно.

При составлении разрезов во внеаудиторных условиях рекомендуется из геологических карт вдоль линии разреза сделать полные выкопировки шириной в 2—3 см и поместить их при выполнении работ выше разреза. Это облегчит проверку разрезов и будет способствовать сохранности карт.

В тексте пособия, в ссылках на геологические карты из учебных атласов издания 1972 г., у номера карт указана буква «с» (например, № 22с) и у карт из атласа издания 1987 г.—буква «н» (например, № 15н).

ГЕОХРОНОЛОГИЧЕСКАЯ ШКАЛА И СТРАТИГРАФИЧЕСКИЕ ПОДРАЗДЕЛЕНИЯ

При составлении геологических карт необходимо прежде всего знать возрастную (геохронологическую) последовательность пород, участвующих в строении изучаемого района. В связи с этим важнейшей задачей является определение относительного возраста горных пород и их местоположения в геохронологической шкале.

Разработка геохронологии началась еще в конце XVIII столетия, а в 1881 г. на II Международном геологическом конгрессе в Болонье были утверждены основные временные (геохронологические) отрезки истории Земли и соответствующие им стратиграфические подразделения, основанные на данных эволюции земной коры и органического мира. Геохронологическая шкала продолжает совершенствоваться и в настоящее время.

Временные подразделения сведены в таблицу — геохронологическую шкалу (табл. 1 и 2). С последней параллелизуется стратиграфическая шкала, подразделения которой отвечают толщам горных пород, сформировавшихся в отрезки времени, выделенные в геохронологической шкале.

Геохронологические подразделения	Стратиграфические подразделения
Эра	Группа (систем)
Период	Система
Эпоха	Отдел
Век	Ярус

Самое крупное временное подразделение названо эрой. Вся история Земли с далекого прошлого до настоящего времени подразделялась на пять эр: архейскую, протерозойскую, палеозойскую, мезозойскую и кайнозойскую.

В течение одной эры накапливается комплекс отложений, названных группой (систем)*. Группы — это самые крупные стратиграфические подразделения. Они имеют те же названия, что и соответствующие им эры. Группа может быть подразделена на подгруппы. Так, например, при ее двучленном делении отмечают нижнюю и верхнюю подгруппы; при трехчленном — нижнюю, среднюю и верхнюю. Временного (геохронологического) аналога для подгруппы не существует. Эры подразделяются на периоды, периоды — на эпохи, эпохи — на века. Соответственно группы подразделяются на системы, системы — на отделы, отделы — на ярусы.

* Слово «система» только подразумевается, а принято употреблять слово «группа».

9 Таблица 1. Геохронологическая (стратиграфическая) шкала

Эон (эоно-тема)	Эра (эратема)	Длительность (возраст), млн. лет		Период (система)	Цвет на картах	Эпоха (отдел)	Век (ярус)	
Фанерозой	Кайнозойская KZ	65 ± 3	0,8	Четвертичный Q	Желтовато-серый			
			22 (23 ± 1)	Неогеновый N	Желтый	Плиоцен N ₂	Общепринятых ярусов нет	
						Миоцен N ₁		
			41	Палеогеновый P	Оранжево-желтый	Олигоцен P ₃	Хаттский P _{3h} Рюпельский P _{3r}	
						Эоцен P ₂	Приабонский P _{2p} Бартонский P _{2b} Лютецкий P _{2l} Ипрский P _{2ip}	
		Палеоцен P ₁	Тенетский P _{1t} Монский P _{1m} Датский P _{1d}					
	MZ	170 ± 5	70	Меловой K	Зеленый	Поздняя (верхний) K ₂	Маастрихтский K _{2m} Кампанский K _{2km} Сантонский K _{2st} Коньякский K _{2k} Туронский K _{2t} Сеноманский K _{2s}	
						Ранняя (нижний) K ₁	Альбский K _{1a} Аптский K _{1a} Барремский K _{1br} Готеривский K _{1g} Валанжинский K _{1v} Берриасский K _{1b}	
			(135 ± 5)					

Фанерозой	Мезозойская MZ	(230 ± 10)	55—60	Юрский J	Голубой	Поздняя (верхний) J ₃	Волжский J _{3v} (титонский J _{3tt}) Кимериджский J _{3km} Оксфордский J _{3o} Келловейский J _{3k}
						Средняя (средний) J ₂	Батский J _{2bt} Байосский J _{2b} Ааленский J _{2a}
						Ранняя (нижний) J ₁	Тоарский J _{1t} Плинсбахский J _{1p} Синемюрский J _{1s} Геттангский J _{1g}
				Триасовый T	Лиловый	Поздняя (верхний) T ₃	Норийский T _{3n} Карнийский T _{3k}
						Средняя (средний) T ₂	Ладинский T _{2l} Анизийский T _{2a}
						Ранняя (нижний) T ₁	Оленекский T _{1o} Индский T _{1i}
	Палеозойская PZ	(285 ± 15)	50—60	Пермский P	Оранжево-коричневый	Поздняя (верхний) P ₂	Татарский P _{2t} Казанский P _{2kz} Уфимский P _{2u}
						Ранняя (нижний) P ₁	Кунгурский P _{1k} Артинский P _{1ar} Сакмарский P _{1s} Ассельский P _{1a}

Эон (эпоно-тема)	Эра (эратема)	Длительность (возраст), млн. лет		Период (система)	Цвет на картах	Эпоха (отдел)	Век (ярус)
Фанерозой	Палеозойская PZ	170 ± 10	(350 ± 10)	Каменноугольный C	Серый	Поздняя (верхний) C ₃	Гжельский C _{3g} Касимовский C _{3k}
						Средняя (средний) C ₂	Московский C _{2m} Башкирский C _{2b}
						Ранняя (нижний) C ₁	Серпуховский C _{1s} Визейский C _{1v} Турнейский C _{1t}
		60	(405 ± 10)	Девонский D	Коричневый	Поздняя (верхний) D ₃	Фаменский D _{3fm} Франский D _{3f}
						Средняя (средний) D ₂	Живетский D _{2zv} Эйфельский D _{2ef}
						Ранняя (нижний) D ₁	Эмский D _{1e} Пражский D _{1p} Лохковский D _{1l}
25—30		Силурийский S	Серо-зеленый (светлый)	Поздняя (верхний) S ₂	Даунтонский S _{2d} (Пржидольский S _{2p}) Лудловский S _{2ld}		

Фанерозой	Палеозойская PZ	170—180	(435 ± 15)	Ордовикский O	Оливковый	Ранняя (нижний) O ₁	Венлокский O _{1v} Лландоверийский O _{1l}		
							Поздняя (верхний) O ₃	Ашгиллский O _{3aš}	
							Средняя (средний) O ₂	Карадокский O _{2k} Лландейлский O _{2ld} Лланвирнский O _{2l}	
			45—50	(480 ± 15)	Кембрийский C	Сине-зеленый (темный)	Ранняя (нижний) O ₁	Аренигский O _{1a} Тремадокский O _{1t}	
								Поздняя (верхний) E ₃	Аксайский E _{3ak} Сакский E _{3s} Аюсокканский E _{3as}
								Средняя (средний) E ₂	Майский E _{2m} Амгинский E _{2am}
90—100	(570 ± 20)			Ранняя (нижний) E ₁	Ленский (надъярус) E _{1l} Алданский (надъярус) E _{1a}				
					Сирнево-розовый				
AR		(2600 ± 100)		Розовый					
PR		(4600 ± 200)							

На II Международном геологическом конгрессе в 1881 г. были утверждены 10 периодов (и соответствующих им систем), для каждого из которых принят специальный индекс и цвет: кембрийский — Cm, сиренево-розовый; силурийский — S, болотно-зеленый; девонский — D, коричневый; каменноугольный — C, серый; пермский — P, оранжево-коричневый; триасовый — T, лиловый; юрский — J, голубой; меловой — St, зеленый; третичный — Tg, желтый; четвертичный — Q, цвет светлых тонов (любой).

Позднее, по мере накопления нового материала по относительному и абсолютному возрасту горных пород и по истории развития Земли, в геохронологическую и стратиграфическую шкалы были внесены существенные изменения. Так, силурийскую систему (период) разделили на две системы (периода) с соответствующими индексом и цветом — ордовикскую — O, цвет оливковый и силурийскую — S, серо-зеленый (светлый), а третичную систему (период) — на палеогеновую — Pg, оранжево-желтый и неогеновую — N, желтый. Термин *третичная* понимается как надсистема. Затем были изменены цвета и индексы некоторых подразделений (см. табл. 1).

В геологической истории Земли выделяют два главных, неравных по продолжительности этапа: докембрийский (докембрий), или криптозой, охватывающий архейскую и протерозойскую эры, и фанерозойский (фанерозой), охватывающий палеозойскую, мезозойскую и кайнозойскую эры (греч. «криптос» — скрытый, «фанерос» — явный). Архейскую и протерозойскую группы часто объединяют под названием «докембрий».

В СССР Межведомственный стратиграфический комитет (МСК) в 1977 г. утвердил в геохронологической и стратиграфической шкалах более крупное геохронологическое подразделение — зон и соответствующее ему стратиграфическое подразделение — зонотема.

Ниже приводятся категории общих стратиграфических подразделений.

Геохронологические подразделения	Стратиграфические подразделения
Зон	Зонотема
Эра	Эратема (группа)
Период	Система
Эпоха	Отдел
Век	Ярус
Фаза	Зона

Кроме перечисленных подразделений для региональных стратиграфических схем введены понятия горизонт и зона (провинциальная зона), а для категорий местных стратиграфических схем — комплекс, серия, свита.

Применяются также вспомогательные стратиграфические подразделения с обособленной литостратиграфической характе-

Таблица 2. Подразделения архея и протерозоя СССР
(Постановление МСК, 1981 г.)

Эон		Подразделения докембрия СССР и их возрастные границы, млн. лет	
Фанерозой		Кембрий	
Протерозой	Верхний	Рифей	Венд 570 ± 20
			Верхний рифей R_3 $650 - 680 \pm 20$
			Средний рифей R_2 1050 ± 50
			Нижний рифей R_1 1400 ± 50
	Нижний		1650 ± 50
Архей	Верхний архей		2600 ± 50
	Нижний архей		3000 ± 100
			> 3500

ристикой: толща, пачка, пласт (слой), маркирующий горизонт (см. Стратиграфический кодекс СССР).

В настоящее время выделяют три зоны (эонотемы): архей, протерозой и фанерозой (от греч. «фанерос» — явный, «время явной жизни»).

Архей (AR) подразделяется на нижний (AR_1) и верхний (AR_2); протерозой (PR) — на нижний (PR_1) и верхний (PR_2). Верхний протерозой — рифей (R) делится на нижний (R_1), средний (R_2) и верхний (R_3) рифей и венд (V).

Фанерозой расчленяется на три эры и соответствующие им эратемы (группы): палеозойскую (PZ), мезозойскую (MZ) и кайнозойскую (KZ).

Палеозойская эра (эратема) делится на шесть периодов (систем) — кембрийский (сокращенно кембрий) — С, ордовикский (ордовик) — О, силурийский (силур) — S, девонский (девон) — D, каменноугольный (карбон) — С, пермский (пермь) — Р; мезозойская эра подразделяется на три периода — триасовый (триас) — Т, юрский (юра) — J, меловой (мел) — К; кайнозойская эра делится также на три периода — палеогеновый (палеоген) — Р, неогеновый (неоген) — N, четвертичный — Q.

Эпохи являются составными частями периодов; соответственно отделы формируют системы.

При разделении периода на две эпохи они обозначаются как ранняя и поздняя, при трехчленном делении — как ранняя, средняя и поздняя. Названия отделам в системе при двучленном делении даются как нижний и верхний, при трехчленном — нижний, средний и верхний (например, нижнекембрийский отдел, но раннекембрийская эпоха; среднеюрский отдел и среднеюрская эпоха; верхнемеловой отдел, но позднемеловая эпоха).

Для эпох и отделов допускаются сокращения (нижний карбон, ранний девон, средняя юра).

Отделам (эпохам) некоторых систем (периодов) присвоены собственные названия: для юры—нижняя (ранняя) юра, или лейас, средняя юра, или доггер, верхняя (поздняя) юра, или мальм; для палеогена—палеоцен, эоцен и олигоцен; для неогена—миоцен и плиоцен.

Четвертичную (антропогенную) систему первоначально представляли из двух неравных частей: нижнего отдела—плейстоцена (Q_1), объединявшего почти все отложения системы, и верхнего отдела—голоцена (Q_2).

В 1932 г. было принято деление четвертичной системы (периода) на четыре отдела (эпохи): нижний (ранняя), средний (средняя), верхний (поздняя) и современный (современная). Чтобы отличить их от обычных отделов, была введена индексация римскими цифрами: Q_I , Q_{II} , Q_{III} , Q_{IV} . С 1963 г. по решению МСК их стали именовать: ниже-, средне-, верхне-, четвертичные и современные отложения, не называя отделом. Также допустимо называть их нижним, средним, верхним плейстоценом и голоценом.

В 1982 г. в СССР Постоянной стратиграфической комиссией МСК по четвертичной системе предложены следующие специальные подразделения. Четвертичная система делится на два раздела: плейстоцен (Q_{I-III}) и голоцен (Q_{IV}). В плейстоцене выделяются три звена: нижнее— Q_I , среднее— Q_{II} и верхнее— Q_{III} , в голоцене—современное звено— Q_{IV} .

УСЛОВНЫЕ ОБОЗНАЧЕНИЯ ГЕОЛОГИЧЕСКИХ КАРТ

Оформляются геологические карты и другая геологическая графика в соответствии с действующими инструкциями для карт масштаба 1:200 000 (1:100 000) и карт масштаба 1:50 000 (1:25 000).

На геологических картах используются четыре типа условных знаков: цветовые, буквенно-цифровые (индексы), штриховые и прочие (элементы залегания, тектонические и геологические границы и т. д.).

Обозначение стратифицированных образований

Разновозрастные осадочные, вулканогенные, вулканогенно-осадочные и метаморфические образования выделяют на карте различными цветами, индексами, а также штриховкой и крапом (рис. 1). Возраст стратиграфических подразделений на геологических картах отображается определенными цветами и индексами. Основные подразделения (эонотемы, системы) на карте закрашивают в соответствии с цветами единой стратиграфической шкалы (см. табл. 1).

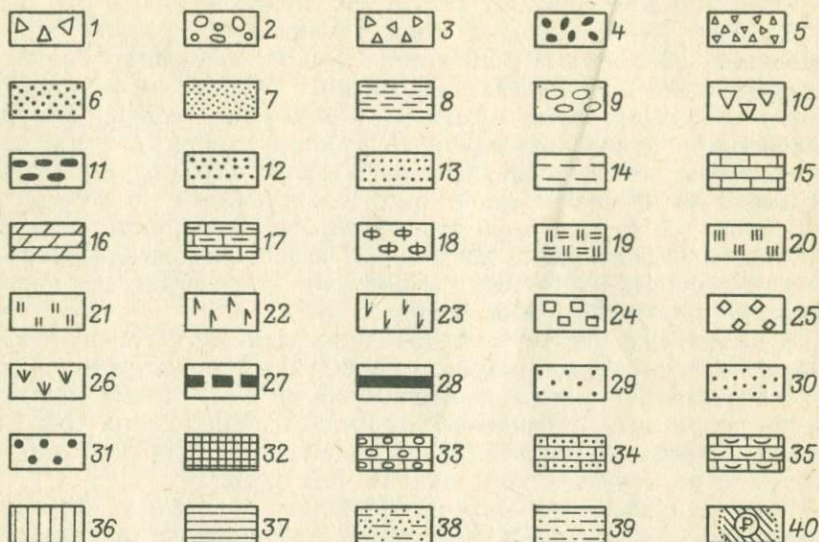
Для обозначения отделов и ярусов применяются оттенки вышеуказанных цветов. При этом для более древних подразделений в каждой системе, характеризующейся своим цветом, используют более темные тона. Например, нижний отдел девонской системы закрашивают темно-коричневым цветом, средний отдел — коричневым, а верхний отдел — светло-коричневым. Подразделения местные (комплексы, серии, свиты, подсвиты) и региональные (горизонт, лона) изображают цветом и оттенком того подразделения единой стратиграфической шкалы, с которой они могут быть сопоставлены по возрасту. При этом все стратиграфические подразделения на геологической карте должны иметь достаточно четкие цветовые различия, а интенсивность раскраски подбирают так, чтобы на карте читалась топографическая основа.

Буквенно-цифровыми условными знаками (индексами) показывают относительный возраст общих, региональных и местных стратиграфических подразделений, а также в отдельных случаях состав стратифицированных эффузивов. Индексация общих стратиграфических подразделений проводится в соответствии с единой стратиграфической шкалой (см. табл. 1).

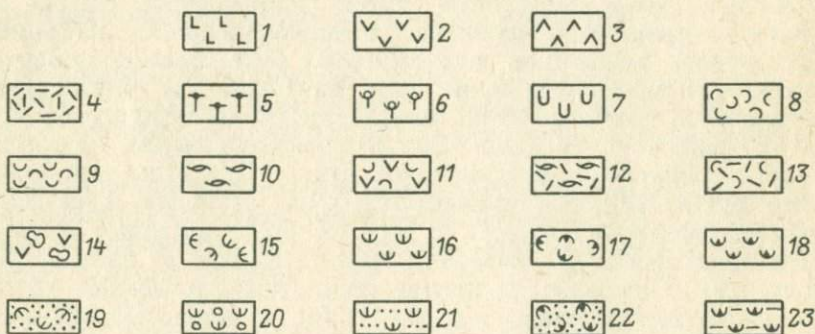
Индекс отдела состоит из буквенного индекса системы (прописные буквы латинского алфавита) с присоединением к нему справа внизу цифр 1, 2, 3 (более мелкого шрифта) соответственно для нижнего, среднего и верхнего отделов и цифр 1 и 2 для нижнего и верхнего отделов при двухчленном делении системы. Примеры: J_2 — средний отдел юрской системы, K_2 — верхний отдел меловой системы.

Индекс яруса образуется путем прибавления справа к индексу отдела сокращенного латинизированного названия яруса в виде одной или двух строчных букв (прямой шрифт), соответствующих начальной или начальной и ближайшей согласной буквам в названии яруса. Две буквы используются в тех случаях, когда в одной системе имеются ярусы, названия которых начинаются с одинаковой буквы. При этом в индексе более древнего яруса указывается одна строчная начальная буква из названия яруса, а в индексе более молодых ярусов будут две буквы из названия яруса (первая и ближайшая согласная). Примеры: франкий ярус верхнего девона — D_3f , фаменский ярус верхнего девона — D_3fm ; лландоверийский ярус нижнего силура — S_1l , лудловский ярус верхнего силура — S_2ld . Индекс подъяруса составляется путем прибавления к индексу яруса справа внизу цифры 1 (для нижнего) и цифры 2 (для верхнего) подъярусов при двухчленном делении и цифр 1, 2, 3 — при трехчленном делении. Пример: верхнеальбский подъярус нижнего мела — K_1a_3 . Индекс зоны складывается из двух строчных латинских букв (начальной и ближайшей за ней согласной) наименования зоны и обозначается прямым шрифтом через точку справа от индекса яруса или подъяруса. Пример: $K_1a_3. hs$ — зона *Hysterocheras orbigny* верхнего альба.

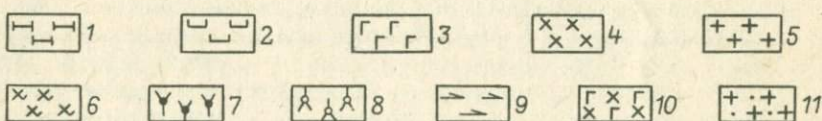
ОСАДОЧНЫЕ ПОРОДЫ



ЭФфузивные, вулканокластические, вулканогенно-осадочные породы



ИНТРУЗИВНЫЕ ПОРОДЫ



Индексы региональных и местных стратиграфических подразделений (комплексов, серий, свит, горизонтов и провинциальных зон) образуются путем прибавления справа к возрастному индексу двух строчных латинских букв: первой и ближайшей согласной из названия этого подразделения, написанных *курсивом*. Примеры: C_1vkz — кызыльская свита визейского яруса нижнего карбона, $D_{1-2}ur$ — урупская серия нижнего-среднего девона.

Применение трех букв допустимо только в тех случаях, когда два или более стратиграфических названия в одной системе имеют одинаковые как первые буквы, так и ближайшие к ним согласные. Примеры: P_3br — берекская, P_3brs — борисфейская свиты олигоцена. Дополнительные единицы местных и региональных стратиграфических подразделений (подсвиты, подгоризонты и т. д.) обозначаются прибавлением цифр 1, 2, 3 или 1, 2, помещенных справа внизу от индекса основного подразделения, при этом читается индекс от самого мелкого к крупному подразделению. Пример: $C_1v_1kz_1$ — нижняя подсвита кызыльской свиты нижневизейского подъяруса нижнего карбона. Пачки, выделяемые в составе подсвит (свит), обозначаются арабскими цифрами, которые помещаются справа сверху от индекса подсвиты (свиты). Пример: $C_1kz_2^3$ — третья пачка средней подсвиты кызыльской свиты нижнего карбона.

На картах масштаба 1:200 000 и 1:50 000 в индексе следует отразить не только возраст, но и состав эффузивов. Порядок образования индекса для эффузивных толщ такой же, как и для осадочных пород, но на картах масштаба 1:200 000 перед символом системы помещается малая греческая буква, обозначающая состав эффузивных образований.

Риолиты	λ	(ламбда)	Базальты	β	(бета)
Андезиты	α	(альфа)	Фонолиты	ϕ	(фи)
Дациты	ζ	(дзета)	Пикриты, кимберлиты	ι	
Трахиты	τ	(тау)			(иота)

Измененные эффузивы обозначаются буквой, характеризующей неизмененную породу с прибавлением знака «прим» справа

Рис. 1. Условные обозначения

Осадочные породы: 1—глибы; 2—валунники и галечники; 3—щебень; 4—гравий; 5—дресва; 6—пески; 7—алевриты; 8—глины; 9—конгломераты; 10—глибовые брекчии; 11—гравелиты; 12—песчаники; 13—алевролиты; 14—аргиллиты; 15—известняки; 16—доломиты; 17—мергели; 18—фосфориты; 19—трепелы, диатомиты; 20—опоки; 21—радиоляриты, яшмы; 22—гипс; 23—ангидрит; 24—каменная соль; 25—калийно-магнезиальные соли; 26—торф; 27—угли бурые; 28—угли каменные; 29—песчаник крупнозернистый; 30—песчаник среднезернистый и мелкозернистый; 31—бокситы; 32—известковистый туф; 33—известняк оолитовый; 34—известняк песчаный; 35—известняк органогенный; 36—лесс, лессовидные суглинки; 37—ленточная глина; 38—суглинок; 39—супесь; 40—кора выветривания и ее возраст. *Эффузивные, вулканокластические и вулканогенно-осадочные образования.* Эффузивные породы: 1—базальты; 2—андезиты; 3—дациты; 4—риолиты; 5—трахиты; 6—фонолиты; 7—пикриты. Вулканокластические породы: 8—рыхлые (тефра); 9—цементированные (туфы); 10—эффузивно-обломочные. Примеры: 11—вулканический песок (псаммитовая тефра) андезитового состава; 12—лапилловый туф риолитового состава; 13—алевритовый туф кислого состава; 14—агломератовая туфолова андезитового состава. Вулканогенно-осадочные породы: 15, 16—пирокласто-осадочные (15—рыхлые, 16—цементированные); 17, 18—осадочно-пирокластические (17—рыхлые, 18—цементированные). Примеры: 19—песок с туфогенным материалом в цементе; 20—валунный туфоконгломерат; 21—туфопесчаник; 22—псаммитовый несцементированный туфит; 23—пелитовый туфит. *Интрузивные породы:* 1—перидотиты; 2—дуниты; 3—габбро; 4—диориты; 5—граниты; 6—гранодиориты; 7—сиениты; 8—нефелиновые сиениты; 9—апортозиты; 10—габбро-диориты; 11—гранит-порфиры

сверху. Примеры: αN_2 — андезит плиоценовый αP_3 — андезитовый порфирит олигоценый. Состав эффузивов на карте показывается, помимо этого, черным крапом (см. рис. 1) по цвету, отвечающему возрасту пород.

В тех случаях, когда появляется необходимость указать в одном подразделении присутствие двух систем, отделов или ярусов, индекс включает оба знака этих подразделений, соединенных знаком плюс (+) или дефис (-), причем на первом месте всегда указывается индекс более древнего подразделения.

Знак плюс ставится в том случае, если объединяются полностью два соседних подразделения. Пример: D_{1+2} — отложения нижнего и среднего девона объединенные. Если выделяется смежная толща и требуется подчеркнуть переходный характер (непрерывность) и неполноту двух соседних подразделений, то ставится знак дефис. Пример: $E_3 - O_1$ — смежная толща верхнего кембрия и нижнего ордовика.

Для подразделений, охватывающих больше двух стратиграфических единиц, индекс образуется из символов крайних единиц со знаком тире между ними, промежуточные индексы опускаются. Пример: $K_1 b - g$ — берриасский, валанжинский и готеривский ярусы нижнего мела. Громоздкие индексы необходимо сокращать, при этом в зависимости от значения в данном регионе сокращаются либо знаки местных, либо общих подразделений. Например: $D_3 ur$ — уринская свита франского яруса верхнего девона вместо $D_3 fur$ или $D_2' z v_1$ — нижний подъярус живетского яруса среднего девона при исключении местных подразделений.

В индексе опускается обозначение отделов в том случае, когда объединяются разные отделы одной системы. Например: $Kal + s$ — альбский ярус нижнего и сеноманский ярус верхнего отделов меловой системы.

При сильной загруженности карты разрешается в индексах опускать символы систем и отделов и приводить только символы более дробных единиц (ярус, подъярус, свита и т. д.). Например: fm — фаменский ярус, am — амгунская серия, sn — снегиревская свита.

Если возраст геологических образований может быть намечен лишь предположительно, то индекс сопровождается знаком вопроса. Этот знак помещается непосредственно за той частью индекса, которая носит предположительный характер. Пример: $T_3 - J_1 ?$ верхнетриасовые и нижнеюрские (?) отложения.

Если толща не может быть отнесена к какой-то определенной единице стратиграфической шкалы, то символы предполагаемых подразделений разделяются двоеточием. Пример: $PR_3 : E$ — верхний протерозой или кембрий.

Генетический тип четвертичных отложений на картах масштаба 1:50 000 (1:25 000) отражается в индексе путем прибавления слева к индексу звена буквенного символа (прямой шрифт):

e — элювиальные
 d — делювиальные
 ed — элювиально-делювиальные
 c — коллювиальные
 s — солифлюкционные
 a — аллювиальные

p — пролювиальные
 l — озерные
 m — морские
 g — ледниковые
 lg — озерно-ледниковые
 f — флювиогляциальные
 v — золовые

Примеры: aQ_1 — аллювиальные отложения нижнечетвертичного звена; pdQ_{III} — пролювиально-делювиальные отложения верхнечетвертичного звена. Возрастная последовательность внутри звена обозначается с помощью арабских цифр, которые ставятся внизу справа от буквенного символа, отражающего генезис отложений. Пример: g_1Q_{II} и lg_2Q_{II} — ледниковые и перекрывающие их озерно-ледниковые отложения среднечетвертичного звена. Порядковый номер террас, сложенных аллювиальными, морскими и озерными отложениями, дается арабской цифрой, которая помещается справа над буквенным индексом генетического подразделения. Если терраса имеет название, вместо цифры ставится начальная буква латинизированного названия. Примеры: a^3Q_{II} — среднечетвертичные аллювиальные отложения третьей надпойменной террасы, m^bQ_{III} — верхнечетвертичные отложения хвалынской морской террасы.

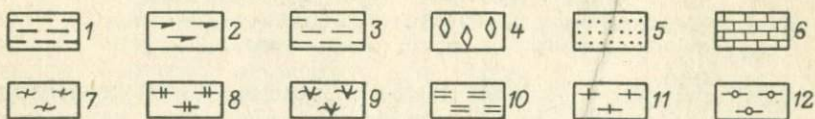
5102
 На картах масштаба 1:200 000 на поля распространения четвертичных отложений крап наносится только в тех случаях, если он не мешает изображению геологических границ и разрывных нарушений, скрытых под толщей рыхлых образований. Для характеристики четвертичных отложений при геологической съемке масштаба 1:50 000 составляются отдельные карты.

Индексы геологических подразделений наносятся черной тушью четко и ясно на каждую площадь распространения того или иного образования, выделенного на карте, в разрезе и в условных обозначениях. В случае мелких площадей или узких полос индексы выносятся черточкой-указателем на соседние площади.

Штриховые условные знаки (различный крап черного цвета) используют для изображения вещественного состава стратифицированных осадочных, вулканогенных, вулканогенно-осадочных и метаморфических образований. На рисунках 1 и 2 приведены условные обозначения наиболее распространенных литологических и петрографических типов пород, а также показаны возможные способы отображения вариаций их вещественного состава. Крап применяется для изображения неоднородных по составу стратифицированных образований и отдельных маркирующих горизонтов, пачек, слоев в тех случаях, когда геологические тела даны в масштабе карты. Маркирующие горизонты небольшой мощности, невыражаемые в масштабе карты, следует показывать цветными линиями.



МЕТАМОРФИЧЕСКИЕ ПОРОДЫ



ПРОЧИЕ УСЛОВНЫЕ ОБОЗНАЧЕНИЯ

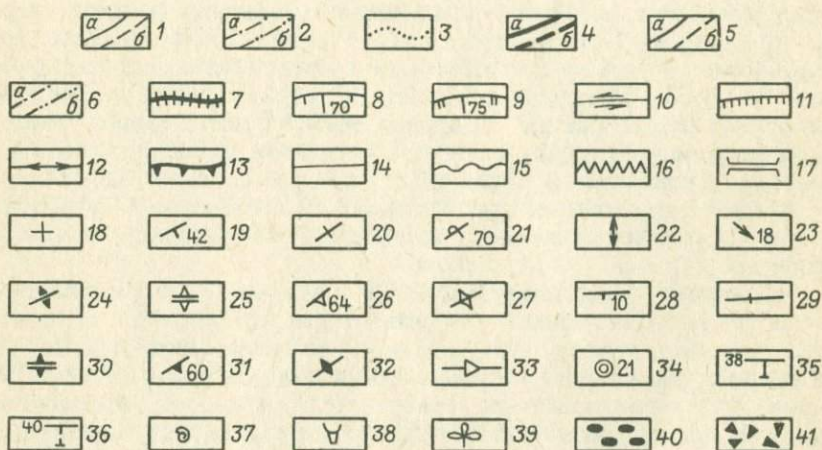


Рис. 2. Условные обозначения.

Метаморфические породы: 1—кристаллические сланцы; 2—амфиболиты; 3—гнейсы; 4—эклотиты; 5—кварциты; 6—мраморы; 7—сланцы эпидот-хлоритовые; 8—гранитоиды; 9—взбросы; 10—сдвиги; 11—надвиги; 12—раздвиги; 13—тектонические покровы (зубцы направлены внутрь аллоктона). *Обозначение взаимоотношений геологических подразделений на стратиграфических колонках:* 14—согласное залегание; 15—размыты, стратиграфические (параллельные) несогласия; 16—угловые несогласия; 17—неопределенные (тектонические контакты, ненаблюдавшиеся взаимоотношения). *Элементы залегания слоев:* 18—горизонтальные, 19—наклонные, 20—вертикальные, 21—опрокинутые. *Элементы прототектоники магматических пород:* 22—24—линейные структуры течения; 22—горизонтальные (0—9°), 23—наклонные (10—17°), 24—вертикальные (80—90°); 25—27—плоскостные структуры течения; 25—горизонтальные (0—9°), 26—наклонные, 27—вертикальные (80—90°); 28, 29—первичные трещины (28—наклонные, 29—вертикальные); 30—32—кристаллизационная сланцеватость (30—горизонтальная, 31—наклонная, 32—вертикальная); 33—ориентировка шарниров складок; 34—буровые скважины на карте; 35, 36—буровые скважины на разрезе (35—лежащие в плоскости разреза, 36—спроектированные на плоскость разреза); 37—места находок ископаемых остатков (37—беспозвоночных, 38—позвоночных, 39—листовой флоры); 40—тектонический меланж; 41—олистостром (осадочный меланж)

Обозначение интрузивных и нестратифицированных вулканогенных образований

Интрузивные и нестратифицированные (экструзивно-субвулканическая фация) вулканогенные образования обозначаются на карте цветом и индексом, а при необходимости также и крапом.

Цветовая раскраска используется для указания состава магматических пород. Каждой петрографической группе пород присваивается определенный цвет.

Группы пород	Нормальный ряд	Щелочной ряд
Кислые	Красный	Оранжевый
Средние	Темно-малиновый	Розово-оранжевый
Основные	Темно-зеленый	Травяно-зеленый
Ультраосновные	Темно-фиолетовый	Бледно-фиолетовый

Интрузивные породы близкого или одинакового состава, но разного возраста показываются различными оттенками соответствующего цвета, причем чем моложе породы, тем ярче должна быть раскраска.

Нестратифицированные вулканогенные образования экструзивно-субвулканической фации обозначаются цветом соответствующих по составу интрузивных пород, но отличаются от последних на геологических картах масштаба 1:50 000 индексом и черным крапом, соответствующим эффузивным или вулканокластическим породам (см. рис. 1), а на картах масштаба 1:200 000 — негативной (белой) штриховкой и индексом. Дайки и силлы, изображаемые вне масштаба, показываются соответствующими их составу цветными линиями. Дайки одной петрографической группы (например, аплиты, микрограниты, гранит-порфиры) воспроизводят на карте линиями одного цвета, а их состав и возраст показывают индексом. Гидротермальные (кварцевые, баритовые, кальцитовые и др.) жилы показываются черными линиями и сопровождаются индексами породообразующих минералов. Например, жила кварца — индекс q .

Индексы нестратифицированных магматических образований отражают вещественный состав, возраст, а также принадлежность этих тел к тому или иному комплексу и фазам внутри комплекса.

Вещественный состав магматических пород обозначается строчными буквами греческого алфавита, которые отвечают группе пород и для других обозначений не меняются.

Граниты	γ	(гамма)
Диориты	δ	(дельта)
Габбро	ν	(ни)
Пироксениты	υ	(ипсилон)
Перидотиты	}	σ (сигма)
Дуниты		
Анортозиты	ζ	(дзета)
Сиениты	ξ	(кси)
Фельдшпатоидные сиениты	η	(эта)

Промежуточный состав магматических пород индексируется двумя буквами, обозначающими группы пород (например, гранодиорит— $\gamma\delta$). Щелочной характер магматических пород отмечается добавлением слева к основному индексу буквы ϵ (эпсилон), например $\epsilon\gamma$ —щелочной гранит.

Характерные особенности вещественного состава магматических пород могут отражаться в индексе при помощи строчных букв латинского алфавита, помещенных слева от основного индекса. Примеры: аляскитовый гранит— $a\gamma$, лейкократовое габбро— lv .

Асхистовые дайковые, а также субвулканические и гипабиссальные породы, обладающие порфировой структурой, обозначаются буквой соответствующей группы интрузивных пород с добавлением справа буквы π (пи). Примеры: гранит-порфир— $\gamma\pi$, диоритовый порфирит— $\delta\pi$, габбро-порфирит— $v\pi$.

Асхистовые дайковые и субвулканические породы равномерной полнокристаллической структуры индексируются путем прибавления слева вверху к индексу, отражающему вещественный состав, буквы m . Примеры: микрогранит— $^m\gamma$, микродиорит— $^m\delta$ *

Диасхистовые дайковые породы обозначаются самостоятельными индексами: пегматиты и аплиты— ρ , лампрофиры и близкие к ним породы— χ .

Магматические образования разного состава (нерасчлененные) поясняются двумя буквами, отвечающими крайним группам пород, между которыми ставится знак дефис. Пример: интрузивы, включающие породы от гранитов до диоритов,— $\gamma-\delta$.

Возраст интрузивных и нестратифицированных вулканогенных пород дается теми же индексами, которыми показывается возраст стратифицированных образований. Возрастной индекс ставится справа от индекса, обозначающего вещественный состав пород. Примеры: γC_2 —среднекаменноугольные граниты; λK_1 —раннемеловые субвулканические риолиты.

Принадлежность магматических пород к определенному комплексу фиксируется одной или двумя латинскими строчными буквами (*курсив*), помещенными справа от символа возраста. При этом первая буква соответствует начальной букве в названии интрузивного комплекса, вторая буква, ближайшая согласная, используется только тогда, когда название еще одного интрузивного комплекса начинается с той же буквы. Примеры: $\gamma\delta C_1 b$ —раннекаменноугольные гранодиориты балхашского комплекса; $\sigma C_2 bl$ —среднекаменноугольные ультрамафиты булумбайского комплекса.

Последовательность интрузивных фаз в одном интрузивном комплексе обозначается арабской цифрой (определяющей после-

* На картах масштаба 1:200 000 субвулканические породы обозначаются греческой буквой, соответствующей составу породы с прибавлением слева буквы μ . Пример: $\mu\lambda$ —субвулканический риолит.

довательность данной фазы), которая помещается справа внизу от символа вещественного состава. Пример: $\gamma_4 C_2 - 3S$ — граниты четвертой фазы средне-позднекаменноугольного мезиногорского комплекса. Порядок нумерации — от ранних к поздним.

Для изображения петрографической неоднородности интрузивных массивов используется черный крап. Главные петрографические типы интрузивных пород показываются специальными знаками (см. рис. 1). Для обозначения пород промежуточного состава используются комбинации элементарных знаков или усложнение их формы.

Обозначение метаморфических пород

Породы регионального метаморфизма фиксируются аналогично стратифицированным образованиям: цветом и индексом показывается возраст соответственно их стратиграфическому положению. Для отображения вещественного состава метаморфических пород используются специальные штриховые знаки (крап) черного цвета (см. рис. 2).

Нестратифицированные ультраметаморфические кристаллические породы и метаморфические ортопороды обозначаются тем же способом, что и магматические образования: цвет отражает состав, а индекс — состав, возраст и принадлежность к тому или иному комплексу. Пример: mAR_{pr} — мигматиты призовского комплекса архея.

Нестратифицированные подразделения, представленные мигматитами (мигматизированными породами), породами контактового метаморфизма, тектонитами, диафторитами, метасоматитами (гидротермалитами) и метасоматически (гидротермально) измененными породами, даются цветными знаками, поверх закраски и крапа исходных пород. Степень изменения пород может быть показана густотой знаков.

Прочие обозначения

Примеры прочих обозначений приводятся на рис. 2. Так, границы между разновозрастными геологическими образованиями (стратиграфические, интрузивные, метаморфические) показываются тонкой черной сплошной линией (достоверные), пунктирной линией (предполагаемые) и пунктирной линией с точками (под покровом более молодых образований). Фациальные границы обозначаются точечной линией.

Разрывные нарушения показываются черной жирной сплошной линией (достоверные), штриховой (предполагаемые) и пунктирной линией с точками (скрытые под более молодыми образованиями). Различные по геологической значимости (размерам) разрывные нарушения обозначаются линиями разной толщины.

Типы разрывных нарушений показываются при помощи стрелок (сбросы, взбросы, сдвиги), бергштрихов (надвиги) и зубцов (покровы). Цифрами, расположенными рядом с ними, указывается угол наклона сместителя. Знаками черного цвета даются элементы залегания слоев, элементы прототектоники магматических пород, залегание поверхностей кливажа и сланцеватости.

На геологическую карту наносятся только места главнейших палеонтологических находок и скважин, имеющих важное значение для характеристики геологического строения.

Компоновка условных знаков

Все знаки, использованные на геологической карте, должны строго соответствовать условным обозначениям (легенде), которые помещаются справа от карты. Они располагаются в следующем порядке:

а) стратиграфические подразделения (в том числе вулканогенные и метаморфогенные образования), начиная с более молодых, затем обозначения интрузивных и жильных пород, также начиная с более молодых;

б) знаки маркирующих горизонтов, контактовых и других измененных пород;

в) крапы вещественного состава пород;

г) все прочие обозначения, изображенные на карте условными знаками.

Индексы геологических образований, имеющиеся на карте и разрезах, должны быть указаны и объяснены в условных обозначениях. Закраска условных знаков должна точно отображать цвет соответствующих геологических образований на карте. Текст к стратиграфическим подразделениям должен быть предельно кратким. Слева под фигурной скобкой указывают названия систем и отделов, справа—более мелкие общие, затем—региональные и местные подразделения и после них—кратко вещественный состав. Сокращений слов в тексте условных обозначений не допускается.

ПРАВИЛА ОФОРМЛЕНИЯ ГЕОЛОГИЧЕСКИХ КАРТ, СТРАТИГРАФИЧЕСКИХ КОЛОНОК И ГЕОЛОГИЧЕСКИХ РАЗРЕЗОВ

Оформление геологических карт, стратиграфических колонок и геологических разрезов производится в соответствии с инструкциями.

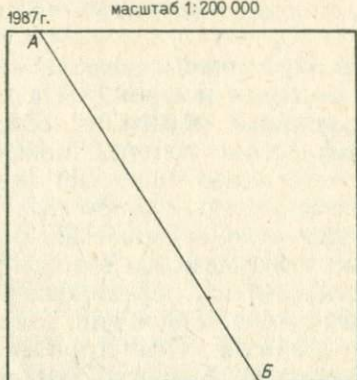
Следует отметить, что раскраска геологических подразделений на картах подбирается так, чтобы все выделенные контуры легко различались между собой по цвету, при этом интенсивность наиболее темных оттенков любого цвета должна быть такой, чтобы под ней свободно читались элементы топографии и другие условные знаки.

ГЕОЛОГИЧЕСКАЯ КАРТА
Северного Кавказа
(междуречье Кыфара и Аксаута)
масштаб 1:200 000

Условные
обозначения

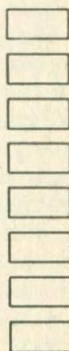
Стратиграфическая колонка

Система	Отдел	Ярус	Индекс	Мощность, м	Характеристика пород



Автор: Попов В.В.

1:200 000
в 1 см — 2 км
0 2 4 км
Сечение горизонталей 40 м



*Относительно
разрез по линии А-Б
стр. 352*



Рис. 3. Образец зарамочного оформления геологической карты

Индексы геологических подразделений наносят черной тушью четко и ясно на каждую площадь выхода того или иного образования, выделенного на карте, в разрезе и условных обозначениях. В том случае, если эта площадь мала или имеет форму узкой полосы, индексы выносят черточкой-указателем на соседние площади.

Технически допустимыми размерами контуров, изображаемых на карте, принимаются: для линейных контуров — полоски шириной не менее 1 мм, для изометричных — не менее 2 мм². Допускается обобщенное изображение нескольких мелких близко расположенных контуров с учетом характера и формы залегания тел (линзы, трещинные интрузии и т. д.). Геологические образования, не имеющие выражения в масштабе карты, но имеющие особое значение для понимания геологического строения района или оценки его перспектив на полезные ископаемые, показываются вне масштаба.

Зарамочное оформление геологической карты включает в себя следующие элементы: заголовок, год составления карты, авторов, сведения о масштабе, условные обозначения, стратиграфическую колонку, геологические разрезы (рис. 3).

На каждом листе карты над его северной рамкой посередине помещается название карты, включающее географическое наименование района и численный масштаб карты.

Слева над северной рамкой указывается год составления карты.

Под нижней (южной) рамкой карты слева помещаются инициалы и фамилии авторов; посередине — численный и линейный горизонтальный масштабы, сечение горизонталей.

Стратиграфическая колонка помещается слева от карты. Если район охватывает несколько формационных зон, существенно различающихся по набору геологических образований, то стратиграфические колонки составляются для каждой зоны. В такой колонке показываются в возрастной последовательности все дочетвертичные стратифицированные отложения, как обнажающиеся на изученной площади, так и вскрытые скважинами и горными выработками. Она строится по максимальным мощностям отложений. Масштаб колонки устанавливается из расчета, чтобы длина ее примерно соответствовала длине вертикальной рамки карты.

Если из-за большой мощности одного или нескольких стратиграфических подразделений длина колонки резко увеличивается, то допускается делать «разрывы» (не более трех на колонку) внутри литологически однородных слоев. Эти «разрывы» изображаются двойной (с промежутком 1—2 мм) волнистой линией.

При резко различной мощности отдельных частей разреза (например, мезозоя и палеозоя) разрешается составлять для них стратиграфические колонки в разных масштабах, указав это в примечании, помещенном под колонкой. В этом случае верхняя и нижняя части колонки помещаются через 5 мм.

Условия залегания разновозрастных отложений в стратиграфической колонке показываются знаками согласно рис. 2. В случае местного размыва знак трансгрессивного залегания наносится в колонке только на половину ее ширины. Если взаимоотношения стратиграфических подразделений не ясны, то на колонке между ними дается пробел 4 мм, ограниченный двумя параллельными линиями, внутри которых ставится вопросительный знак, а справа в графе «Характеристика пород» указывается: «взаимоотношения неясны».

Литологический состав отложений в колонке изображается горизонтально расположенными штриховыми условными знаками (см. рис. 1, 2). Нижняя часть колонки ограничивается сплошной черной линией.

✓ Четвертичные отложения в колонке не показываются.

В вертикальных столбцах слева от колонки подписываются стратиграфические подразделения единой шкалы от системы до яруса включительно и индексы всех подразделений, выделенных на колонке. Здесь же, в случае необходимости, могут быть показаны местные названия докембрийских стратиграфических

подразделений высшего ранга. Справа от колонки размещается графа, в которой отмечаются мощности отложений (в метрах) и пределы их колебаний. За ней следует графа «Характеристика пород», где приводятся названия подъярусов и подотделов палеогеновой и неогеновой системы, местных (региональных), а при необходимости также вспомогательных стратиграфических подразделений. Затем дается краткое литологическое и петрографическое описание каждого выделенного стратиграфического подразделения с указанием приуроченных к нему полезных ископаемых, остатков важнейшей ископаемой флоры и фауны.

Геологическая карта обязательно сопровождается геологическими разрезами, которые должны наглядно воспроизводить условия залегания геологических тел, общие особенности строения выделенных в его пределах структурных зон.

Геологические разрезы помещают внизу под южной рамкой карты. Они наносятся на карту тонкими черными линиями от рамки до рамки карты вкрест простирания геологических образований. Линия разреза может быть прямой или ломаной, желательна с минимальным числом точек излома. На концах линии разреза и в точках ее излома ставят прописные буквы русского алфавита (разные). Разрезы размещают так, чтобы слева находились западные, северо-западные, юго-западные и южные, а справа — восточные, северо-восточные, юго-восточные и северные концы разреза. Для каждого разреза выше его, посередине должна быть надпись «Разрез по линии А—Б».

Горизонтальный масштаб разреза должен соответствовать масштабу карты. Увеличение вертикального масштаба допустимо только для районов с горизонтальным или пологим залеганием пород. Для частей района, различающихся степенью дислоцированности, могут быть составлены разрезы с разными вертикальными масштабами. В пункте смены масштаба на линии разреза делается разрыв шириной 0,5 мм. Каждый разрез слева и справа ограничивается шкалой линейного вертикального масштаба с делениями через 0,5 см, цифрами через 1 см и единицей измерения. Шкалы высот должны быть не меньше, чем ширина отложений, показанных на разрезе. Над шкалами вертикального масштаба помещаются буквенные обозначения, привязывающие разрез к карте. На каждом разрезе также должны быть показаны гипсометрический профиль местности и линия уровня моря (если 0 попадает на шкалу высот).

Названия географических ориентиров (рек, озер, населенных пунктов, вершин гор), через которые проходит линия разреза, выносятся над гипсометрическим профилем. Положение орографических, гидрографических ориентиров и геологических границ на разрезе должно точно соответствовать положению их на карте.

Геологические разрезы составляются, раскрашиваются и индексируются в полном соответствии с геологической картой и увязываются с ней по контурам, краскам, крапам, индексам. При малой мощности отложений отдельных стратиграфических

подразделений допускается объединение их в одно подразделение, которое можно отразить в масштабе разреза, с обязательным вынесением в легенду карты соответствующих дополнительных обозначений и указанием «только на разрезах».

Четвертичные отложения фиксируются на разрезе, когда их мощность может быть отображена в масштабе разреза либо когда они имеют особое значение; в последнем случае их изображение дается в несколько увеличенном масштабе. Маломощные дайки и маркирующие горизонты, не выражающиеся в масштабе разреза, показываются цветными внесмаштабными линиями.

Для лучшего изображения геологических структур на разрезах можно давать штриховыми линиями предполагаемое продолжение геологических границ выше дневной поверхности, а также на глубине. При необходимости на разрезе тонкими черными линиями может быть отмечена более мелкая складчатость толщ, не выраженная на карте.

Геологические структуры, имеющие собственное название, должны быть подписаны. Буровые скважины показываются на разрезах черными сплошными линиями, если они попадают на линию разреза или располагаются вблизи от нее, либо штриховыми линиями при проектировании их на плоскость разреза. Забой скважины ограничивается короткой горизонтальной линией в виде подсежки (см. рис. 2).

Под разрезами посередине указывают их горизонтальный и вертикальный масштабы.

Министерством геологии СССР и ВСЕГЕИ в 1986 г. опубликованы (2-е изд.) типовые условные обозначения для карт разного геологического содержания, обязательные при составлении Госгеолкарты СССР масштаба 1:1 000 000 (новая серия), а также рекомендованные для карт масштабов 1:1 500 000 и 1:500 000. В типовых условных обозначениях рассмотрены принципы построения легенды, правила индексации геологических образований, приведены основные типовые условные знаки и пример оформления условных обозначений.

Начиная* с 1987 г. правила построения условных обозначений и стратиграфических колонок к геологическим картам масштаба 1:50 000 претерпели значительные изменения. Рассмотрим, в чем они заключаются.

В условных обозначениях все стратифицированные и нестратифицированные (интрузивные, жерловые, субвулканические и метаморфогенные) подразделения располагаются в возрастной последовательности в виде двух рядов вертикальных знаков. В левом ряду изображаются знаки стратифицированных образований местной и вспомогательной стратиграфических шкал (свиты, подсвиты, толщи, пачки и др.), в правом — знаки нестратифицированных подразделений. Место последних опре-

* Дальнейший текст раздела составлен М. К. Бахтеевым.

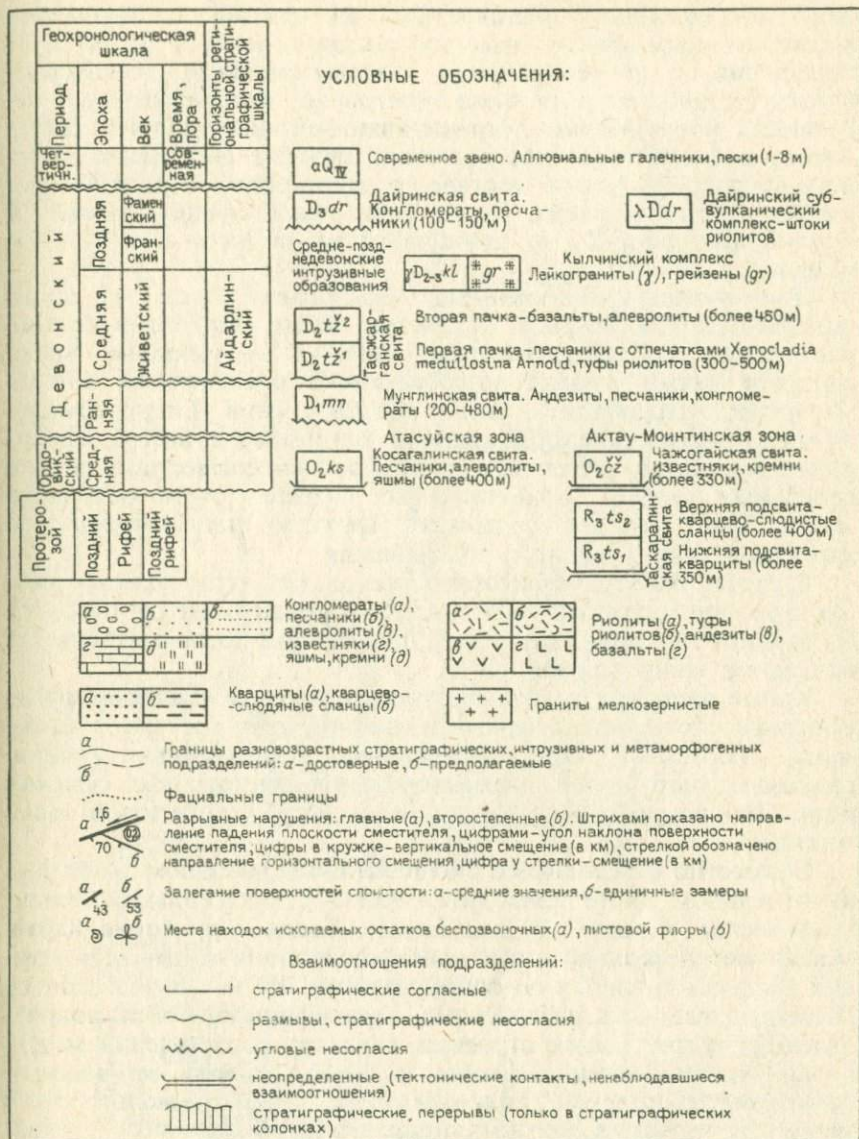


Рис. 4. Пример условных обозначений к геологической карте масштаба 1:50 000

деляется положением в общей геохронологической шкале. Слева от знаков подразделений в табличной форме приводится необходимая часть геохронологической и региональной стратиграфической шкал (рис. 4).

Условные знаки свит и толщ, расчлененных на более дробные стратифицированные подразделения, изображаются в

виде микроколонок, составленных из слитно, по вертикали расположенных прямоугольников подсвет, пачек и др. Взаимоотношения с нижележащими подразделениями (согласные, стратиграфические и угловые несогласия, неопределенные) передаются формой линии, ограничивающей микроколонку снизу. Текстовая характеристика включает краткие сведения о литолого-петрографическом составе и мощностях стратифицированного подразделения. Если оно представлено слоями с фауной или флорой, то приводится их родовое или видовое название.

Для нестратифицированных образований слева от знака указывается его возраст и генезис. Если они более подробно расчленены (на подкомплексы, фазы), то условные знаки строятся также в виде микроколонок, аналогичных микроколонкам стратифицированных подразделений. Гидротермально-метасоматические образования, связанные с нестратифицированными подразделениями, показываются совместно с ними в отдельных графах, расположенных правее графы основного знака. Текст должен содержать краткую петрографическую характеристику условного обозначения.

В случае охвата территорией нескольких структурно-формационных зон для каждого возрастного уровня легенда строится по зональному принципу — т. е. для каждой зоны составляется отдельная микроколонка.

Кроме цветowych условных знаков в легенду входят и другие условные обозначения: черный и цветной крап состава, а также знаки тектонитов, кор выветривания, геологических границ, разрывных нарушений, элементов залегания, буровых скважин и др. Они размещаются справа (или снизу) от цветовой части легенды.

Совместно с условными обозначениями на одном листе или на отдельном листе приводится одна (или несколько) стратиграфическая колонка. В том случае, когда территория карты охватывает несколько структурно-формационных зон, для каждой зоны составляется по одной колонке. На ней показываются последовательность выделенных стратифицированных подразделений, их внутреннее строение, характер соотношений между ними, местоположение флоры и фауны. Слева от колонки помещаются индексы подразделений, справа — мощности в метрах и названия местных подразделений. Колонка раскрашивается в цвета, использованные на геологической карте и в легенде.

При наличии нескольких колонок между ними проводятся корреляционные линии, показывающие, каким образом сопоставляются стратиграфические подразделения различных структурно-формационных зон. Слева от колонок помещается таблица общих и региональных стратифицированных подразделений, с которой пунктирными линиями сопоставляются местные и вспомогательные стратифицированные подразделе-

СТРАТИГРАФИЧЕСКИЕ КОЛОНКИ

Атасуйская зона

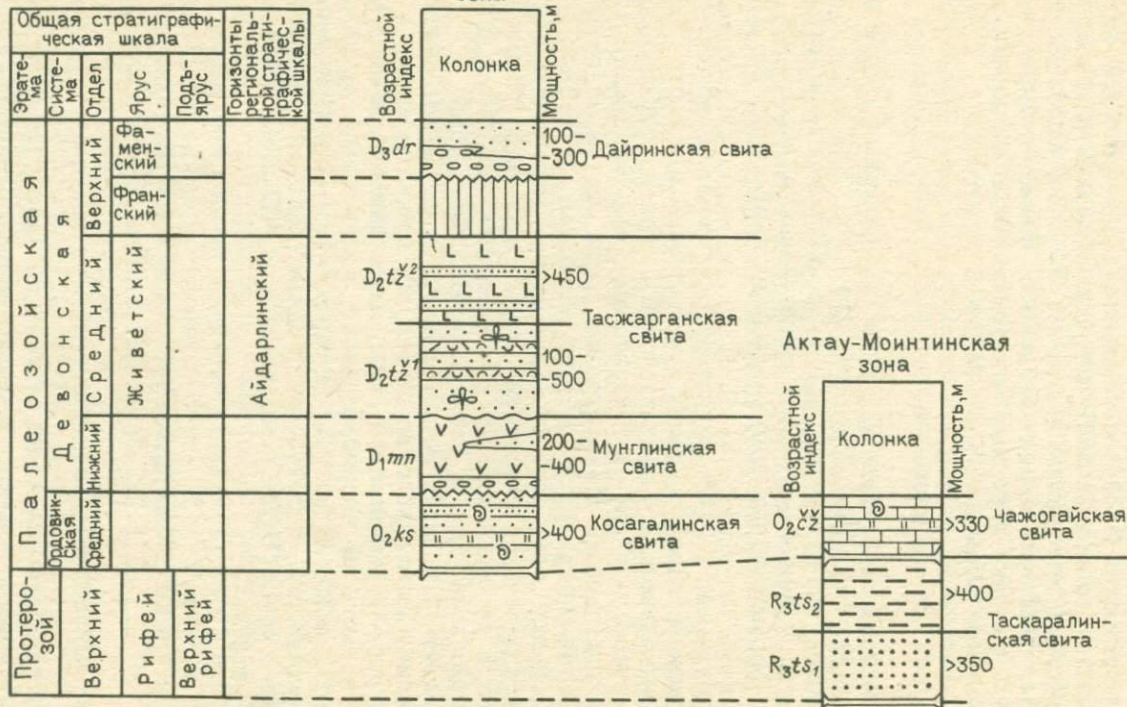


Рис. 5. Пример стратиграфических колонок к геологической карте масштаба 1:50 000

ния, изображенные на каждой колонке (рис: 5.). Вертикальный масштаб колонок выбирается таким образом, чтобы можно было отобразить основные особенности внутреннего строения каждого подразделения, при этом учитываются их максимальные мощности. В случае значительных мощностей стратифицированных подразделений допустимо делать разрывы внутри однородных интервалов (не более 2—3 на колонку), изображаемые двойной волнистой линией. Также разрешается составлять колонку в разных масштабах, если мощности отдельных частей разреза имеют сильный контраст.

Задание 1. Составить условные обозначения к одной из карт атласа №: 16н, 19н, 23н, 24н, 25н, 29н, 30н.

Задание 2. Составить условные обозначения и стратиграфические колонки (с учетом существования нескольких структурно-формационных зон) к одной из карт атласа №: 22н, 26н, 28н.

Пояснения. При составлении условных обозначений и стратиграфических колонок учесть необходимость перевода стратиграфических подразделений общей шкалы (ярусы, подъярусы) в подразделения вспомогательной шкалы (толщи, подтолщи, пачки). Наименование толщ дается по одной-двум преобладающим в ее составе породам. В индексе толщи используется одна-две строчные буквы латинского алфавита, соответствующие начальным буквам названия толщи. Выделяемые в ее составе пачки обозначаются арабскими цифрами, помещаемыми справа вверху от индекса толщи.

Пример. На карте № 22н масштаба 1:100 000 выделяются отложения фаменского яруса (D_3fm), представленные в одной структурно-формационной зоне известняками, а в другой — известковистыми алевролитами и глинистыми известняками. При составлении легенды и стратиграфических колонок для карт масштаба 1:50 000 необходимо заменить название фаменского яруса (D_3fm) на известняковую (D_3c) и алевролитовую (D_3a) толщи.

ГОРИЗОНТАЛЬНОЕ ЗАЛЕГАНИЕ

ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ

Горизонтальное залегание слоев характеризуется отсутствием у них наклона или очень незначительным наклоном, выражающимся обычно в метрах на километр. Такие незаметные наклоны (не более $1—2^\circ$) могут возникать во время осадконакопления в связи с неровностями морского дна или в результате изменения мощности пород как в процессе осадконакопления, так и при диагенезе.

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

На геологической карте с рельефом, изображенным с помощью горизонталей, границы между слоями располагаются между горизонталями, не пересекая их, либо в частных случаях совпадают с ними. При горизонтальном залегании слоистых серий каждый нижележащий слой является более древним, чем перекрывающий, поэтому соотношения разновозрастных слоев с элементами рельефа характеризуются расположением наиболее древних из них в понижениях рельефа, а наиболее молодых на возвышенностях (водоразделах).

При чтении геологических карт, на топографической основе которых изогипсы отсутствуют, горизонтальное залегание устанавливается лишь предположительно. При достаточно расчлененном рельефе (например, овражный рельеф) и мощности слоев меньшей относительных превышений местности геологические границы на карте будут повторять очертания элементов рельефа, выполняя в сущности роль горизонталей. В случае, когда мощность пород превосходит относительные превышения местности, подошва выходящего на поверхность слоя может оказаться ниже тальвегов долин, и тогда даже при расчлененном рельефе один и тот же горизонтально залегающий слой распространяется на большом пространстве. При значительно выровненном рельефе широкое развитие на поверхности может иметь слой даже небольшой мощности.

Истинная мощность горизонтально залегающего слоя определяется как разность отметок его кровли и подошвы.

ЛАБОРАТОРНЫЕ РАБОТЫ

Задание 1. Построение стратиграфической колонки и геологического разреза по карте с горизонтальным залеганием слоев.

На карте масштаба 1:10 000 (рис. 6) изображен район с горизонтально залегающими породами каменноугольной, юрской и меловой систем. Строение рельефа на карте передано с помощью горизонталей сечением через 25 м. Условные знаки в виде штриховки, крапа и индексов отражают возраст пород.

Необходимо выполнить следующее:

- 1) вычислить мощности слоев;
- 2) построить стратиграфическую колонку отложений;
- 3) построить геологический разрез через высоту 270 м в широтном направлении.

Пояснения. Высотные отметки геологических границ, необходимые для определения мощности слоев, находятся по карте путем интерполяции высотных отметок горизонталей местности. Следует учитывать, что подошва среднего

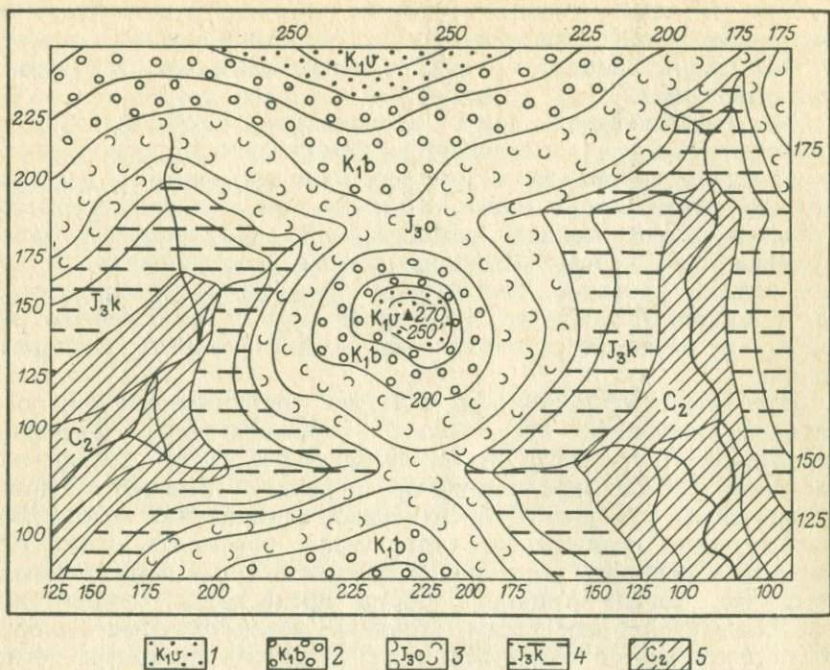


Рис. 6. Геологическая карта. Масштаб 1:10 000.

1 — нижний отдел меловой системы, валанжинский ярус, кварцевые пески; 2 — нижний отдел меловой системы берриаский ярус, конгломераты; 3 — верхний отдел юрской системы, оксфордский ярус, глины песчаные; 4 — верхний отдел юрской системы, келловейский ярус, глины слоистые; 5 — средний отдел каменноугольной системы, известняки

карбона не обнажена, а кровля валанжинского яруса нижнего мела размыта. Поэтому для данных стратифицированных подразделений может быть определена только неполная мощность.

Рассматривая стратиграфическую последовательность изображенных слоев, следует установить положение стратиграфических несогласий по выпадению из разреза отдельных горизонтов и изобразить их в стратиграфической колонке в виде волнистых линий.

Необходимо помнить, что для построения геологического разреза горизонтально залегающих слоев вертикальный масштаб его подбирают так, чтобы слой с минимальной мощностью изображался на разрезе полосой толщиной не менее 1 мм. Горизонтальный масштаб разреза обычно соответствует масштабу карты. Условные обозначения на разрезе должны отвечать таковым на карте. Все геологические границы на разрезах (согласные, несогласные и др.) изображаются в виде сплошных тонких линий черного цвета.

Задание 2. Для района р. Даут установлено горизонтальное залегание слоев (рис. 7). Масштаб топографической карты этого района 1:25 000. Сечение рельефа горизонталями через 10 м.

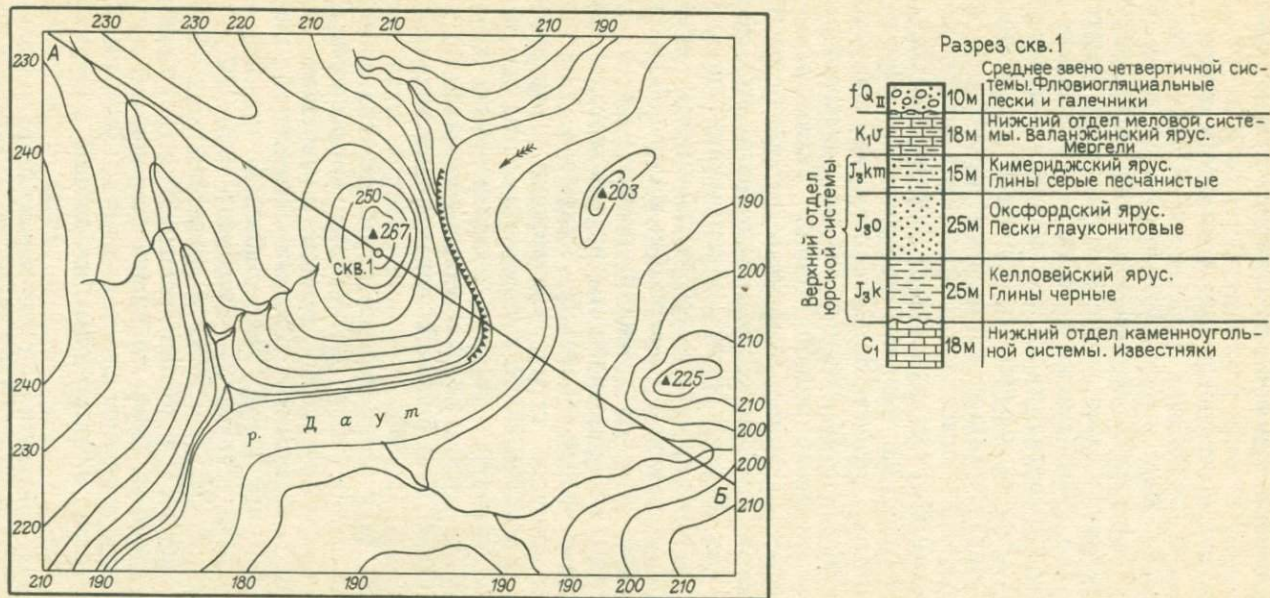


Рис. 7. Топографическая карта района р. Даут масштаба 1:25 000 и разрез буровой скв. 1

Необходимо выполнить следующее:

1) составить геологическую карту района р. Даут в масштабе 1:25 000 по данным буровой скв. 1, разрез которой приведен на рис. 7;

2) построить геологический разрез по карте в северо-западном направлении по линии А—Б.

Пояснения. Используя высотную отметку устья скважины, равную 265 м (определяемую по ее положению на карте с горизонталями), и мощности слоев, вычисляют высотные отметки геологических границ. Эти отметки находятся как разность отметки устья скважины и соответствующего значения мощности стратифицированных подразделений. При наличии этих данных, найдя соответствующие пункты на карте, легко провести нужные границы, которые могут совпадать с горизонталями или располагаться между ними. На участках карты с изображением обрывов слоев указываются полосками шириной не менее 1 мм. При изображении аллювиальных отложений необходимо учитывать их общий наклон в сторону течения реки, приблизительно соответствующий продольному профилю речной долины. Таким образом, при горизонтальном залегании коренных пород аллювиальные отложения по мере продвижения от истоков к устью реки будут перекрывать все более древние подстилающие породы.

При составлении геологической карты отметку поверхности аллювиальных отложений у северной и восточной рамок карты принять равной 185 м и у южной рамки — 180 м.

При построении геологического разреза следует правильно выбрать вертикальный масштаб. Учитывая, что мощность самого маломощного стратиграфического подразделения (в данном случае аллювиальных отложений) составляет 10 м и что минимальная ширина объекта, изображенного на разрезе, должна быть не менее 1 мм, получаем вертикальный масштаб разреза 1:10 000. Для большей наглядности масштаб можно принять равным 1:5 000.

Задание 3. Дана геологическая карта участка правобережья р. Дон в масштабе 1:500 000 (рис. 8). Топооснова на карте передана путем изображений речной и овражной сети (без горизонталей). Мощности стратиграфических подразделений, указанных на карте, следующие: 1—неоген (в морских фациях—N)—30 м; 2—олигоцен (P_3)—80 м; 3—палеоцен и эоцен (P_{1+2})—50 м; 4—верхний мел (K_2)—60 м; 5—нижний мел (K_1) у южной рамки 30 м, у северной 80 м. Наиболее древними здесь являются породы верхнего девона (6). На карте нанесены стратоизогипсы (7)—линии равных высот по подошве нижнемеловых отложений с сечением через 10 м.

Необходимо: построить геологический разрез по линии А—Б; подобрать горизонтальный масштаб разреза; вычислить высотные отметки поверхности рельефа, исходя из мощностей пород и высотных отметок подошвы нижнего мела.

Пояснения. Вертикальный масштаб следует подобрать с учетом минимальной мощности стратифицированных подразделений (см. задание 2). Далее, на разрезе, начиная от отметки 130 м, откладывают мощности всех стратифицированных подразделений в виде параллельных линий. Затем находят точки пересечения геологических границ с линией разреза и с помощью измерителя или полоски бумаги переносят их на разрез. После этого проектируют найденные на разрезе точки на соответствующие стратифицированные подразделения и проводят кривую рельефа. Подошву нижнемеловых отложений, имеющих неодинаковую мощность, строят по отметкам стратоизогипс; ниже этой подошвы указывают отложения верхнего девона.

Морские неогеновые толщи имеют ингрессивное залегание, располагаясь в долине р. Дон, на самых низких гипсометрических отметках рельефа. Они со стратиграфическим несогласием перекрывают породы нижнего мела и верхнего девона.

На концах разреза указывают вертикальный масштаб; возраст отложений обозначается индексами.

Задание 4. Построить разрез по геологической карте № 2с (или № 2н), имеющей масштаб 1:200 000. На картах, на которых рельеф изображен с помощью горизонталей, присутствуют четыре комплекса пород. Наиболее древний из них (девонский) полого наклонен к юго-востоку. По кровле задонского горизонта даны стратоизогипсы, т. е. линии равных высот, подтверждающие наклон девонских отложений. Следующий комплекс сложен юрскими и меловыми отложениями, залегающими несогласно на девонских и также наклоненных к юго-востоку, но под меньшим, очень незначительным углом. Неогеновые отложения располагаются ингрессивно только в пределах долины р. Ужурдь, и самый молодой комплекс сложен аллювиальными отложениями. На карте указаны колонки буровых скважин.

Пояснения. Разрез построить через всю карту от северной до южной рамки в масштабе 1:5 000. Желательно — через одну-две буровые скважины. Колонки последних, если они не пересекаются

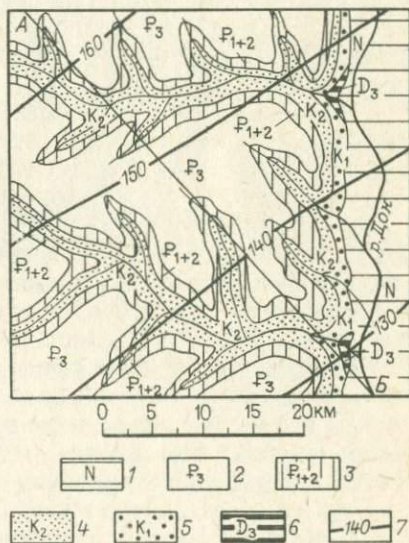


Рис. 8. Геологическая карта участка правобережья р. Дон.

Обозначения общепринятые, объяснения в тексте

линией разреза, но расположены вблизи него, могут быть перенесены на разрез параллельно стратоизогипсам.

Порядок построения разреза следующий: а) построить линию разреза рельефа; б) перенести на линию разреза данные колонок буровых скважин; в) перенести на линию разреза все пункты его пересечения с геологическими границами; г) перенести на разрез положение и высотные отметки стратоизогипс кровли задонского горизонта; д) построить геологические границы на разрезе; при изображении девонских отложений границы их распространения под подошвой юрских пород показать путем деления расстояний пополам между выходами на поверхность разновозрастных стратифицированных подразделений; е) при изображении четвертичных отложений обратить внимание на данные буровых колонок и учесть, что они подстилаются породами неогена; ж) указать вертикальный масштаб разреза и оформить в соответствии с правилами.

Для лабораторных и самостоятельных работ могут быть также использованы карты атласов № 1с и 1н.

НАКЛОННОЕ ЗАЛЕГАНИЕ

ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ

При наклонном залегании направление падения слоев выдерживается на больших пространствах. Угол падения может меняться в широких пределах: от минут и $1-2^\circ$ до десятков градусов. Изменения угла падения могут присутствовать в одних и тех же слоях.

Такое залегание наблюдается, например, в верхнеюрских, меловых и палеогеновых отложениях Крыма и Северного Кавказа, где толщи повсеместно наклонены на северо-восток с углами падения, достигающими 30° и более; на обширной площади, расположенной к западу и северо-западу от Москвы, в пределах которой наклон девонских и каменноугольных отложений в северо-восточном направлении настолько незначителен, что выражается в первых метрах на 1 км. С моноклинальным залеганием мы встречаемся при изучении складок и флексур.

В настоящем разделе приведены приемы решения задач при наклоне слоев с углами более $1-2^\circ$.

При наклонном залегании для определения положения слоев в пространстве пользуются элементами залегания слоя: линией простираения, линией падения и углом падения.

Линия простираения—это линия пересечения кровли или подошвы слоя с горизонтальной плоскостью, т. е. это любая горизонтальная линия на поверхности напластования. На поверхности слоя можно провести большое количество линий простираения (ab ; a_1b_1 ; a_2b_2 на рис. 9).

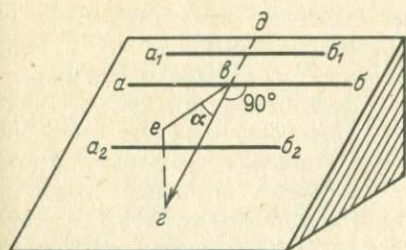


Рис. 9. Элементы залегания слоя:
ab, a₁b₁, a₂b₂ — линии простирания; *vd* — линия падения; *ve* — проекция линии падения на горизонтальную плоскость; α — угол падения; *vd* — линия восстания

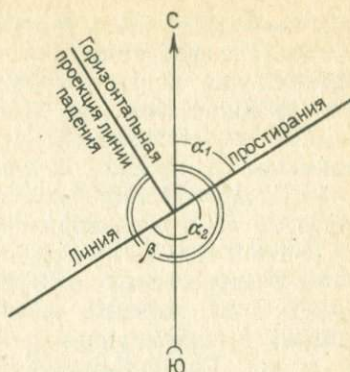


Рис. 10. Соотношение элементов залегания слоя в плане:
 α_1, α_2 — азимуты линии простирания; β — азимут линии падения

Линия падения — это линия, перпендикулярная к линии простирания, лежащая на плоскости наложения и ориентированная в сторону его наклона (*vd* на рис. 9). Она указывает направление максимального наклона слоя к горизонту; *vd* — линия восстания слоя.

Угол падения — это угол, заключенный между линией падения (*vd*) и ее проекцией (*ve*) на горизонтальную плоскость (угол α на рис. 9). Он не может быть больше 90° .

Положение линии простирания в пространстве определяется ее азимутом, а линии падения — азимутом и углом падения.

Азимут простирания — это правый векториальный угол между северным направлением истинного меридиана и линией простирания. Так как линия простирания имеет два противоположных направления, то азимут простирания может быть выражен двумя значениями, отличающимися на 180° (α_1 и α_2 на рис. 10).

Азимут падения — это правый векториальный угол между северным направлением истинного меридиана и проекцией линии падения на горизонтальную плоскость (β на рис. 10). Азимут падения слоя отличается на 90° от азимута линии простирания*.

ЛАБОРАТОРНЫЕ РАБОТЫ

Задание 1. Определение элементов залегания слоя по двум видимым залеганиям пород.

В тех случаях, когда замер истинных элементов залегания слоя непосредственно на его поверхности выполнить нельзя, измерения производят по двум смежным вертикальным стен-

* Устройство горного компаса и замеры с его помощью элементов залегания слоя изложены в книге А. Е. Михайлова «Структурная геология и геологическое картирование» (1984).

кам; ими могут быть стенки шурфа, карьера, берегового обрыва и т. п., где наблюдаются видимые элементы залегания слоя. Определение истинных элементов залегания слоя осуществляется графическим или аналитическим способом.

Следует определить истинные элементы залегания слоя по видимым в стенках шурфа: по направлению $a_1 = \text{ЮЗ } 260^\circ$, $\varepsilon_1 = 35^\circ$; $a_2 = \text{СЗ } 350^\circ$, $\varepsilon_2 = 50^\circ$ (где a_1 и a_2 — видимые азимуты падения, ε_1 и ε_2 — видимые углы падения в стенках шурфа).

Пояснения. Определение графическим способом. В двух стенках шурфа (рис. 11, а) видны выходы слоя (АВ и АВ), где горным компасом замеры видимые азимуты падения в направлении a_1 и a_2 , а также видимые углы падения (ε_1 и ε_2). Горизонтальная плоскость, проведенная мысленно, пересекает слой в стенках шурфа в точках В и В. Прямая ВВ, соединяющая две точки слоя, лежащие в горизонтальной плоскости, является его линией простирания; АГ — линия падения слоя; ОГ — проекция линии падения на горизонтальную плоскость; АГО — истинный угол падения (α).

Для замеров истинных элементов залегания необходимо выполнить построение на листе бумаги, как бы мысленно разрезав шурф по линии АО и разложив полученные треугольники на горизонтальной плоскости.

На листе бумаги (рис. 11, б) проводим линию меридиана СЮ и из условно выбранной точки О при помощи транспортира или компаса проводим линии, соответствующие направлениям падений слоя, измеренные в стенках шурфа ($\alpha_1 = \text{ЮЗ } 250^\circ$ и $\alpha_2 = \text{СЗ } 350^\circ$). Затем из точки О проводим к каждой из этих линий перпендикуляры произвольной, но одинаковой длины — ОА и ОА₁ (например, 5 см). В точках А и А₁ строим углы, дополнительные к соответствующим видимым углам падений: $90^\circ - \varepsilon_1$ или $90^\circ - 35^\circ = 55^\circ$ и $90^\circ - \varepsilon_2$ или $90^\circ - 50^\circ = 40^\circ$. Из точек А и А₁ проводим стороны дополнительных углов до

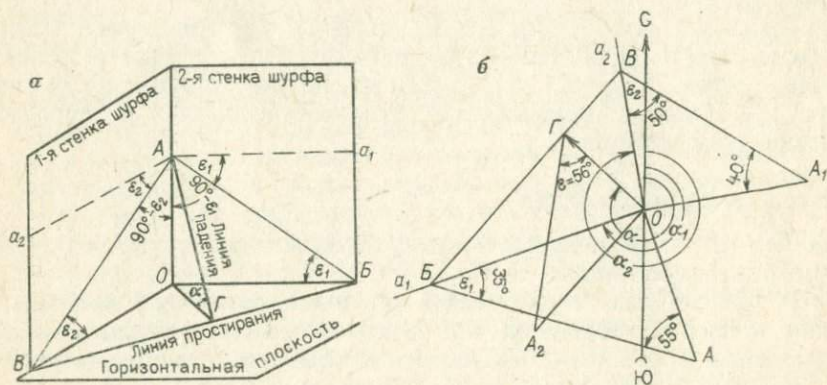


Рис. 11. Графический способ определения элементов залегания слоя по двум видимым падениям в стенках шурфа:

а — изображение в стенках шурфа; б — построение на горизонтальной плоскости (другие пояснения в тексте)

пересечения с направлениями видимых падений a_1 и a_2 . Получаем точки B и B . Линия BB , соединяющая эти точки, является линией простирания. Перпендикуляр OG , опущенный из точки O на линию BB , соответствует направлению истинного падения слоя. Замерив при помощи транспортира или компаса, получаем азимут истинного падения α , равный $СЗ\ 312^\circ$.

Для определения угла падения из точки O проводим к линии OG перпендикуляр $OA_2 = OA_1 = OA$. Точку A_2 соединяем прямой с точкой G . Угол OGA_2 — угол истинного падения слоя ϵ , равный 56° .

Этот угол всегда больше каждого из углов видимого падения или равен большему из них. Азимут простирания можно также измерить либо получить из азимута падения, прибавив или отняв 90° ($СЗ\ 312^\circ + 90^\circ \rightarrow СВ\ 42^\circ$).

Для удобства построения можно воспользоваться окружностью, проведенной произвольным радиусом вокруг точки O (в нашем случае 5 см). Как видно (см. рис. 11, б) линии OA , OA_1 и OA_2 будут радиусами этой окружности.

Аналогичным способом определяются элементы залегания слоя по видимым падениям при выходе его в стенках карьера, в естественных обнажениях и т. п.

Решение методом тангенсов. Замеры в стенках карьера видимых элементов залегания — аз. пад. ЮВ $125 \angle 30$ и аз. пад. ЮЗ $225 \angle 22$. Найти истинные азимут и угол падения методом тангенсов.

Пояснения. Нанесем на лист бумаги с обозначением меридиана направления OA и OB (рис. 12). Заменяя видимые углы падения их тангенсами ($\text{tg } 30^\circ = 0,577$ и $\text{tg } 22^\circ = 0,404$), изображаем их в виде векторов — отрезков $OA = 14,4$ мм и $OB = 10,1$ мм при масштабе построения $1\text{ мм} = 0,04$. Перпендикуляры, опущенные из точек A' и B' , пересекутся в точке V . Соединяем точку V с точкой O и получаем линию падения OV . В этом случае азимут падения будет ЮВ 170 . Длина отрезка OV (21 мм) будет соответствовать величине $\text{tg } 0,84$, отсюда $\alpha = 40^\circ$.

Представляем несколько вариантов заданий для определения в шурфе с видимыми падениями истинных элементов залегания слоя (табл. 3).

Задание 2. Определение элементов залегания слоя по данным бурения трех скважин (A , B и V).

Пояснения. В тех случаях, когда слой не выходит на поверхность, а вскрывается скважинами, шахтами и т. п., элементы залегания его можно определить по трем точкам (скважинам), не лежащим на одной прямой, при условии плоского положения слоя на участке, заключенном между точками. Для этого необходимо иметь расстояния между скважинами в горизонтальной плоскости (на карте, чертеже) и глубину скважин до кровли (подшвы) этого слоя или его абсолютные отметки в трех скважинах. Определение можно сделать методом разности отметок, геометрическим методом (метод касательных) или по координатной сетке. Рассмотрим первый метод.

$$\frac{B'B}{\Gamma\Gamma} = \frac{BV}{B\Gamma}, \text{ т. е. } B\Gamma = \frac{\Gamma\Gamma \cdot BV}{B'B} = \frac{200 \cdot 480}{300} = 320 \text{ м.}$$

AG и $A'\Gamma'$ — линии простирания слоя с отметками 150 и 350 м соответственно. Линию падения получим, опустив перпендикуляр из точки B на линию $A'\Gamma'$ ($O'B$) или из точки B на продолжение этой линии ($B'D$). Из рис. 13. *a* видно, что OB — это проекция линии падения слоя на горизонтальную плоскость, а угол $O'BO$ — угол падения слоя (α).

Для определения элементов залегания слоя необходимо сделать такое же построение, разложив все в горизонтальной плоскости (на карте, листе бумаги).

Точки расположения трех скважин могут быть нанесены на карту (бумагу) лишь в том случае, если известны либо их координаты, либо азимут одной из линий, соединяющей две скважины, и общее направление положения устья третьей скважины относительно первых двух. Азимут линии скважин AB — СВ 65° , скв. B расположена к юго-востоку от линии AB .

Нанеся на листе бумаги скважины A и B (рис. 13, *b*) по расстояниям AB и BV методом засечек в масштабе построения находим местоположение третьей скважины. Получаем проекции трех скважин, где отметки кровли слоя следующие: A — 350 м, B — 450 м и V — 150 м. Линия простирания слоя с отметкой 350 м будет проходить через точку A и точку Γ ; положение последней находим путем пропорционального деления отрезка BV (рис. 13, *b*). Перпендикуляр OB даст направление падения слоя в сторону его меньшей отметки*. Для определения угла падения слоя откладываем отрезок $O'O$, равный превышению отметки слоя в скважине A над отметкой его в скважине B , т. е. 200 м, а в масштабе карты — 2 см. Соединив точку O' с точкой B , получим угол падения $O'BO'$ ($\alpha = 48^\circ$). Замерив на чертеже азимуты линий простирания и падения, получим соответственно: аз. прост. СВ 71 , аз. пад. ЮВ 171 . Таким образом, для решения задачи необходимо делать только второе построение (см. рис. 13, *b*).

Для закрепления материала необходимо решить два варианта задания по определению элементов залегания угольного пласта по данным бурения трех скважин A , B и V .

Вариант I. Расстояния между скважинами $AB = 1,6$ км, $BV = 1,0$ км и $AV = 1,0$ км; отметки кровли угольного пласта в скважинах $H_A = 500$ м, $H_B = 150$ м, $H_V = 300$ м. Азимут линии скважин A и B — СВ 300 ; скв. V расположена к северо-востоку от этой линии. Масштаб построения 1:25 000.

Вариант II. Расстояние между скважинами: $AB = 2,2$ км, $BV = 5,5$ км, $AV = 4,2$ км; глубина залегания кровли слоя в скважинах (отметки устья скважин одинаковые): $H_A = 1850$ м,

* Если в условии даны глубины скважин от горизонтальной поверхности до кровли (подошвы) слоя, то падение слоя будет направлено в сторону большей глубины его залегания.

$H_B = 1400$ м и $H_B = 1050$ м. Азимут линии скважин A и B — СВ 30; скв. B расположена к юго-востоку от линии AB . Масштаб построения 1:50 000.

Задание 3. Построение выхода наклонно залегающего слоя на дневную поверхность по карте с горизонталями.

Пояснения. Выходы на поверхность наклонно залегающих слоев на геологической карте имеют различные очертания, зависящие от элементов залегания слоев и характера рельефа земной поверхности. При выходе поверхности напластования (подошвы или кровли) наклонно залегающего слоя хотя бы в одной точке, где замерены элементы залегания ее, на карте с горизонталями можно построить всю линию выхода этой плоскости. Для этого пользуются заложением, которое представляет собой проекцию на горизонтальную плоскость отрезка линии падения слоя, заключенного между двумя линиями простираения, проведенными по подошве или кровле слоя.

Для выяснения величины заложения необходимо провести ряд параллельных горизонтальных линий с отметками горизонталей рельефа на расстоянии h (рис. 14), равном сечению горизонталей в масштабе карты. Так, при сечении горизонталей 100 м и масштабе карты 1:20 000, h будет равно 5 мм. Далее, строят угол, равный истинному углу падения слоя, например, $\alpha = 15^\circ$. Полученная наклонная линия будет являться вертикальной проекцией линии падения слоя. Из точек пересечения наклонной линии с горизонтальными проводят перпендикуляры, которые отсекут горизонтальные отрезки ($m_1, m_2, m_3, \dots, m_n$), соответствующие заложению; $m_{\text{ср}} \approx 19$ мм. Заложение m можно определить также из треугольника ABB по формулам $m/h = \text{ctg } \alpha$; $m = h \cdot \text{ctg } \alpha$ или $h/m = \text{tg } \alpha$; $m = h/\text{tg } \alpha$ (где h — сечение горизонталей на карте, α — угол падения слоя).

В данном случае при $h = 100$ м, $\alpha = 15^\circ$ ($\text{tg } 15^\circ = 0,268$) $m = 100:0,268 = 37,3$, т. е. около 19 мм в масштабе карты.

Величина заложения может меняться в зависимости от угла наклона слоя избранного вертикального сечения между горизонтальными плоскостями, пересекающими слой, и масштаба, в котором производится построение, но она не зависит от формы рельефа. Чем положе залегает слой, тем больше при прочих равных условиях величина заложения. С увеличением угла падения величина заложения уменьшается.

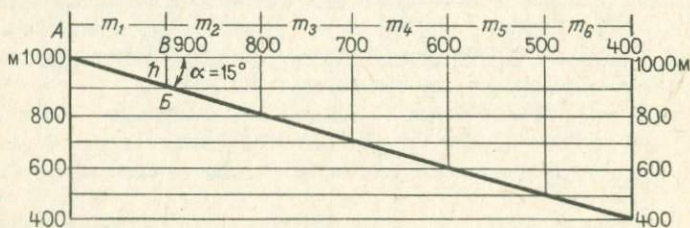


Рис. 14. Построение графика заложения.

Сечение горизонталей через 100 м; угол падения слоя $\alpha = 15^\circ$; m_1, m_2, \dots, m_6 — заложение

Чтобы построить выход поверхности напластования плоско-наклонного слоя по выходу его (кровли или подошвы) в одной точке (по элементам залегания), на карте с горизонталями необходимо:

1) провести стратоизогипсу слоя (линию равных отметок слоя), совпадающую с линией простирания его поверхности напластования (кровли или подошвы); отметка стратоизогипсы соответствует отметке слоя (кровли или подошвы) в точке выхода его на дневную поверхность (отметка рельефа); стратоизогипсы плоско-наклонно залегающего слоя представляют собой параллельные равноудаленные прямые линии;

2) провести ряд стратоизогипс на расстоянии m , равном заложению; для этого необходимо построить или вычислить по формуле заложение; значения стратоизогипс в направлении падения слоя будут уменьшаться, а в сторону восстания — возрастать на величину сечения горизонталей рельефа;

3) отметить точки пересечения одноименных стратоизогипс и горизонталей рельефа — точки выхода слоя (кровли или подошвы) на дневную поверхность; при необходимости следует дать пунктирными линиями дополнительные полустратоизогипсы (или четверть стратоизогипсы) и полугоризонталю (или четверть горизонтали);

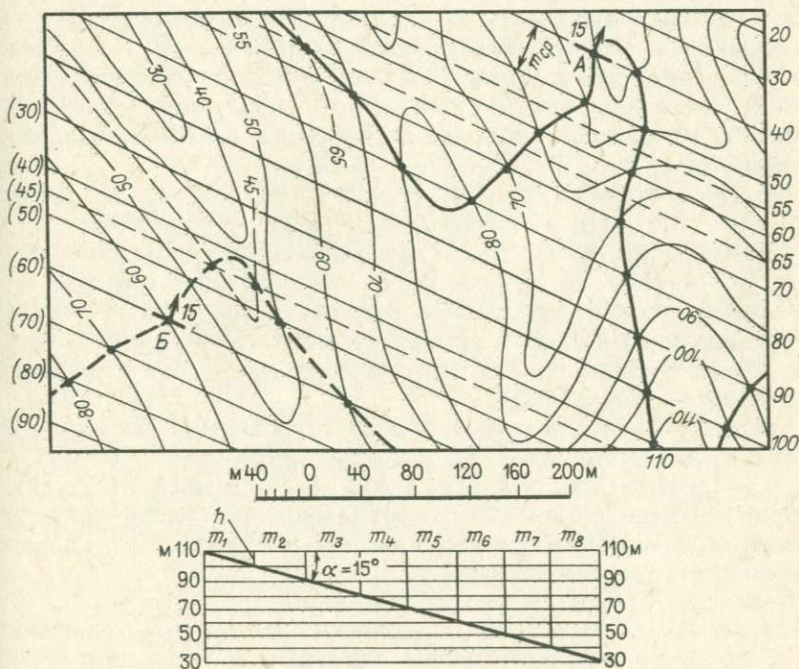


Рис. 15. Пример построения наклонно залегающего слоя.

В точке А — выход кровли слоя, в точке В — выход подошвы

4) соединить эти точки плавной кривой; полученная линия будет являться линией выхода поверхности напластования (соответственно кровли или подошвы слоя).

На рис. 15 в точке *A* выходит кровля слоя, азимут падения которой СВ 25° , а угол падения 15° . Через точку *A* по линии простираения проводим стратоизогипсу с отметкой 40 м (точка *A* на горизонтали 40 м). Строим график заложения и определяем $m_{cp} = 9,3$ мм. На расстоянии $m(m_{cp})$ проводим ряд стратоизогипс, параллельных первой с отметками 50, 60, 70, 80, 90, 100 и 110 м (максимальная отметка горизонтали) в направлении восстания слоя и с отметкой 30 м (минимальная отметка горизонтали) в сторону его падения, т. е. отметки стратоизогипс и число их должны соответствовать отметкам и числу горизонталей рельефа.

Соединив плавной чертой точки пересечения одноименных стратоизогипс (и полустратоизогипс 55 и 65 м) и горизонталей рельефа (и полугоризонталей 55 и 65 м), получим линию выхода кровли слоя.

Таким же способом можно построить линию выхода подошвы слоя, если имеется точка выхода ее на поверхность (точка *B*), где замерены те же элементы залегания (см. рис. 15). В этом случае через точку *B* пройдет стратоизогипса подошвы слоя с отметкой 60 м. Используя то же заложение, проводим ряд стратоизогипс (их отметки указаны на рис. 15 в скобках), находим точки выхода и, далее, линию выхода подошвы слоя.

Задание 4. На топографической карте (рис. 16) масштаба 1:5 000 с сечением горизонталей через 10 м расположен выход кровли наклонно залегающего пласта цементных мергелей в точке *A*, а подошвы — в точке *B*. Замерены элементы залегания пласта: аз. пад. СВ $330^\circ \angle 12$.

Надо построить выход кровли и подошвы цементных мергелей. Метод построения описан выше. Необходимо обратить внимание на то, что точка выхода подошвы цементных мергелей (точка *B*) не лежит на горизонтали карты и для нахождения точки пересечения подошвы с ближайшей горизонталью следует построить промежуточную горизонталь с отметкой 65 м и определить величину заложения с интервалом линий простираений через 5 м.

Задание 5. Определение элементов залегания, мощности и глубины залегания слоя по геологической карте.

На геологической карте (рис. 17) масштаба 1:25 000 с сечением горизонталей 100 м изображены две толщи наклонно залегающих пород; юрские отложения расположены с угловым несогласием на силурийских.

Надо определить:

- 1) элементы залегания силурийских и юрских отложений;
- 2) вид углового несогласия в залегании этих двух толщ;
- 3) истинную мощность песчаников силура и юрских глин различными способами (по линии падения и по линии

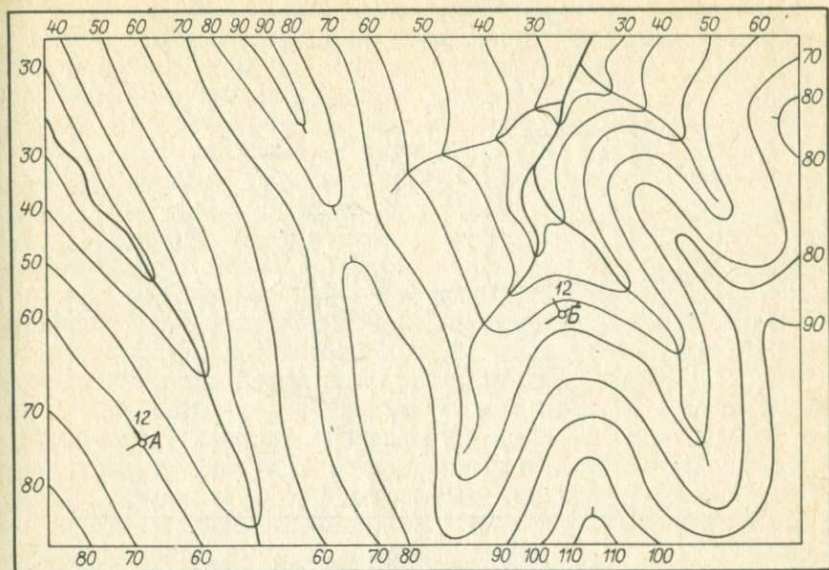


Рис. 16. Топографическая карта для выполнения задания 4

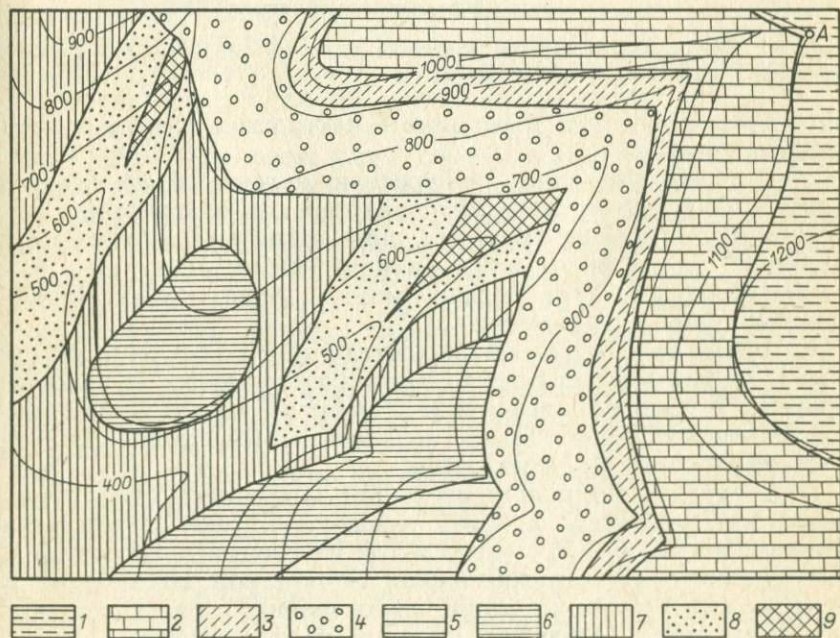


Рис. 17. Карта выходов силурийских и юрских пород.

Юрские отложения: 1 — песчаные глины; 2 — известняки; 3 — мергели; 4 — конгломераты. Силурийские отложения: 5 — глины; 6 — глинистые сланцы; 7 — известняки; 8 — песчаники; 9 — кремнистые сланцы.

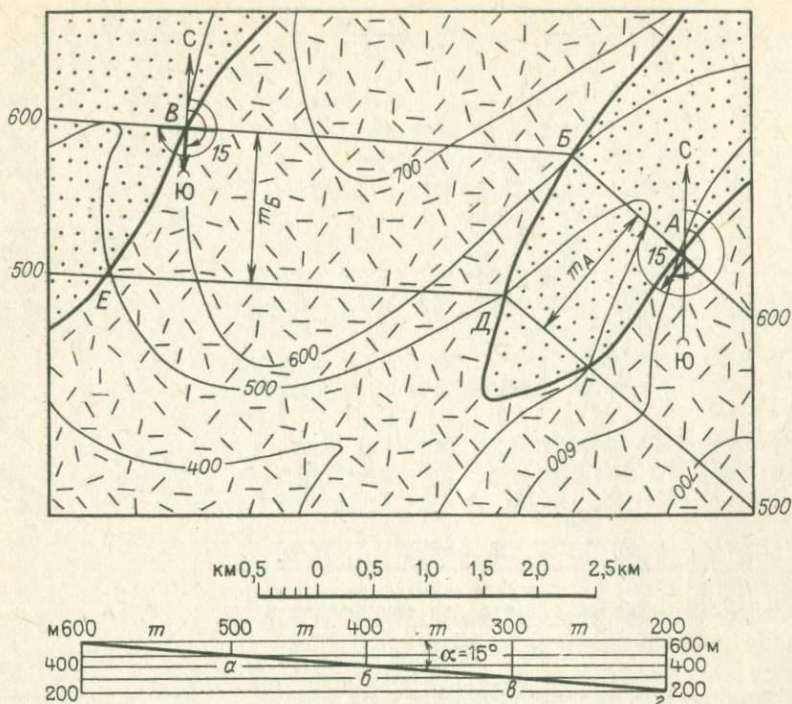


Рис. 18. Определение элементов залегания слоя по геологической карте с рельефом, переданным горизонталями

простираения), в том числе путем построения разреза вкрест простираения слоев;

4) глубину скважины, пробуренную в точке *A*, на которой должна быть обнаружена подошва юрских отложений;

5) местоположение скважин (линию скважин) с вертикальной глубиной до подошвы юры, равной 100 м.

Пояснения. Эти задачи можно решить с помощью стратоизогипс и заложения.

Определить элементы залегания слоя можно по геологической карте с горизонталями. В качестве примера рассмотрим выявление элементов залегания песчаников на участке геологической карты (рис. 18) масштаба 1:50 000 с сечением рельефа через 100 м.

Для определения положения линии простираения слоя проводим стратоизогипсу, которая соединяет точки пересечения кровли слоя (*A*, *B* и *B*) с одной и той же горизонталью рельефа (600 м), получаем стратоизогипсу с отметкой 600 м. Она и будет соответствовать линии простираения слоя. В данном случае эта линия получилась ломаной, из чего следует, что слой не плоский, поэтому необходимо измерить азимут простираения для отрезка *AB* (СЗ 309°) и для *BB* (ЗСЗ 273°). Проведем еще одну стратоизогипсу, например с отметкой 500 м (точки *Г*, *Д*,

Е), и определим по перпендикуляру к стратоизогипсам направление падения слоя (в сторону стратоизогипсы с меньшей отметкой). Это направление на геологической карте можно выявить по так называемым «пластовым треугольникам», которые образуют линии выхода слоев по руслам рек и тальвегам оврагов. Вершина такого треугольника в наинизших точках рельефа направлена в сторону падения пород (см. рис. 15). Азимут падения слоя в точке A — ЮЗ 219° , в точке B — ЮЮЗ 183° . Угол падения слоя α определяется либо с помощью заложения, либо по формуле $\alpha = \text{arcctg } m/h$. Если стратоизогипсы получились не параллельные, определять угол падения следует в разных точках слоя. В данном случае ($m_A = m_B = m$) определяем одно значение угла падения. Делается построение, обратное определению масштаба заложения. Расстояние между стратоизогипсами ($m = 26$ мм) откладываем по горизонтальной линии, а сечение горизонталей (стратоизогипс) в масштабе карты ($h = 100 \text{ м} = 2$ мм) — по вертикальной. Опустим перпендикуляры из концов отрезков m на соответствующие горизонтальные линии и получим точки a , b , v и z . После соединения этих точек образуется угол падения слоя $\alpha = 15^\circ$.

Стратоизогипсы при определении элементов залегания необходимо проводить либо только по кровле, либо по подошве слоя. Если они при этом будут изгибаться или идти не параллельно, на разном расстоянии друг от друга (т. е. пласт не имеет одинакового наклона), тогда выявление элементов залегания следует проводить для каждого отдельного участка карты, где элементы залегания остаются постоянными.

В задании 5 сначала следует определить элементы залегания одного слоя (или нескольких слоев) силура, а затем юры. Угловое несогласие можно обнаружить по разности значений углов падений силура и юры, когда слои падают в одну сторону. Если они наклонены в разные стороны, несогласие окажется не только угловым, но и азимутальным.

Определить мощность наклонного слоя можно путем построения разреза вкрест простирания пород таким образом, чтобы линия этого разреза пересекала кровлю и подошву слоя. Мощность пород измеряется на разрезе по перпендикуляру между кровлей и подошвой слоя с учетом масштаба разреза.

Мощность слоя можно достаточно быстро и точно определить по геологической карте двумя способами: по линии падения и по линии простирания слоя. В качестве примера рассмотрим фрагмент карты (рис. 19) масштаба 1:10 000 с сечением горизонталей 25 м, на которой показан выход наклонно залегающего слоя конгломератов, имеющего азимут падения СЗ 275° и угол падения 12° (в задании 5 азимут и угол падения определяются по карте).

Первый способ (по падению). Необходимо на карте найти такой участок, где одна и та же горизонталь пересекает

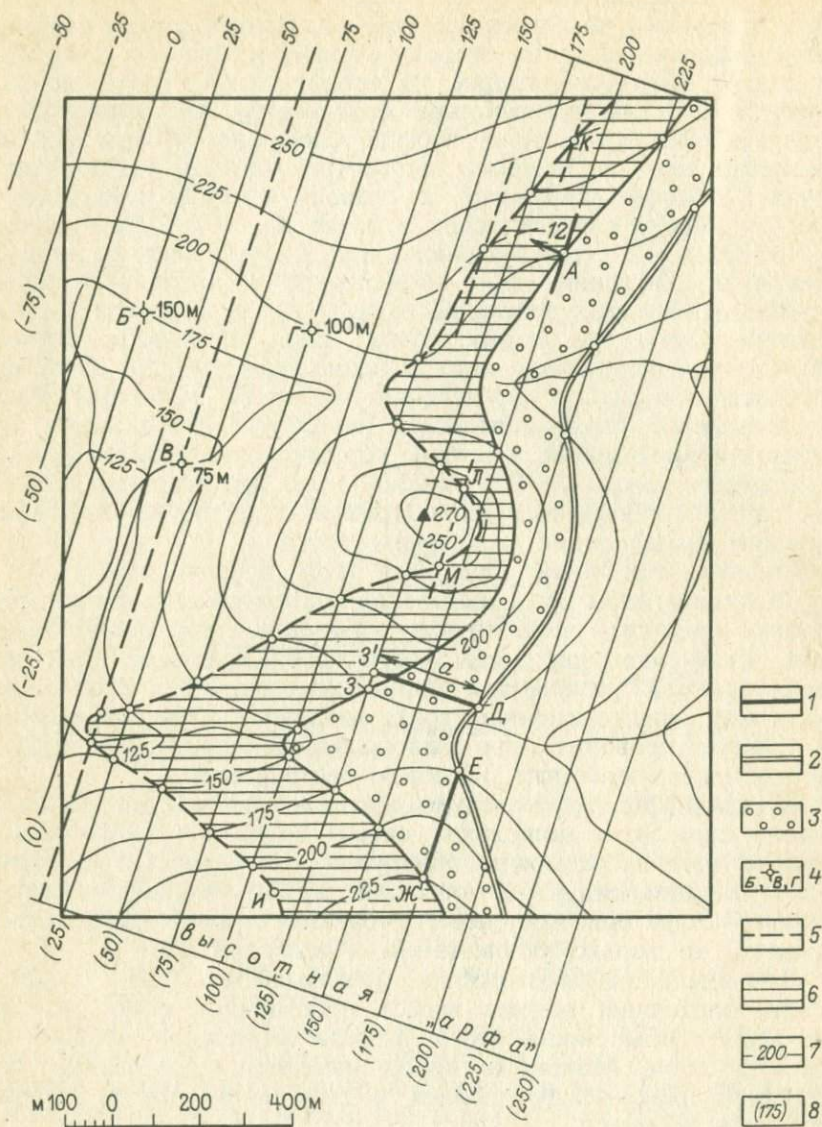


Рис. 19. Определение элементов залегания слоя, его мощности и местоположения скважин с заданной глубиной залегания слоя:

1 — выход кровли слоя; 2 — выход подошвы слоя; 3 — выход слоя; 4 — точки с глубиной залегания слоя 150, 75 и 100 м; 5 — линия скважин с глубиной залегания слоя 50 м; 6 — зона с глубиной залегания слоя от 0 до 50 м; 7 — отметки стратонизогипс кровли слоя; 8 — отметки стратонизогипс подошвы слоя

подошву и кровлю слоя конгломератов (точки Д и З на рис. 19), т. е. найти горизонтальный срез слоя (стратонизогипсы кровли и подошвы слоя имеют одинаковую отметку — 175 м). Расстояние между найденными точками Д и З', измеренное в направлении падения (перпендикулярно к простираанию) в масштабе карты,

$a = 235$ м. Угол падения $\alpha = 12^\circ$. Тогда истинная мощность $M_n = a \cdot \sin \alpha = 235 \text{ м} \cdot 0,208 = 48,9$ м.

Второй способ (по простиранию). Для определения мощности слоя этим способом необходимо найти отметки кровли и подошвы слоя по одной линии простирания его. На карте (см. рис. 19) отметка кровли конгломератов в точке *Ж* равна 225 м, а подошвы в точке *Е* (на одной линии простирания) — 175 м. Вертикальная мощность слоя (M_v), следовательно, равна 50 м, а истинная мощность $M_n = M_v \cdot \cos \alpha = 50 \text{ м} \cdot 0,978 = 48,9$ м.

При правильном определении мощности обоими способами не будет разницы в ее значении или она будет очень невелика. Это можно проверить по геологической карте, сравнив результаты с измерениями по разрезу, проведенному вкрест простирания слоев.

Для определения глубины залегания слоя в скважине необходимо найти отметку кровли слоя (или подошвы, в зависимости от условия задачи) в заданной скважине и сравнить ее с отметкой рельефа, где расположено устье скважины.

На геологической карте это можно сделать при помощи стратоизогипс, проводимых на расстоянии величины заложения от точки выхода кровли слоя на поверхность (здесь отметка стратоизогипсы соответствует отметке рельефа) до устья скважины (здесь отметка стратоизогипсы определится в соответствии с величиной заложения). Для этой цели можно использовать так называемую высотную палетку, представляющую собой (на кальке) ряд параллельных прямых линий, проведенных через расстояние, равное величине заложения. Так, например, чтобы определить глубину залегания кровли конгломератов в скважинах (точках) *Б* и *В* (см. рис. 19), необходимо: провести через точку *А* (выход кровли конгломератов) стратоизогипсу, которая имеет отметку 200 м (или совмещаем стратоизогипсу 200 м высотной палетки с точкой *А*); в направлении падения на расстоянии величины заложения восстановить ряд стратоизогипс, которые покажут отметки кровли слоя в точках *Б* (25 м) и *В* (62,5 м). Отметка земной поверхности в точке *Б* равна 175 м, в точке *В* — 137,5 м. Тогда глубина скважины до кровли слоя в точке *Б* составит 150 м ($175 - 25 = 150$ м), а в точке *В* — 75 м ($137,5 - 62,5 = 75$ м).

Местоположение скважины и линии скважин с заданной вертикальной глубиной до слоя (оконтуривание площади с заданной глубиной залегания слоя) можно найти с помощью масштабной линейки. Для этого необходимо выявить на геологической карте такие точки, где разница отметок горизонталей рельефа земной поверхности и стратоизогипс кровли (или подошвы) слоя равнялась бы заданной глубине скважины до кровли (или подошвы) этого слоя. Например, местом (скважиной) с глубиной залегания до

кровли конгломератов, равной 100 м, является точка *Г*, расположенная на горизонтали с отметкой 200 м (см. рис. 19). Здесь кровля слоя имеет отметку 100 м ($200 - 100 = 100$ м).

Если найдено несколько точек с заданной глубиной до слоя, то, соединив их, можно получить линию скважин одинаковой глубины, ограничивающую площадь с глубиной залегания до слоя от 0 м до заданной. Построение можно сделать двумя способами: по падению и простираанию.

Первый способ описан выше (нахождение точки с заданной глубиной). Он позволяет найти линию *ИК* (см. рис. 19), оконтуривающую зону с глубиной залегания кровли конгломератов от 0 до 50 м.

Эту линию можно найти и более быстрым способом: для этого от точек выхода кровли слоя необходимо по линии простираания отсчитать две горизонтали (сечение 25 м). На второй из них будет точка с глубиной залегания до слоя, равной 50 м. На замыканиях этой линии (выс. 270 и др.) точки *Л*, *М* находят с помощью промежуточных стратоизогипс и горизонталей.

Обычно применяют оба способа построения. Таким образом можно оконтурить и определить объем вскрыши при разработке какого-либо слоя полезного ископаемого.

Для решения всех упражнений, указанных в задании 5, может быть использована также карта атласа № 5н.

Задание 6. На рис. 20 изображена топографическая карта масштаба 1:5 000 с сечением горизонталей через 10 м.

Необходимо выполнить следующее:

- 1) построить выход кровли и подошвы пласта железных руд (точки выхода и элементы залегания его будут даны ниже);
- 2) найти истинную мощность слоя (решение дать двумя способами — по падению и простираанию);
- 3) определить глубину скважины до кровли пласта железных руд в заданной точке (*А* или *Б*);
- 4) определить местонахождение скважины глубиной 50 м до кровли железных руд;
- 5) оконтурить зону (вскрышу) с глубиной залегания до кровли железных руд от 0 до 20 м;
- 6) построить разрез по диагонали карты с ЮЗ на СВ через всю карту (пояснения см. на с. 13).

Угол падения слоя равен 10° . Азимут падения можно брать различный, чтобы получить несколько вариантов задания, но в каждом отдельном случае постоянный, т. е. пласт плоский. Можно разнообразить задание, меняя точки выхода подошвы и кровли пласта железных руд, а также местонахождение буровой скважины.

Возможны различные варианты условий задания 6.

Вариант I. Буровая скважина в точке *А*. Азимут падения: ЮЗ 205, 210, 215, 220, 225, 230, 235 и 240; выход подошвы слоя в точке *Б*, выход кровли слоя в точке *В*; угол падения во всех

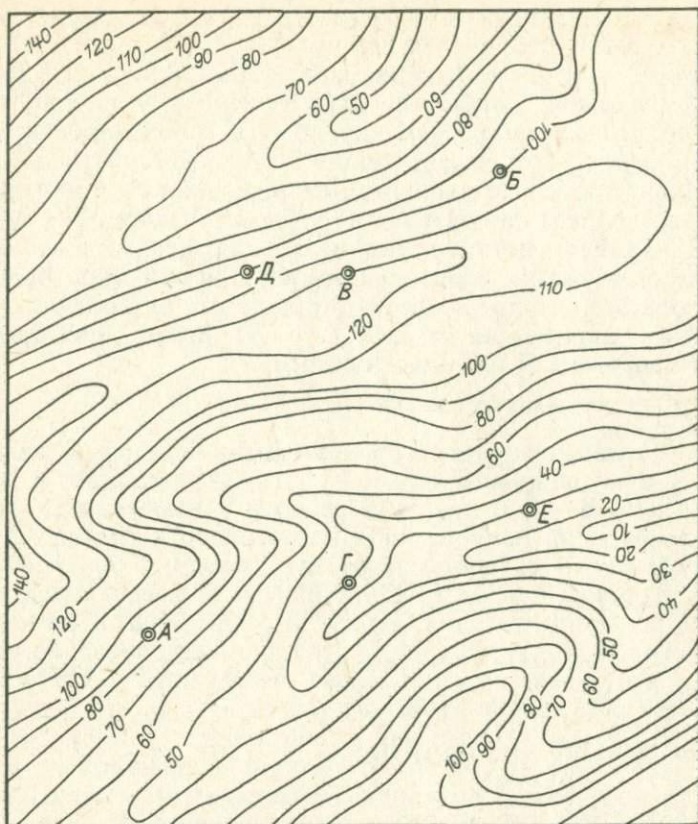


Рис. 20. Топографическая карта для выполнения задания 6

случаях равен 10° . Другие варианты падения: ЮЗ 215; 220, 225, 230, 235, 240, 245. Выход подошвы слоя в точке Г, выход кровли слоя в точке Е; угол падения везде 10° .

Вариант II. Буровая скважина в точке Б. Азимут падения: СВ 60, 65, 70, 75, 80, 85, В 90, ЮВ 95; выход подошвы слоя в точке Г, выход кровли в точке В; угол падения— 12° . Другие варианты азимута падения: СВ 60, 65, 70, 75, 80; выход подошвы в точке Д, выход кровли в точке В; угол падения во всех вариантах равен 12° .

Пояснения. Построение выхода кровли или подошвы слоя на карте с горизонталями по выходу его в одной точке, где замерены его элементы залегания, описано в задании 3; порядок решений пунктов 2—5 изложен в задании 5. При выполнении задания 6 целесообразно использовать воспроизведенную на кальке высотную палетку, обозначив стратоизогипсы цифрами от максимальной отметки горизонталей рельефа до минимальной, для кровли—с одной стороны стратоизогипс, а для подошвы—с другой стороны и в скобках (см. рис. 19).

Необходимо помнить, что величины отметок стратоизогипс уменьшаются в сторону падения слоя.

Задание 7. Определение истинной мощности слоев по данным замеров видимой мощности, произведенных в направлениях, ориентированных не перпендикулярно к линии простирания.

Различные случаи определения истинной мощности наклонно залегающих слоев в сечениях, перпендикулярных к простиранию слоя, рассмотрены на рисунках в учебном пособии А. Е. Михайлова (1984). Если истинная мощность определяется в сечении, ориентированном не перпендикулярно к линии простирания в косом сечении, вводится поправка на угол отклонения линии сечения от направления падения (угол γ). Вычисления производят по формуле П. М. Леонтовского:

$$H = a(\sin \alpha \cos \beta \sin \gamma \pm \cos \alpha \sin \beta),$$

где H — истинная мощность; a — видимая мощность, измеренная в косом направлении, α — угол падения слоя в косом направлении, β — угол наклона рельефа в измеренном (косом) направлении. При наклоне слоя и поверхности рельефа в одну сторону в формуле принимается знак «минус», при наклоне в разные стороны — «плюс». Эта формула применима при условии, что угол падения слоя больше уклона склона. При падении в одну сторону слоя и склона, но при большем значении уклона склона, чем угол падения слоя, необходимо использовать несколько измененную формулу

$$H = a(\cos \alpha \sin \beta - \sin \alpha \cos \beta \sin \gamma).$$

Надо определить истинную мощность (H), если слой и рельеф наклонены в противоположные стороны:

- 1) $a=32$, $\beta=10$, $\alpha=23$, $\gamma=47$;
- 2) $a=58$, $\beta=21$, $\alpha=48$, $\gamma=35$;

и слой и рельеф наклонены в одну сторону:

- 3) $a=46$, $\beta=15$, $\alpha=37$, $\gamma=25$;
- 4) $a=17$; $\beta=8$, $\alpha=40$, $\gamma=49$;
- 5) $a=20$, $\beta=33$, $\alpha=18$, $\gamma=71$.

Задание 8. Построение геологической карты нескольких наклонно залегающих слоев.

Выход серии наклонных слоев как с изменяющимися, так и с неизменяющимися элементами залегания на карте с горизонталями можно строить двумя способами: по элементам залегания слоев и по элементам залегания и мощности слоев.

На рис. 21 изображена топографическая карта масштаба 1:10 000 с сечением рельефа через 25 м. Имеются 12 точек выхода слоев, для которых ниже, по данным полевых наблюдений, приводится описание пород и замеры их элементов залегания.

Точка 1. Разрез сверху вниз:

Слой 1. ($K_2 s$). Известняки светло-серые, слоистые, с фауной сеноманского возраста. Видимая мощность 10 м.

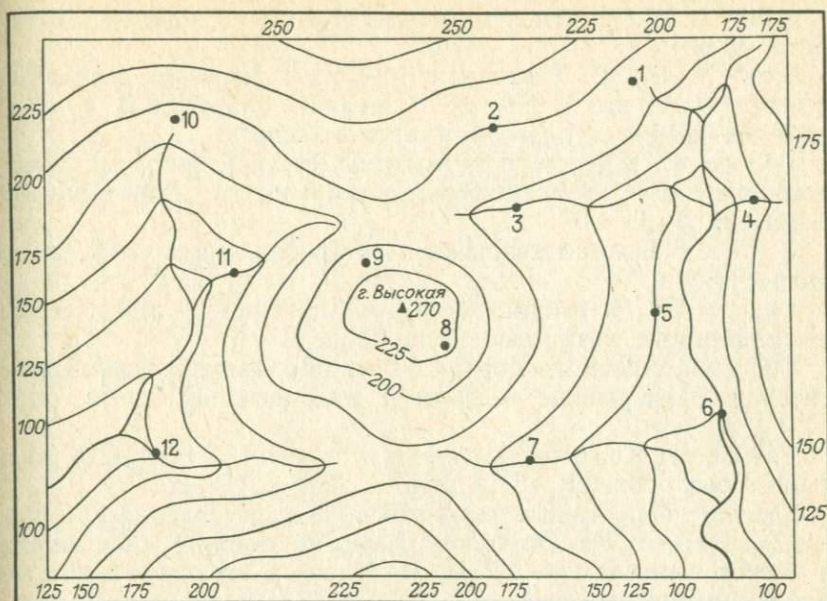


Рис. 21. Топографическая карта для выполнения задания 7

Слой 2. ($K_1 al$). Глинистые сланцы, темно-серые, тонкослоистые, с линзами песчаников. Встречается фауна альбского возраста. Видимая мощность 40 м. Аз. пад. $\text{З } 270 \angle 20$.

Точка 2. Разрез сверху вниз:

Слой 1. (P_1). Глины темно-серые, неяснослоистые, с фауной палеоцена. Видимая мощность 5 м.

Слой 2. ($K_2 t$). Пески глинистые, ржаво-бурые, с фауной туронского яруса. Аз. пад. $\text{З } 270 \angle 5$. Видимая мощность 2 м.

Точка 3. ($K_2 t$). Глинистые пески, ржаво-бурого цвета. Аз. пад. $\text{З } 270 \angle 20$.

Точка 4. Разрез сверху вниз:

Слой 1. ($J_3 o$). Мергели темно-серые, с фауной оксфордского яруса верхней юры. Видимая мощность 4 м.

Слой 2. ($J_3 k$). Глины черные, с кристаллами пирита с фауной келловейского яруса. Аз. пад. $\text{З } 270 \angle 20$. Видимая мощность 6 м.

Точка 5. Наблюдается контакт двух слоев снизу вверх:

Слой 1. ($J_3 o$). Мергели темно-серые, битуминозные. Видимая мощность 1 м.

Слой 2. ($J_3 k$). Глинистые сланцы с линзами песчаников. Видимая мощность 4 м.

Точка 6. В русле реки зафиксирован контакт мергелей оксфордского яруса и глин келловейского яруса.

Точка 7. Разрез сверху вниз:

Слой 1. ($K_2 t$). Глинистые пески с фауной туронского яруса. Видимая мощность 10 м.

Слой 2. (K_2s). Известняки светло-серые, слоистые. Мощность 35 м.

Слой 3. (K_1al). Глинистые сланцы с линзами кварцевых песчаников. Аз. пад. $3\ 270 \angle 20$. Видимая мощность 2 м. Точка 7 стоит на контакте первого и второго слоев.

Точка 8. Наблюдаются выходы светло-серых кварцевых песков эоцена (P_2) и темно-серых неяснослоистых глин с фауной палеоцена (P_1).

Точка 9. Выходы кварцевых светло-серых песков. Видимая мощность 1 м.

Точка 10. В выбросах лисьих нор видны светло-серые мелкозернистые кварцевые пески (P_2).

Точка 11. В обоих бортах балки обнажаются темно-серые неяснослоистые глины с фауной палеоцена (P_1). Аз. пад. $3\ 270 \angle 5$.

Точка 12. Контакт ржаво-бурых глинистых песков (K_2t) и темно-серых глин (P_1). Аз. пад. $3\ 270 \angle 5$.

Следует: 1) построить геологическую карту района г. Высокая; 2) построить геологический разрез по линии $A-B$ с запада на восток через высоту 270 м; 3) составить стратиграфическую колонку отложений района.

Пояснения. При построении геологической карты следует учитывать, что угол падения слоев меняется при неизменном азимуте падения. В восточной части района слои падают под углом 20° , в центральной и западной (начиная с точки 2) — 5° . Следовательно, восточнее точки 2 карта строится с помощью величины заложения, соответствующей для 20° , а начиная с точки 2 и западнее — для 5° . Границей для построения с разными значениями угла наклона и заложения служит линия простирания слоев, проведенная через точку 2.

Для построения разреза по геологической карте с наклонным залеганием слоев пояснения даны к заданию 9. Линия разреза проходит вкрест простирания слоев. Необходимо учесть, что последние на разрезе будут иметь различные углы падения. Пояснения к этому даны в задании 9.

Для составления стратиграфической колонки следует определить истинные мощности отложений по построенной геологической карте способами, описанными в задании 5. Мощности отложений на геологическом разрезе должны соответствовать мощностям в стратиграфической колонке.

Для выполнения задания 8 рассмотрим два способа построения выходов наклонно залегающих слоев.

Построение выходов наклонных слоев с немещающимися элементами залегания. При составлении карты выходов нескольких наклонно залегающих слоев по элементам залегания необходимо иметь точки выходов каждого слоя, для которых известны элементы залегания. На топографической карте масштаба 1:50 000 с отметками горизонталей от 200 до 1000 м и сечением 100 м показаны точки выхода слоев A ,

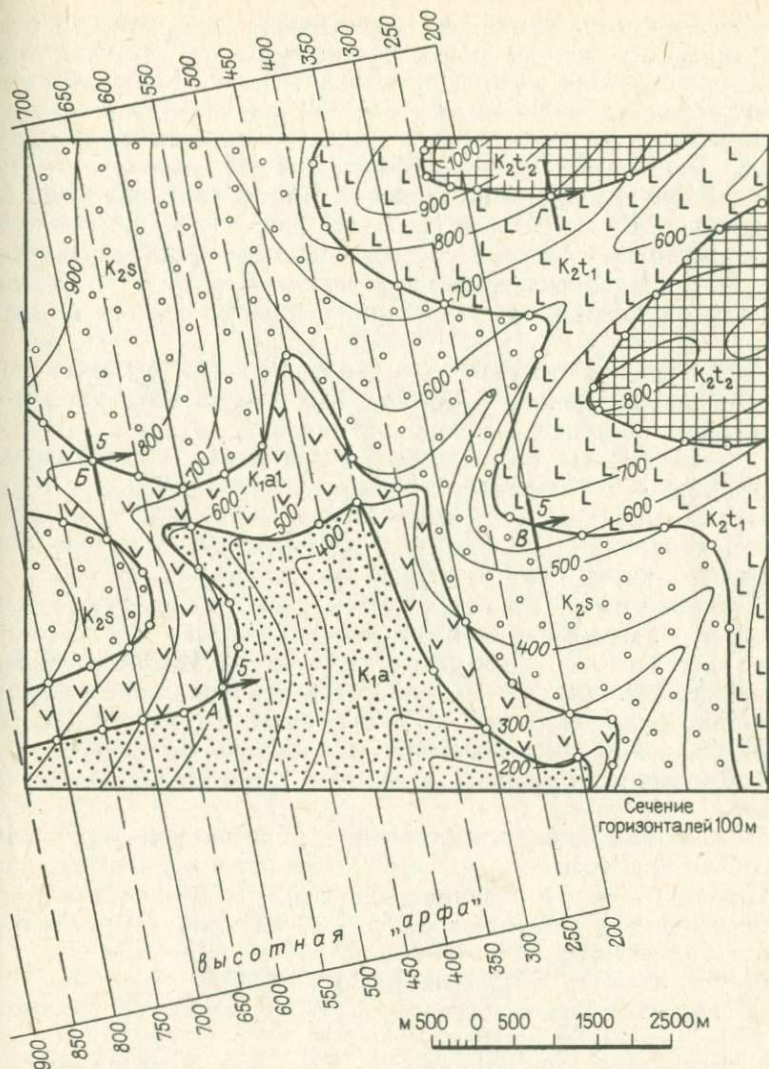


Рис. 22. Пример построения выходов серии наклонно залегающих слоев по элементам залегания

Б, В и Г (рис. 22). В точке А обнажается контакт пород аптского (K_{1a}) и альбского (K_{1al}) ярусов нижнего мела. Азимут падения пород СВ 83° , угол падения 5° . В точке В наблюдается контакт пород альбского (K_{1al}) и сеноманского (K_{2s}) ярусов; в точке В — сеноманского яруса и нижнего турона (K_{2t_1}); в точке Г — нижнего и верхнего турона (K_{2t_2}). Элементы залегания постоянные; заложение — 21 мм.

Для выявления выхода слоев строится масштабная линейка (высотная «арфа») с отметками соответственно от 200 до 1000 м

(9 параллельных линий на расстоянии m). Целесообразно пунктиром обозначить линии с отметками полугоризонталей.

Для построения выхода кровли аптского яруса необходимо совместить с точкой A линию масштабной линейки с отметкой 600 м (отметка кровли K_1a в этой точке), ориентируя ее по линии простираения таким образом, чтобы значения отметок масштабной линейки понижались в направлении падения слоя. Параллельные линии масштабной линейки будут являться стратоизогипсами кровли K_1a . Отметив точки пересечения последних с одноименными горизонталями рельефа и соединив их плавной кривой, получим линию выхода кровли аптского яруса.

Дальнейшее построение выходов слоев в каждой точке (B, B, Γ) ведется аналогичным образом, при этом с точками выхода совмещают те линии масштабной линейки, которые соответствуют этим точкам по отметке. Так, в случае выхода кровли K_1a с точкой B совмещается линия с отметкой 800 м, с точкой B (выход кровли K_2s)—линия с отметкой 650 м, с точкой Γ (выход кровли K_2t_1)—линия с отметкой 800 м. В результате получается карта, изображенная на рис. 22.

Построение выходов наклонно залегающих слоев с изменяющимся углом падения по элементам залегания и мощности слоев. Можно составить геологическую карту наклонно залегающих слоев другим способом, если имеется хотя бы один выход кровли или подошвы слоя, где замерены его элементы залегания, и стратиграфическая колонка, в которой известны мощности всех слоев.

Рассмотрим пример построения геологической карты этим способом при условии, что угол падения слоев меняется при неизменном азимуте падения. Для такого случая используется топографическая карта масштаба 1:20 000 (рис. 23) с сечением горизонталей через 100 м.

Разрез отложений района (сверху вниз):

- 1) верхневолжский подъярус (J_3v_2)—галечники, мощность 100 м;
- 2) нижневолжский подъярус (J_3v_1)—пески грубозернистые, мощность 285 м;
- 3) кимериджский ярус (J_3km)—мелкозернистые пески с галькой, мощность 130 м;
- 4) оксфордский ярус (J_3o)—туфогенные песчаники, мощность 90 м;
- 5) келловейский ярус (J_3k)—пески мелкозернистые, мощность 100 м;
- 6) батский ярус (J_2bt)—пески грубозернистые, мощность 210 м;
- 7) байосский ярус (J_2b)—галечники, мощность 500 м.

Выходы пород расположены в точке A (контакт J_3v_1 и J_3km), где замерены элементы залегания аз. пад. $SZ 289 \angle 20$, и

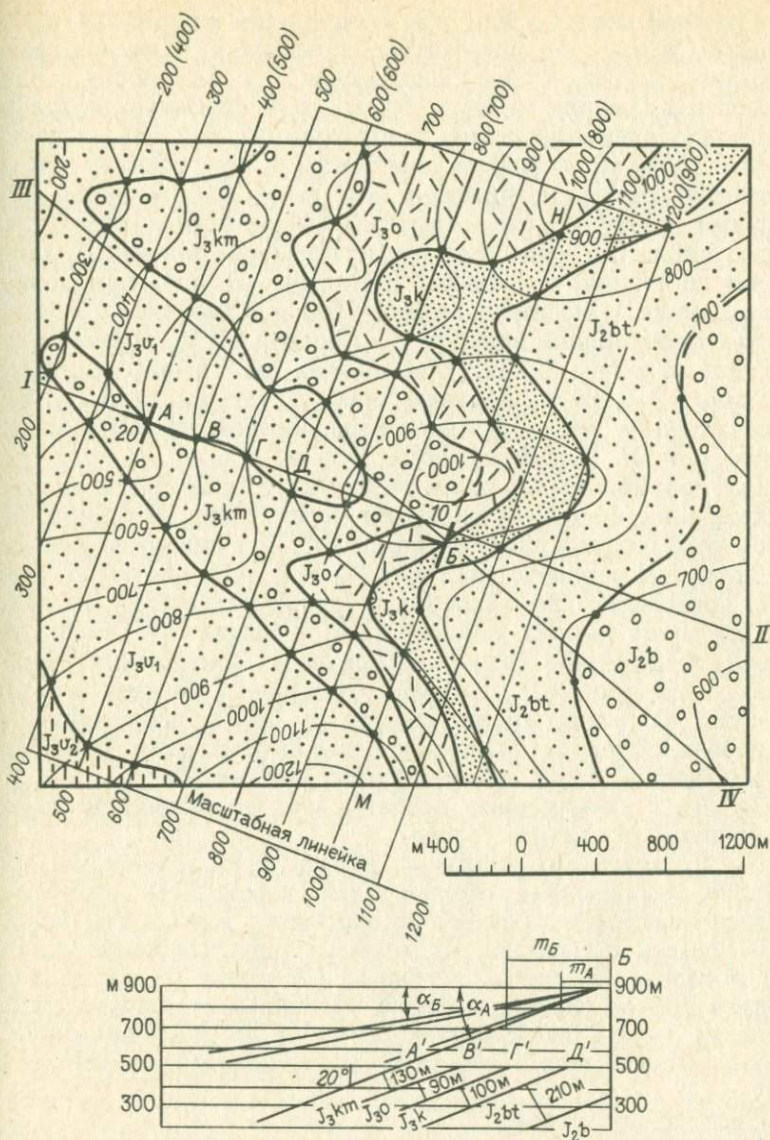


Рис. 23. Пример построения выходов серии наклонно залегающих слоев с изменяющимся углом падения по элементам залегания и мощности слоев

в точке Б (контакт $J_3 k$ и $J_3 o$), где угол падения составляет 10° при неизменном азимуте падения.

Определение величины заложений для углов падения 20° ($m_A = 14$ мм) и углов падения 10° ($m_B = 28$ мм) следует выполнить на одной масштабной линейке, обозначив интервалы через 14 и 28 мм (в скобках).

Границы между $J_3 km$ и $J_3 v_1$ проводим из точки A так, как описано выше (по элементам залегания). Для построения выходов других слоев используем их мощности. Чтобы изобразить границу между $J_3 km$ и $J_3 o$, необходимо на графике, воспроизводящем величины заложения (см. рис. 23), от точки A (отметка 500 м) отложить мощность $J_3 km$, равную 130 м, в масштабе карты, и провести под углом 20° подошву $J_3 km$; получим точку B , где отметка кимериджского яруса равна также 500 м. От точки A на карте по линии падения (в данном случае восстания) откладываем отрезок AB , получаем точку B , где подошва $J_3 km$ имеет отметку 500 м. Совмещая с точкой B линию масштабной линейки с отметкой 50 м, строим линию выхода подошвы $J_3 km$. Откладывая на графике заложения мощность $J_3 o$ (90 м), получим точку Γ' , где подошва $J_3 o$ будет иметь отметку 500 м. Аналогичным образом на карте находим точки Γ и D , строим выходы $J_3 o$ и $J_3 k$.

Все границы выходов слоев на карте проводятся до линии простираия пород, проходящей через точку B (линия MH). Здесь угол падения слоев α_B равен 10° . Эту линию целесообразно провести в начале построения. Восточнее точки B (линия MH) построение продолжается с заложением $m=28$ мм исходя уже из точек выхода каждого слоя у линии MH . Если точка выхода какого-либо слоя окажется не на горизонтали, необходимо с ее дробной отметкой совместить соответствующую отметку на масштабной линейке и брать пересечения уже горизонталей и стратоизогипс с целыми отметками. В результате получается карта, изображенная на рис. 23.

Задача 9. Построение разрезов по геологической карте с наклонным залеганием слоев.

На геологических картах из атласа № 5с или 4н масштаба 1:50 000, с сечением горизонталей через 50 м изображены согласно наклонно залегающие отложения юры, мела, палеогена и неогена с угловым несогласием перекрывающие складчатые образования перми и триаса; последние на карте имеют незначительное распространение. Истинные мощности слоев в пределах карты не изменяются; углы падения на карте не указаны; некоторые горизонты выклиниваются к северо-востоку.

Следует построить:

1) разрез от рамки до рамки карты вкрест простираия наклонно залегающих пород; вертикальный масштаб задается по отношению к горизонтальному;

2) разрез, проведенный под некоторым углом к направлению падения слоев, т. е. по диагонали по отношению к направлению простираия пород; вертикальный масштаб задается неискаженным по отношению к горизонтальному.

Пояснения. При построении разреза наклонно залегающих слоев по линии, проведенной вкрест простираия пород, на разрезе изображаются слои с

истинными углами падения, указанными на геологической карте. Когда на карте не указаны элементы залегания, наклон слоев определяется при построении разреза, если линию разреза провести через две точки выхода подошвы или кровли какого-либо слоя, через эрозионный останец или эрозионное «окно». Все другие согласно залегающие слои будут иметь такой же угол падения. Направление истинного падения легко установить, определив по карте простирание слоев. На крупномасштабных геологических картах угол падения слоев можно определить по заложению.

При построении необходимо учесть, что истинная мощность каждого слоя, изображенного на разрезе, должна быть постоянной.

Воспроизведение на разрезе складчатой толщи пород перми и триаса, несогласно перекрытой наклонно залегающими породами, приводится в разделе «Складчатое залегание».

Построение разреза диагонального направления. Если линия разреза не совпадает с линией падения слоя, т. е. расположена под некоторым углом (диагональный, косой разрез; см. рис. 23, линия III—IV), то на разрезе углы падения будут искаженными (видимые углы падения) и всегда меньше истинных углов. Значения видимых углов падения можно получить из табл. 4, где они указываются в зависимости от истинных углов падения и величины угла между линией разреза и линией падения (простирания), измеренных на карте. Чем меньше угол между линией разреза и линией падения, тем угол падения слоев на разрезе ближе к истинному и наоборот. Можно установить видимый угол падения на разрезе по диаграмме и номограмме (рис. 24) или вычислить по графику заложения. В последнем случае (рис. 25) построение аналогично определению истинного угла падения (α), описанному выше, только следует измерить расстояние между стратоизогипсами на карте не по линии падения (m), а по линии разреза (m'). Отложив $m' = ab - b\beta$ на масштабе заложения, из точек b и v опускают перпендикуляры до пересечения с соответствующими горизонталями (50, 40 м). Соединив точки пересечения с точкой a , получают угол падения слоя в данном разрезе (β).

Построение разреза в увеличенном вертикальном масштабе. В случае небольшой мощности слоев, особенно на мелкомасштабных картах, для построения разреза пологозалегающих слоев целесообразно вертикальный масштаб взять больше горизонтального, чтобы отобразить на разрезе и маломощные слои. О принципе выбора вертикального масштаба сказано выше, в разделе о горизонтальном залегании слоев.

С искажением вертикального масштаба при наклонном залегании происходит искажение угла падения; последний можно вычислить либо по табл. 5, либо по номограмме (рис. 26), либо, наконец, путем построения, т. е. измерив угол

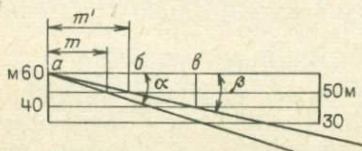
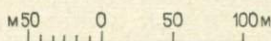
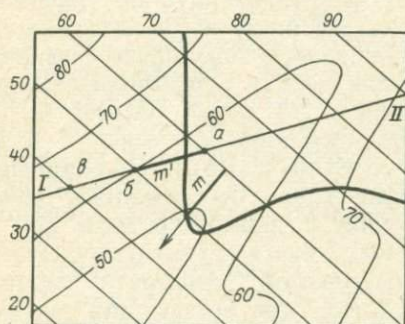
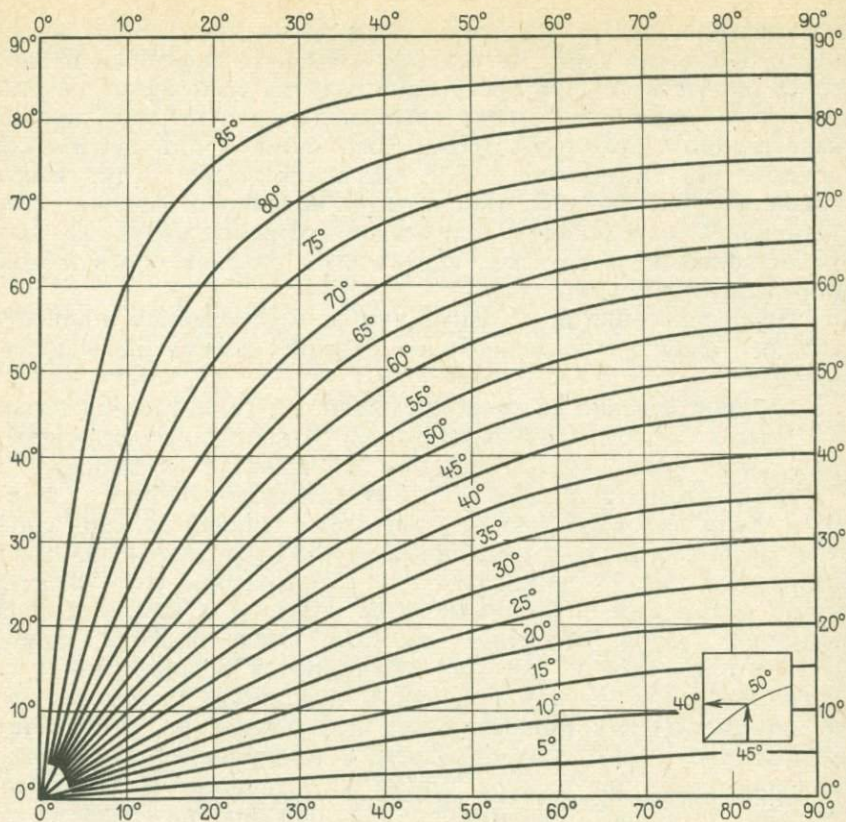


Рис. 24. Номограмма для определения углов наклона пластов в направлениях, не перпендикулярных к их простиранию.

На оси абсцисс обозначены величины углов между простиранием пластов и заданным направлением, на оси ординат — искомые углы наклона пластов. Жирные кривые линии соответствуют углам падения пластов. На схеме справа показан порядок пользования номограммой

Рис. 25. Определение угла падения слоя в косом разрезе.

Жирная линия — выход слоя на поверхность; m — заложение; m' — расстояние между стратозоигнами по линии разреза; $\alpha = 15^\circ$ — истинный угол падения; $\beta = 11^\circ$ — угол падения в косом разрезе

Таблица 4. Зависимость между истинным углом падения α и углом β в косом разрезе (с точностью до $0,5^\circ$)

Истинный угол падения, градус	Угол между направлением падения и линией разреза, градус															
	10	15	20	25	30	35	40	45	50	55	60	65	70	75	80	5
10	—	9,5	9,5	9,0	8,5	8,0	7,5	7,0	6,5	5,5	5,0	4,3	3,5	2,5	1,5	1,0
15	15	14,5	14,0	13,5	13,5	12,5	11,5	10,0	10,0	8,5	7,5	6,3	5,0	3,5	2,5	1,5
20	19,5	19,5	19,0	18,0	17,5	16,5	15,5	14,5	13,0	11,5	10,5	8,5	7,0	5,5	3,5	2,0
25	26,0	24,0	23,5	23,0	22,0	21,0	19,5	15,0	16,5	15,0	13,0	11,0	9,0	7,0	4,5	2,5
30	29,5	29,0	28,5	27,5	26,5	25,5	24,0	22,0	20,5	18,5	16,0	13,5	11,0	8,5	5,5	3,0
35	34,5	34,0	33,5	32,5	31,0	30,0	28,0	26,5	24,0	22,0	20,5	16,5	13,5	10,0	7,0	3,5
40	39,5	39,0	35,0	37,0	36,0	34,5	32,5	30,5	28,5	25,5	22,5	19,5	16,0	12,0	8,5	4,0
45	44,5	44,0	43,0	42,0	41,0	39,5	37,5	35,5	32,5	20,0	26,5	23,0	19,0	14,5	10,0	5,0
50	49,5	49,0	48,0	47,9	46,0	44,5	42,5	40,0	37,5	34,5	30,5	26,5	22,0	17,0	11,0	6,0
55	54,5	54,0	53,5	52,5	51,0	49,5	47,5	45,5	42,5	39,5	35,5	31,0	26,0	20,5	14,0	7,0
60	59,5	59,0	58,5	57,5	56,5	55,0	53,0	51,0	48,0	45,0	41,0	36,0	30,5	24,0	16,5	8,5
65	64,5	64,0	63,5	62,5	61,5	60,5	58,5	56,5	54,0	51,0	47,0	42,0	36,0	29,0	20,5	10,5
70	68,5	69,5	69,0	68,0	67,0	66,0	64,5	63,0	60,5	57,5	54,0	49,5	43,0	35,5	25,5	13,5
75	—	74,5	74,0	73,5	73,0	72,0	70,5	69,0	67,5	65,0	62,0	57,5	52,0	44,0	33,0	18,0
80	—	79,5	79,5	79,0	78,5	78,0	77,0	76,0	74,5	73,0	70,5	67,5	62,5	55,5	44,5	26,5
85	—	—	84,5	84,5	84,0	84,0	84,0	83,0	82,0	81,5	80,0	78,5	75,5	71,5	63,9	45,0

Пример. Истинный угол падения пласта равен 15° , угол между направлением падения пласта и линией разреза 30° . Необходимо определить угол наклона пласта на разрезе. Слева в вертикальной шкале находим угол 15° и идем далее в горизонтальном направлении до пересечения с вертикальной шкалой, соответствующей 30° . В месте пересечения получаем угол наклона пласта $13,5^\circ$.

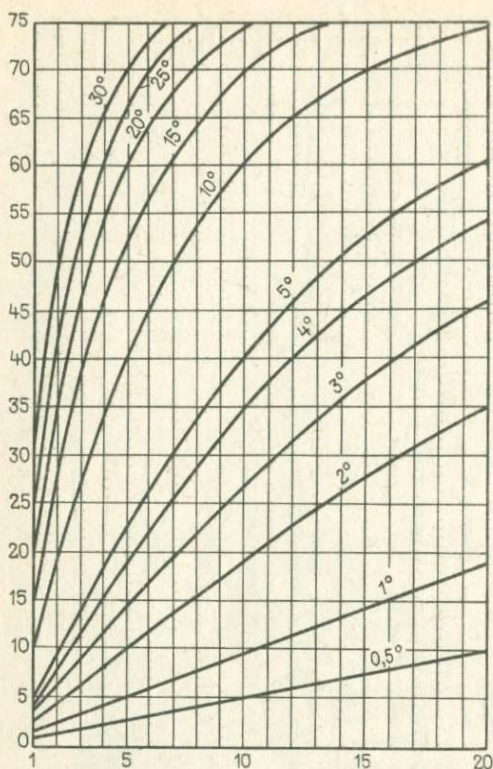


Рис. 26. Номограмма для определения искажения углов падения пластов при увеличении вертикального масштаба профиля по отношению к масштабу горизонтальному.

На оси абсцисс обозначена степень увеличения вертикального масштаба, на оси ординат — искомые искаженные углы. Жирные кривые линии соответствуют истинным углам падения пластов. На схеме справа показан порядок пользования номограммой

падения, который получится при одном и том же горизонтальном заложении с соответственно искаженным вертикальным превышением. Последний способ показан на рис. 27, где угол BAV ($\alpha = 13^\circ$) характеризует падение слоев при неискаженном вертикальном масштабе; отложив отрезок $BГ$ в два раза длиннее отрезка $BВ$, при увеличении вертикального масштаба в два раза, и отрезок BD в пять раз длиннее $BВ$, при увеличении в пять раз, получим соответственно искаженные углы падения $BAГ$ ($\alpha_1 = 24^\circ$) и $BAД$ ($\alpha_2 = 48^\circ$). Искаженный угол можно

Таблица 5. Искажения угла падения в преувеличенном вертикальном масштабе разреза (по Е. В. Милановскому; упрощено до 0,5°)

Относительное увеличение вертикального масштаба	Истинные углы падения, градус																
	5	10	15	20	25	30	35	40	45	50	55	60	65	70	75	80	89
x2	10	19	28	37	43	50	54,5	59	63,5	67	71	74	77	80	82,5	85	87,5
x3	15	30	39	47,5	54,5	60	65	68,5	72	74,5	77	79	81	83	85	87	88
x4	19	35	47	55,5	62	66,5	70	72,5	76	78	80	82	83	85	86	87,5	89
x5	23	41,5	53	61	67	71	74	77	79	81	82	83	85,5	86	87	88	89

Рис. 27. Определение угла падения при увеличенном вертикальном масштабе
Объяснение в тексте

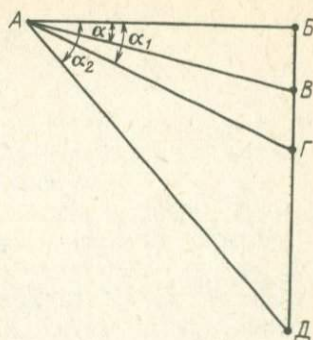
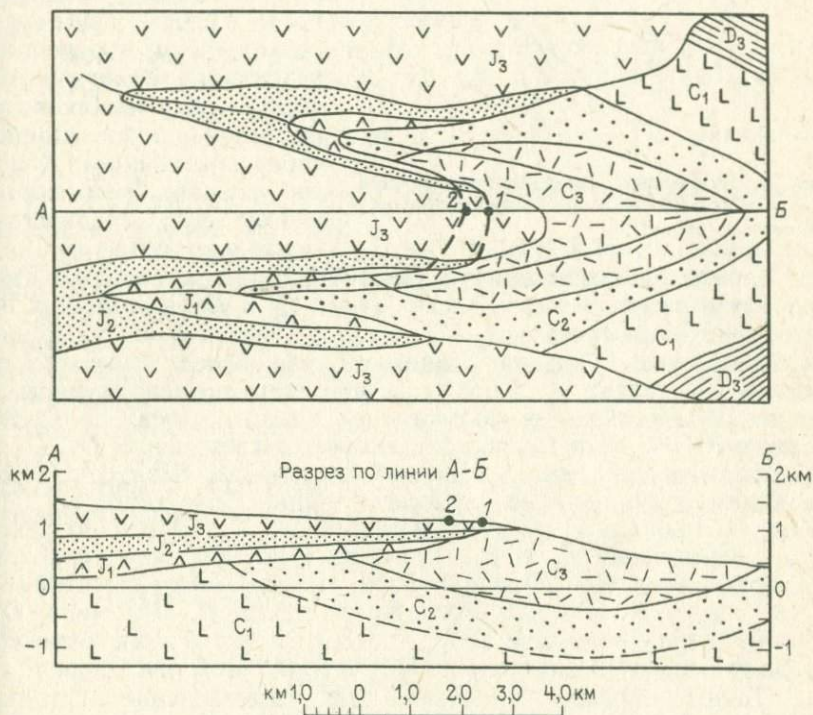


Рис. 28. Построение геологического разреза с выклинивающимися стратиграфическими горизонтами, при трансгрессивном взаимоотношении слоев
Объяснение в тексте



вычислить следующим образом: если вертикальный масштаб увеличен в n раз, то $\operatorname{tg} \alpha_n = n \cdot \operatorname{tg} \alpha$, а $\alpha_n = \operatorname{arctg}(n \cdot \operatorname{tg} \alpha)$.

Построение разреза наклонно залегающих слоев с выклинивающимися стратиграфическими горизонтами. При построении разрезов по геологической карте № 5с следует обратить внимание на то, что некоторые слои к северо-востоку выклиниваются, т. е. наблюдается трансгрессивное взаимоотношение слоев. Чтобы показать на разрезе место выклинивания слоев, применяют так называемый способ «просвечивания», т. е. находят границу выклинивания этих слоев на геологической карте (пунктир на рис. 28), как бы «просвечивая»

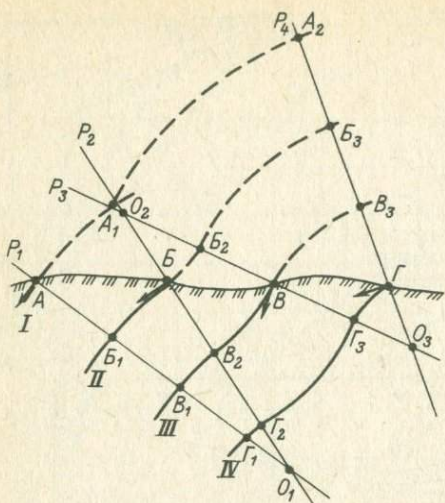


Рис. 29. Построение геологического разреза при разных углах падения слоев (метод дуг)
Объяснение в тексте

их через вышележащие слои. Точки пересечения этих линий с разрезом и будут являться точками выклинивания слоев на разрезе (точка 1 для J_2 и точка 2 для J_1 на рис. 28). Необходимо показать постепенное выклинивание слоев к найденным точкам.

Построение разрезов при различных углах падения слоев. При построении разреза по геологической карте, где изображены наклонно залегающие слои с различными углами падения, применяют метод дуг (радиусов). Часто этот метод используют при создании детальных разрезов. Например, необходимо построить разрез четырех слоев — I, II, III и IV, выходящих на поверхность в точках A, B, V и Г (рис. 29) и имеющих различные углы падения. Линия АГ изображает поверхность рельефа. В точках A, B, V и Г проводим перпендикуляры к заданным стрелкам, показывающим наклон слоев; получаем прямые P_1, P_2, P_3 и P_4 , пересекающиеся в трех точках O_1, O_2 и O_3 . Из точки O_1 , как из центра окружности радиусом O_1B , проводим дугу, которая пересечет линию P_1 в точке B_1 . Из точки O_2 проводим две дуги радиусами O_2B и O_2V и получим точки пересечения B_2 и V_2 . Затем из точки O_3 проводим три дуги радиусами $O_3Г$, O_3V и O_3B_2 и получим точки пересечения $Г_3$ на линии P_3 и точки V_3 и B_3 на линии P_4 . Из точки O_2 проводим дугу радиусом $O_2Г_3$; получим точку $Г_2$; из точки O_1 проводим две дуги радиусами $O_1Г_2$ и O_1B_2 , получим точки $Г_1$ и B_1 . Таким образом получаем три параллельные кривые: $B_1B_2B_3$, $V_1V_2V_3$ и $Г_1Г_2Г_3Г$, представляющие собой поверхности напластования трех слоев в разрезе: II, III и IV, причем отрезки $B_1B_2B_3$ и $V_1V_2V_3$ соответствуют размытым поверхностям напластования (пунктирные линии). Нескольким иначе отыскивается разрез слоя I, поскольку из точки O_2 не удастся провести дугу, которая могла бы охватить этот слой. Слой I строим, проведя из центров O_1 и O_3 дуги радиусами соответственно O_1A и $O_3A_2 = AГ_1 + ГO_3$. Эти две дуги пересекутся в точке A_1 . Линия AA_1A_2 даст размытую поверхность слоя I. Если все четыре слоя, лежащие ниже прямой P_1 , не меняют падения, то линии, изображающие их поверхности напластования, можно продолжить прямыми отрезками согласно падению слоя I.

ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ

Складками называют волнообразные изгибы в слоистых толщах осадочных, вулканогенных и метаморфических пород, образующиеся при пластических деформациях.

Среди них выделяются две основные разновидности: антиклинальные и синклиналильные. Антиклинальными складками (антиклиналями) называются изгибы, в центральных частях которых располагаются наиболее древние породы относительно их краевых, периферических частей. В синклиналильных складках (синклиналях) центральные части сложены породами более молодыми, чем в их краевых частях.

Принято выделять следующие элементы складки (рис. 30, а): замок, или свод, — часть складки в месте перегиба слоев (1—2, 3—4, 5—6, 7—8);

крылья — участки складки (2—3, 4—5, 6—7), примыкающие к своду (замку);

угол складки (α) — угол, составленный линзами, продолжающими крылья складки;

осевая поверхность — это поверхность, проходящая через точки перегиба слоев, образующих складку (рис. 30, а);

осевая линия, или ось складки, — линия пересечения осевой поверхности с поверхностью рельефа (рис. 30, б), характеризующая ориентировку складки в плане (ее положение определяется азимутом простирания);

шарнир складки — это линия пересечения осевой поверхности с поверхностью какого-либо из слоев, образующих складку (рис. 31, Г); он характеризует строение складки вдоль ее осевой поверхности, и его положение определяется азимутом и

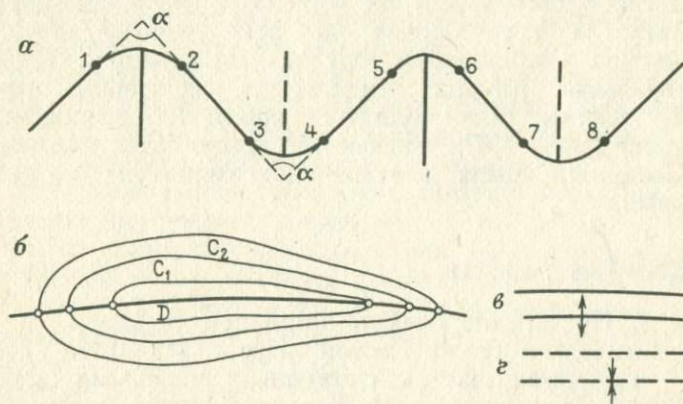


Рис. 30. Элементы складок (объяснение в тексте) в разрезе (а) и осевая линия в плане (б).

Условные знаки для изображения на картах: осевых линий антиклинальных (а) и синклиналильных (б) складок

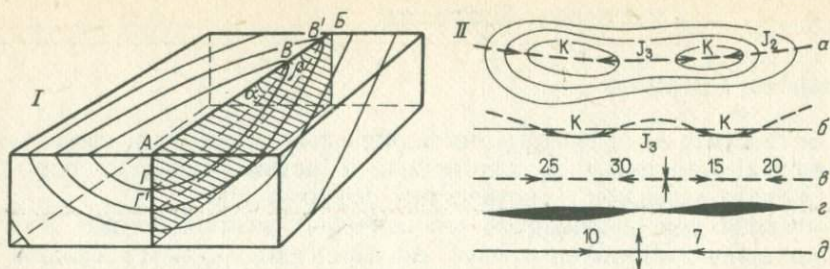


Рис. 31. Положение осевой линии (АВ) и шарнира (ВΓ и В'Γ') в складке (I) и положение шарнира в синклинальной складке (II) в плане (а) и в разрезе (б). Условные знаки для изображения на картах: шарниров синклинальных (а) и антиклинальных (с, д) складок; направление погружения шарниров складок указано стрелками (а, б, в, д) и углощениями осевых линий (с); цифры — углы погружения шарниров; α и β — углы погружения шарнира

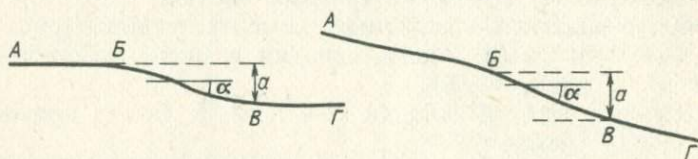


Рис. 32. Схема строения флексуры.

АВ — верхнее или поднятое крыло; ВΓ — нижнее или опущенное крыло; ВВ — смыкающее крыло; α — угол наклона смыкающего крыла; а — вертикальная амплитуда смыкающего крыла

углом погружения или воздымания. При изображении на карте положение шарнира не всегда совпадает с осью складки, но, учитывая степень уменьшения реальных размеров складок на картах, для большинства складок шарнир совмещают с осевой линией, а его направление и угол погружения могут быть указаны на осевой линии в виде стрелок (рис. 31, II).

Помимо складок в дислоцированных слоистых толщах горных пород распространены коленообразные изгибы, называемые флексурами. Они характеризуются наклонным положением слоев при общем их горизонтальном залегании или более крутым погружением на фоне общего наклонного залегания (на моноклиналях или крыльях складок). У флексур в вертикальных разрезах выделяются следующие элементы (рис. 32): верхнее (или поднятое) крыло (АВ); нижнее (или опущенное) крыло (ВΓ); смыкающее крыло (ВВ); угол наклона (α) смыкающего крыла; вертикальная амплитуда (а) смыкающего крыла.

ЛАБОРАТОРНЫЕ РАБОТЫ

Задание 1. Построение осей и шарниров складок.

На фрагменте геологической карты масштаба 1:50 000 (рис. 33) изображен участок, сложенный линейными складками субширотного простирания. На водораздельных участках складчатый комплекс перекрыт горизонтально залегающими породами, являющимися остатками размытого чехла. Строение рельефа на карте передано с помощью речной сети и высотных отме-

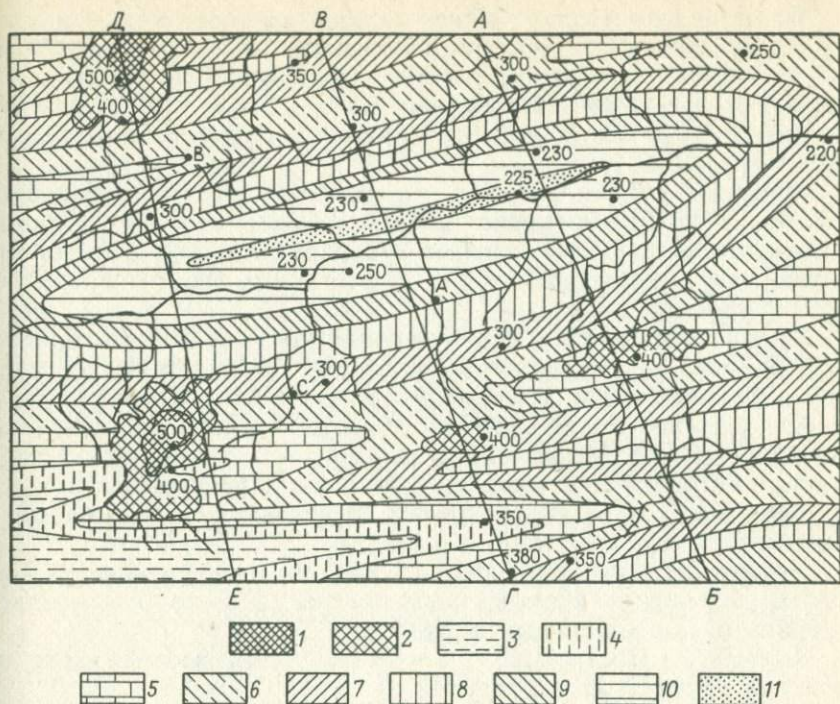


Рис. 33. Геологическая карта. Масштаб 1:100 000.

1—кремнистые песчаники; 2—ополки; 3—песчанистые глины; 4—пески с фосфоритами; 5—известняки слоистые (мощность 420 м); 6—песчанистые глины и пески с углем (мощность 280 м); 7—мергели доломитизированные; 8—известняки массивные (мощность 420 м); 9—мергели кремнистые; 10—глины плотные (мощность 700 м); 11—песчаники. Цифры на карте—отметки рельефа в метрах. Условные знаки указаны в возрастной последовательности

ток. Условные знаки отображают литологию пород и составлены в возрастной последовательности. Приведены истинные мощности для отдельных литологических подразделений.

Необходимо выполнить следующее:

- 1) построить осевые линии антиклинальных (сплошными линиями) и синклинальных складок (пунктирными линиями);
- 2) восстановить (точечным пунктиром) положение границ под горизонтально залегающими слоями;
- 3) на осевых линиях складок с помощью стрелок указать направление погружения шарниров;
- 4) найти углы падения слоев для всех крыльев складок, используя для этого значения истинной мощности и ширины выхода слоя на поверхность, т. е. видимой мощности;
- 5) построить разрез в масштабе карты по одной из линий, указанных на карте (см. рис. 33). Профиль рельефа земной поверхности изобразить с учетом речной сети и высотных отметок, указанных на карте;
- 6) найти общую линию наиболее высокого положения шарниров складок.

Пояснения. Осевую линию складки на карте можно найти путем соединения точек, расположенных в местах перегиба слоев в замке складки. Для определения направления наклона шарнира следует сравнить возраст слоев в месте пересечения их осевой линией. Шарнир погружается в сторону расположения более молодых слоев.

При построении складок на разрезах следует обратить внимание на изображение формы замка, которая должна соответствовать форме замыкания складки в плане, а также на сохранение одинаковой мощности отдельных слоев в пределах всего разреза.

Пример определения углов наклона крыльев складок приведен на рис. 34, на котором истинная мощность слоя (см. рис. 33) равна 420 м, а видимая на карте (по линии разреза) имеет значение ab . На горизонтальной линии откладываем величину ab (рис. 34); из одного из концов отрезка ab радиусом, равным истинной мощности (r), проводим полуокружность, а из другого конца отрезка ab строим касательную к окружности. Искомый угол (α) указан на рис. 34.

Прежде чем строить крылья складок, следует нанести на разрез положение осевых поверхностей. Начать построение удобнее с синклиналиных складок.

Задание 2. Построение разреза по геологической карте с простой складчатой структурой.

На карте масштаба 1:50 000, приведенной на рис. 35, изображены складки, развитые в палеозойских отложениях. Рельеф передан путем изображения речной сети. Указаны элементы залегания пород. Истинные мощности пород в пределах карты не меняются. Для выполнения аналогичного задания могут быть также использованы карты атласов: № 6н, 8н, 9н, 13н, 8с, 14с.

Следует построить:

- 1) оси складок (антиклинальных — сплошными линиями, синклиналиных — пунктирными);
- 2) разрез по одной из линий, указанных на карте, с учетом элементов залегания пород.

Пояснения. Выбрав линию разреза строят профиль рельефа в виде горизонтальной линии, дают положение осей складок и точки пересечения линии разреза с геологическими границами на карте. Затем на разрез наносят углы падения пород, по которым строят крылья складок. Величины элементов залегания, указанные на карте, можно переносить на линию разреза вдоль простиранья пород при условии сохранения

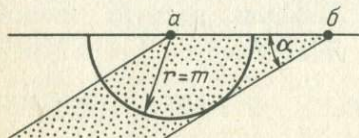


Рис. 34. Определение угла наклона слоя на разрезе (α).

ab — видимая мощность слоя на линии разреза; r — радиус, равный истинной мощности (m)

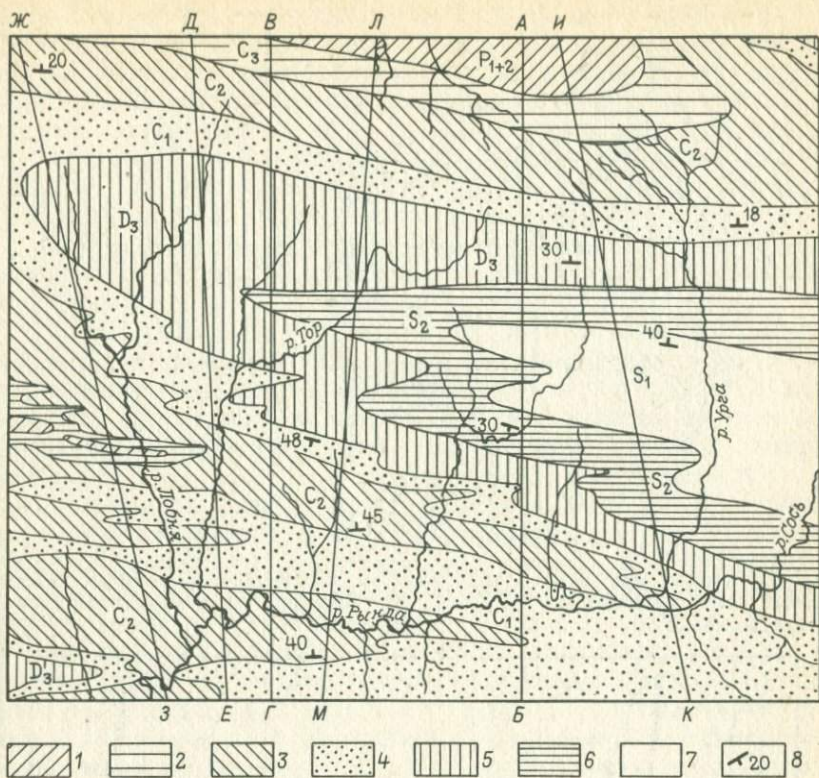


Рис. 35. Геологическая карта. Масштаб 1:50 000.

1 — пермские красноцветные песчаники; 2 — 4 — каменноугольные отложения (2 — гипсоносные аргиллиты, 3 — песчано-глинистая угленосная свита, 4 — песчаники, известняки); 5 — девонские глинистые сланцы, известняки, туфы; 6, 7 — силурийские отложения (6 — глинистые сланцы, 7 — песчаники, кварциты); 8 — элементы залегания

величин видимой мощности стратиграфического подразделения.

При изображении формы замков складок на разрезе следует ориентироваться на форму их замыкания на карте, которая в той или иной степени должна быть передана на разрезе.

В большинстве случаев на разрезах строятся концентрические складки, поскольку естественные изменения в мощностях слоев на сводах и крыльях складок не отображаются на разрезах при уменьшении природных размеров структур в тысячи раз. Исключение составляют складки с такими изменениями мощностей в сводах и на крыльях, которые можно показать в масштабе построения. Необходимо внимательно следить за тем, чтобы изменение мощностей пород на разрезах не произошло за счет неверно продолженных в глубину указанных близ дневной поверхности углов наклона слоев.

При построении разрезов по карте с недостаточной стратиграфической расчлененностью большое значение приобретает изображение на разрезах осевых поверхностей складок. Напри-

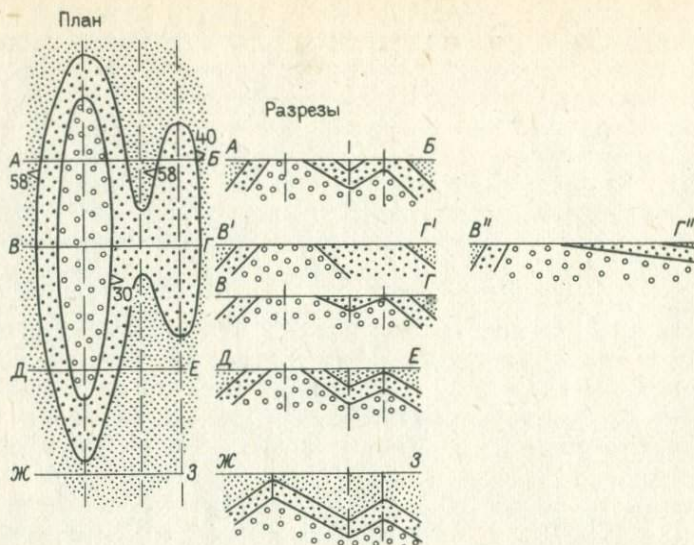
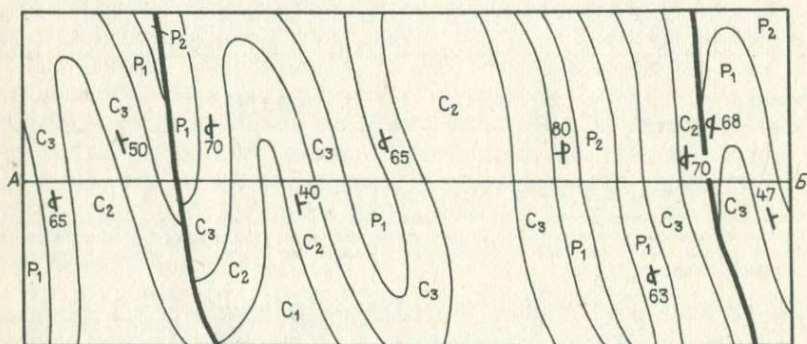


Рис. 36. Разрезы через складчатую структуру, построенные с учетом положения осевых линий (разрезы А—Б, Д—Е, Ж—З) и без учета положения осевых линий (разрезы В'—Г' и В''—Г'')



Разрез по линии А—Б

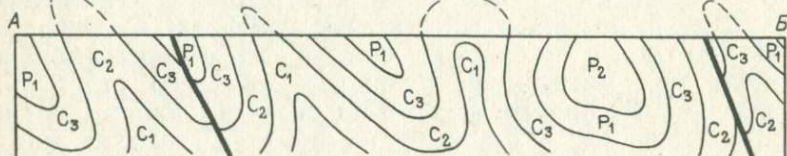


Рис. 37. Геологическая карта и разрез с изображением опрокинутых складок. Масштаб 1:50 000.

Тонкие линии — геологические границы; толстые линии — надвиги. Индексы общепринятые

мер, на одном из разрезов по линии ВГ (рис. 36) положение осевых поверхностей складок не учтено, но сохранены углы падения пород (разрез В'Г'); мощность пород оказалась при

этом искаженной. На разрезе $B''G''$ положение осевых поверхностей также не учтено, сохранены мощности пород, однако углы падения на нем искажены. Лишь при учете положения на разрезе осевых поверхностей складок (третий вариант разреза, по линии BG) удастся достичь правильного изображения складок. Остальные разрезы на рис. 36 построены с учетом положения осевых поверхностей складок.

Задание 3. Построить геологические разрезы с опрокинутыми складками, используя карты атласов: № 18н, 19н, 20н, 21н, 20с, 21с, 22с, 23с.

Пояснения. На геологических картах опрокинутое залегание указывается специальным значком (см. рис. 2). Обычно опрокинутые складки осложняются надвигами. Эти разрывные нарушения, в какой бы части складки они не развивались, ориентируются параллельно осевым поверхностям.

Геологическая карта масштаба 1:50 000 с изображением опрокинутых складок и разрез приведены на рис. 37. Среди складок развиты и веерообразные формы. Их присутствие устанавливается по противоположному опрокинутому залеганию крыльев у такой складки.

Большой сложностью отличается построение разрезов с опрокинутыми складками, распространёнными в мощных монотонных толщах, не имеющих детального стратиграфического или литологического расчленения (например во флишевых толщах). На геологических картах в таких случаях указываются лишь границы крупных стратиграфических подразделений, а складки характеризуются с помощью элементов залегания (рис. 38). При построении геологического разреза в аналогичных условиях следует прежде всего установить положение осевых линий складок. С этой целью соединяют расположенные друг за другом точки, в которых замерены нормальные и опрокинутые залегания, или точки с замерами наклонов слоев, направленных в противоположные стороны, и, разделив расстояние между точками замеров пополам, устанавливают место осевых линий (точечный пунктир на рис. 38). Отличить оси опрокинутых антиклинальных складок от синклинальных можно по различиям в углах падения слоев: на нормальных крыльях складок углы наклона пород, как правило, более пологие, чем на подвернутых крыльях (за исключением веерообразных складок). После переноса на разрез точек пересечения осевых линий с поверхностью рельефа следует построить осевые поверхности, положение которых будет соответствовать биссектрисам углов, образуемых крыльями складок. Выполнив все предварительные построения, легко изобразить на разрезе и весь комплекс складок, учитывая при этом значения истинной мощности отложений, указанные в стратиграфической колонке. Для большей наглядности следует достроить контуры складок и над поверхностью рельефа.

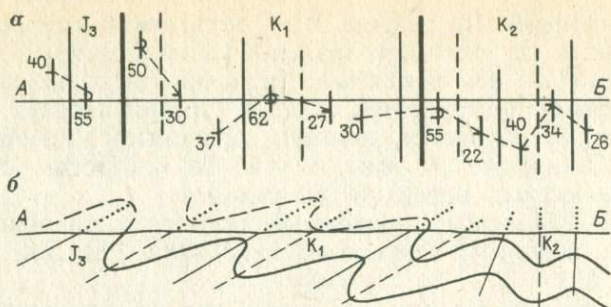


Рис. 38. Построение разреза (б) через складчатую структуру по элементам залегания пород (а)

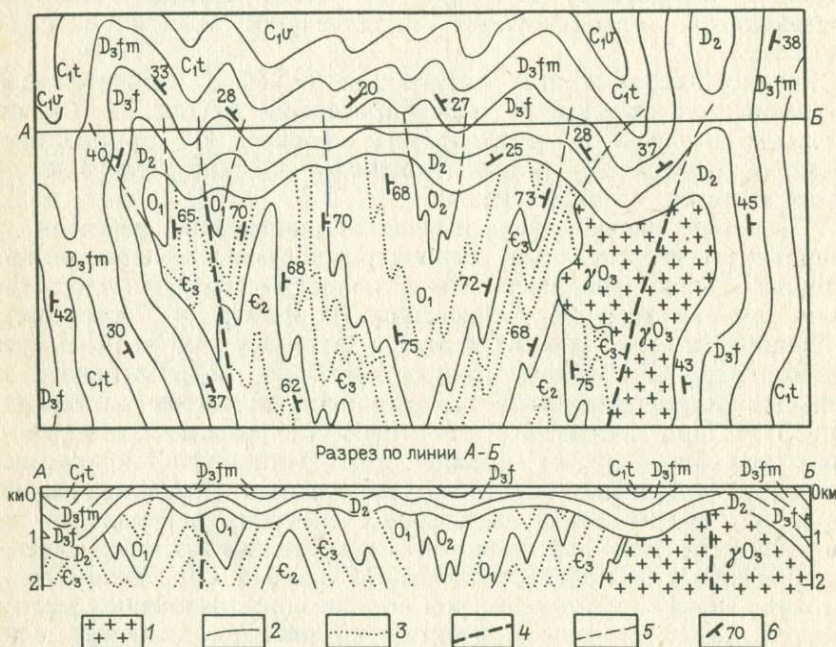


Рис. 39. Геологическая карта и разрез с изображением двух структурных комплексов. Масштаб 1:100 000.

1 — граниты; 2 — геологические границы; 3 — маркирующие горизонты; 4 — разрывы; 5 — продолжение геологических границ и разрывов на поверхности несогласия; 6 — элементы залегания пород. Индексы — общепринятые

Задание 4. Построить геологический разрез с разновозрастными складчатыми комплексами. Пример карты приведен на рис. 39.

На карте масштаба 1:100 000 изображены два разновозрастных складчатых комплекса, разделенных стратиграфическим и структурным несогласием. Рельеф условно принят горизонтальным. В нижнем складчатом комплексе разрывы представляют собой надвижки. Указаны элементы залегания пород. Положение

структур нижнего комплекса на поверхности несогласия на площади распространения верхнего структурного комплекса указано пунктиром; точечным пунктиром указан маркирующий горизонт. Для выполнения аналогичного задания могут быть использованы также карты атласов: № 16н, 17н, 19н, 18с, 19с, 21с.

Следует построить разрез по одной из предложенных карт. Нижний (не обнажающийся на поверхности) структурный комплекс надо изобразить путем прослеживания границ нижнего структурного этажа на поверхности несогласия. Вертикальный масштаб разреза должен быть равен горизонтальному. Ширина разреза 2—3 см.

Пояснения. Надвиги в нижнем структурном комплексе изображаются параллельно осевым поверхностям складок. Поправок в углы наклона геологических границ на разрезах за счет неперпендикулярности простираения пород, образующих складки с линией разреза, не вводить в виду малого значения отклонений. Положение геологических границ нижнего структурного комплекса на поверхности несогласия под верхним структурным комплексом установить без учета наклона поверхности несогласия.

ПОСТРОЕНИЕ СТРУКТУРНЫХ КАРТ

Для изображения складок, развитых на той или иной глубине, применяются структурные карты, на которых с помощью линий одинаковых высот (изогипс) изображается гипсометрическое положение опорных поверхностей. Таковыми могут быть кровля или подошва выделяемых в разрезе стратиграфических горизонтов и маркирующих горизонтов, пласты полезных ископаемых, поверхности несогласия, интрузивных тел, сместителей разрывов и др. Изогипсы, построенные по кровле или подошве стратиграфических подразделений или горизонтов, имеющих установленное положение в стратиграфическом разрезе, называются стратоизогипсами. Структурные карты по методике построения очень близки к топографическим, на которых рельеф земной поверхности передан с помощью горизонталей. Наиболее надежный метод составления структурных карт основан на использовании данных буровых скважин, позволяющих точно установить высотные отметки опорного горизонта. С этой же целью могут быть использованы геофизические данные и геологические разрезы. Если опорный горизонт частично обнажен, большое значение при построении структурной карты могут иметь высотные отметки его выхода на земную поверхность.

Пояснения. На топографическую карту с рельефом, изображенным с помощью горизонталей, наносятся положения устьев скважин. Вычисление абсолютных отметок опорного горизонта производится следующим образом. Из буровых

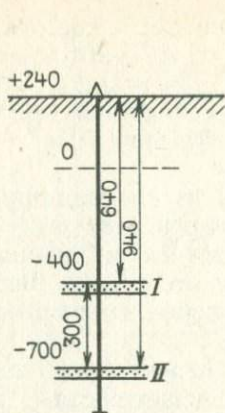


Рис. 40. Определение по данным буровых скважин абсолютных отметок поверхностей верхнего (I) и нижнего (II) опорных горизонтов.

+240 м—высота устья скважины; 0—уровень моря; 640 м—глубина до поверхности верхнего опорного горизонта (I); 940 м—глубина до поверхности нижнего опорного горизонта; -400 м—абсолютная отметка поверхности верхнего опорного горизонта; 300 м—мощность промежуточной толщи (м); -700 м—абсолютная отметка поверхности нижнего опорного горизонта

журналов берутся высота устья скважины и глубина до опорной поверхности. Вычитая из первой вторую, получаем абсолютную высоту поверхности опорного горизонта. Необходимо учитывать искривление скважин и вносить соответствующие поправки (рис. 40).

После вычисления высотных отметок для всех пунктов указывают их значение на карте. Затем все пункты соединяют прямыми линиями, из которых составляется сеть треугольников. При этом необходимо стремиться к тому, чтобы треугольники были по возможности равносторонними. Выбрав вертикальное расстояние, находят нужные отметки на сторонах треугольников и соединяют однозначные отметки плавными кривыми линиями—стратоизогипсами. Весь процесс составления структурной карты напоминает воспроизведение изображения рельефа земной поверхности с помощью горизонталей. Интерполяция данных по сторонам треугольников производится с помощью палетки, вычерчиваемой на восковке.

Качество структурной карты во многом зависит от правильно построенной сети треугольников. Стремиться строить равносторонние треугольники необходимо для того, чтобы избежать появления на карте отсутствующих в действительности изгибов поверхности опорного горизонта, обусловленных только интерполяцией высотных отметок. На рис. 41 приведены примеры правильной и неправильной разбивки сети треугольников.

Следует внимательно проследить за тем, чтобы стороны треугольников не пересекали участков, на которых отметки

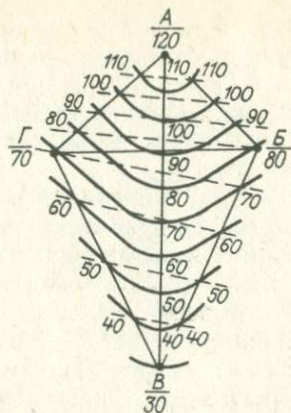


Рис. 41. Варианты построения структурной карты.

Первый вариант (сплошные линии) построен по сторонам треугольников *АВВ* и *АВГ*; второй (пунктирные линии)—по треугольникам *АВГ* и *ВВГ* (во втором варианте отсутствует поднятие, хорошо выраженное на первом варианте, получившееся за счет неверной интерпретации высотных отметок по линии *АВ*). Цифры—абсолютные высоты (м)

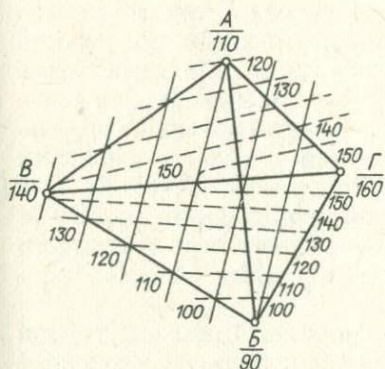


Рис. 42. Варианты построения структурной карты.

Первый вариант (сплошные линии) построен по скважинам А, Б и В, второй (пунктир) — по скважинам А, Б, В, Г; различие в положении стратоизогипс первого и второго вариантов объясняется неверно построенной стороной треугольника между скважинами А и Б. Высотные отметки даны в метрах

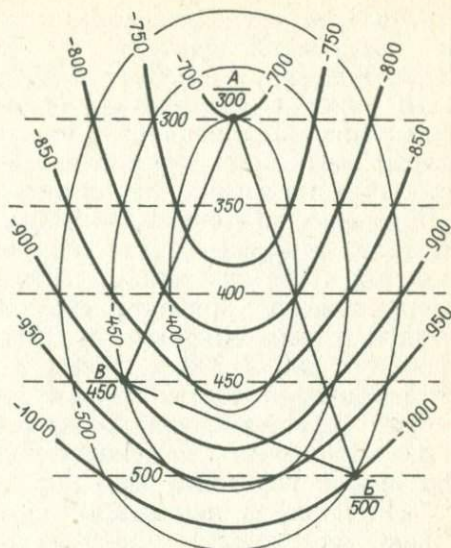


Рис. 43. Структурная карта, построенная методом схождения.

Тонкие линии — стратоизогипсы поверхности верхнего опорного горизонта; утолщенные — стратоизогипсы поверхности нижнего опорного горизонта, пунктирные — изохоры. Цифры на изохорах — мощности (м); остальные цифры — абсолютные отметки (м)

поверхности опорного горизонта были бы выше или ниже интервала отметок, указанных на концах соответствующей стороны треугольника. Не учитывая этого, легко пропустить поднятия и прогибы в кровле опорного горизонта (рис. 42).

Чрезвычайно важно увязать структуры опорного горизонта с геологической картой. Если этот горизонт не обнажен на поверхности, следует очень внимательно отнестись к значениям мощности толщи, отделяющей опорный горизонт от пород, обнажающихся на поверхности. При изменении мощности необходимо выявить причины этого изменения и не допустить в этом случае ошибок в построениях. Если опорный горизонт обнажается на поверхности, нужно проверить точки пересечения стратоизогипсы с границами выхода горизонта. При правильно составленной карте в точках пересечения стратоизогипс и границ выхода опорного горизонта на поверхность их высотные отметки должны совпадать.

Построив структурную карту опорного горизонта, геологу нередко приходится на той же площади выявлять строение нижележащего опорного горизонта. Для этой цели может быть использован прием, известный под названием метода схождения. Его сущность заключается в том, что, используя структурную карту верхнего горизонта и сопоставляя с ней мощность пород, отделяющих верхний опорный горизонт от нижнего, строят структурную карту нижнего горизонта.

Разберем построение структурной карты методом схождения на следующем примере. По данным бурения составлена структурная карта верхнего продуктивного горизонта, образующего пологую брахиантиклинальную складку (рис. 43). При дальнейшем бурении одной из скважин (*А*) на глубине 940 м вскрыт еще один продуктивный горизонт. Для построения структурной карты по нижнему горизонту прежде всего необходимо установить мощность пород, отделяющих нижний горизонт от верхнего. Для этого нужно иметь данные не менее чем по трем скважинам. После добуривания до нижнего продуктивного горизонта еще двух скважин вычислим по каждой из них мощность промежуточной толщи, оказавшейся равной в скв. *А* 300 м, в скв. *Б* 500 м и скв. *В* 450 м. Для определения мощности промежуточной толщи пород необходимо из значения глубины залегания нижнего продуктивного горизонта вычесть значение глубины залегания верхнего продуктивного горизонта (см. рис. 43).

Как видно из приведенных цифр, мощность промежуточной толщи непостоянна. Для выяснения направления изменения мощности строим карту равных мощностей промежуточной толщи пород. Линии равных истинных мощностей называются изопахитами, а линии равных вертикальных мощностей — изохорами. Вертикальная мощность всегда больше истинной, однако при незначительных углах наклона пород, не превышающих 10° , разница между этими мощностями невелика, поэтому без существенных ошибок вместо истинных мощностей можно пользоваться вертикальными.

Для построения изохор соединяют пункты расположения скважин на карте прямыми линиями. На сторонах образованного треугольника находят значения мощности промежуточной пачки через интервалы, соответствующие интервалам между стратоизогипсами верхнего продуктивного горизонта. Например, если стратоизогипсы проведены через 100 м, интервалы между изохорами также должны быть равны 100 м. Точки с одинаковыми значениями мощности на сторонах треугольника соединяют прямыми линиями, которые будут представлять собой изохоры промежуточной толщи. Если количество скважин более трех, необходимо строить ряд треугольников, на сторонах которых даны значения мощности для построения изохор.

Построив карту мощностей и нанеся изохоры на структурную карту верхнего продуктивного горизонта, находим точки пересечения стратоизогипс и изохор. В каждой такой точке вычисляется отметка поверхности нижнего продуктивного горизонта, для чего из значения высоты стратоизогипсы вычитают значение изохоры. Например, если высота стратоизогипсы составляет -400 м, а значение изохоры 300 м, абсолютная отметка кровли нижнего продуктивного горизонта будет равна -700 м.

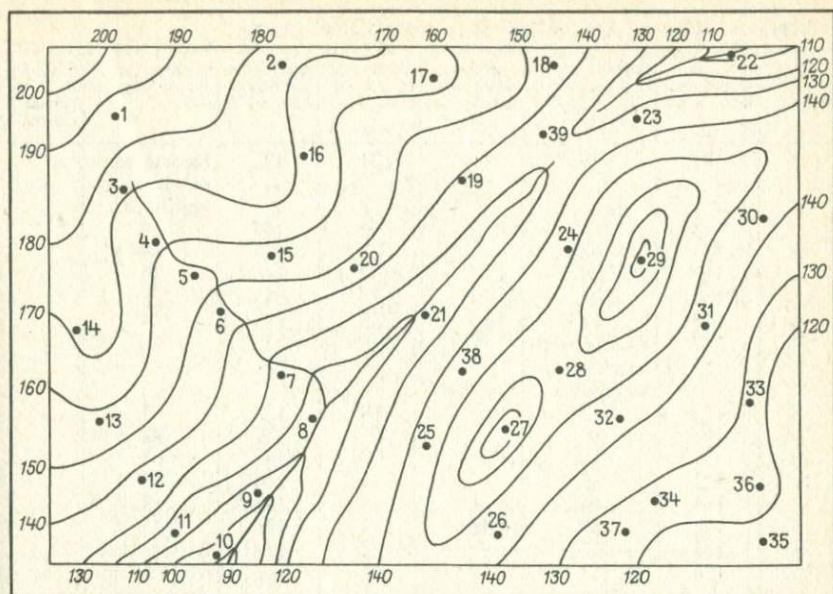


Рис. 44. Бланк для построения структурной карты. Масштаб 1:5000; горизонтали через 10 м

Вычислив высоты для каждой точки, соединяем одинаковые значения плавными кривыми, которые и будут представлять собой стратоизогипсы нижнего опорного горизонта.

Точки, необходимые для составления структурной карты, можно также получить путем построения ряда разрезов с изображением опорного горизонта. Таких разрезов должно быть достаточное количество, с тем чтобы они освещали положение опорного горизонта на всей площади карты. Высотные отметки для каждой из точек вычисляются по разрезам и затем наносятся по линиям разреза на карту. Точность построенной таким способом структурной карты зависит от обоснованности разрезов.

Задание 5. Построить структурные карты кровли и подошвы пласта цементных мергелей.

На рис. 44 приведена топографическая карта масштаба 1:5000. Рельеф на карте передан с помощью горизонталей с сечением через 10 м. На площади, изображенной на карте, пробурены 39 скважин, вскрывшие на различных глубинах пласт цементных мергелей; в пяти точках мергели обнажены на земной поверхности (табл. 6). Мергели перекрыты песчаниками и подстилаются аргиллитами. Три скважины (13, 17, 37) углублены до подошвы пласта мергелей (см. табл. 6) и вскрывали ее на различных глубинах.

Необходимо выполнить следующее:

1) рассчитать отметки кровли цементных мергелей, вскрытой скважинами;

Таблица 6. Данные для построения структурной карты

№ скважин и точек	Абс. отм. устьев скважин, м	Глубина до кровли пласта, м	Глубина до подошвы пласта, м	№ скважин и точек	Абс. отм. устьев скважин, м	Глубина до кровли пласта, м	Глубина до подошвы пласта, м
1	187	79		21	122	Выход мергелей на поверхность	
2	174	65		22	108	38	
3	173	68		23	134	49	
4	162	39		24	146	30	
5	154	21		25	145	35	
6	145	11		26	145	49	
7	127	Выход мергелей на поверхность		27	175	56	
8	112	3		28	155	5	
9	105	10		29	182	82	
10	94	14		30	143	61	
11	115	32		31	144	47	
12	137	46		32	143	18	
13	157	61	161	33	126	23	
14	172	72		34	126	Выход мергелей на поверхность	
15	156	7		35	116		
16	168	33		36	123	3	
17	162	64	194	37	125	5	205
18	145	60		38	147	4	
19	138	17		39	137	37	
20	146	Выход мергелей на поверхность					

2) построить сеть треугольников, на сторонах которых проинтерполировать высотные отметки кровли мергелей;

3) по значению высотных отметок наметить оси антиклинальных и синклинальных складок;

4) построить структурную карту кровли цементных мергелей с сечением стратоизогипс через 10 м;

5) оконтурить площадь выхода мергелей на дневную поверхность;

6) построить карту изохор для пласта цементных мергелей с интервалом изохор через 10 м;

7) методом схождения построить структурную карту подошвы мергелей с сечением стратоизогипс через 10 м;

8) построить геологический разрез вкрест простирания складок.

Пояснения. Все необходимые указания по построению структурной карты и карты изохор приведены выше. Ниже даны пояснения для оконтуривания площади выхода мергелей на поверхность.

При построении стратоизогипс по кровле пласта мергелей следует учитывать также и пункты, в которых пласт обнажен на поверхности. При этом необходимо иметь в виду, что кровля

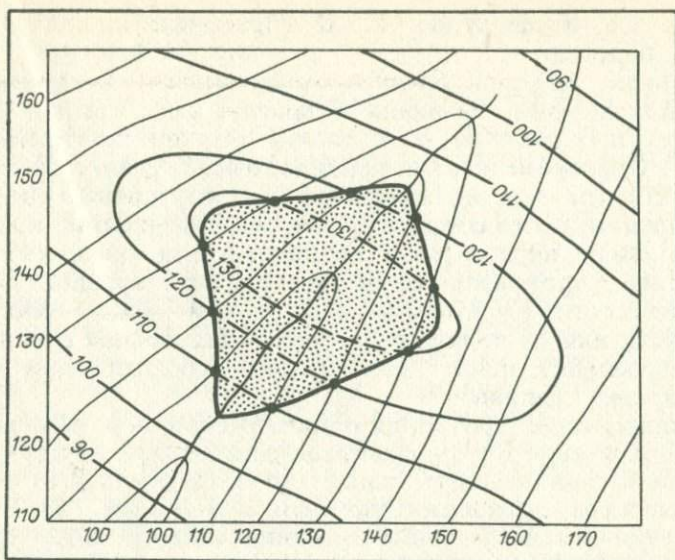


Рис. 45. Построение на структурной карте выхода пласта на дневную поверхность. Тонкие линии — горизонталы; толстые — стратоизогипсы; точки — выход пласта на поверхность; цифры — абсолютные отметки (м); пунктир — воздушные стратоизогипсы

пласта, уничтоженная в настоящее время денудацией, располагалась выше уровня современного рельефа и поэтому при расчете положения стратоизогипса кровли мергелей строить стороны треугольников через эти точки нельзя. Однако при этом следует учитывать отметки точек поверхности рельефа, в которых мергели обнажены, так как значения отметок на ту или иную величину будут ниже отметок кровли пласта.

После того как нанесена последняя стратоизогипса, находим точки пересечения горизонталей рельефа со стратоизогипсами, имеющими одинаковые высотные отметки, и, соединив их плавной кривой, устанавливаем контур выхода цементных мергелей на дневную поверхность (рис. 45). Естественно, что в пределах этого контура стратоизогипсы следует провести пунктирными линиями, обговорив в условных знаках их воздушное положение.

Структурные карты кровли, изохор и подошвы мергелей можно построить непосредственно на одном топографическом бланке (линиями различных цветов), иногда карту изохор и структурную карту подошвы мергелей дают на восковке-накладке.

ТРЕЩИНЫ В ГОРНЫХ ПОРОДАХ

ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ

К трещинам относятся разрывы в земной коре без перемещений или с незначительными перемещениями, не более нескольких

сантиметров. В совокупности они образуют трещиноватость в горных породах.

Трещины, имеющие близкую ориентировку, объединяются в ряды или системы. Различия в ориентировке трещин одного ряда по простиранию и падению обычно не превышают $10-15^\circ$. Одновременно, как правило, бывает развито несколько рядов. Причем нередко изменения в ориентировке одного из них сопровождаются соответствующими изменениями в другом.

Основными параметрами трещиноватости являются: густота, ширина, протяженность и ориентировка трещин. Густота трещиноватости выражается расстоянием между соседними трещинами или их количеством на 1 м расстояния в направлении, перпендикулярном к некоторой средней поверхности ориентировки трещин.

Трещины характеризуются общим раскрытием, заполнением и зиянием. Раскрытие определяется расстоянием между стенками трещин. Заполнение и зияние могут изменяться от некоторой величины раскрытия до нуля. В сумме они равны раскрытию. Величина зияния в глубине массива может существенно отличаться от величины зияния трещин на поверхностях выветривания, в стенках горных выработок или шлифах (у микротрещин). По густоте трещин и их зиянию можно определить трещинную пустотность, проницаемость массива и другие показатели его коллекторских и инженерно-геологических свойств. Протяженность трещин выявляется в пределах поверхности обнажения.

Ориентировка поверхности трещин в точке замера характеризуется углом и азимутом падения. При замерах элементов залегания трещины горным компасом определяется ее магнитный азимут падения. Чтобы перейти к истинному азимуту, следует учесть магнитное склонение. При работе в подземных горных выработках необходимо также иметь в виду местные отклонения. Поправка на эти отклонения вводится в связи с тем, что при замерах, осуществляемых горным компасом, в условиях горных выработок наблюдаются искажения его показаний под влиянием металла, находящегося в руднике (рельсы, вагонетки), и других причин. Для определения поправки на местные отклонения приходится замерять магнитный контрольный азимут выработки и определять на плане горных работ истинный азимут этой же выработки.

Прежде чем приступить к замерам ориентировки трещин, необходимо на участке, где производятся измерения, установить генезис трещин, определить элементы залегания пластов горных пород, сланцеватости или иных ориентированных текстур. Запись результатов наблюдений над трещинами следует сводить в таблицы непосредственно в поле, а не разбрасывать среди текста полевой книжки. Для каждого генетического типа трещин обработка замеров их ориентировки должна производиться раздельно.

ГРАФИЧЕСКИЕ МЕТОДЫ ИЗОБРАЖЕНИЯ ЗАМЕРОВ ОРИЕНТИРОВКИ ТРЕЩИН

При полевом изучении трещиноватости горных пород проводятся массовые замеры трещин, требующие дальнейшей обработки для выявления преобладающих направлений, относительной интенсивности каждого из них и т. д. С этой целью прибегают к составлению различных диаграмм и карт трещиноватости.

В основе построения таких диаграмм должно лежать разделение трещин по генезису. Совершенно бесцельно в большинстве случаев наносить на диаграмму замеры без отнесения их к трещинам определенного происхождения, поскольку она приобретает вид «звездного неба» либо дает искаженные представления об ориентировке трещин. Хотя в ряде случаев диаграммы и помогают выяснить генезис трещин, однако всегда необходимо иметь генетическую характеристику наносимых на диаграмму трещин.

В настоящее время наибольшим распространением пользуются круговые диаграммы в изолиниях, построенные с помощью сетки Вальтера—Шмидта. Широко используются и другие виды диаграмм, в особенности розы-диаграммы.

На розах-диаграммах легко можно выявить преобладающие простирания трещин, азимуты или углы их падения.

В качестве примера рассмотрим построение розы-диаграммы азимутов линий простирания. На полукруг произвольного радиуса наносится градусная сетка с северными румбами и проводятся радиусы-меридианы (рис. 46). Интервалы между меридианами можно брать различными—2—3 или 5°. Затем выбирается единичный отрезок с произвольной длиной, соответствующей одному замеру, служащий масштабом для изображения количества трещин. Единичный отрезок откладывается на полукруге от его центра по направлению замеренного азимута. При этом производится округление значений замеров азимутов в соответствии с частотой проведенных радиусов-меридианов.

Можно вести построение и без округлений. При повторении замера единичный отрезок откладывается от ранее нанесенного к периферии диаграммы. После нанесения всех замеров концы

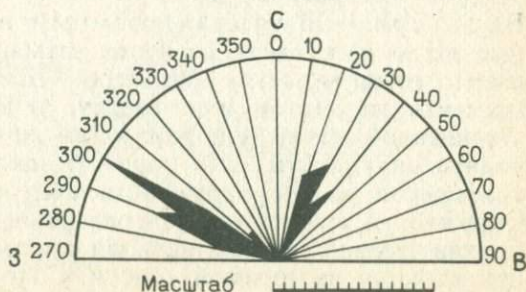


Рис. 46. Роза-диаграмма простираний.

Каждое деление соответствует одной трещине

Рис. 47. Сетка для нанесения замеров

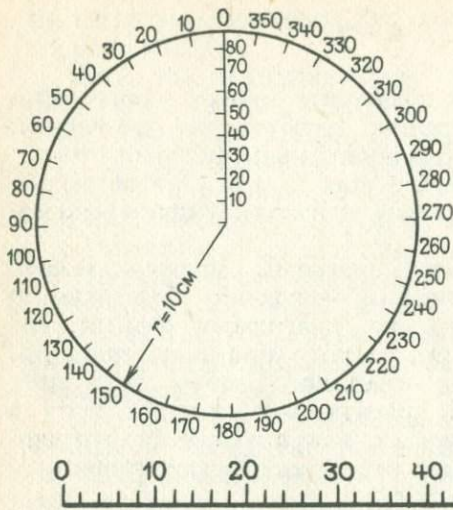


Рис. 48. Масштаб для градуировки северного радиуса при круге диаметром 20 см

линий, составленных единичными отрезками, соединяют прямыми и образовавшийся контур затушевывают.

Существует и иной способ построения розы-диаграммы, при котором, прежде чем наложить имеющиеся замеры на сетку, они группируются с интервалами 2—3 или 5°. В одну группу относят трещины, азимуты или углы падения которых находятся в пределах того или иного интервала. Определяют число случаев и среднее значение азимута или угла падения для каждой группы. Полученные значения наносят на диаграмму с помощью радиусов. Направление радиусов должно отвечать среднему значению азимута, а длина его должна быть пропорциональной числу замеров, попавших в данную группу.

Если количество трещин наносят в виде процентов, то общее число замеров принимают за 100 и вычисляют процент замеров по каждой группе. Для изображения азимутов падения розу-диаграмму нужно строить на полном круге, а для углов падения достаточно одного квадранта.

Существенным недостатком роз-диаграмм является невозможность изображения на одной диаграмме всех данных по замерам.

Для построения диаграммы с помощью сетки Вальтера — Шмидта необходим набор трафаретов, которые легко изготовить из куска ватмана или картона. Удобно иметь готовую сетку Вальтера — Шмидта, которую следует наклеить на картон или фанеру. Однако можно обойтись и упрощенной сеткой, изображающей лишь окружность и верхний радиус окружности. Для простоты расчетов при изготовлении трафаретов радиус окружности следует брать равным 10 см. Окружность градуируется через равные градусные интервалы против часовой стрелки, начиная от северного радиуса, который принимается за нулевой (рис. 47). Полученная шкала служит

для отсчета замеров азимутов падения. По нулевому радиусу отсчитывают углы падения. При его градуировке придерживаются принципа, который применяется при построении сетки Вальтера—Шмидта.

Как известно, сетка Вальтера—Шмидта, используемая в кристаллографии, сохраняет равенство площадей, заключенных между меридианами и параллелями, за счет нарушения пропорциональности изображения угловых значений. Применение такой сетки необходимо для количественной оценки замеров. На рис. 48 приведен размеченный радиус для диаграммы с диаметром 20 см. Нулевое значение для углов падения указывается в центре сетки, 90° — на окружности.

В центр круга с размеченной окружностью и радиусом (или в центре сетки Вальтера—Шмидта) вставляется игла или гвоздь, на который накладывается восковка с нанесенной на нее окружностью того же диаметра. Для того чтобы восковка не прорывалась, на ней в место прокола иглой следует приклеить кусочек плотной бумаги.

Рис. 49. Восковка, наложенная на сетку.

При данном положении восковки нанесен замер поверхности трещины с аз. пад. 55° , \angle 66° (точка А). Точка Б отвечает замеру аз. прост. 42° \angle 90°

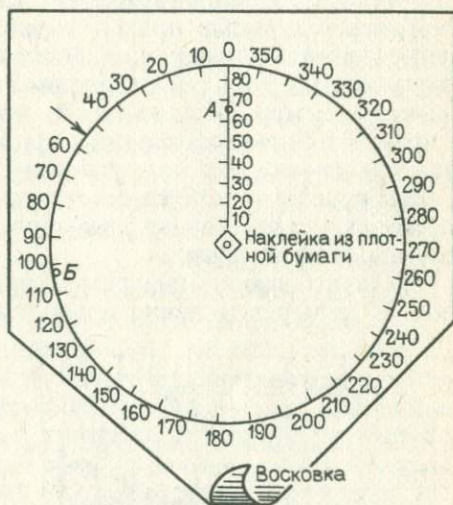


Рис. 50. Схема, поясняющая соотношение поверхности полушария и трещины



На окружности восковки проводится стрелочка или другой какой-либо ориентир, служащий для отсчета азимутов падения по градусной шкале на окружности диаграммы. При нанесении замеров азимутов падения восковку поворачивают до положения, при котором стрелочка или другая пометка на окружности восковки будет соответствовать замеру азимута падения. Затем восковку придерживают и на ней по размеченному радиусу откладывают значение угла падения. Полученная точка и будет изображать положение поверхности трещины (рис. 49). В геометрическом смысле эта точка будет представлять собой место пересечения перпендикуляра, восстановленного к поверхности трещины, с поверхностью полушария, которое можно вообразить себе над сеткой Вальтера—Шмидта. При этом трещины представляются в виде плоскостей, пересекающих центр сетки и поверхность полушария (рис. 50).

Если трещина горизонтальна, т. е. угол падения равен нулю, перпендикуляр пересечет полушарие в его центре и, следовательно, точка будет расположена в центре сетки, на нулевом значении угла падения. Когда же трещина окажется вертикальной, перпендикуляр примет горизонтальное положение и точка пересечения полушария с перпендикуляром будет лежать на окружности, где углы падения имеют значения 90° . Чтобы нанести замер вертикальной трещины на сетку, к замеру азимута линии простирания прибавляют 90° , затем поворачивают восковку до полученного значения и на окружности у конца нулевого радиуса ставят точку. Если на восковку наносят несколько однозначных замеров, точки ставятся рядом или заменяются цифрами.

Обычно на одну диаграмму наносят не более 300—400 замеров. С целью выяснения преобладающей ориентировки трещин

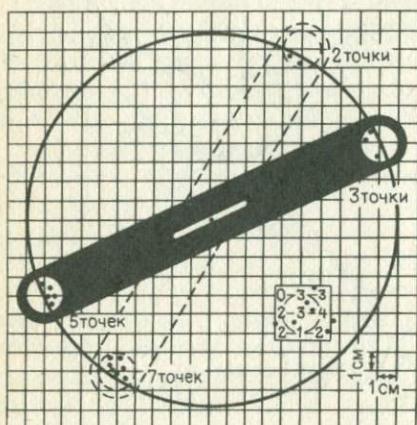


Рис. 51. Схема, показывающая способ подсчета точек с помощью сетки квадратов и линейки с двумя кругами

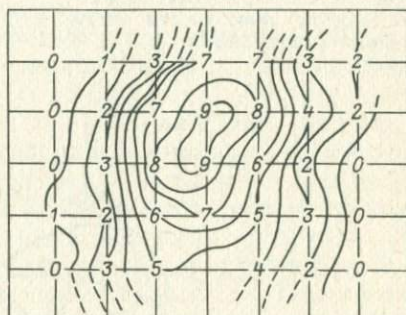


Рис. 52. Схема, показывающая способ проведения изолиний с одинаковой плотностью точек.

Цифрами обозначены индексы

круг с замерами подвергают дальнейшей обработке. Восковка накладывается на сетку квадратов, на которой нанесена окружность с радиусом 10 см (рис. 51); стороны отдельных квадратов равны 1 см. Центр окружности располагается в середине сетки квадратов; при наложении восковки на сетку окружности на них совмещаются. Из плотной бумаги вырезается кружок диаметром 2 см. Площадь этого кружка при диаметре круга 20 см составляет 1% площади большого круга.

Передвигая кружок на восковке, наложенной на сетку квадратов, производят подсчет количества точек, попадающих внутрь площади кружка, определяя тем самым количество точек, приходящихся на 1% площади большого круга. Подсчет ведут, помещая центр кружка последовательно в каждую точку пересечения линии сантиметровой сетки и записывая количество точек (индекс) в центре кружка. При этом кружок должен вписываться в четыре смежные клеточки сетки. В тех случаях, когда на его площади оказывается окружность большого круга, подсчет точек ведется линейкой, имеющей два кружка и узкую продольную прорезь посередине. Расстояние между центрами кружков линейки должно быть равно 20 см. Линейка устанавливается так, чтобы ее прорезь проходила через центр круга, а центры кружков совпали с центрами четырех смежных квадратов, через которые проходит окружность большого круга. Затем подсчитывается количество точек, оказавшихся на площади обоих кружков, и суммарное значение указывается в том кружке, центр которого расположен в пределах круга восковки. В тех случаях, когда линейка устанавливается в положение, при котором центры кружков совпадают с окружностью, индекс, составляющийся из суммы точек на площади обоих кружков, ставится в каждом из них на окружности диаграммы.

После определения всех индексов на восковке проводят изолинии, отражающие плотность точек на 1% площади круга. Рисовка изолиний осуществляется путем соединения одинаковых индексов плавными кривыми линиями, и весь процесс очень напоминает нанесение горизонталей при составлении топографической карты (рис. 52). Так, например, если на углах квадрата стоят индексы 2 и 8, то на стороне квадрата путем пропорционального деления находим индексы 3, 4, 5, 6 и 7.

Применяется и другой способ построения изолиний на диаграмме, при котором индексы отражают не число замеров на 1% площади круга, а плотность точек, выраженную в процентах относительно общего количества замеров. Например, если на диаграмму нанесено 400 замеров, а точек на площади кружка восемь, это составит 2% общего количества замеров. Цифра 2 явится соответствующим индексом. Далее изолинии проводятся через индексы, как и в первом случае.

Особое внимание при изображении изолиний должно быть обращено на периферические участки круга. При правильно составленной диаграмме на противоположных концах диамет-

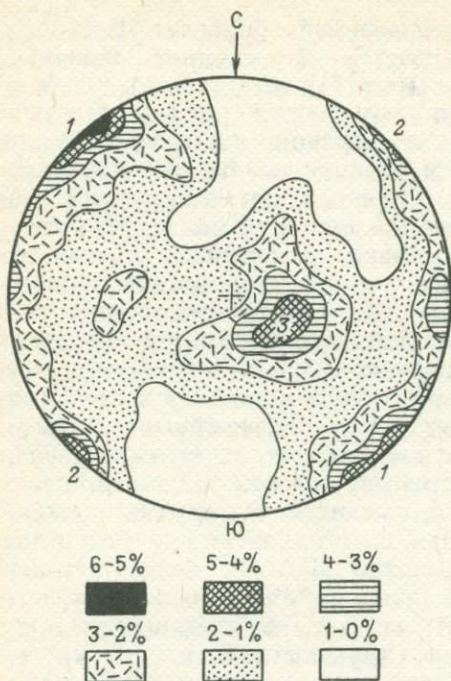


Рис. 53. Круговая диаграмма трещиноватости в изолиниях.

Нанесено 400 замеров; изолинии нанесены через 1% точек. Ряды трещин на диаграмме: 1 — вертикальный, с простираем 50°; 2 — то же, с простираем 130°; 3 — наклонный, с простираем 25°, юго-восточным падением и углом наклона 20°.

мечается центр, точкой — элементы залегания пород, в которых замерены трещины, указываются север и юг. Помимо этого дается количество нанесенных замеров, а также количество точек, через которые проведены изолинии, выраженное в процентах. Так, например, если нанесено 400 замеров, а изолинии проходят через каждый индекс (точку), получим, что каждая точка составляет 0,25% общего количества замеров, и, следовательно, изолинии проведены через 0,25% точек. Если изолинии проходят через два индекса, плотность изолиний составляет 0,5%; если через четыре индекса — 1% и т. д.

Диаграмма позволяет решать обратную задачу, т. е. выявить элементы залегания ряда (системы) трещин. Для этого определяются азимут и угол падения для точки, расположенной в центре максимума данного ряда. Точку ставят на шкалу наклонов, а по стрелке берут отсчет азимута.

Плоскость трещины можно показать в виде дуги на диаграмме. Для этого полюс (точку проекции нормали) трещины надо совместить с экватором сетки. От полюса отсчитать 90° и поставить там точку. Затем через эту точку и полюсы сетки по меридиану провести дугу, изображающую

ров в точках их пересечения с окружностью должны находиться изолинии с одинаковой плотностью точек, что достигается тщательной проверкой и сопоставлением точек пересечения окружности и изолиний.

Пространство, заключенное между отдельными изолиниями, для большей выразительности обычно покрывается различной штриховкой, более темной для изолиний с большей плотностью точек (рис. 53). Для лучшей обзорности построенную диаграмму можно уменьшить в два или четыре раза, пользуясь для этого квадратной сеткой меньшего масштаба, причем иногда оказывается удобным переносить на уменьшенную сетку не все изолинии, а каждую вторую или третью. На диаграмме крестиком по-

данную трещину. Таким же образом в виде дуги можно изобразить слой, в котором проводились замеры. Используя полюс ряда трещин, можно провести дугу, изображающую этот ряд. На круговой диаграмме определяются углы между рядами трещин, двумя трещинами, слоем и трещиной или между слоем и рядом трещин. Для этого диаграмму накладывают на сетку. Вращая ее, совмещают полюсы двух рядов с одним и тем же меридианом. Угол между полюсами, отсчитанный по меридиану, будет равен углу между рядами трещин. Аналогично проводятся замеры углов между отдельными трещинами, между слоем и трещиной или между слоем и рядом трещин.

Достоинство диаграммы, построенной на сетке Вальтера—Шмидта, заключается в наглядности изображения, возможности количественной оценки трещин различного направления и сравнения с другими диаграммами, построенными для различных участков и районов. Недостатком диаграммы является некоторая громоздкость шаблонов и невозможность ее составления непосредственно в поле.

Наблюдения над трещинами позволяют подойти к восстановлению напряжений, существовавших в породах во время возникновения в них трещин, и сделать выводы о направлении действия и природе сил, вызвавших напряжения. Для этой цели могут быть использованы как трещины отрыва, так и скальвания.

Прежде всего необходимо еще в полевых условиях (приняв во внимание геологическое строение участка, на котором изучали трещины, морфологию, возраст, направление смещения, минеральное заполнение и другие особенности трещин) выявить два одновозрастных сопряженных направления трещины скальвания, не затронутых последующими деформациями и поворотами. Затем с помощью сетки Вальтера—Шмидта находят усредненные значения азимутов и углов падения каждого из направлений сопряженных трещин скальвания, которые будут соответствовать положению максимальных касательных напряжений.

Для реконструкции в породах динамического поля, существовавшего во время возникновения в них трещин скальвания, предлагается применять сетку Вульфа, используемую обычно в кристаллографии, но повернутую на 90° и с другим расположением чисел для отсчета азимутов и углов падения (рис. 54, а). На сетку накладывают восковку и с помощью стрелки устанавливают начало отсчета. Далее, совмещают стрелку с числом, равным азимуту падения первой из двух сопряженных систем трещин скальвания. На вертикальном диаметре сетки находят точку с числом, совпадающим с углом падения трещин. На восковке отмечают найденную точку и проводят через нее дугу большого круга (рис. 54, б), представляющую собой сечение плоскости трещин с верхней полусферой. Диаметр диаграммы, соединяющей концы дуги, является линией простирания трещин.

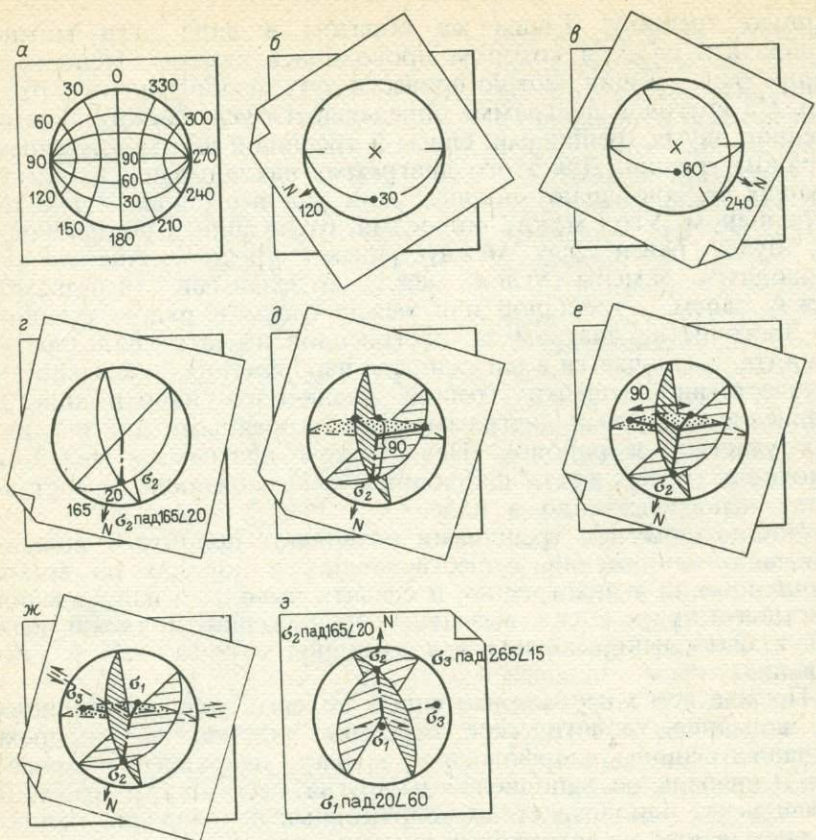


Рис. 54. Определение ориентировки осей напряжений по двум сопряженным трещинам скальвания по методу М. В. Гзовского.
 а — стереографическая сетка для определения ориентировки осей; б — ж — порядок построения диаграммы (см. текст); з — окончательный вид диаграммы и ее положение на карте

Таким же образом на восковке изображают вторую систему трещин (рис. 54, в). Точку пересечения двух дуг соединяем с центром диаграммы. Получившаяся прямая является стереографической проекцией оси средних по значению главных нормальных напряжений σ_2 , которую совмещают с вертикальным диаметром сетки (рис. 54, г). От этой точки отсчитываем вдоль диаметра 90° . Через новую точку на этом диаметре проводят дугу третьего большего круга сетки (пунктирная линия на рис. 54, д). Плоскость, изображенную дугой и перпендикулярную к σ_2 , отмечают точечной штриховкой. Точки пересечения третьей дуги с первыми двумя дугами соединяем с центром диаграммы. Параллельно этим линиям на плоскостях, изображающих трещины, накладывают штриховку, указывающую то направление смещения по трещинам скальвания, которое должно быть, если трещины действительно являются сопряженной парой систем скальвания, возникшей при одном общем для

них напряженном состоянии. На большом круге, показанном прерывистой линией, определяют по сетке величины углов между первыми двумя плоскостями. Углы делят пополам и проводят к центру диаграммы их биссектрисы. Они являются осями алгебраически* максимальных σ_1 и минимальных σ_3 главных нормальных напряжений (рис. 54, e).

При полевых наблюдениях были отмечены направления смещения трещин скалывания, их показывают на диаграмме стрелками в плоскости, отмеченной точечной штриховкой. Биссектриса угла, в котором стрелки ориентированы от центра диаграммы, является осью σ_1 . В другом углу, где стрелки показывают к центру диаграммы, биссектриса служит осью σ_3 (рис. 52, ж). Если в одном и том же углу стрелка у одной трещины ориентирована к центру диаграммы, а у другой — от центра, то это значит, что рассматриваемые два направления трещин не являются сопряженными и возникли не при одном, а при различных напряженных состояниях в разное время. Если ориентировка смещения крыльев трещин неизвестна и породы не испытали очень больших пластических деформаций, за ось σ_1 условно принимаем биссектрису острого угла, а за ось σ_3 — биссектрису тупого угла.

Такие построения производятся для различных пар трещин скалывания, и выясняется, какие из них обладают свойствами сопряженных пар. Установив направления максимальных нормальных напряжений, нетрудно найти и направления сил, вызвавших напряжения: ось σ_1 будет совпадать с ориентировкой сжимающих усилий, а ось σ_3 — растягивающих (рис. 54, з).

Если оба направления сопряженных трещин скалывания окажутся вертикальными, построения упрощаются. Положение вектора сжимающих усилий в этом случае будет горизонтальным. Для нахождения его азимута следует острый угол между максимумами замеров трещин на диаграмме, построенной на сетке Вальтера — Шмидта, разделить пополам и вычислить азимут полученной точки.

В одном и том же структурно однородном участке нередко удается определить оси не одного, а двух или более разновозрастных напряженных состояний. По многочисленным точкам можно установить пространственные закономерности полей напряжений и действовавших при этом сил как в пределах месторождения, так и обширного района, которые могут быть использованы с различными теоретическими и практическими целями.

* Учитывая, что растягивающие напряжения положительны, а сжимающие отрицательны, следует иметь в виду, что при общем неравномерном сжатии при $-\sigma_1 > \sigma_2 > -\sigma_3$ и наименьшем абсолютном значении $-\sigma_1$ в алгебраическом значении оно будет максимальным; при неравномерном растяжении при условии $+\sigma_1 > +\sigma_2 > +\sigma_3$ максимальным окажется $+\sigma_1$.

ЛАБОРАТОРНЫЕ РАБОТЫ

Задание 1. Построить розы-диаграммы трещиноватости (падения и простирания) на основе данных, приведенных в табл. 7. За масштаб трещиноватости принять 1%, соответствующий 15 мм.

Задание 2. При изучении рудного поля были произведены замеры элементов залегания тектонических трещин, развитых в ордовикских песчаниках и глинистых сланцах, а также элементов залегания рудных жил.

Следует: 1) построить круговые диаграммы трещиноватости в изолиниях с помощью сетки Вальтера—Шмидта для выявления преобладающего направления трещиноватости; 2) нанести на диаграммы точками разного цвета жилы с различным типом оруденения; 3) выявить связь между направлением трещин и характером оруденения; 4) выявить соотношения между элементами залегания пород и трещиноватостью.

Решить один из помещенных ниже трех вариантов.

Вариант 1.

Элементы залегания пород: аз. пад. 25 \angle 69.

Замеры трещин

1. Аз. пад.	13 \angle 61	27. Аз. пад.	201 \gg 76
2. То же	19 \gg 76	28. То же	204 \gg 73
3. \gg \gg	20 \gg 71	29. \gg \gg	206 \gg 76
4. \gg \gg	05 \gg 81	30. \gg \gg	207 \gg 79
5. \gg \gg	22 \gg 78	31. \gg \gg	205 \gg 69
6. \gg \gg	24 \gg 73	32. \gg \gg	208 \gg 66
7. \gg \gg	46 \gg 66	33. \gg \gg	191 \gg 61
8. \gg \gg	26 \gg 81	34. \gg \gg	199 \gg 78
9. \gg \gg	27 \gg 74	35. \gg \gg	198 \gg 69
10. \gg \gg	28 \gg 78	36. \gg \gg	196 \gg 81
11. \gg \gg	30 \gg 69	37. \gg \gg	192 \gg 85
12. \gg \gg	16 \gg 78	38. \gg \gg	195 \gg 78
13. \gg \gg	14 \gg 64	39. \gg \gg	196 \gg 69
14. \gg \gg	12 \gg 70	40. \gg \gg	196 \gg 74
15. \gg \gg	20 \gg 81	41. \gg \gg	201 \gg 60
16. \gg \gg	18 \gg 66	42. \gg \gg	202 \gg 66
17. \gg \gg	24 \gg 66	43. \gg \gg	206 \gg 58
18. \gg \gg	22 \gg 63	44. \gg \gg	208 \gg 62
19. \gg \gg	32 \gg 74	45. \gg \gg	212 \gg 72
20. \gg \gg	36 \gg 66	46. \gg \gg	216 \gg 64
21. \gg \gg	38 \gg 76	47. \gg \gg	218 \gg 60
22. \gg \gg	38 \gg 70	48. \gg \gg	220 \gg 70
23. \gg \gg	36 \gg 60	49. \gg \gg	279 \angle 26
24. \gg \gg	21 \gg 68	50. \gg \gg	279 \gg 72
25. \gg \gg	22 \gg 57	51. \gg \gg	285 \gg 70
26. \gg \gg	200 \gg 70	52. \gg \gg	286 \gg 78

53. Аз. пад.	288 » 74	102. Аз. пад.	11 » 19
54. То же	290 » 60	103. То же	12 » 24
55. » »	291 » 66	104. » »	14 » 14
56. » »	292 » 80	105. » »	357 » 18
57. » »	293 » 70	106. » »	355 » 14
58. » »	296 » 57	107. » »	347 » 22
59. » »	297 » 76	108. » »	340 » 14
60. » »	298 » 64	109. » »	332 » 9
61. » »	300 » 59	110. » »	330 » 21
62. » »	301 » 72	111. » »	328 » 16
63. » »	302 » 68	112. » »	310 » 20
64. » »	302 » 82	113. » »	358 » 23
65. » »	304 » 76	114. » »	341 » 18
66. » »	305 » 60	115. » »	340 » 60
67. » »	307 » 68	116. » »	352 » 71
68. » »	308 » 78	117. » »	5 » 40
69. » »	310 » 62	118. » »	30 » 45
70. » »	310 » 72	119. » »	38 » 19
71. » »	306 » 42	120. » »	38 » 35
72. » »	310 » 49	121. » »	64 » 73
73. » »	321 » 78	122. » »	66 » 47
74. » »	324 » 60	123. » »	78 » 60
75. » »	320 » 40	124. » »	79 \angle 30
76. » »	103 » 64	125. » »	80 » 36
77. » »	104 » 52	126. » »	88 » 34
78. » »	105 » 56	127. » »	100 » 46
79. » »	106 » 69	128. » »	104 » 12
80. » »	107 » 61	129. » »	112 » 16
81. » »	108 » 76	130. » »	120 » 41
82. » »	110 » 68	131. Аз. прост.	36 » 90
83. » »	111 » 67	132. То же	72 » 90
84. » »	112 » 63	133. » »	181 » 44
85. » »	113 » 61	134. » »	156 » 74
86. » »	114 » 74	135. » »	158 » 41
87. » »	115 » 58	136. » »	160 » 37
88. » »	116 » 68	137. » »	170 » 41
89. » »	117 » 64	138. » »	178 » 22
90. » »	118 » 79	139. » »	190 » 34
91. » »	119 » 54	140. » »	196 » 10
92. » »	120 » 74	141. » »	202 » 48
93. » »	121 » 60	142. » »	208 » 41
94. » »	122 » 73	143. » »	238 » 74
95. » »	123 » 78	144. » »	248 » 32
96. » »	125 » 62	145. » »	260 » 61
97. Аз. пад.	126 \angle 74	146. » »	220 » 20
98. То же	128 » 68	147. » »	244 » 52
99. » »	190 » 62	148. » »	250 » 80
100. » »	144 » 66	149. Аз. прост.	180 » 90
101. » »	10 » 10	150. Аз. пад.	246 \angle 60

Таблица 7. Данные для построения роз-диаграмм трещиноватости

Интервалы в градусах	Варианты					
	1		2		3	
	азимут простира- ния, градус	угол паде- ния, градус	азимут простира- ния, градус	угол паде- ния, градус	азимут простира- ния, градус	угол паде- ния, градус
270—279	272	37	—	—	—	—
	276	44	—	—	—	—
	277	39	—	—	—	—
	275	27	—	—	—	—
	279	41	—	—	—	—
280—289	282	63	—	—	283	12
	284	57	—	—	286	14
	281	49	—	—	287	14
	287	61	—	—	287	20
	289	62	—	—	289	19
290—299	293	16	297	6	291	22
	295	20	298	7	293	23
	297	23	299	7	294	27
	299	21	—	—	296	32
	—	—	—	—	197	39
300—309	302	304	303	12	302	41
	307	26	307	15	304	41
	309	30	308	15	305	44
	—	—	309	17	307	44
310—319	311	18	312	24	300	40
	312	17	314	26	312	36
	314	22	317	31	314	36
	317	19	—	—	316	30
320—329	321	4	323	31	321	12
	322	6	323	31	324	10
	327	5	327	33	327	12
	329	3	329	39	329	9
330—339	—	—	333	40	—	—
	—	—	334	42	—	—
	—	—	336	40	—	—
	—	—	339	40	—	—
340—349	—	—	343	21	—	—
	—	—	345	19	—	—
	—	—	347	17	—	—
	—	—	348	15	—	—
	—	—	349	12	—	—
	—	—	355	9	—	—
350—359	—	—	358	4	—	—
	—	—	—	—	—	—
0—9	—	—	—	—	—	—
10—19	—	—	—	—	—	—
20—29	23	10	—	—	—	—
30—39	33	18	—	—	31	6
	35	20	—	—	—	—
40—49	48	11	—	—	43	10
	49	9	—	—	47	10
40—49	50	—	—	—	—	—
50—59	—	—	—	—	57	6
60—69	—	—	—	—	—	—
70—79	—	—	73	27	—	—
	—	—	77	25	—	—
80—89	—	—	79	26	—	—
	—	—	81	17	—	—
	—	—	85	15	—	—
	—	—	79	16	—	—

Замеры жил

Кальцитовых с пирротином:

1. Аз. пад.	305	∠	70	5. Аз. пад.	116	∠	68
2. То же	300	»	68	6. То же	118	»	70
3. » »	307	»	74	7. » »	110	∠	72
4. » »	309	»	76				

Кальцитовых с арсенопиритом и золотом:

1. Аз. пад.	20	∠	76	3. Аз. пад.	21	∠	70
2. То же	22	»	78	4. То же	23	∠	75

Кальцитовых с арсенопиритом и кобальтином

1. Аз. пад.	298	∠	72	3. Аз. пад.	204	∠	73
2. То же	200	»	74	4. То же	202	∠	78

Вариант 2

Элементы залегания пород: аз. пад. 75 ∠ 65

Замеры трещин

1. Аз. пад.	335	∠	68	34. Аз. пад.	248	∠	65
2. То же	332	»	72	35. То же	250	»	80
3. » »	334	»	78	36. » »	251	»	72
4. » »	335	»	74	37. » »	252	»	59
5. » »	336	»	84	38. » »	253	»	78
6. » »	337	»	87	39. » »	255	»	74
7. » »	338	»	70	40. » »	256	»	62
8. » »	340	»	80	41. » »	257	»	69
9. » »	341	»	74	42. » »	258	»	58
10. » »	342	»	68	43. » »	259	»	82
11. » »	343	»	83	44. » »	260	»	65
12. » »	345	»	78	45. » »	261	»	72
13. » »	347	»	71	46. » »	263	»	78
14. » »	348	»	66	47. » »	264	»	61
15. » »	349	»	83	48. » »	238	»	49
16. » »	350	»	78	49. » »	237	»	53
17. » »	355	»	74	50. » »	230	»	71
18. » »	352	»	68	51. » »	140	»	62
19. » »	328	»	80	52. » »	139	»	68
20. » »	322	»	64	53. » »	141	»	76
21. » »	318	»	74	54. » »	142	»	71
22. » »	333	»	59	55. » »	143	»	56
23. » »	341	»	62	56. » »	144	»	65
24. » »	348	»	51	57. » »	145	»	76
25. » »	349	»	57	58. » »	146	»	69
26. » »	239	»	71	59. » »	147	»	59
27. » »	240	»	81	60. » »	148	»	65
28. » »	242	»	77	61. » »	149	»	82
29. » »	243	»	64	62. Аз. прост.	60	»	90
30. » »	244	»	70	63. Аз. пад.	151	»	85
31. » »	245	»	79	64. То же	152	»	75
32. Аз. прост.	154	»	90	65. » »	153	»	70
33. Аз. пад.	246	»	74	66. » »	155	»	78

67. Аз. пад.	156 ∟ 61
68. То же	158 » 56
69. » »	159 » 71
70. » »	160 » 79
71. » »	162 » 65
72. » »	164 » 83
73. » »	166 » 48
74. » »	168 » 76
75. » »	169 » 79
76. » »	60 » 72
77. » »	61 » 82
78. » »	62 » 64
79. » »	63 » 76
80. » »	64 » 85
81. » »	65 » 71
82. » »	66 » 80
83. » »	66 » 59
84. » »	67 » 76
85. » »	68 » 69
86. » »	69 » 84
87. » »	70 » 76
88. » »	72 » 73
89. » »	74 » 76
90. » »	76 » 66
91. » »	77 » 72
92. » »	78 » 78
93. » »	80 » 72
94. » »	81 » 77
95. » »	83 » 74
96. » »	76 » 64
97. » »	72 » 64
98. » »	81 » 65
99. » »	87 » 78
100. » »	86 » 65
101. » »	90 » 10
102. » »	196 » 10
103. » »	197 » 24
104. » »	198 » 18
105. » »	199 » 14
106. » »	200 » 22
107. » »	210 » 26
108. » »	211 » 17

109. Аз. пад.	213 ∟ 23
110. То же	216 » 11
111. » »	219 » 20
112. » »	222 » 26
113. » »	230 » 16
114. » »	234 » 23
115. » »	240 » 19
116. » »	231 » 13
117. » »	241 » 9
118. » »	249 » 32
119. » »	10 » 69
120. » »	12 » 39
121. » »	16 » 36
122. » »	20 » 63
123. » »	24 » 57
124. » »	23 » 53
125. » »	37 » 75
126. » »	74 » 44
127. » »	47 » 23
128. » »	50 » 80
129. » »	53 » 61
130. » »	100 » 59
131. » »	114 » 43
132. » »	108 » 23
133. » »	114 » 72
134. » »	130 » 54
135. » »	141 » 43
136. » »	146 » 37
137. » »	178 » 63
138. » »	180 » 50
139. Аз. прост.	95 » 90
140. Аз. пад.	221 » 61
141. То же	204 » 71
142. » »	210 » 40
143. » »	223 » 33
144. » »	230 » 43
145. » »	300 » 52
146. » »	275 » 53
147. » »	291 » 31
148. » »	271 » 16
149. » »	316 » 33
150. » »	330 » 44

Замеры жил

Кварцевых с адуляром и касситеритом:

1. Аз. пад.	341 ∟ 74	5. Аз. пад.	148 ∟ 70
2. То же	346 » 78	6. То же	170 » 74
3. » »	330 » 82	7. » »	145 ∟ 78
4. » »	151 » 80		

Кварцевых с вольфрамитом:

1. Аз. пад. 71 ∠ 76
2. То же 72 » 78
3. » » 69 » 76

Кварцевых с молибденитом:

1. Аз. пад. 209 ∠ 18
2. То же 213 » 20
3. » » 212 » 14

Кварцевых безрудных:

1. Аз. пад. 248 ∠ 76
2. То же 250 » 72

Вариант 3

Элементы залегания пород: аз. пад. 20 ∠ 70.

Замеры трещин:

1. Аз. пад. 5 ∠ 80
2. То же 7 » 82
3. » » 10 » 71
4. » » 11 » 80
5. » » 12 » 83
6. Аз. прост. 103 » 90
7. Аз. пад. 14 » 72
8. То же 15 » 78
9. » » 12 » 54
10. » » 17 » 64
11. » » 18 » 59
12. » » 19 » 76
13. » » 20 » 67
14. » » 21 » 82
15. » » 22 » 73
16. » » 23 » 61
17. » » 25 » 77
18. » » 28 » 67
19. » » 29 » 75
20. » » 30 » 79
21. » » 31 » 70
22. » » 33 » 64
23. » » 33 » 76
24. » » 35 » 72
25. » » 73 » 30
26. » » 80 » 31
27. » » 81 » 23
28. » » 87 » 29
29. » » 93 » 33
30. » » 95 » 25
31. » » 96 » 20
32. » » 98 » 28
33. » » 100 » 26
34. » » 105 » 28
35. » » 107 » 25

4. Аз. пад. 66 ∠ 69
5. То же 75 ∠ 72

4. Аз. пад. 210 ∠ 16
5. То же 223 » 24
6. » » 226 ∠ 22

3. Аз. пад. 254 ∠ 72
4. То же 243 ∠ 78

36. Аз. пад. 112 ∠ 73
37. То же 116 » 29
38. » » 117 » 21
39. » » 119 » 25
40. » » 124 » 32
41. » » 128 » 26
42. » » 130 » 30
43. » » 140 » 26
44. » » 128 » 16
45. » » 103 » 31
46. » » 116 » 25
47. » » 97 » 13
48. » » 65 » 15
49. » » 78 » 8
50. » » 50 » 26
51. » » 187 » 70
52. » » 180 » 78
53. » » 178 » 62
54. » » 191 » 72
55. » » 200 » 70
56. » » 201 » 72
57. » » 204 » 70
58. » » 202 » 76
59. » » 201 » 68
60. » » 196 » 80
61. » » 195 » 66
62. » » 197 » 84
63. » » 205 » 80
64. » » 209 » 76
65. » » 213 » 72
66. » » 203 » 82
67. » » 200 » 85
68. » » 206 » 87
69. Аз. прост. 293 » 90
70. Аз. пад. 214 » 80

71. Аз. пад.	216	∠ 61
72. То же	220	» 72
73. » »	202	» 58
74. » »	197	» 48
75. » »	180	» 50
76. » »	258	» 16
77. » »	280	» 20
78. » »	284	» 24
79. » »	286	» 18
80. » »	288	» 22
81. » »	298	» 18
82. » »	303	» 24
83. » »	306	» 14
84. » »	308	» 20
85. » »	312	» 16
86. » »	318	» 22
87. » »	325	» 18
88. » »	277	» 12
89. » »	263	» 23
90. » »	247	» 21
91. » »	279	» 22
92. » »	255	» 25
93. » »	266	» 9
94. » »	278	» 26
95. » »	294	» 31
96. » »	296	» 40
97. » »	296	» 9
98. » »	339	» 12
99. » »	315	» 30
100. » »	132	» 80
101. » »	133	» 74
102. » »	135	» 76
103. » »	136	» 83
104. » »	150	» 70
105. » »	144	» 76
106. » »	164	» 29
107. » »	208	» 33
108. » »	206	» 24
109. » »	214	» 44
110. » »	240	» 44

111. Аз. пад.	244	∠ 72
112. То же	248	» 56
113. » »	267	» 76
114. » »	264	» 53
115. » »	272	» 44
116. » »	280	» 63
117. » »	284	» 51
118. » »	290	» 82
119. » »	294	» 42
120. » »	300	» 64
121. » »	302	» 62
122. » »	308	» 66
123. » »	310	» 80
124. » »	312	» 82
125. » »	318	» 36
126. » »	326	» 32
127. » »	336	» 64
128. » »	338	» 47
129. » »	350	» 72
130. Аз. прост.	262	» 90
131. Аз. пад.	3	» 33
132. То же	5	» 45
133. » »	16	» 38
134. » »	20	» 24
135. » »	50	» 74
136. » »	40	» 47
137. » »	70	» 63
138. » »	74	» 51
139. » »	90	» 72
140. » »	91	» 69
141. » »	124	» 73
142. » »	132	» 61
143. » »	142	» 63
144. » »	152	» 52
145. » »	158	» 37
146. » »	194	» 73
147. » »	106	» 46
148. » »	108	» 50
149. » »	168	» 74
150. » »	112	» 63

Замеры жил

Кварцевых с флюоритом и касситеритом:

1. Аз. пад.	19	∠ 82	5. Аз. пад.	13	∠ 88
2. То же	16	» 80	6. То же	200	» 85
3. » »	16	» 74	7. » »	195	» 75
4. » »	13	» 74	8. » »	201	» 76

Кварцевых с халькопиритом: —

1. Аз. пад.	288	∠ 18	3. Аз. пад.	286	∠ 26
2. То же	284	» 24			

Кварцевых безрудных:

1. Аз. пад. 101 \angle 30
2. То же 107 » 26
3. » » 93 » 26

4. Аз. пад. 96 \angle 31
5. То же 114 » 28

Задание 3. Пользуясь уже построенной по заданию 2 диаграммой трещиноватости в изолиниях, определить направление сжимающих и растягивающих напряжений, вызвавших образование трещин, приведенных на диаграмме.

Пояснения. Прежде всего, с помощью сетки Вальтера—Шмидта необходимо найти значение максимумов трещиноватости. Следует иметь в виду, если максимумы располагаются на окружности диаграммы, то углы наклона трещин равны 90° и у сопряженных трещин скалывания сжимающие напряжения будут ориентированы вдоль биссектрисы угла между максимумами, имеющими значение меньше 90° , а растягивающие—вдоль биссектрисы угла, имеющего значение больше 90° .

Если максимумы замеров трещин находятся в пределах площади диаграммы, тогда для нахождения ориентировки напряжений применяют прием с использованием сетки Вульфа. С этой целью на диаграмме выбирают два максимума ориентировки трещин скалывания, которые имеют угол меньше 90° .

Если круговая диаграмма в изолиниях построена для трещин отрыва, решение задачи упрощается. Ориентировка растягивающих напряжений будет нормальной к поверхности трещины, а положение вектора напряжений легко определить по сетке Вальтера—Шмидта.

РАЗРЫВЫ СО СМЕЩЕНИЯМИ

ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ

Разрывы со смещениями по условиям происхождения и характеру перемещений по ним делятся на шесть основных групп: сбросы, взбросы, сдвиги, раздвиги, надвиги и покровы.

Сброс—это тектоническое нарушение с поверхностью смещения, наклоненной в сторону опущенного крыла (рис. 55, I). К взбросам отнесены разрывы, в которых сместитель наклонен в сторону приподнятого крыла (рис. 55, II).

Сдвигами называют разрывы, смещения по которым происходят в горизонтальном направлении по простиранию сместителя. В зависимости от угла наклона сместителя выделяют вертикальный, наклонный и горизонтальный сдвиги (рис. 56.).

Под раздвигом понимается смещение, выраженное в раздвигании поверхностей разрыва в перпендикулярном направлении и вызванное растягивающими усилиями.

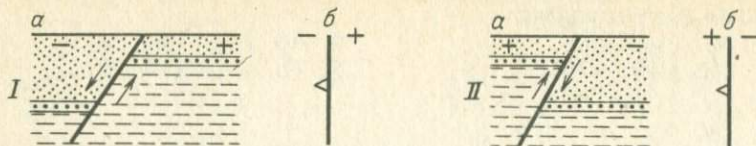


Рис. 55. Разрывные нарушения:

I—схема сброса в разрезе (а) и в плане (б); II—схема взброса в разрезе (а) и в плане (б)

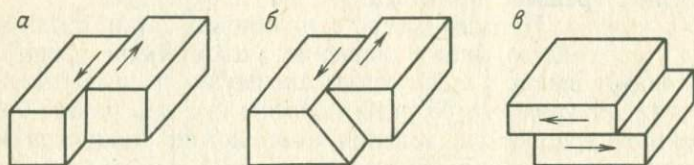


Рис. 56. Вертикальный (а), наклонный (б) и горизонтальный (в) сдвиги



Рис. 57. Схема строения покрова:

I—автохтон; II—аллохтон; aa' —поверхность волочения; б—надвиги. Обозначения возраста пород общепринятые

У надвигов поверхность разрыва, как правило, наклонена в сторону расположения приподнятого крыла. В отличие от перечисленных видов разрывов со смещениями, которые в большинстве своем характеризуются хрупким отрывом без заметных пластических деформаций, надвиги возникают одновременно со складчатостью или накладываются на нее, причем их возникновению предшествуют пластические деформации. Развиты они преимущественно в сильно сжатых наклонных или опрокинутых складках и, как правило, параллельны осевым поверхностям складок (рис. 57, б). Довольно часто в складчатых областях встречаются чешуйчатые надвиги. Они имеют падение сместителей в одну сторону, причем углы их падения в верхней части надвига крутые, а в нижней—пологие.

Тектонические покровы, или шарьяжи,—это разновидность надвигов, характеризующаяся перемещениями на расстояние в километры—десятки километров (до первых сотен километров) по горизонтальным, пологим или волнистым поверхностям (рис. 57, aa'). Породы, подстилающие покров, называются автохтоном (рис. 57, I), а перемещенные и составляющие тело покрова—аллохтоном (рис. 57, II). Фронтальная часть аллохтона может разрушаться; отчлененные процессами

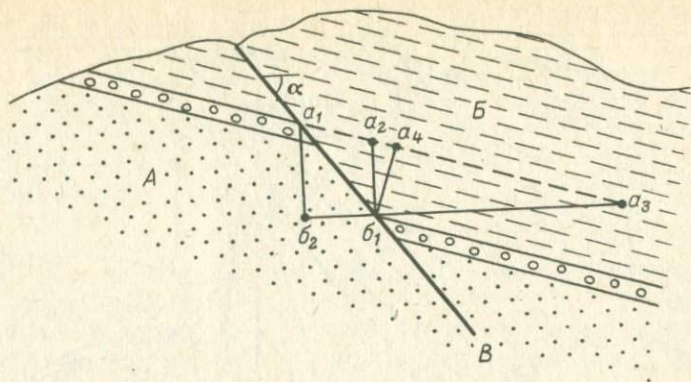


Рис. 58. Элементы сброса (объяснение в тексте)

эрозии фрагменты аллохтона представляют собой тектонические останцы, или клиппы (см. рис. 57). В случае, если эрозионный срез аллохтона доходит до поверхности автохтона, вскрытые участки последнего называют тектоническими окнами.

Основные элементы разрывов со смещениями приведены на примере строения сброса (рис. 58). Здесь выделяют следующие элементы: приподнятое, или лежачее, крыло (*А*); опущенное, или висячее, крыло (*Б*); сместитель (*В*); угол падения сместителя (α); амплитуду по сместителю (a_1b_1); вертикальную (a_1b_2), горизонтальную (b_1b_2) и стратиграфическую (a_4b_1) амплитуды; вертикальный (a_2b_1) и горизонтальный (b_2a_3) отходы.

Для определения амплитуд разрыва необходимо построить разрез вкрест его простирания, с учетом наклона сместителя и условий залегания пород на крыльях. Если линия разреза пересекает слагающие крылья породы не вкрест простирания, при построении разреза следует внести соответствующие поправки (см. выше).

Рассмотрим пример определения вертикального отхода.

На геологической карте (рис. 59) с наклонным залеганием каменноугольных отложений и сечением горизонталей через 100 м указано разрывное нарушение (жирная линия). Элементы залегания поверхности разрыва определяются так же, как и у наклонного пласта. Находят две линии простирания сместителя с отметками 900 и 800 м. Расстояние между ними соответствует заложению (m). Зная масштаб карты, находим угол наклона сместителя (в нашем примере 25°) и азимут падения, который направлен в сторону понижения отметок линий простирания сместителя (стрелка на карте).

Далее, находим линию простирания на юго-восточном крыле отложений карбона. На карте она проведена по кровле конгломератов (aa') и имеет отметку 800 м. Продолжаем линию простирания на северо-западное крыло разрыва до пересечения с той же поверхностью кровли конгломератов, которая имеет

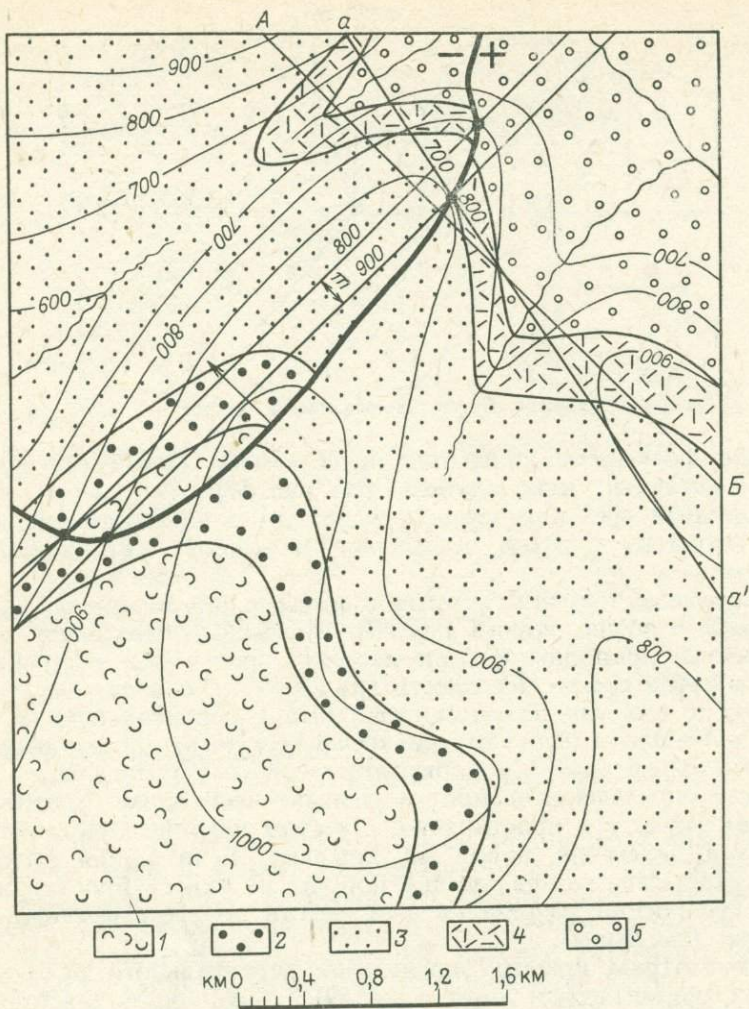


Рис. 59. Геологическая карта масштаба 1:50 000. Сечение горизонталей — 100 м.

1 — туф; 2 — крупнозернистые песчаники; 3 — алевролиты; 4 — риолиты; 5 — конгломераты. Остальные пояснения в тексте

отметку 700 м. Следовательно, вертикальный отход составляет $800 - 700 = 100$ м (h на разрезе рис. 59), причем северо-западное крыло разрыва опущено, а юго-восточное — поднято. Разрыв классифицируется как сброс.

Надо иметь в виду, что величина отхода, характеризующая вертикальность амплитуды движения крыльев, не зависит от угла наклона сместителя и пород, в то время как другие виды амплитуд могут изменяться в зависимости от этих значений.

Можно найти величину угла наклона разрыва. Из рис. 59 видно, что расстояние между стратоизогипсами m в масштабе карты составляет 200 м, вертикальное превышение (сечение стратоизогипс) h равно 100 м. Отсюда угол падения

$$\alpha = \arctg(h/m) = \arctg(100/200) = 30^\circ.$$

Определив направление наклона разрыва, можно установить его висячее и лежащее крылья. В рассматриваемом примере висячим является северо-западное крыло, а лежащим — юго-восточное.

Для определения поднятого и опущенного крыла разрывного нарушения следует сравнить возраст пород по обе стороны (в разных крыльях) разрыва. Поднятым будет то крыло, которое сложено более древними породами. Следовательно, юго-восточное крыло поднято, а северо-западное — опущено. На карте поднятое крыло обозначено знаком плюс (+), а опущенное — знаком минус (-).

Если разрывное нарушение на геологической карте изображено в виде прямой линии, то оно имеет вертикальный наклон и в этом случае для определения элементов его залегания достаточно измерить азимут простирания; определить по карте, сброс это или взброс, невозможно.

В случае пересечения разрывом складки, определение поднятого и опущенного крыльев упрощается. При сдвиге перемещение крыльев в положение, существовавшее до возникновения разрыва, приводит к тому, что части нарушенной складки по обе стороны от него сходятся и структура восстанавливается как целая (рис. 60, а).

В случае взброса и сброса перемещение крыльев по сместителю в горизонтальном направлении не позволяет восстановить форму складки, существовавшей до разрыва. Вместе с тем в синклинальной складке сужение крыльев в висячем крыле укажет на взбросовый характер разрыва, а их расширение — на сбросовый (рис. 60, б). При пересечении разрывом антиклинальной складки картина будет обратной.

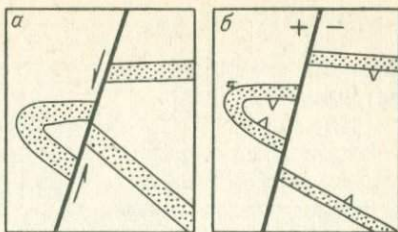


Рис. 60. Различие в плане между сдвигом (а) и взбросом (б)

ЛАБОРАТОРНЫЕ РАБОТЫ

Задание 1. Определение вертикальной амплитуды разрывного нарушения.

На фрагментах геологических карт (рис. 61) с сечением горизонталей через 10 м изображены толщи наклонно залегающих пород ордовика—силура (*a*) и девона—карбона (*б*). В западной части приведенных карт показаны линии разрывных нарушений. Масштаб карты может быть любым.

Следует определить вертикальную амплитуду разрывного нарушения.

Пояснения. Вертикальный отход (см. рис. 58) разрывов типа сбросов или взбросов можно определить, используя метод стратоизогипс. Задача сводится к сравнению отметок подошвы (или кровли) одного и того же слоя по разные стороны от разрывного нарушения. В нашем случае (рис. 61, *a*) в западном крыле разрыва проводим стратоизогипсу кровли ордовика, например, с отметкой 50 м и продолжаем ее в восточное крыло разрыва до пересечения с кровлей ордовика. Здесь отметка кровли ордовика по этой стратоизогипсе равна 43 м (определяем путем интерполяции отметок горизонталей). Следовательно, вертикальная амплитуда разрыва $h_a = 50 - 43 = 7$ м. Одновременно этим же способом определяется поднятое и опущенное крылья: в нашем случае поднятым является западное крыло, которое имеет большую отметку стратоизогипсы.

На рис. 61, *б* рассмотрен случай, когда стратоизогипса кровли девона в западном крыле (стратоизогипса 50) не пересекла кровлю этого слоя в восточном крыле. Тогда необходимо провести вторую стратоизогипсу кровли этого слоя (с отметкой 40) и продолжить ее в другое крыло. Если и она не пересечет слой по другую сторону разрыва, то проводится ряд

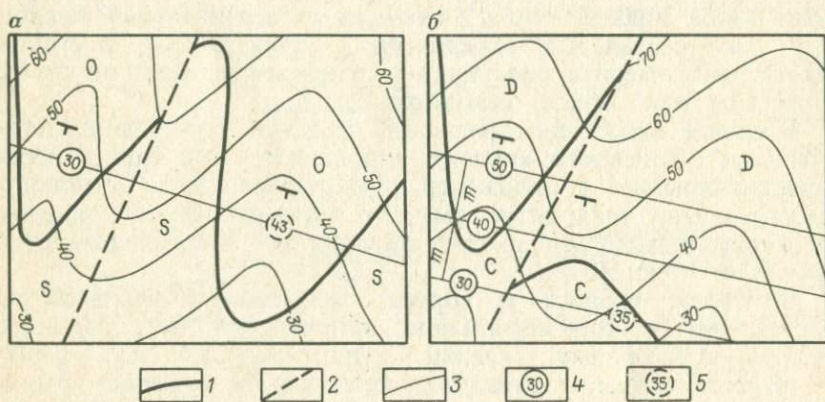


Рис. 61. Определение вертикальной амплитуды разрыва:

a—стратоизогипса пересекает слой в двух крыльях разрыва; *б*—стратоизогипса пересекает слой в одном крыле разрыва; 1—линия выхода кровли ордовика на (*a*) и кровли девона на (*б*); 2—линия разрыва; 3—стратоизогипса кровли ордовика на (*a*) и кровли девона на (*б*); 4—отметки изогипс на западном крыле; 5—то же на восточном крыле разрыва

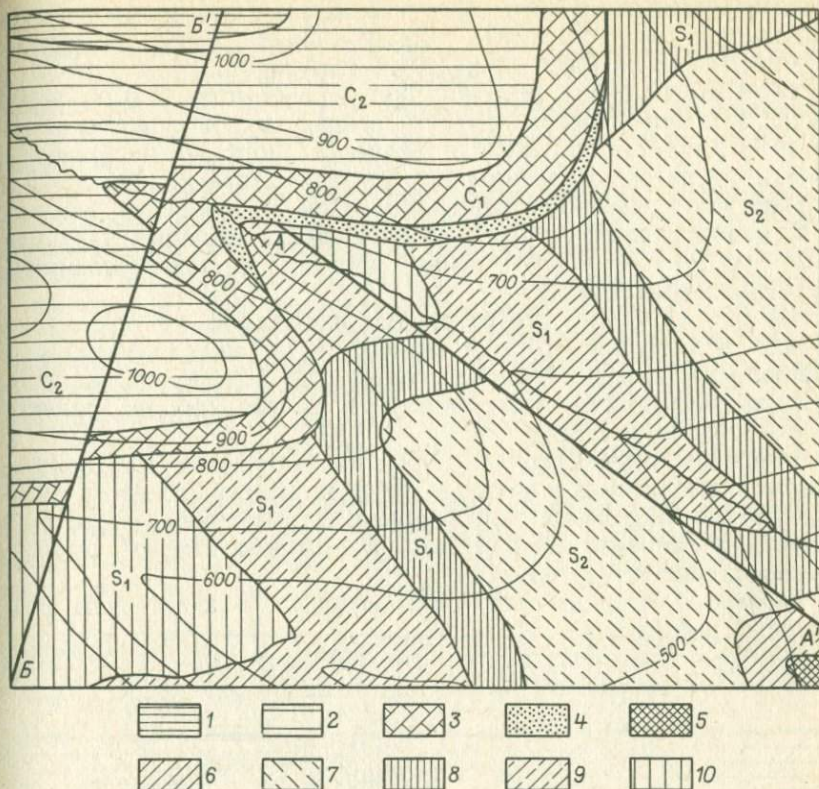


Рис. 62. Геологическая карта масштаба 1:25 000.

Средний карбон: 1 — песчано-глинистые угленосные слои; 2 — глины. Нижний карбон: 3 — известняки; 4 — конгломераты. Верхний силур: 5 — доломиты; 6 — серые глинистые сланцы; 7 — мергели. Нижний силур: 8 — черные битуминозные сланцы; 9 — нефтеносные песчаники; 10 — кремнистые известняки

изогипс на расстоянии m , которое определено уже двумя первыми стратоизогипсами (50 и 40 м), пока одна из них не пересечет кровлю девона по другую сторону разрыва. В нашем случае это стратоизогипсы 30 м в западном крыле и 35 м — в восточном. Отсюда следует, что восточное крыло разрыва поднято по отношению к западному крылу на 5 м.

Задание 2. Определение возраста разрывов.

На рис. 62 дана геологическая карта масштаба 1:25 000 с сечением горизонталей через 100 м. Юго-восточная часть карты сложена наклонно залегающими породами силура, которые, судя по пластовым треугольникам, наклонены к юго-востоку. В северо-западной части располагаются отложения карбона, несогласно перекрывающие силурийские отложения и наклоненные к северо-западу. В пределах карты изображены два разрывных нарушения: одно протягивается из юго-восточного угла карты к северо-западному, а другое из юго-западного угла карты на северо-северо-восток.

Следует: 1) определить элементы залегания и тип разрывных нарушений; 2) установить вертикальный отход разрывов; 3) определить возраст разрывных нарушений.

Пояснения. Ход решений двух первых задач был объяснен выше. Для определения возраста разрывного нарушения необходимо установить, какого возраста породы нарушаются (смещены) разрывом и породы какого возраста не нарушены и перекрывают разрывное нарушение. При этом нижней возрастной границей разрыва будет возраст самых молодых нарушенных пород, а верхней — самых древних из перекрывающих (ненарушенных) пород.

На рис. 62 видно, что разрывное нарушение AA' проявлено только в силурийских отложениях и не прослеживается в отложениях карбона. Отсюда следует, что формирование этого разрыва произошло после позднего силура, но до раннего карбона, т. е. в девоне.

В другом случае, когда разрывное нарушение BB' наблюдается в отложениях карбона и нигде не перекрыто ненарушенными более молодыми отложениями, его верхнюю возрастную границу установить невозможно, а нижнюю следует считать послесреднекаменноугольной.

Задание 3. Определение типа, возраста и амплитуды разрывного нарушения.

На геологической карте (рис. 63) масштаба 1:20 000 с сечением горизонталей через 100 м изображены две толщи

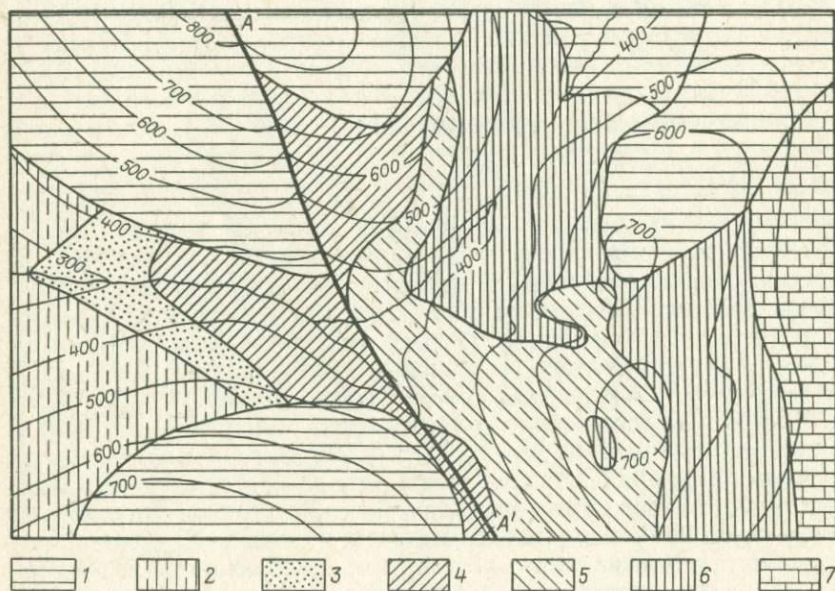


Рис. 63. Геологическая карта масштаба 1:20 000.

Палеоген: 1 — серые плотные глины с сидеритом. Силур: 2 — песчаные глины; 3 — песчаники нефтеносные; 4 — серые сланцеватые глины; 5 — песчаные мергели; 6 — черные сланцы (битуминозные); 7 — известняки

несогласно залегающих пород силура и палеогена. Центральную часть карты пересекает разрывное нарушение AA' .

Надо определить: 1) элементы залегания разрывного нарушения (аз. падения и угол падения); 2) поднятое и опущенное крылья разрыва; 3) тип разрывного нарушения; 4) висячее и лежащее крылья разрыва; 5) вертикальный отход разрывного нарушения; 7) возраст разрыва.

Пояснения. Для выявления связи разрыва со структурой нарушенных пород необходимо определить элементы залегания пород силура и палеогена в отдельности методом стратозигогипс, а для силура также и по пластовым треугольникам.

Задание 4. На геологической карте (рис. 64) масштаба 1:50 000 с сечением горизонталей через 100 м изображены несогласно залегающие толщи карбона и нижнего мела, нарушенные тремя разрывами AA' , BB' , BB' .

Следует найти: 1) элементы залегания всех трех разрывов, 2) поднятое и опущенное крылья разрывов, 3) возраст разрывов.

Пояснения. Надо обратить внимание на одну из особенностей структуры участка: в центральной части карты разрывные нарушения BB' и BB' , пересекаясь, не смещают друг друга. Подумайте, как так могло получиться?

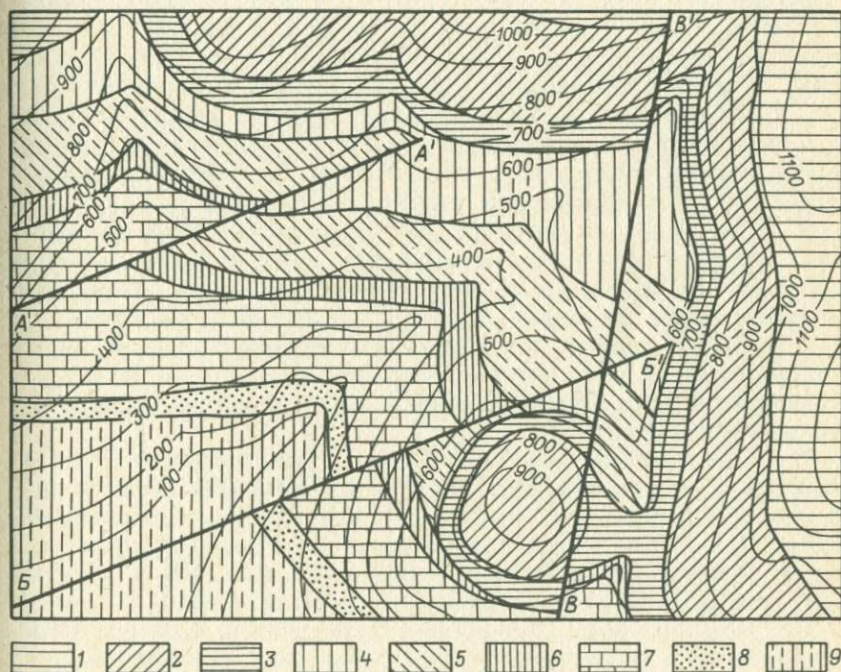


Рис. 64. Геологическая карта масштаба 1:50 000.

Нижний мел: 1 — мергелистые глины; 2 — кремнистые мергели; 3 — глины черные, сланцеватые. Карбон: 4 — глины бурые; 5 — мергели (цементные); 6 — глины белые (огнеупорные); 7 — известняки; 8 — песчаники; 9 — песчано-глинистая угленосная свита

Ниже приведены задания по изучению разрывов изображенных на геологических картах учебных атласов.

Задание 5. Для изучения сбросов и взбросов и определения амплитуд смещения могут быть использованы карты № 12с, 10н; для изучения сдвигов — карты № 14с, 13н.

Задание 6. Построить геологический разрез через складчатые структуры, осложненные надвигами и покровами, по картам № 22с, 23с, 20н, 21н, 28н; для изучения надвигов следует использовать карты № 20с, 18н.

Пояснения. В юго-восточных частях карт 22с, 23с, 20н изображена складчатая область, сложенная породами верхней юры и мела; в северо-западной части расположен краевой прогиб, в котором развиты породы палеогена и неогена.

Главной особенностью геологического строения складчатой области являются широко развитые узкие линейные опрокинутые складки, осложненные чешуйчатыми надвигами и поперечными более молодыми разрывами типа сдвигов и сбросо-сдвигов, смещающими надвиги. Вдоль границы складчатой области с краевым прогибом развиты тектонические покровы (шарьяжи). На юго-западе присутствуют две дегитации покрова, сливающиеся на северо-востоке, — автохтон, представленный породами верхнего мела — палеогена, и аллохтон — в основном отложениями верхней юры — нижнего мела. Линия выхода волочения имеет сложные извилистые очертания, что является признаком его очень пологого падения на юго-восток. Направление падения легко читается по «пластовым треугольникам» в руслах рек и тальвегах оврагов. Следует иметь в виду, что угол (и направление) падения покрова может меняться по простиранию. Нужно также учесть, что во фронтальной части покрова присутствуют тектонические окна и останцы.

В отличие от складчатой области краевой прогиб имеет более простое геологическое строение: породы в его пределах смяты в брахиформные и куполовидные складки, выполаживающиеся к северо-западу. При построении разреза вертикальный масштаб должен быть равен горизонтальному и обязательно следует дать профиль рельефа.

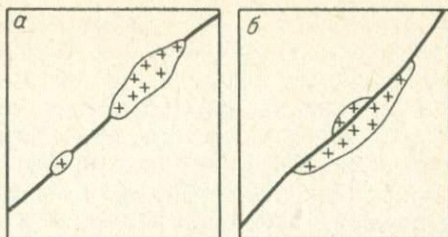
Задание 7. Определение возрастных взаимоотношений разрывов интрузивных тел.

На геологических картах № 21с и 19н изображен участок, сложенный породами ордовика — мела, смятыми в различные по форме и размерам складки и нарушенными разрывами. В северной части территории расположены выходы гранодиоритов позднекаменноугольного возраста, диабазов и габбро-диабазов поздней юры и гранитов раннего мела.

Следует: 1) провести анализ геологической карты и определить возраст разрывных нарушений по их взаимоотношениям с интрузивными телами; 2) построить разрез по линии, проходящей параллельно линии *АВ* к северо-западу от нее на расстоянии 10 см.

Рис. 65. Геологическая схема взаимоотношений интрузивных массивов и разрывов.

Разрывное нарушение образовалось: а — до внедрения; б — после внедрения интрузивного массива



Пояснения. При решении вопроса о возрасте разрывов в связи с их взаимоотношениями с разновозрастными интрузивными массивами следует иметь в виду, что разрывные нарушения, как правило, являются теми ослабленными участками в земной коре, которые используются интрузивными телами при их внедрении. Это хорошо видно на схеме, приведенной на рис. 65, а. В этом случае разрывное нарушение не пересекает и не смещает границы интрузивного тела. Если же разрывное нарушение образовалось после внедрения интрузивного массива, это ясно видно по смещению границ последнего (рис. 65, б).

Задание 8. Изучение глубинных разломов может быть осуществлено по картам атласа: № 20с, 24с, 16н, 18н, 23н.

Пояснения. При выделении глубинных разломов, среди разрывов, изображенных на картах, необходимо ориентироваться на следующие признаки: а) глубинные разломы разделяют районы с неоднородным развитием земной коры, с неодинаковым характером складчатости и с различными стратиграфическими разрезами; б) разломы выражены региональными вертикальными разрывами или сериями разрывов земной коры, сосредоточенными в относительно узких зонах; в) для глубинных разломов свойственно присутствие массивов ультрабазитов или гранитоидов, свидетельствующих о глубоком проникновении разрывов в земную кору, а нередко и в подкоровую оболочку; г) развитие глубинных разломов продолжается длительное время, и нередко по обе стороны от глубинного разлома развиваются различные типы рельефа.

ВУЛКАНОГЕННЫЕ ПОРОДЫ

ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ

Вулканогенные породы образуются при извержениях газожидких и твердых продуктов вулканизма на поверхность земли (в подводной или наземной обстановках), а также при застывании магмы в проводящих каналах и подземных камерах вулканических сооружений. Породы, возникающие при излиянии жидких лав на поверхность или перемещении магмы в глубинных корневых зонах вулканов, называются собственно

вулканическими, или эффузивными. Породы, образующиеся в результате вулканических взрывов, или эксплозий, относятся к пирокластическим. Рыхлые продукты газовой взрывной деятельности вулканов (вулканические глыбы, бомбы, лапилли, песок, пепел) называются тефрами. Тефра противопоставляется цементированному пирокластическому породе — туфам, вулканическим брекчиям. Пирокластический материал, попадая на дно водоемов, часто смешивается с осадочным материалом невулканического происхождения. В результате образуется ряд пород, связанных постепенными переходами, — от пирокластических через вулканогенно-осадочные к осадочным.

В особую группу вулканогенных пород выделяются игнимбриты, имеющие общие особенности как с эффузивными, так и с пирокластическими породами. Характерной чертой игнимбритов является присутствие фьямме («фьямме» — по итальянски — пламя) — включений вулканического стекла линзообразной, пламенивидной формы, погруженных в относительно менее плотную массу. Игнимбриты рассматриваются либо как продукты извержений «палящих туч» (суспензий частиц расплава в раскаленных газах), либо как результат ликвации газонасыщенных кислых, реже средних лав.

Вулканогенные породы часто залегают среди осадочных отложений в виде слоев и прослоев, совместно с которыми они принимают участие в строении разнообразных структурных форм (горизонтально лежащих толщ, моноклиналей, флексур, складок). Вместе с тем для них характерны свои специфические формы залегания, возникающие в период перемещения магматических расплавов, твердых и газообразных продуктов вулканизма. Эти формы залегания принципиально отличаются от форм, появляющихся при образовании и последующих деформациях других типов горных пород.

При изучении и геологическом картировании вулканогенных горных пород особое значение приобретает не только разделение их по составу и возрасту, но и выделение среди разновозрастных вулканогенных образований тел, сформировавшихся в различных условиях, фаций вулканогенных горных пород. В качестве главного фактора, оказывающего влияние на отнесение конкретного тела к определенной фации, выступает степень удаления тела от вулканического жерла, а также глубина, на которой находится тело в момент отвердевания.

Выделяются три типа фаций: собственно эффузивная, жерловая и субвулканическая. Собственно эффузивная фация (лавы, тефра, туфы, игнимбриты) образуется при извержении вулканического материала на поверхность и составляет основную часть вулканической постройки (вулканический конус, экструзивные куполы и обелиски). Среди них могут быть выделены породы трех субфаций: текучих лав, эксплозивной (пирокластической) и экструзивной. Породы жерловой фации (лавы, эксплозивные брекчии, игнимбриты) формируются при перемещении магмы и

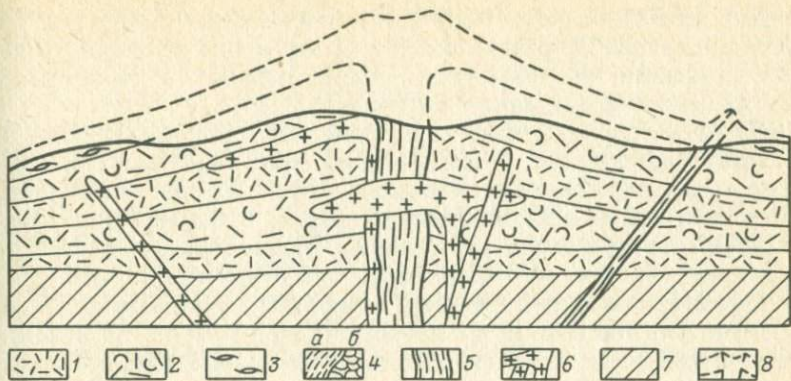


Рис. 66. Соотношения фаций и субфаций вулканогенных образований (идеализированная схема):

1—4—собственно эффузивная фация (1—субфация текучих лав, 2—эксплозивная субфация пирокластических пород, 3—игнимбритовая субфация, 4—экструзивная субфация (а—куполов и обелисков, б—купольной брекчии); 5—жерловая фация (некки и дайки); 6—субвулканическая фация (силлы, лакколлиты, дайки); 7—породы фундамента; 8—предполагаемые эродированные части вулканической постройки.

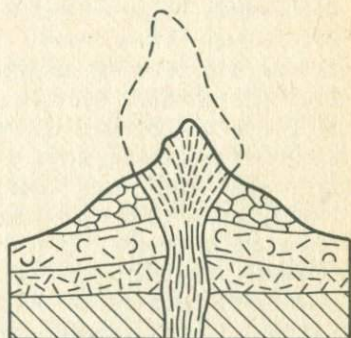


Рис. 67. Соотношения жерловой фации и экструзивной субфации.

Условные обозначения на рис. 66

газов к поверхности при условии непосредственной с нею связи. Они выполняют трубообразные или трещинные подводящие каналы, жерловины и кратеры. Породы субвулканической фации слагают тела, образующиеся при движении магмы к поверхности в глубинных корневых зонах вулканов, подземных камерах и их боковых ответвлениях. Субвулканические тела формируются на небольших глубинах без связи с данной поверхностью.

В областях молодого вулканизма на поверхности развиты преимущественно породы собственно эффузивной фации, а образования жерловой фации встречаются в виде небольших по размерам тел. Выделение пород субвулканической фации возможно лишь в древних вскрытых эрозией вулканогенных толщах. В этом случае, особенно если породы дислоцированы и смяты в складки, затрудненным является разделение субвулканических и жерловых тел.

Взаимоотношения различных фаций и субфаций изображены на рис. 66.

Формы залегания, характерные для различных фаций, устанавливаются преимущественно методами геологического картирования, за исключением скрытых, необнаженных на поверхности субвулканических тел, в изучении формы которых решающая роль принадлежит геофизическим методам.

Для собственно эффузивной фации наиболее распространенными формами залегания являются покровы, потоки (для субфаций текучих лав и взрывной) и экструзивные купола (для экструзивной субфации).

Покровы представляют собой плоские тела, сложенные, как правило, базальтами и долеритами, имеющие широкое площадное распространение и относительно малую мощность, а также неправильно-изометричную форму в плане. Они обычно связаны с трещинными излияниями. Площадь одного покрова может колебаться от нескольких сотен до нескольких сотен тысяч квадратных километров, мощность — от первых метров до сотни метров. Покровы пород кислого состава встречаются значительно реже. Они имеют меньшие площадные размеры и могут быть сложены игнимбритами.

Потоки — это более распространенные тела по сравнению с покровами. Они могут быть сложены как лавами, так и пирокластами, и игнимбритами. Особенности потоков являются удлиненная, часто языковидная в плане и линзообразная в поперечном сечении форма, относительно малая мощность, неровная подошва, крутые боковые ограничения. Морфология и размеры этих тел определяются рельефом подстилающей поверхности, степенью вязкости магмы, зависящей от состава и газонасыщенности, силой и направленностью вулканического взрыва (при образовании пирокластических потоков). Самыми крупными размерами обладают базальтовые потоки, их длина достигает нескольких десятков километров, при ширине в первые километры и мощности от нескольких сантиметров до нескольких десятков метров. Потоки кислых лав и игнимбритов имеют мощности в десятки и первые сотни метров при длине в несколько километров.

Потоки связаны с извержениями центрального типа. В отдельных случаях они совместно с покровами образуют огромные лавовые плато.

Для пирокластических пород наиболее характерной формой залегания являются *слои (пласты)*, морфологически сходные с формами залегания осадочных пород. Различия обнаруживаются обычно в меньших площадных размерах пирокластических образований и более значительных колебаниях мощностей.

Экструзивные купола представляют собой изометричные в плане, караване- и штокообразные в разрезе тела, достигающие в поперечнике нескольких сотен метров. Они сложены средними и кислыми эффузивными породами, часто с повышенной щелочностью, являющимися продуктами застывания очень вязких, вследствие потери летучих компонентов, магм. Купола образуются при выжимании из основного и паразитического кратеров вулкана вязкого магматического материала. С разрушением краевых затвердевших частей куполов связано появление вокруг них шлейфа обломочных пород — купольных

брекчий (рис. 67), сходных с туфами и вулканическими брекчиями. Купольные брекчии отличаются от пирокластических пород взрывной субфации составом обломочного материала, полностью идентичным составу эффузивных пород экструзивного купола, несортированностью обломков, резким уменьшением мощности купольной брекчии по мере удаления от экструзивного тела, сопровождающимся полным исчезновением крупных обломков и глыб.

Экструзивные купола пространственно тесно связаны с породами жерловой фации, от которых они отличаются отсутствием горизонтальной зональности.

Для пород жерловой фации наиболее обычными формами залегания являются некки и вулканические трубки, характерны секущие контакты жерловых тел с вмещающими отложениями.

Некки имеют в плане округлую, овальную, реже неправильно-изометричную форму. Диаметр их колеблется от нескольких метров до километра. Контакты с вмещающими породами, в случае ненарушенного последующими деформациями залегания, вертикальные или крутопадающие, обращенные внутрь тела, реже в противоположные от центра некка стороны. Внутренняя структура некков обычно неоднородна, что определяется широким диапазоном изменения структурно-текстурных особенностей слагающих их пород.

Вулканические трубки близки по строению к неккам. В отличие от последних они сложены лавами и представляют собой результат заполнения подводящих каналов и жерловин вулканов продуктами вулканических взрывов — грубообломочными пирокластическими породами (агломератовыми туфами, вулканическими брекчиями). Обломочные породы вулканических трубок часто называют эруптивными, или взрывными, брекчиями.

Для трещинных извержений наиболее характерными формами залегания жерловых тел являются *дайки*, сложенные лавами, а также системы параллельных даек. Дайки жерловой фации по морфологии ничем не отличаются от субвулканических аналогов.

Наиболее распространенными формами залегания пород субвулканической фации являются дайки, силлы, лакколиты, штоки. Их конфигурация и соотношения с вмещающими породами в целом такие же, как и у соответствующих интрузивных тел. Отличия проявляются в значительно меньших площадных размерах и составе пород. Длина отдельных даек, диаметр изометричных и неправильных по форме в плане тел обычно не превышает нескольких сотен метров — первых километров. Тела сложены лавами, и лишь наиболее крупные из них в центральных частях могут быть раскристаллизованы. При этом наблюдаются постепенные переходы от эффузивных стекловатых и неполнокристаллических пород к мелкозернистым полнокристаллическим порфировидным.

От других тел четко обособляются *дайки*, часто пересекающиеся и располагающиеся во взаимно перпендикулярных направлениях. Весьма характерны радиальные по отношению к жерловым образованиям кольцевые, полукольцевые и дугообразные дайки, окружающие вулканические центры.

Силлы и *лакколиты* представляют собой пластобразные, караваяобразные, грушеобразные залежи сравнительно большой мощности, имеющие как согласные, так и секущие контакты с вмещающими породами и часто осложненные многочисленными апофизами. Для силлов характерен преимущественно диабазовый и долеритовый состав, лакколиты также обычно сложены основными породами.

Штоки имеют правильную изометричную форму, крутые, резко секущие контакты с вмещающими отложениями.

В отдельных случаях отнесение даек, штоков, некков, экструзивных куполов к субвулканической, жерловой или собственно эффузивной фациям вызывает затруднение. Особенно это касается случаев, когда породы собственно эффузивной фации, слагающие вулканические постройки, полностью эродированы.

При застывании магматического материала в ходе образования различных форм залегания лав и игнимбритов в породах появляются первичные линейные и полосчатые текстуры. Они характерны как для собственно эффузивной, так и для жерловой, и субвулканической фаций. Эти текстуры являются следствием перемещения магматического расплава, широкого диапазона изменения температур, давления, скорости движения, поведения газовой составляющей внутри лавового потока, покрова, некка, экструзивного купола, субвулканического тела. Линейно-полосчатые текстуры определяются чаще всего субпараллельным расположением минералов таблитчатой и призматической формы, ориентировкой газовых пустот и миндалин, ксенолитов вмещающих горных пород, фьяммевидных обособлений, полосчатостью и флюидальностью.

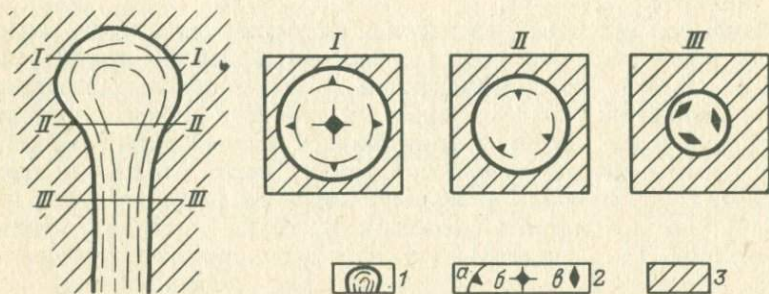


Рис. 68. Положение первичных текстур течения на разных уровнях эрозионного среза (I, II, III) субвулканического тела (по А. А. Прияткину, В. В. Донских).

1 — первичные текстуры течения в вертикальном разрезе; 2 — ориентировка первичных текстур течения в плане (α — наклонная, β — горизонтальная, γ — вертикальная); 3 — вмещающие породы

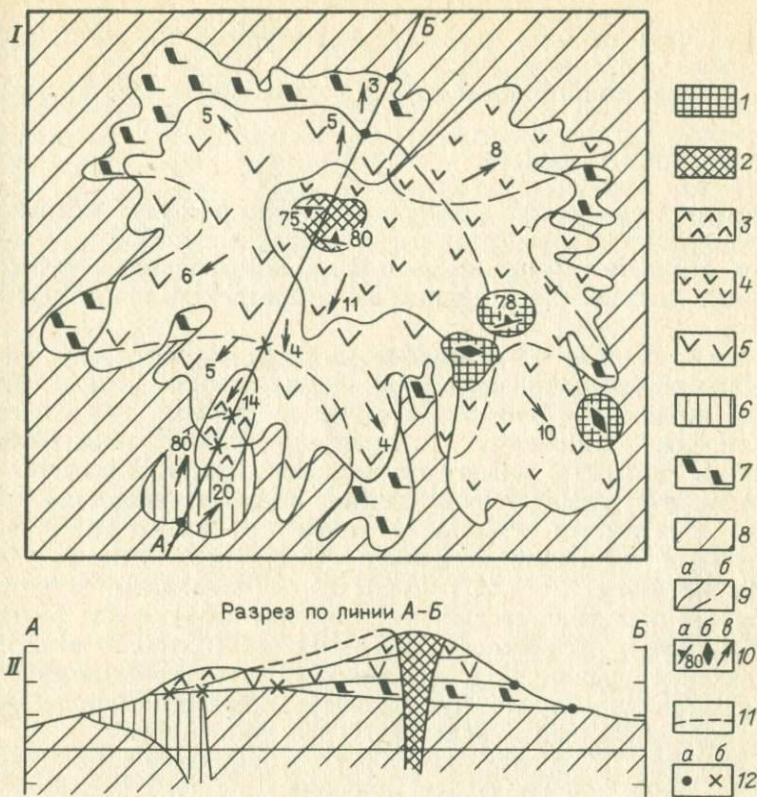


Рис. 69. Геологическая карта вулкана (I) и начальная стадия построения геологического разреза (II).

Условные обозначения: 1—экстразивные трахиты; 2—дациты жерловой фации; 3—дациты субфации текучих лав; 4—роговообманковые андезиты субфации текучих лав; 5—пироксеновые андезиты субфации текучих лав; 6—субвулканические базальты; 7—андезитобазальты субфации текучих лав; 8—отложения фундамента вулкана; 9—геологические границы разновозрастных образований (а) и просвеченные предполагаемые геологические границы (б); 10—первичные полосчатые текстуры течения: (а—наклонные, б—вертикальные, в—линейные). Вспомогательные условные обозначения, используемые только при построении разреза: 11—предполагаемые границы эродированных частей вулканического сооружения; 12—точки выхода границ на поверхность (а) и пересечения линии разреза с предполагаемыми «просвеченными» геологическими границами (б)

Элементы первичных тектур течения измеряются в обнажениях так же, как и элементы залегания слоев, и наносятся на геологическую карту. В экструзивных куполах, жерловых и субвулканических телах они обычно упорядочены и позволяют судить об ориентировке контактов и форме свода (апикальной поверхности). Линейно-плоскостные текстуры дают информацию о первичной форме денудированных тел (рис. 68).

В покровах и потоках часто отмечается неупорядоченность первичных тектур течения, что является следствием турбулентности, имеющей место при движении лавы по поверхности. Вместе с тем преобладающая ориентировка линейности или полосчатости в случае отсутствия элементов залегания

контактов позволяет судить о первичных наклонах кровли и подошвы отдельных тел.

Пример геологической карты и разреза приведен на рис. 69.

ЛАБОРАТОРНЫЕ РАБОТЫ

Задание 1. Построить разрез по геологическим картам атласа № 24с и 23н через вулканическую постройку неогенового возраста. Горизонтальный и вертикальный масштабы разреза должны быть одинаковы и соответствовать масштабу карты.

Пояснения. Поверхность рельефа строится с учетом сечения рельефа горизонталями. Линия разреза должна пересекать возможно большее количество фаций вулканической постройки. Мощности стратиграфических подразделений указаны в стратиграфической колонке. При изображении покровов эффузивных пород следует обратить внимание на их связь с формами рельефа, а также на ориентировку линий течения и первичной полосчатости. Глубина разреза должна быть не более 2—3 см. Там, где это возможно, под эффузивными породами следует восстановить складчатый комплекс донеогеновых отложений. Для этой цели используется просвечивание границ под вулканическими образованиями. Рекомендуется изобразить пунктирными линиями предполагаемые эродированные части вулканического сооружения.

Задание 2. Построить разрез по геологическим картам № 25с и 25н через эродированное вулканическое сооружение неогенового возраста. Горизонтальный и вертикальный масштабы разреза должны быть одинаковы и соответствовать масштабу карты.

Пояснения. Вулканическая постройка, отделенная от остальных складчатых толщ, изображенных на карте, глубинным разломом, представляет собой глубоко эродированный конус, образованный лавовыми потоками, пронизанный миоценовыми интрузиями различного состава и сложным комплексом кольцевых даек. Основная часть интрузивных тел относится к субвулканической фации; некоторые из них, возможно, являются остаточными продуктами промежуточных камер. Расположение кольцевых даек указывает на существование двух одновременных центров извержения: более раннего — южного и позднего — северного. При изображении интрузивных тел и даек на разрезах следует учесть положение линий течения, первичную полосчатость и положение контактов интрузивных тел. Для всех этих элементов на карте указаны углы наклона. Дайки на разрезе можно изобразить без разграничений, цветной тушью или с помощью фломастера.

Задание 3. Построить разрез по геологической карте атласа № 28н через палеогеновый вулканический пояс с вулканическими кальдерами.

Пояснения. Под нижней поверхностью вулканических толщ условно изобразить палеозойское основание, строение которого видно в западной части карты и в эрозионных окнах в пределах пояса. Обратит внимание на правильное изображение интрузивных тел (см. следующий раздел), выклинивание и фациальные переходы отдельных стратиграфических подразделений и разрывных нарушений.

При изображении кальдер следует использовать элементы залегания пород. Горизонтальный и вертикальный масштабы разреза должны быть одинаковы и соответствовать масштабу карты. Линию рельефа строить обязательно.

ИНТРУЗИВНЫЕ ПОРОДЫ

ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ

Формы интрузивных тел. Среди интрузивных тел в порядке убывания их размеров выделяются следующие типы: батолиты, лополиты, штоки, лакколиты, факолиты, магматические диапиры, дайки, межпластовые залежи (силлы), апофизы.

Батолиты представляют собой крупные интрузивные массивы, сложенные главным образом гранитами и гранодиоритами. Площадь их выхода на поверхность составляет более 100 км². Верхняя поверхность батолитов обладает плавными очертаниями, с многочисленными куполовидными выступами. Боковые поверхности в зависимости от глубины эрозионного среза и формы батолита иногда наклонены в стороны от центральных его частей, иногда вертикальны или направлены к центру.

По форме они могут быть свекловидными, с суживающимися вниз корневидными концами—двумя и более, или языковидными. Толщина батолитов обычно составляет 6—10 км. Контакты с вмещающими породами неровные, секущие, с многочисленными выступами и ответвлениями.

Лополиты образуют блюдцеобразные тела, залегающие согласно с вмещающими породами. Они сложены ультраосновными и щелочными породами и реже гранитоидами. Их размеры в поперечнике могут быть или небольшими, или достигают сотен километров.

Штоки имеют площадь выхода на дневную поверхность менее 100 км². Они сложены чаще гранитоидами или породами среднего состава, реже основного. Их форма округлая или вытянутая, изредка неправильная. Штоки могут образовывать самостоятельные массивы, схожие по строению с батолитами. Они часто представляют собой неглубоко вскрытые верхние части гранитных батолитов или купола и гребни, ответвляющиеся от их кровли.

Лакколитами называются небольшие (в поперечнике до 3—5 км) грибообразные тела, сложенные чаще всего основными породами. Границы лакколитов согласны с поверхностями слоистости вмещающих их пород. Высота этих геологических тел значительно меньше их протяженности по простиранию, а толщина уменьшается к периферии.

Факолитами называются небольшие интрузии, имеющие в разрезе серповидную форму. Они образуются в ядрах антиклинальных или реже синклинальных складок. Толщина факолитов измеряется сотнями, в редких случаях тысячами метров.

Магматические диапиры принадлежат к гипабиссальным вертикальным или крутым интрузиям. Они характеризуются вытянутой веретенообразной или грушевидной формой в плане и разрезе, относительно небольшими размерами (от десятков метров до первых километров) и секущими контактами с вмещающими породами.

Дайки представляют собой плитообразные тела, размещающиеся в трещинах и разрывах земной коры, мощность обычно не превышает нескольких метров. Их протяженность колеблется от незначительной до очень большой. Часто встречаются группы вертикальных даек, образующих пояса с параллельным или кулисообразным расположением отдельных даек. Особую группу составляют кольцевые дайки, развивающиеся по окружности около центра, выраженного или небольшим штоком интрузивных пород, или кольцевой же дайкой. Кольцевые дайки обычно крутые или вертикальные; они могут иметь и коническое расположение, и быть наклоненными к центру всей системы, образуя как бы воронку, суживающуюся книзу.

Межпластовые залежи, или силлы, образуются при внедрении магмы вдоль поверхностей наслоения. Их мощность колеблется в широких пределах — от тонких инъекций до сотен метров, но чаще не превышает 10—50 м. Силлы сложены главным образом основными породами.

Апофизы представляют собой небольшие, слепо заканчивающиеся ответвления от крупных магматических тел.

Экзоконтактные ореолы. Внедряющаяся магма воздействует на вмещающие толщи своей теплотой, а также выделяющимися из нее парами и газами. Вмещающие толщи при этом изменяются и перекристаллизовываются с образованием роговиков, ороговикованных пород, скарнов и других пород, причем степень этого изменения постепенно убывает при удалении от контакта интрузии. Ширина зон экзоконтактных пород у различных интрузий и даже у одной и той же интрузии изменяется от нескольких метров до 1—3 км. Мощность контактных ореолов над кровлей интрузивных тел, особенно сложенных гранитами и щелочными породами, всегда больше, чем у боковых поверхностей.

Прототектонические элементы. Большое значение при определении формы интрузивных тел на глубине могут оказать прототектонические элементы, образующиеся в остывающей магме, но находящейся еще в маловязком состоянии (прототектоника жидкой фазы), и после затвердевания магмы при ее превращении в интрузивную горную породу (прототектоника твердой фазы).

Прототектоника жидкой фазы выражается в появлении в интрузивах первичных полосчатых и линейных текстур, характеризующих направление течения внедряющейся магмы. В массивах наблюдается послойное чередование полос, обогащенных одним или несколькими минералами (слюдой, роговой обманкой, полевым шпатом, кварцем). Первичная полосчатость может быть горизонтальной, наклонной или вертикальной. Она наносится на карту с помощью особых знаков.

Линейные текстуры течения характеризуются параллельным расположением игольчатых или удлиненно-призматических и таблитчатых кристаллов, шлиров и ксенолитов. Линейность часто параллельна первичной полосчатости.

Прототектоника твердой фазы связана в основном с уменьшением объема интрузивов при их охлаждении, сопровождающемся образованием трещин. Выделяют продольные, поперечные, пластовые и диагональные трещины.

Продольные трещины (S) совпадают с простиранием линейных структур течения. Они круто наклонны либо вертикальны. Поперечные трещины (Q) развиваются нормально к ориентировке линейных структур, при изменении которых направления поперечных трещин также меняются. К ним часто приурочены жилы аплита, пегматита, кварца. Пластовые трещины (L) обычно совпадают с направлением первичной полосчатости и перпендикулярны к трещинам S и Q . В целом они более или менее параллельны внешним контактам интрузива; особенно это заметно вблизи пологих контактов кровли. Диагональные трещины (g) располагаются косо к направлению структур течения. Они пересекаются по двум направлениям под углом, близким к прямому. Диагональные трещины также часто вмещают дайки и гидротермальные жилы.

Фаши и фазы магматических пород. Фашиями магматических пород называются интрузивные горные породы, образовавшиеся в сходных геологических и термодинамических условиях. Изучение фашиальных изменений внутри интрузивных массивов позволяет выделить эндоконтактовые, краевые и внутренние фаши. Интрузивы можно подразделить на моногенные и полигенные. В последних внедрение магмы происходит в несколько этапов (фаз) внедрения. В многофазовых интрузивах наблюдаются случаи прорыва молодой интрузией пород более ранней фазы, что также фиксируется в фашиях эндоконтакта. Кроме того, в таких интрузиях кроме основных

(главных) фаз, слагающих большую часть интрузивного тела, существуют дополнительные фазы, в которых породы обычно более кислые по сравнению с породами основной фазы и имеют более мелкозернистую структуру. Дайки изверженных пород могут быть генетически связаны с интрузивами или быть независимыми самостоятельными образованиями.

ЛАБОРАТОРНЫЕ РАБОТЫ

Задание 1. Дана геологическая карта со сложным складчатым строением и несколькими разновозрастными интрузивными массивами. Складчатые толщи слагают три структурных этажа: докембрийский, нижне- и верхнепалеозойский, — разделенных несогласиями (рис. 70).

Следует построить разрез по линии *А—Б*. Рельеф изобразить в виде прямой горизонтальной линии.

Пояснение. При построении разреза через складчатые толщи обратить внимание на различный структурный план всех трех комплексов пород и резко выраженное несогласие между ними. Толстая линия на карте — вертикальный региональный разлом. Мощности пород определить по ширине выхода стратиграфических подразделений и углов их наклона. Границы между интрузивными массивами на разрезе должны отражать их возрастные соотношения и указывать на активный контакт более поздней интрузии.

Примеры изображения границ между разновозрастными интрузивными массивами на разрезе приведены на рис. 71. Наклон поверхности интрузивного тела может быть указан на карте или определен по прототектоническим элементам, а также по взаимоотношению границ массива с горизонталями рельефа.

Задание 2. Построить разрез по геологическим картам атласов № 26с или 26н по линии *А—Б* от северной рамки карты до крупного субширотного разрыва. Принять вертикальный масштаб разреза, равный горизонтальному. Рельеф, учитывая его сечение, изобразить в виде горизонтальной прямой линии. Приведены колонки трех буровых скважин с указанием положения кровли и подошвы гранитного массива. На карте (севернее линии разрыва) изображены два комплекса пород: верхнедевонский, сложенный терригенными отложениями, и каменноугольный, эффузивный (нижний и верхний карбон), разделенные угловым несогласием.

Верхнедевонские и нижнекаменноугольные породы прорваны крупным многофазовым массивом среднекаменноугольных гранодиоритов и гранитов. Присутствуют также нижнепермские дайки диорит-порфиритов и гранит-порфиров. В эффузивных и интрузивных породах указаны первичная полосчатость, линии течения и ориентировка прототектонических трещин.

Следует построить разрез на глубину, достаточную для установления формы интрузивного тела. Указать фазы и фации

интрузивного массива. В отложениях верхнего девона показать складчатость по аналогии с участками выхода верхнедевонских отложений на поверхность; при изображении каменноугольных эффузивных толщ учесть элементы залегания, первичную линейность и полосчатость.

Пояснения. Построение разреза следует начать с изображения рельефа. Затем перенести на разрез (по перпендикулярным к нему линиям) данные колонок буровых скважин. Контакты интрузивного массива показать с учетом углов их наклона, указанных на карте, а также элементов прототектоники. При изображении фаций гранитного массива учесть положение их границ в рельефе. Дайки дать вертикальными; построить кровлю гранитного массива в виде пунктирной линии над поверхностью рельефа. Ширина разреза может составлять 3—4 см.

Задание 3. Дана топографическая карта в масштабе 1:5 000 (см. рис. 44), полевой журнал с пунктами наблюдений, указанными на карте. На территории, изображенной на этой карте, расположены два разновозрастных интрузивных массива, окруженных зоной экзоконтактовых пород. Указаны прототектонические элементы жидкой и твердой фаз.

Следует: 1) составить геологическую карту на бланке по полевому журналу, указав на ней два разновозрастных интрузивных массива, ореол экзоконтактовых пород и все протектонические элементы; 2) построить геологический разрез с учетом рельефа по ломаной линии через точки 14, 26, 22 (контуры интрузивного массива на разрезе изобразить с учетом распространения экзоконтактовых пород); 3) составить условные обозначения и оформить карту и разрез.

Пояснения. Относительный возраст интрузий (древнее — моложе) определить по соотношению противотектонических элементов, которые в поздней интрузии имеют секущее расположение по отношению к прототектоническим элементам более раннего массива. При отсутствии достаточных данных, геологические границы указываются на равном расстоянии от смежных точек наблюдений. Штриховые или цветные условные обозначения для интрузивных пород выбираются в соответствии с их составом; экзоконтактовые ореолы указать красным крапом.

Полевой журнал:

1. Песчаники, сланцы.
2. Песчаники, сланцы.
3. Песчаники, сланцы.
4. Граница песчаников, сланцев и ороговикованных пород.
5. Контакт между гранитами и роговиками. Поверхность гранитов с аз. пад. $345 \angle 40$.
6. Пластовые трещины в гранитах с аз. пад. $350 \angle 30$.
7. Пластовые трещины в гранитах с аз. пад. $0 \angle 10$.
8. Полосчатость в гранитах с аз. пад. $70 \angle 10$.
9. Пластовые трещины в гранитах с аз. пад. $290 \angle 5$.

10. Пластовые трещины в гранитах с аз. пад. 295 \angle 10.
 11. Полосчатость в гранитах с аз. пад. 280 \angle 15.
 12. Полосчатость в гранитах с аз. пад. 285 \angle 30.
 13. Контакт гранитов и роговиков, поверхность гранитов с аз. пад. 280 \angle 45.
 14. Граница песчаников, сланцев и ороговикованных пород.
 15. Роговики.
 16. Песчаники, сланцы.
 17. Песчаники, сланцы.
 18. Песчаники, сланцы.
 19. Песчаники, сланцы.
 20. Контакт гранитов и роговиков, поверхность гранитов с аз. пад. 10 \angle 60.
 21. Контакт гранитов, диоритов и роговиков, поверхность гранитов с аз. пад. 250 \angle 70.
 22. Песчаники, сланцы.
 23. Ороговикованные песчаники и сланцы.
 24. Ороговикованные песчаники и сланцы.
 25. Контакт гранитов и диоритов, поверхность контакта с аз. пад. 280 \angle 75.
 26. Диориты, полосчатость с аз. пад. 200 \angle 30.
 27. Диориты, полосчатость с аз. пад. 25 \angle 20.
 28. Роговики.
 29. Граница песчаников, сланцев и ороговикованных пород.
 30. Граница песчаников, сланцев и ороговикованных пород.
 31. Песчаники, сланцы.
 32. Контакт диоритов и роговиков, поверхность диоритов с аз. пад. 20 \angle 30.
 33. Граница песчаников, сланцев и ороговикованных пород.
 34. Диориты, полосчатость с аз. пад. 30 \angle 20.
 35. Диориты, полосчатость с аз. пад. 25 \angle 10.
- Для построения разреза с разновозрастными интрузивными массивами можно также воспользоваться геологической картой атласа № 24н.

МЕТАМОРФИЧЕСКИЕ ПОРОДЫ

ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ

К типичным признакам метаморфических пород относятся вторичная (наложенная) сланцеватость в осадочных и эффузивных породах и гнейсовидность в интрузивных. Сланцеватость может совпадать с первичной слоистостью или пересекать ее. Для изображения наложенной сланцеватости и гнейсовидности на геологических картах применяются специальные условные знаки (см. рис. 2).

Образование этих текстур связано с движениями земной коры, избыточным давлением по одному из направлений

(стрессу), повышением температуры с глубиной и воздействием глубинных растворов и газов.

В метаморфических породах преимущественно развиты складки течения, нередко небольшие по размерам, но довольно сложные по форме. Большие затруднения в расшифровке стратиграфии и структуры метаморфических толщ возникают в тех случаях, когда они неоднократно вовлекаются в складчатость, причем ориентировок стресса (направление давления) в различное время может быть неодинаковой.

Наложение разновозрастной складчатости широко развито в архейских и нижнепротерозойских толщах, однако и более молодые отложения также могут вовлекаться в повторное складкообразование. Это создает большие сложности при построениях геологических разрезов через метаморфические образования, вынуждающие при мелких масштабах ограничиваться условным изображением развитых в них складчатых структур и сланцеватости.

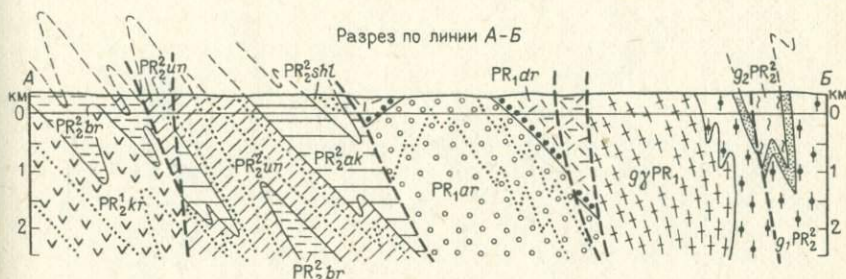
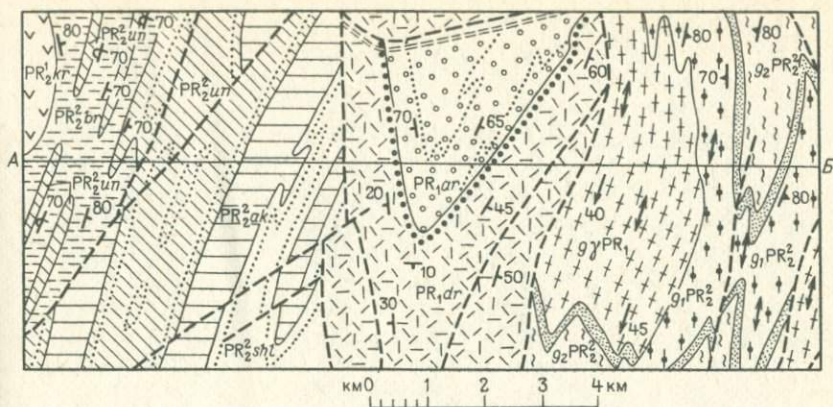
Не меньшие сложности возникают и при изображении на разрезах гранитогнейсовых куполов и интрузивных тел, широко распространенных в архейском и нижнепротерозойском фундаменте континентов. Купола и массивы имеют сложные формы, нередко бескорневые, и вовлекаются в складчатость, как и вмещающие их метаморфические толщи. Значительную помощь при их изображении на разрезах могут оказать ориентировка прототектонических элементов и направление наложенной гнейсовидности. Последняя также чаще изображается условно.

В атласах метаморфические толщи изображены на картах № 18с (северо-восточная), 27с, 28с, 16н, 30н, а структуры, образованные неоднократно проявлявшейся складчатостью, — на карте № 30с.

ЛАБОРАТОРНЫЕ РАБОТЫ

Задание 1. Построить разрез вкрест простираения складчатых структур по картам атласов № 27с или 30н. Горизонтальный и вертикальный масштабы разреза должны быть одинаковыми.

Пояснения. На карте изображены протерозойские метаморфические толщи, прорванные разновозрастными интрузиями. Фрагмент карты и пример построения разреза приведены на рис. 72. В обоих случаях указана ориентировка плоско-параллельных текстур течения, сланцеватости и линейности в интрузивных массивах. Эти структурные элементы должны быть учтены при изображении на разрезах границ интрузивных тел. Следует обратить внимание на несогласие в основании даратской свиты, выраженное горизонтом обломочных кварцитов, а также на изображение маркирующих горизонтов, помогающих установить складчатые деформации внутри свит. Линию рельефа на разрезе можно принять горизонтальной. Для более наглядного изображения рекомендуется показать пунк-



Масштабы горизонтальный и вертикальный 1:100 000

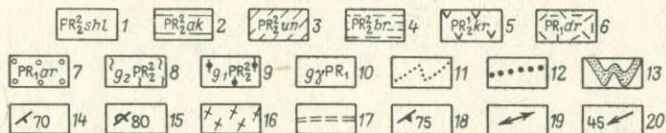


Рис. 72. Примеры геологической карты и разреза метаморфических толщ:

Верхний протерозой: 1 — шолакская свита (бластоносаммитовые сланцы, филлиты, мраморы); 2 — аксурапская свита (бластоносаммитовые сланцы, мраморы); 3 — унгулинская свита (филлиты, мраморы, окремненные мраморы); 4 — борлинская свита (бластоносаммитовые сланцы, мраморы); 5 — карасайская свита (бластоносаммитовые сланцы, филлиты, порфиритоиды); 7 — аретбайская свита (слюдистые и гранатово-слюдистые сланцы, кварциты); 8 — гранитоидея мелкозернистые; 9 — гранитоидея крупнозернистые; 10 — крупнозернистые, очковые гнейсо-граниты нижнего протерозоя; 11 — маркирующие горизонты; 12 — обломочные кварциты; 13 — начки серых кварцитов; 14 — элементы наклонного залегания; 15 — опрокинутое залегание; 16 — наложенная сланцеватость; 17 — направление гнейсовидности; 18 — наклонные плоско-параллельные текстуры течения и сланцеватости. Лицевость: 19 — горизонтальная, 20 — наклонная

тирными линиями основные структуры над разрезом.

Задание 2. Построить разрез через гранитоидеи купола по карте № 28с. Горизонтальный и вертикальный масштабы разреза должны быть одинаковыми.

Пояснения. На карте изображены нижнепротерозойские метаморфические толщи, прорванные нижнепротерозойскими гранитами, превращенными в гнейсограниты. Участок карты и пример построения разреза приведены на рис. 73. На карте указана наложенная сланцеватость в гнейсогранитах, которая

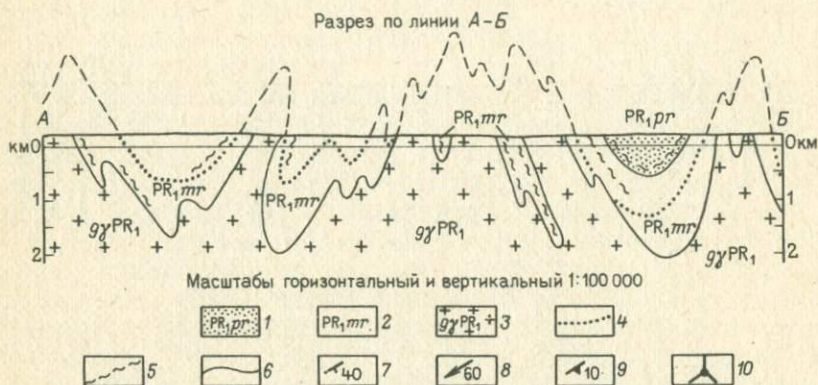
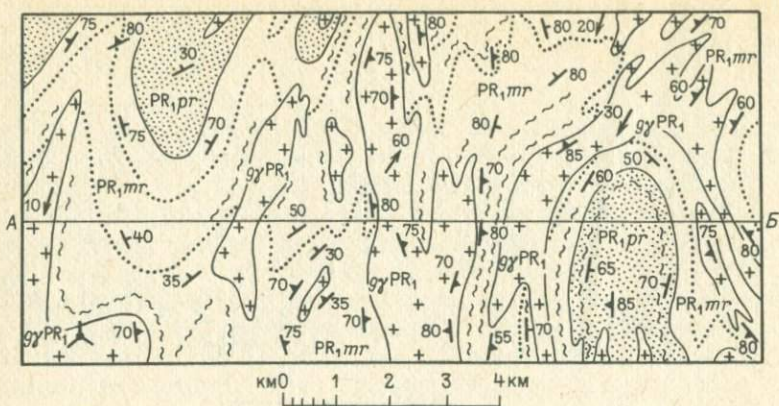


Рис. 73. Пример геологической карты и разреза нижнепротерозойских метаморфических толщ:

1—пууярвинская свита (двусланяные сланцы, кварциты); 2—мурасьярвинская свита (двусланяные и мусковитовые сланцы, кварциты); 3—гнейсограниты биотитовые и роговообманковые; 4—маркирующие горизонты; 5—магматизированные породы; 6—геологические границы; 7—наклонное залегание; 8—наклонная линейность; 9—наклонная сланцеватость и гнейсовидность; 10—вертикальная линейность

должна быть учтена при изображении на разрезах границ интрузивных тел. Следует обратить внимание на изображение маркирующих горизонтов, помогающих установить складчатые деформации внутри свит. Линию рельефа на разрезе можно принять горизонтальной. Для более наглядного изображения рекомендуется показать пунктирными линиями основные разрывные и складчатые структуры выше поверхности рельефа.

ПЕТРОСТРУКТУРНЫЕ ДИАГРАММЫ

ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ

Породы, испытавшие дислокационный метаморфизм, называются тектонитами. При их изучении могут быть использованы методы петротектоники, устанавливающие связи между

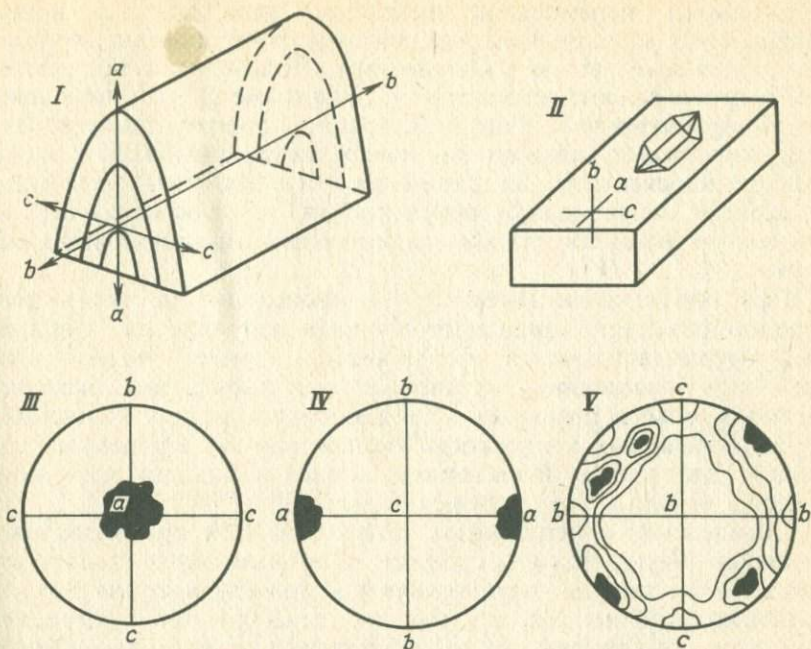


Рис. 74. Петроструктурные диаграммы.

I—система координат a , b , c в складке; II—ориентировка кварца при скольжении вдоль граней призмы; верхняя поверхность параллелепипеда является поверхностью скольжения при деформации породы (a —направление скольжения; b и c —две другие оси системы прямоугольных координат относительно направления движения); III, IV—диаграммы ориентировки оптических осей кварца в S -тектоните; V—диаграмма ориентировки осей кварца в B -тектоните

внутренней структурой деформированных пород и их тектонической историей.

Наиболее распространенными методами петротектоники является петроструктурный анализ, позволяющий выявлять ориентировку минералов в горных породах, возникающую при их движении под воздействием эндогенных сил. При этом основные задачи сводятся к определению кинематических и динамических условий образования тектонитов.

В петроструктурном анализе применяют систему координат, не совпадающую с главными осями деформации. Для обозначения осей используют строчные латинские буквы a , b , c (рис. 74, I). Ось a направляется по движению вещества: ось b лежит в плоскости движения вещества, но ориентирована перпендикулярно к оси a . Через оси a и b проходит плоскость скольжения вещества. Она обозначается буквой S и обычно соответствует простиранию тектонической структуры. Плоскость S может совпадать со слоистостью, сланцеватостью, поверхностями скалывания или течения. Ось c перпендикулярна к осям a и b .

Выделяется несколько типов тектонитов. Из них чаще используются получившие название S - и B -тектонитов. В

S-тектонитах перемещение вещества происходит в одном направлении по параллельным поверхностям подобно скольжению отдельных листов в колоде карт. Положение и количество максимумов на петроструктурной диаграмме *S*-тектонита зависят от ориентировки шлифа. Если при изучении ориентировки осей кристаллов кварца на поверхности скольжения шлиф сделан в плоскости *bc*, на диаграмме окажется один максимум в ее центре; если шлиф ориентирован в плоскости *ac*, на диаграмме окажутся два максимума, расположенных вдоль оси *a* (рис. 74, II—IV).

При образовании *B*-тектонитов происходит не скольжение породообразующих минералов в одном направлении, а вращение, осуществляемое в большинстве случаев вокруг оси. Благодаря вращению, оптические оси минералов окажутся расположенными различно, но в плоскостях, параллельных или перпендикулярных к плоскости скольжения *ab*. На петроструктурной диаграмме *B*-тектонита появится кольцо или пояс замеров максимумов оптических осей (рис. 74, V).

Определение ориентировки оптических осей производится с помощью Федоровского столика. Для выяснения положения максимумов замеры отрабатывают с помощью сетки Вальтера-Шмидта, точно так же, как это делается при построении диаграмм трещиноватости. Для получения объективных данных рекомендуется наносить на диаграмму не менее 10 замеров оптических осей.

Наиболее благоприятны для петроструктурных исследований интрузивные породы, гнейсы, гранулиты, известняки, кристаллические сланцы. При этом обычно решаются вопросы, связанные с определением ориентировки плоскостей скольжения (скальвания), направления движения породы в процессе деформации и положения главных осей деформации. Чаще всего для построения петроструктурных диаграмм используется ориентировка оптических осей зерен кварца, кальцита и слюд.

ЛАБОРАТОРНЫЕ РАБОТЫ

Задание 1. На карте рудного поля, имеющей масштаб 1:500, изображено рудное тело, нарушенное разрывом (рис. 75). По ориентированному шлифу построена петроструктурная диаграмма *S*-тектонита.

Следует определить тип разрыва, общую, горизонтальную и вертикальную амплитуды смещения.

Пояснения. Для решения задачи необходимо мысленно вставить диаграмму на участок *A* таким образом, чтобы плоскость диаграммы совпадала с длинной стороной участка. Верх и низ диаграммы указаны на рис. 75. Горизонтальную амплитуду смещения определить, исходя из масштаба карты. Измерить угол направления общего смещения и, найдя значение

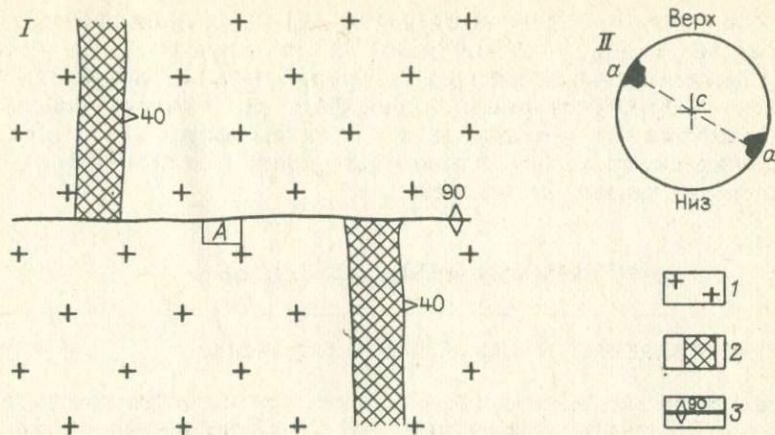


Рис. 75. Карта рудного поля:

1—рудное тело; 2—граниты; 3—разрыв и угол наклона. В правом нижнем углу дана диаграмма оптических осей кварца в точке А

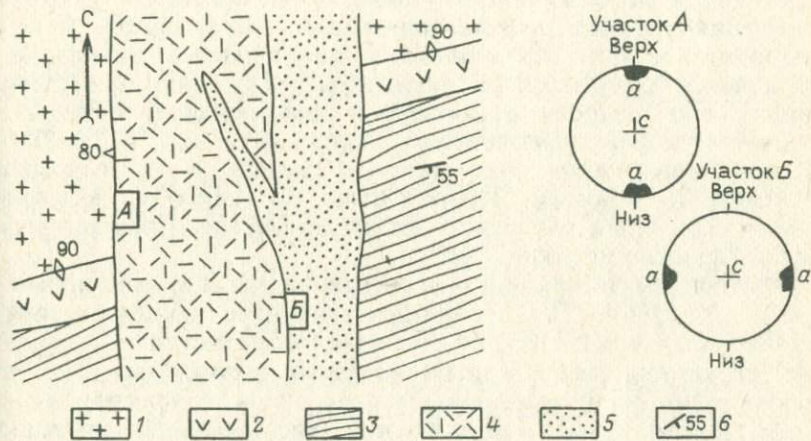


Рис. 76. Карта рудного поля:

1—граниты; 2—габбро-диабазы; 3—сланцы; 4—кварцевая жила с пиритом; 5—кварцевая жила с молибденитом; 6—элементы залегания пород. В правом нижнем углу даны диаграммы ориентировки оптических осей кварца на участках А и Б

$\cos \alpha$, определить общую амплитуду и $\cos (90^\circ - \alpha)$ —вертикальную амплитуду.

Задание 2. На карте рудного поля масштаба 1:200 (рис. 76) указаны жила габбро-диабазов и две разновозрастные кварцевые жилы. Образование кварцевых жил, имеющих различную минерализацию, сопровождалось подвижками с разным направлением. На участках А и Б по ориентированным шлифам составлены две петроструктурные диаграммы S-тектонитов.

На основании петроструктурных диаграмм надо определить количество этапов деформаций характер перемещений в дорудный и внутрирудный этапы.

Пояснения. Для определения дорудных движений следует провести анализ смещения жилы габбро-диабазов. Для выяснения движений, одновременных с оруденением, нужно воспользоваться петроструктурными диаграммами, которые мысленно вставляются на участки *А* и *Б* таким образом, чтобы их плоскости совпадали с длинной стороной участков; верх и низ диаграмм указан на рисунке.

ДИСТАНЦИОННЫЕ МЕТОДЫ

ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ И ЛАБОРАТОРНЫЕ РАБОТЫ

К дистанционным методам геологических исследований относят аэрокосмометоды, основанные на дешифрировании изображений, получаемых с летательных аппаратов. При аэрокосмосъемках регистрируются различные количественные характеристики поля электромагнитного излучения — поле солнечной радиации, отраженной от поверхности Земли, и собственного теплового излучения системы земная поверхность — атмосфера. Съёмки проводятся в видимом и ближнем инфракрасном диапазоне, в нескольких сравнительно узких участках (так называемых «окнах прозрачности атмосферы») инфракрасной области, в радарном и ультрафиолетовом диапазоне (табл. 8). Наиболее полная информация получается в лучшем всего освоенной видимой и ближней ИК-области. По способу получения видеоинформации различают фотографические и нефотографические аэрокосмические съемки.

Материалы дистанционных съемок нашли широкое применение в геологии. Они помогают наиболее полно выявлять особенности геологического строения, поверхностные и глубинные структуры, вести поиски полезных ископаемых. На базе аэрометодов были разработаны и внедрены в практику новые виды региональных геологических исследований: групповая геологическая съемка, аэрофотогеологическое картирование и геологическое доизучение ранее заснятых площадей. Позднее на материалах космических съемок сформировались самостоятельные направления — космофотогеологическое картирование, а также геолого-минерагеническое картирование, которое в опытно-производственном порядке проводится в ПГО «Аэрогеология».

При геологическом дешифрировании используются дешифровочные признаки, прямо или косвенно отражающие дешифрируемый объект. Основными дешифровочными признаками являются фотометрические (фототон) и геометрические (структура и рисунок фотоизображения). В геологически открытых районах, где коренные горные породы обнажаются на поверхности, фототон и характер рисунка фотоизображения на снимках обусловлены самими геологическими телами и воспри-

Таблица 8. Аэрокосмические виды съемок

Дистанционные методы исследований	Спектр электромагнитных колебаний								
	γ-лучи	γ-лучи (рентген)	ультрафиолетовый диапазон	видимый	Инфракрасный диапазон			Радарный диапазон	Радиодиапазон
					ближний	средний	дальний		
	0,03 нм	0,02 мкм	0,38 мкм	0,76 1,4	3 мкм	30 мкм	100 мкм	0,3 см 10 см	1 м
Аэрометоды	γ-съемка	—	УФ	ВН ФС МЗС СП	ИК СП			РЛ РТ	—
Космометоды				ВН ФС МЗС ТС СП	ИК СП			РЛ СП	—

Примечание. ВН — визуальные наблюдения; съемки: ФС — фотографическая, МЗС — многозональная, ТС — телевизионная, ИК — инфракрасная, РЛ — радиолокационная, РТ — радиотепловая, СП — спектротрическая, УФ — ультрафиолетовая.

нимаются непосредственно. В закрытых районах, где геологические объекты не находят прямого выражения на снимках, поскольку скрыты рыхлыми отложениями осадочного чехла и растительностью, дешифрирование ведется через геоиндикаторы. В качестве индикаторов геологических объектов могут выступать рельеф, гидросеть, растительность, почвы, характер увлажнения.

В зависимости от геолого-тектонической и ландшафтно-климатической обстановки района применяются разные методы дешифрирования: прямой, контрастно-аналоговый и ландшафтно-индикационный.

Прямой метод дешифрирования возможен только в открытых районах и основан на прямом сопоставлении результатов дешифрирования с геолого-геофизическими данными и отождествлении выделенных на снимках объектов с геологическими телами.

Контрастно-аналоговый (или контурно-геологический) метод применяется как в открытых, так и в закрытых районах. Он основан на сравнении дешифрируемых объектов с «фотопортретами» эталонных структур геологически однотипных площадей.

Ландшафтно-индикационный метод широко используется в закрытых районах. Сущность его заключается в установлении геологических объектов посредством их индикато-

ров и основан на анализе взаимоотношений явных, физиономических компонентов ландшафта со скрытыми геологическими структурами.

Выявляемые в процессе дешифрирования объекты необходимо перевести в ранг геологических тел, т. е. определить их геологическую природу. Поэтому работа с материалами аэрокосмических съемок состоит из двух основных этапов: собственно дешифрирования и интерпретации результатов дешифрирования. В последнее время в практике геологического дешифрирования все шире применяются различные приемы автоматизированной обработки видеоданных и специальная аппаратура.

Аэрофотосъемка выполняется в основном с высот до 7 км с самолетов типа АН-30, ИЛ-14, АН-2 в масштабах 1:1000—1:140 000. Аэрофотоснимки (АФС) более мелкого масштаба получают с высот до 11—12 км с помощью короткофокусных аэрофотоаппаратов.

Кроме АФС, при геологическом дешифрировании используются фотосхемы, фотопланы, репродукции накидного монтажа, иногда фотографические фотопланы. Аэрофотоснимки (или контактные отпечатки) по масштабу подразделяются на крупномасштабные (крупнее 1:25 000), среднемасштабные (1:25 000—1:70 000) и мелкомасштабные. Они имеют формат 18×18 (наиболее удобный и распространенный), 23×23 и 30×30 см.

При выборе масштаба АФС для целей геологического картирования стремятся к тому, чтобы на снимке было видно положение изучаемой площади в общей структуре и виден целиком наиболее крупный геологический объект или значительная часть его. Кроме того, разрешающая способность снимков должна отвечать самому мелкому геологическому объекту (или его ландшафтными индикаторам), который в заданном масштабе карты должен быть выделен. Применение крупно- и среднемасштабных аэроснимков при геологическом картировании дает возможность выявлять детали геологического строения, значительно повышает точность проведения границ и достоверность оконтуривания геологических объектов. Однако на мелкомасштабных снимках, обладающих большей обзорностью и генерализацией изображения, лучше видны общие закономерности геологического строения и возможна экстраполяция установленных границ на смежных площадях. В идеальном случае надо иметь набор снимков от сверхмелкомасштабных космических, полученных с искусственных спутников Земли (ИСЗ) «Метеор» и «Космос», до крупномасштабных аэрофотоснимков с шагом, равным 3—4.

При работе с аэрофотоснимками выявляется традиционная информация о геологическом строении района: формы залегания горных пород, нередко их вещественный состав, складчатые и разрывные деформации, угловые несогласия. Применение фотограмметрических методов позволяет измерять элементы залегания горных пород, мощности слоев, определять относи-

тельные превышения точек и строить геологические разрезы и структурные карты.

ДЕШИФРИРОВАНИЕ ФОРМ ЗАЛЕГАНИЯ ОСАДОЧНЫХ И ОСАДОЧНО-ВУЛКАНОГЕННЫХ ПОРОД

Горизонтальное и пологонаклонное ($1-3^\circ$) залегание осадочных и осадочно-вулканогенных слоистых толщ отчетливо дешифрируется при расчлененном рельефе благодаря полосчатому рисунку фотоизображения, подобного горизонталям на топографических картах. В геологически открытых районах он обусловлен различиями в окраске отложений, участвующих в разрезе. В залесенных районах полосчатый рисунок фотоизображения может объясняться избирательной приуроченностью растительности к отдельным слоям или изменениями ее видового состава и густоты. Ширина полос зависит от мощности слоев и крутизны склонов.

Дешифрированию слоистых толщ помогают фотомаркирующие горизонты, которые надежно выделяются и прослеживаются на значительной части АФС и представляют собой либо слои горных пород, либо характерные формы рельефа, либо полосы растительности.

Ниже приведены задания с примерами, по которым должны быть подобраны близкие по содержанию АФС для выполнения лабораторных работ.

Задание 1. Дешифрирование АФС среднего масштаба с горизонтальным залеганием горных пород.

На АФС в одном месте указаны геологические границы и расставлены стратиграфические индексы. К снимкам должна быть приложена полоска выборочного отдешифрированного снимка шириной 1—1,5 см и условные обозначения.

Необходимо выполнить следующее:

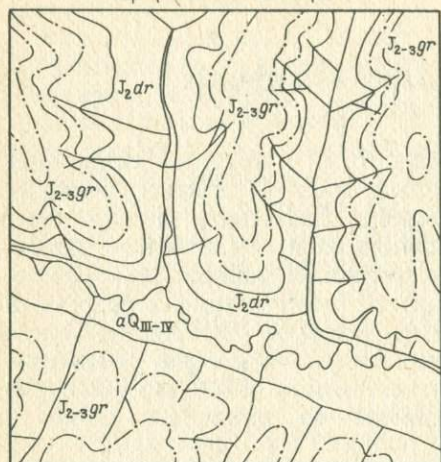
- 1) отдешифрировать эрозионную сеть;
- 2) провести границы аллювиальных четвертичных отложений;
- 3) отдешифрировать фотомаркирующие горизонты и геологические границы дочетвертичных отложений;
- 4) составить таблицу дешифровочных признаков.

Работа оформляется на кальке тушью в виде схемы геологического дешифрирования и условных обозначений к ней (рис. 77).

Пример описания дешифровочных признаков приведен в табл. 9.

Наклонное залегание осадочных и осадочно-вулканогенных слоистых толщ дешифрируется по характерным пластовым треугольникам. Границы слоев различного литолого-петрографического состава и противоденудационной устойчивости, изгибаясь при пересечении с долинами и водоразделами, образуют пластовые треугольники, которые своими вершинами, располо-

Схема геологического дешифрирования
аэрофотоснимка В. Сибири



Условные обозначения

Q_{III-IV}	Четвертичная система. Верхние — современные звенья. Аллювиальные отложения. Пески, галечники, глины.	
Юрская система	J_{2-3gr}	Средний-верхний отделы. Георгиевская свита. Песчаники, прослои глинистых сланцев, углей.
	J_{2dr}	Средний отдел. Дурайская свита. Песчаники.
a	b	Геологические границы
		а) четкие, достоверные б) нечеткие, предполагаемые
	Фотомаркирующие горизонты	
	Эрозионная сеть	

Рис. 77. Пример оформления задания 1

женными в долинах, указывают падение. Особенности залегания горных пород надежно устанавливаются в районах с расчлененным структурным рельефом, где в процессе избирательного препарирования мощных бронирующих слоев образуются квесты, моноклиальные гребни и гряды. Маломощные наклонно расположенные слои не образуют структурных форм рельефа, и их залегание устанавливается по конфигурации пластовых треугольников, вытянутых — при пологом залегании, укороченных, менее выраженных, переходящих в пластовые трапеции и прямолинейные барьеры — при крутом и вертикальном падении.

Задание 2. Дешифрирование АФС среднего масштаба геологически открытого района со структурным рельефом и наклонно залегающими отложениями. К снимкам должна быть приложена полоска выборочно отдешифрированного снимка шириной 1,5—2 см и условные обозначения.

Необходимо выполнить следующее:

1) отдешифрировать эрозионную сеть и характерные формы рельефа (квесты, моноклиальные гребни, межрядовые понижения);

2) на АФС найти геологические границы, показанные на выборочно отдешифрированной полоске снимка, прилагаемой к работе; отдешифрировать геологические границы и фотомаркирующие горизонты в пределах всей площади АФС;

3) по конфигурации пластовых треугольников и структурным формам рельефа определить направление падения и ориентировочно угол падения горных пород;

4) составить схему геологического дешифрирования с элементами геоморфологии.

Складчатые формы залегания горных пород наиболее надежно дешифрируются в геологически открытых районах с лито-

Таблица 9. Таблица дешифровочных признаков

№ п/п	Геологические объекты	Дешифровочные признаки и индикаторы геологических объектов					
		Фототон	Рисунок изображения	Рельеф	Гидросеть	Растительность	Увлажнение почвы
1	Известняки ($K_2 m$)	Однородный светло-серый, местами неправильно пятнистый	Мелкоточечный, «оспепный»	Бронирующие поверхности квест, скальные уступы, обрывы, карстовые воронки, колодцы	Долины глубокие, V -образные; согласные с простираем пород — асимметричные	Древесно-кустарниковая растительность развита слабо	Относительно сухо
2	Слоистая голца из песчаников и аргиллитов ($J_2-3 gr$)	Светло-серый — на песчаниках, темно-серый — на аргиллитах	Полосчатый (от тонко- до грубополосчатого)	Ступенчатые склоны: крутые участки, карнизы сложены крепкими песчаниками; выположенные — аргиллитами. Развита структурные террасы на мощных бронирующих прослоях песчаников	Дендритовидный рисунок эрозионной сети. Много оврагов и промоин в нижней части склонов, сложенных аргиллитами	Избирательное приспособление растительности: мелкокустарниковая — на прослоях аргиллитов, разреженная кустарниковая и мхи — на песчаниках	Отмечается увлажнение (на аргиллитах)
3	Гранитоиды* (γD_1)	Светло-серый, относительно однородный	Решетчатый, древовидный	Альпинотипный; водоразделы узкие, гребневидные, склоны крутые, гравитационные	Древовидный рисунок эрозионной сети, подчинено трещиноватости. Долины каньонобразные, неразработанные	Растительность отсутствует, на каменистых поверхностях развиты мхи и лишайники	Относительно сухо

* Много скальных обнажений.

морфным рельефом. Здесь фототон, обусловленный цветовыми и вещественными различиями пород, выступает прямым дешифровочным признаком. Полосчатый рисунок фотоизображения, симметрично расположенный относительно ядра складки, и конфигурация пластовых треугольников на крыльях позволяют выявлять морфологические особенности складок. Нередко в горных резко расчлененных районах на АФС дешифрируются лишь фрагменты разрушившихся складок.

Задание 3. Дешифрирование АФС среднего или мелкого масштаба с простым складчатым строением и структурным рельефом открытого района. К АФС должна быть приложена полоска выборочно отдешифрированного снимка и условные обозначения.

Следует:

1) оконтурить площади распространения четвертичных отложений, определить их генетические типы;

2) провести границы дочетвертичных отложений и фотомаркирующие горизонты; проследить характер проявления в рельефе пород различной устойчивости к процессам денудации;

3) определить направление падения и углы наклона крыльев складки, тип складки, форму замка, направление погружения шарнира и другие морфологические особенности, дешифрирующиеся на АФС;

4) составить схему геологического дешифрирования и аннотацию АФС.

Пример аннотации аэрофотоснимка

На АФС открытого района Копетдага изображена антиклинальная складка, сложенная меловыми, палеогеновыми и неогеновыми карбонатно-терригенными отложениями. Наличие в разрезе слоистой толщи достаточно мощных бронирующих слоев обусловило развитие квест на юго-восточном пологом крыле складки (III) и моноклиальных гребней и гряд — на северо-западном более крутом крыле (II). Асимметрия складки отчетливо проявлена и в конфигурации пластовых треугольников: вытянутых на юго-восточном и менее выраженных, переходящих в пластовые трапеции на северо-западном крыле. Противоденудационная устойчивость пород отражается в развитии положительных элементов рельефа. На крепких карбонатных отложениях и песчаниках развиты структурные поверхности квест и моноклиальных гребней (а), менее устойчивые к процессам выветривания и денудации глины и мергели развиты на склонах и в межгрядовых понижениях (б). Периклиальное замыкание складки подчеркивается ступенчатым рельефом (IV) и огибающими его водотоками. Шарнир складки погружается в юго-западном направлении. Ядро (I), сложенное бронирующими слоями, интенсивно разбито многочисленными трещинами, по которым заложилась прямолинейная овражная сеть. Сквоз-

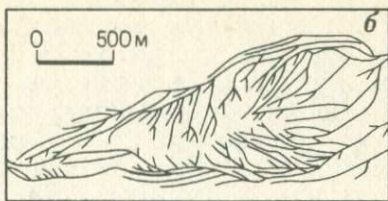
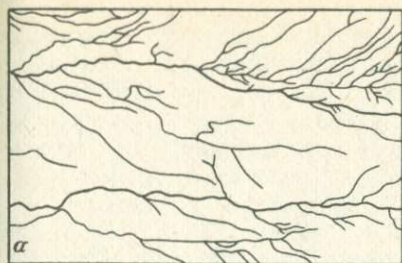


Рис. 78. Строение эрозионной сети в пределах молодых поднятий (Западный Копетдаг). По В. Г. Трифонову:

a — перистое; *б* — ячеестое

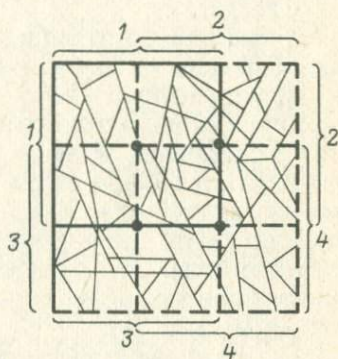


Рис. 79. Обработка линейментов методом скользящего окна.

1—4 — положение скользящего окна

ная каньонообразная долина (1), дешифрирующаяся на погружении складки, приурочена к разрывному нарушению типа раздвига, сформировавшемуся в условиях растяжения. В северо-восточной части снимка устанавливается сброс (2), по сместителю которого образовалось русло реки. На юго-западном опущенном крыле сброса отмечается снижение высот водораздела. Поверхность сместителя выражена в рельефе крутым уступом”.

В закрытых районах, перекрытых мощной толщей плитного чехла, дешифрирование локальных антиклинальных и синклиналильных структур ведется по косвенным признакам.

Растущую антиклиналь можно выявить по центробежному или концентрическому рисунку эрозионной сети (и особенно по мелким эмбриональным эрозионным формам — оврагам, рывинам, промоинам), оживлению эрозионной деятельности, увеличению густоты расчленения, сужению речных долин, увеличению высот террас и их количества, появлению сухих долин и следов брошенных русел, расщеплению единого потока на несколько русел (рис. 78) и другим признакам.

В районах с аридным климатом в выделении локальных структур помогают почвенно-геоботанические аномалии. Концентрическое расположение солончаковой растительности, появление незакрепленных песков, изменение мощности четвертичных отложений или их физических свойств (в частности, влажности) служат индикаторами погребенных локальных структур.

При пересечении рекой синклинальной структуры наблюдаются участки заболачивания, меандрирования, снижения высоты террас, радиально-центробежный рисунок эрозионной сети. Эти и другие признаки помогают отдешифрировать на материалах аэрофотосъемок развивающиеся унаследованно или образованные на новейшем (олигоцен-четвертичном) этапе локальные структуры, которые не получили выражение в рельефе.

Задание 4. Дешифрирование АФС мелкого масштаба геологически закрытого района с изображением новейшего локального поднятия.

Следует:

1) тщательно отдешифрировать всю эрозионную сеть, включая рытвины и промоины;

2) полученную схему эрозионного расчленения обработать методом скользящего окна для определения удельной плотности расчленения. Размер окна выбирается в зависимости от размера локальной структуры. В элементарном окне подсчитывается суммарная длина всех водотоков, значение которой должно быть статистически представительным при выбранном размере окна. Это значение подписывается в центре окна. Шаг элементарного окна должен составлять половину длины его стороны (рис. 79);

3) на основе полученных значений составить схему удельной плотности эрозионного расчленения в изолиниях;

4) провести интерпретацию составленной схемы, выявить аномальные участки, провести контуры локальной структуры;

5) проанализировать дешифровочные признаки локальной структуры на АФС: характер проявления в рельефе и на снимке, рисунок и особенности эрозионного расчленения, фототон, характер увлажнения, растительность и пр. Уточнить контуры локальной структуры.

Составить схему структурного дешифрирования и аннотацию снимка.

ДЕШИФРИРОВАНИЕ РАЗРЫВНЫХ НАРУШЕНИЙ

Разрывные нарушения устанавливаются по смещению слоев, фотомаркирующих горизонтов, различных форм рельефа, линейному расположению границ интрузивных тел и вулканических аппаратов, различиям геологического и геоморфологического строения на крыльях.

Большинство разрывных нарушений проявлено в рельефе, особенностях гидросети, нередко в характере растительности. Индикаторами их являются линейно расположенные участки понижений в рельефе (распадки, седловины, перегибы и подножия склонов, цепочки озер, карстовых и термокарстовых западин, суффозионных просядок и пр.), однообразно ориентированные водотоки или резкие коленообразные изгибы рек, узкие гряды, гребни, линейное расположение влаголюбивой

растительности, источников, родников (особенно в аридных районах), деформации террас, появление висячих долин и т. д. Один и тот же разрыв на всем своем протяжении может маркироваться различными индикаторами. Общим признаком их является линейность, проявленная различными элементами ландшафта. Крутопадающие нарушения дешифрируются надежнее, чем пологие, особенно продольные.

Задание 5. Дешифрирование АФС с изображением рельефа со складчатым геологическим строением, осложненным разрывными нарушениями. К АФС прилагается выборочно отдешифрированная полоска снимка и условные обозначения, а также топографическая карта более мелкого масштаба, чем АФС.

Следует:

1) отдешифрировать фотомаркирующие горизонты и геологические границы;

2) по комплексу дешифровочных признаков выявить разрывные нарушения;

3) составить схему геологического дешифрирования и перенести результаты дешифрирования с АФС на топографическую основу с помощью УПТ-2.

Работа оформляется на ватмане в виде геологической карты, разреза, условных обозначений и таблицы дешифровочных признаков (рис. 80). За истинную мощность отложений принимается минимальная ширина выхода слоя на карте. Элементы залегания указаны на выборочно отдешифрированной полоске снимка, прилагаемой к заданию.

ДЕШИФРИРОВАНИЕ МАГМАТИЧЕСКИХ ИНТРУЗИВНЫХ И МЕТАМОРФИЧЕСКИХ ПОРОД

Распознавание интрузивных горных пород осуществляется по комплексу их дешифровочных признаков, которые изменяются в зависимости от географического положения района и его конкретного геологического строения.

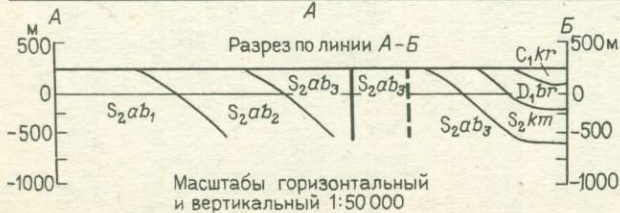
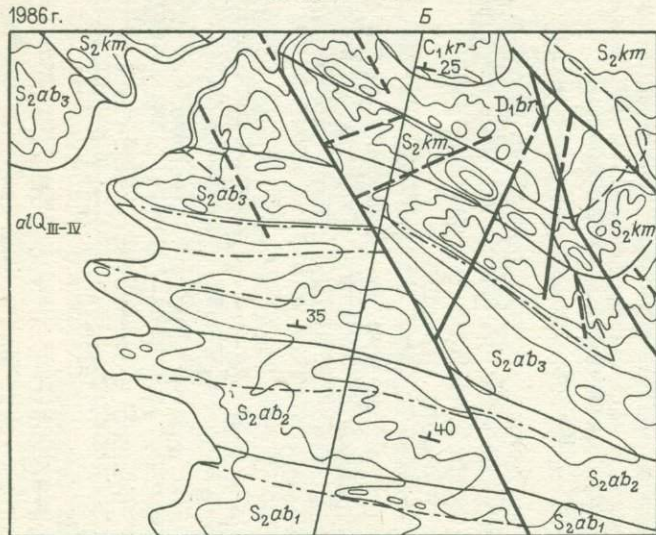
Интрузивные горные породы выделяются по отсутствию слоистости, свойственной осадочным образованиям (за исключением сильно дифференцированных интрузий основного и ультраосновного составов), и полосчатости, характерной для метаморфических толщ.

Кислые и средние интрузивные горные породы дешифрируются по изометрической форме выходов на поверхность слагаемых ими тел и отсутствию слоистости. Фототон изображения, обусловленный цветом коренных выходов, как правило, однородный: светлый или светло-серый (из-за низкого цветного числа пород этой группы). Фоторисунок определяется хорошо выраженным на снимках изображением трещиноватости, имеющей закономерный характер.

Поверхность интрузивных массивов, особенно гранитоидных, испещрена сетью крутонаклонных трещин, дешифрирую-

Геологическая карта
(по данным дешифрирования аэрофотоснимка)
Масштаб 1:50 000

1986 г.



Условные обозначения

- alQ_{III-IV} Четвертичная система. Верхнее - современное звено. Аллювиально-озерные отложения. Пески, глины, илы
- C_1kr Каменноугольная система. Нижний отдел. Визо-намюрский ярус. Каркарлинская свита. Песчаники, конгломераты
- D_1br Девонская система. Нижний отдел. Бурумбекский горизонт. Алевролиты, песчаники

Силурийская система
Верхний отдел

- S_2ab_3 Верхняя пачка. Алевролиты, аргиллиты
- S_2ab_2 Средняя пачка. Песчаники, глины
- S_2ab_1 Нижняя пачка. Песчаники
- Айбасульский горизонт

- a — Геологические границы
а) достоверные б) предполагаемые
- a - - - Разрывные нарушения
а) достоверные б) предполагаемые
- Фотомаркирующие горизонты

Таблица дешифровочных признаков

Геологические объекты	Фототон	Рисунки изображения	Рельеф	Гидросеть	Растительность	Прочие дешифровочные признаки
Каркарлинская свита нижнего отдела каменноугольной системы. Песчаники, конгломераты (C_1kr)						

Рис. 80. Пример оформления задания 5

щихся в виде ортогональных систем линейных элементов, иногда выходящих за пределы массива или располагающихся параллельно контактам интрузива. Первичные трещины в результате вторичных геологических процессов в интрузивном массиве могут объединяться в единые швы, легко разрабатываемые выветриванием. В результате образуются относительно крупные линеаменты, иногда ошибочно принимаемые за крупные разрывы.

Пологие и горизонтальные первичные трещины дешифрируются с трудом в виде изогнутых полосок (они часто подчеркнуты растительностью и имеют на аэрофотоснимках темный цвет). Большинство интрузивных тел разбиты разрывными нарушениями на блоки, опознающиеся на снимках по разной ориентировке трещиноватости.

Рельеф интрузивов возвышенный. Нередко с интрузивными массивами связаны самые высокие абсолютные отметки. При сглаженном рельефе эти породы образуют глыбовые накопления, хорошо дешифрирующиеся на крупномасштабных снимках.

Контакты массивов, как правило, дешифрируются отчетливо. К ним часто приурочены поля роговиков, имеющие иной (более темный, реже — более светлый) фототон и слагающие повышения в рельефе. При прослеживании контактов отмечают отходящие от них апофизы, выделяют зоны экзо- и эндоконтакта. Визуально оценив или измерив элементы их залегания, делают вывод о форме интрузивного тела.

Эзоконтактовые зоны устанавливаются по более темному фототону и дешифровочным признакам, характерным для вмещающих пород. В зонах эндоконтакта трещины параллельны границам массивов, а в целом трещиноватость ослабевает или даже не дешифрируется.

Если интрузивный массив многофазный и породы этих фаз различаются по структурным и текстурным особенностям и минеральному составу, то их дешифрируют на основании различия фототона, рисунка гидросети (обусловленного трещиноватостью) и микрорельефа.

В закрытых районах при небольшой мощности перекрывающих отложений интрузивные массивы дешифрируются по изменению структурного плана перекрывающей толщи и по просвечивающему рисунку трещиноватости.

Основные и ультраосновные интрузивные горные породы связаны с разрывными нарушениями, являющимися каналами проникновения магмы. Форма массивов часто удлинённая. Фототон основных и ультраосновных пород от темно-серого до черного (из-за большого содержания темноцветных минералов). Темная окраска массивов не всегда отчетливо выделяется на фоне часто темных же вмещающих пород, что наряду с небольшими размерами интрузивов этого состава затрудняет их дешифрирование.

В результате дифференциации магмы в отдельных массивах наблюдается полосчатость, иногда выделенная за счет растительности, что обуславливает формирование концентрически-полосчатого рисунка фотоизображения.

Трециноватость основных и ультраосновных пород выражена слабо. Рисунок эрозионной сети перистый, дендритовидно-перистый или радиально-лучистый.

Рельеф в пределах выходов этих пород в целом пониженный, с характерным бугристым строением.

Дайки и жилы различных пород, как правило, прямолинейны и в рельефе образуют грядки, реже борозды. В том случае, когда породы даек не отличаются физико-механическими свойствами от вмещающих пород и поэтому не проявлены в рельефе, они опознаются по фототону.

Метаморфизм уравнивает различия в физико-механических свойствах горных пород, а в связи с чем на аэрофотоматериалах фоторисунок и фототон различных метаморфических образований оказывается однотипен, а их дешифрирование затруднено.

Одним из главных дешифровочных признаков является полосчатость фотоизображения. Обнаружение и прослеживание на значительной площади фотомаркирующих горизонтов позволяет надежно установить основные структурные формы метаморфических пород, выявить взаимосвязь складчатых и разрывных дислокаций, непосредственно по снимку определить элементы залегания горных пород.

Фоторисунок с увеличением степени метаморфизма утрачивает полосчатость и становится монотонным. При этом большое значение приобретает составление схемы дешифрирования линейных элементов и роз-диаграмм их ориентировки. Когда на снимках проявлено одно направление линеаментов, оно почти всегда отвечает ориентировке слоистости, сланцеватости или гнейсовидности метаморфических толщ. Если на розах-диаграммах присутствуют два максимума, то, вероятно, горные породы имеют магматическое происхождение.

Фототон изображения зависит от состава пород. Так, светлыми выглядят кварциты и мраморы, темными — амфиболиты, филлиты, железистые кварциты.

Кристаллические сланцы опознаются на аэрофотоснимках по тонкополосчатому рисунку изображения. Направление полосчатости часто отвечает первичной слоистости, что особенно характерно для парасланцев. Для ортосланцев полосчатость, как правило, соответствует сланцеватости.

Фототон определяется составом сланцев. В условиях горного рельефа для них типичны округлые водоразделы с пологими склонами, изрезанными густой эрозионной сетью, развивающейся по сланцеватости и трещинам кливажа. Часто по переслаивающимся кристаллическим сланцам разного состава образуется линейно-грядовый рельеф. В условиях выровненного

рельефа и плохой обнаженности полосчатость и фототонные характеристики как дешифровочные признаки теряются и дешифрирование ведется лишь по особенностям эрозионной сети.

Гнейсы, так же как и кристаллические сланцы, дешифрируются по полосчатому фоторисунку. По физико-механическим характеристикам и соответственно особенностям дешифрируемости гнейсы занимают промежуточное положение между кристаллическими сланцами и интрузивными гранитами и при дешифрировании легко могут быть идентифицированы ошибочно.

Фототон гнейсов всегда серый. Формы рельефа — незакономерные. Эрозионная сеть подчинена трещиноватости и имеет своеобразный угловато-дендритовый, а часто и кольцевой рисунок. Последний обусловлен оконтуриванием эрозионной сетью гранитогнейсовых куполов.

Кварциты дешифрируются лучше других метаморфических пород и используются как фотомаркирующие горизонты. Их фототон чаще всего светлый. Отличаясь повышенной устойчивостью к выветриванию, кварциты образуют в рельефе положительные формы. На склонах к ним приурочены перегибы рельефа, уступы и карнизы.

Мраморы дешифрируются так же хорошо, как и кварциты. Их основным дешифровочным признаком является белый, очень светлый фототон. В рельефе они образуют резкие положительные асимметричные формы; при переслаивании с другими метаморфическими породами слагают наиболее возвышенные участки рельефа, а при наклонном залегании (на крыльях складок) формируют структурный рельеф, слагая моноклиальные гребни или бронирующие слои квест.

Задание 6. Дешифрирование аэрофотоснимка с магматическими интрузивными горными породами.

На прозрачной пленке в пределах площади одного из снимков стереопары отдешифрировать и закрепить тушью в принятых условных обозначениях:

1) границы аллювиальных и других четвертичных отложений;

2) трещины (отдельно крутые и пологие);

3) разрывные нарушения (обратить внимание на характер трещиноватости по разные стороны от разрывных нарушений);

4) линию контакта интрузивного массива с вмещающими осадочными или метаморфическими породами, особо отмечая апофизы;

5) зоны экзо- и эндоконтактов;

6) жилы и дайки как среди интрузий, так и среди вмещающих пород. Разделить их по относительному возрасту (I, II, III и т. д.);

7) приблизительно определить состав интрузии по фототонным характеристикам. Визуально оценив выраженность в

рельефе и падение контактов, определить форму интрузивного тела;

8) по возможности выделить интрузивные фазы и перекрытые участки интрузии;

9) составить розу-диаграмму простираний трещин, развитых в пределах интрузивного массива.

ИЗМЕРИТЕЛЬНОЕ ДЕШИФРИРОВАНИЕ АЭРОФОТОСНИМКОВ

Основные задачи измерительного дешифрирования аэрофотоснимков включают в себя проведение точных измерений по снимкам азимута падения и угла падения слоев горных пород и определение мощности слоев. По аэрофотоснимкам возможно вычисление амплитуды смещения по разрывным нарушениям, измерение размеров интрузивных тел и т. д. Используя различные приборы, можно контуры, изображенные на снимках, перенести на топографические карты.

В основу всех вычислений по аэрофотоснимкам положен принцип измерения продольных параллаксов с целью определения превышений между отдельными точками. Зная плановое и высотное положение, например, трех точек кровли или подошвы слоя горных пород, не лежащих на одной прямой, можно с помощью графических или аналитических методов структурной геологии выяснить элементы залегания, мощность и другие параметры.

На каждом снимке вводится своя ортогональная система координат. За ось X принимается проекция линии полета самолета (начальное направление); за ось Y —линия, проходящая через главную (центральную) точку снимка и перпендикулярная к оси X .

Продольный параллакс—это алгебраическая разность абсцисс одноименных точек на левом и правом снимках. Он в

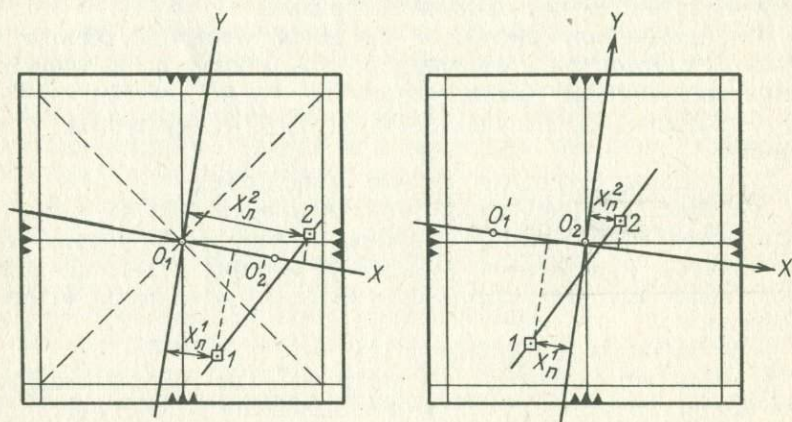


Рис. 81. Определение местоположения главной точки АФС и начального направления:

1—2—линия геологического разреза; параллакс точки 1: $P^1 = X_1^1 - (-X_1^2)$; параллакс точки 2: $P^2 = X_2^1 - X_2^2$

любой точке аэрофотоснимка зависит от ее высоты над уровнем моря, взаимных углов наклона и разности высот фотографирования снимков, образующих стереопару.

Превышение между двумя точками определяется по формуле

$$h = H \Delta P / (b + \Delta P), \quad (1)$$

где H — высота фотографирования над одной из измеряемых точек (или средняя высота фотографирования, принимаемая одинаковой для двух соседних аэрофотоснимков), в метрах; b — базис фотографирования (расстояние между главными точками снимков), принимаемый как среднее значение измеренного базиса на левом и правом снимках (или параллакс точки), в миллиметрах; ΔP — разность продольных параллаксов определяемых точек, в миллиметрах.

Для равнинной местности, когда превышения незначительны и разность параллаксов невелика, применяется формула

$$h = H \Delta P / b.$$

Задание 7. Определение относительных превышений и построение геологического разреза.

Работа может быть выполнена на таких фотограмметрических приборах, как СТД-2, интерпретоскоп, ГС-4, ДС-3, с помощью параллаксометра и сводится к выявлению абсолютных высот точек разреза, стоящих на геологических границах и в местах перегиба рельефа. Принцип измерений на указанных приборах один и заключается в определении продольных параллаксов.

В качестве примера рассмотрим построение геологического разреза с помощью параллактической палетки. На аэрофотоснимках находим главные точки и линии начальных направлений. Для этого необходимо соединить противоположные черные метки, находящиеся на краях снимка, прямыми линиями. Точка их пересечения является главной точкой аэрофотоснимка (рис. 81). Она может быть найдена и на пересечении диагоналей квадрата рамки аэрофотоснимка (см. левый снимок на рис. 81). Затем под стереоскопом переносим (накальваем иглой) главную точку правого АФС (O_2) на левый, а левого (O_1) — на правый. Точки O_1 и O_2 на левом АФС и O_2 и O_1 на правом соединяем прямыми линиями. Эти линии — ось X — являются линиями начальных направлений (см. рис. 81).

Выбираем вблизи центральной части АФС линию геологического разреза. На нее накальваем тонкой иглой точки в местах пересечения линией разреза геологических границ и характерных элементов рельефа (долины реки, водораздела, перегибов склона). Точки нумеруем.

Определяем продольные параллаксы намеченных точек с помощью палетки-параллаксометра — простейшего инструмента, позволяющего измерять продольные параллаксы и представляющего собой пластинку из прозрачного материала размером 18×13 см с измерительной сеткой. Сначала палетку накладыва-

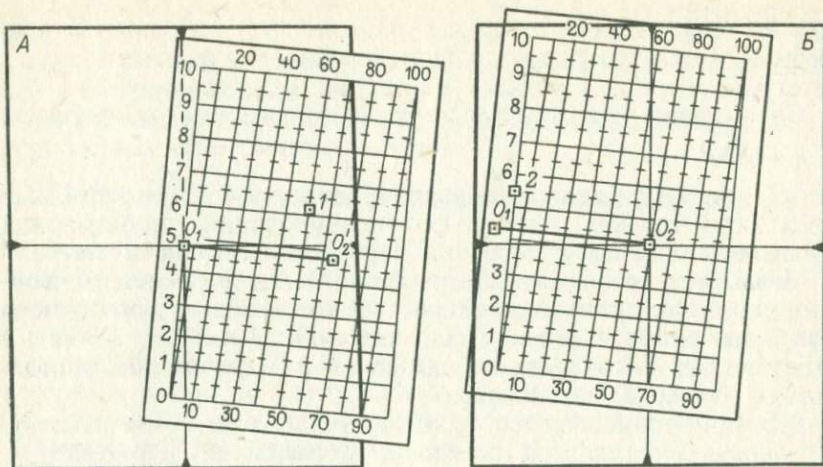


Рис. 82. Определение продольных параллаксов палеткой-параллаксометром. А—левый снимок; продольный параллакс точки 1: $P_1^1 = 56,2$; Б—правый снимок; продольный параллакс точки 2: $P_2^2 = -64,2$.

ем на левый снимок так, чтобы ее горизонтальные линии были параллельны начальному направлению на АФС. Перемещая палетку и сохраняя параллельность горизонтальных линий начальному направлению, добиваются такого положения, при котором левая вертикальная линия сетки палетки проходила бы через главную точку АФС, а какая-нибудь косая линия поперечного масштаба—через одну из точек разреза или, наоборот, вертикальная линия—через точку разреза, а наклонная—через главную точку (рис. 82). Затем измеряют расстояние $X_{л}$ между точками O_1 и точкой разреза, параллакс которой определяется. Десятки миллиметров отсчитываются по горизонтальной линии палетки, а миллиметры и их десятые доли—по вертикальной шкале поперечного масштаба. Палетку накладывают на правый снимок, и таким же образом измеряется $X_{п}$ между точками O_2 и точками разреза, перенесенными стереоскопически на правый снимок. Точность отсчетов до 0,1 мм.

Алгебраическая разность абсцисс идентичных точек левого и правого снимков называется продольным параллаксом (P) точки, т. е. $P_1 = X_{л} - X_{п}$, или параллакс, например, точки 1

$$P_1 = X_{л}^1 - X_{п}^1.$$

Разность продольных параллаксов двух точек (1 и 2) геологического разреза ΔP определяется по формуле

$$\Delta P = P_1 - P_2 = (X_{л}^1 - X_{п}^1) - (X_{л}^2 - X_{п}^2).$$

Превышения всех точек разреза лучше высчитывать по отношению к одной (выбранной или заданной) точке. Величина превышения каждой точки над исходной определяется по формуле (1).

Точность измерений превышений с помощью палетки равна приблизительно 1/700 высоты фотографирования.

Таблица расчета превышений

№ точек	Отсчеты по паралактической линейке, мм			Разность паралаксов ΔP , мм*	Превышение, (h), м	Высота точки (H), м
	P_L	P_N	$P = P_L - P_N$			
1	35,5	-28,0	63,5	—	—	500,0
2	28,0	-37,7	65,8	2,29	60,2	560,2
3	30,1	-35,0	65,1	1,63	42,8	542,8
4	33,9	-29,9	63,8	0,37	9,8	509,8
5	38,1	-25,8	63,9	0,37	9,9	509,9
6	40,2	-24,0	44,2	1,13	29,8	529,8
7	44,2	-20,9	65,1	1,61	42,3	542,3
8	47,4	-18,9	66,3	2,80	73,8	573,8
9	51,8	-15,0	66,8	3,30	86,9	586,9
10	57,0	-9,50	66,5	3,04	80,1	580,1

* ΔP рассчитана относительно точки 1, выбранной за исходную. Высота точки 1 равна 500 м.



Рис. 83. Пример оформления работы по построению геологического разреза и определению превышений

При выполнении работы необходимо иметь в виду, что должна быть известна высота исходной точки, или ее принимаем условно равной какой-нибудь круглой величине (0, 10, 50, 100 м и т. д.).

Пример оформления работы приведен на рис. 83.

Задание 8. Измерение элементов залегания.

На плановых аэрофотоснимках можно обнаружить пластовые треугольники (трапеции, полуовалы), относящиеся к одной геологической границе. По ним и определяют элементы залегания.

Получаем плановое положение трех точек выбранной геологической границы, не лежащих на одной прямой (трех вершин пластового треугольника), используя метод плоской фототриангуляции. Наложив прозрачную пленку сначала на левый снимок, отмечаем на ней главную точку этого снимка (O_1) и

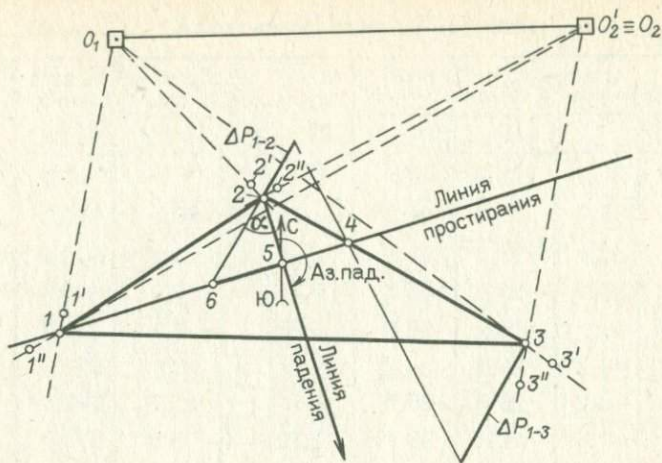


Рис. 84. Построения для определения элементов залегания пласта по аэрофото-снимкам:

$1', 2', 3'$ — точки пластового треугольника на левом снимке; $1'', 2'', 3''$ — точки пластового треугольника на правом снимке; $1, 2, 3$ — истинное плановое положение точек пластового треугольника; O_1 — главная точка левого снимка; O_2 — главная точка правого снимка; O_2' — главная точка правого снимка, перенесенная на левый снимок

перенесенную стереоскопически главную точку правого снимка (O_2'). Прочерчиваем начальное направление через обе точки. Соединяем линиями главную точку левого снимка (O_1) с тремя вершинами пластового треугольника. Затем пленку снимаем и накладываем ее на правый снимок так, чтобы отмеченная на ней точка O_2' совпала с главной точкой правого снимка O_2 , а начальные направления слились в одну линию. Точку O_2 соединяем прямыми с тремя вершинами этого же пластового треугольника, как это было сделано с точкой O_1 . На пересечении линий, идущих из обеих главных точек аэрофото-снимков на одноименные вершины пластового треугольника, получают проекции этих вершин в масштабе, определяемом длиной базиса аэрофотосъемки O_1O_2 (рис. 84). При малых размерах пластового треугольника, неудобных для дальнейших построений, можно дать его укрупненное изображение, произвольно увеличив в несколько раз на прозрачной пленке расстояние O_1O_2 .

Для измерения элементов залегания предположим, что по данным измерений высот трех вершин пластового треугольника точка 2 имеет максимальную высоту, а точка 3 — минимальную (относительные высоты точек можно оценить визуально — по стереомодели). На соединяющих их линии находим точку, равновысотную точке 1. Для этого к прямой 2—3 (см рис. 84) строим перпендикуляры, на которых в произвольном, но одинаковом масштабе откладываем разности параллаксов, пропорциональные превышениям точки 1 над точками 2 и 3. Так как превышение точки 1 над точкой 2 отрицательное, а превышение точки 1 над точкой 3 положительное, перпенди-

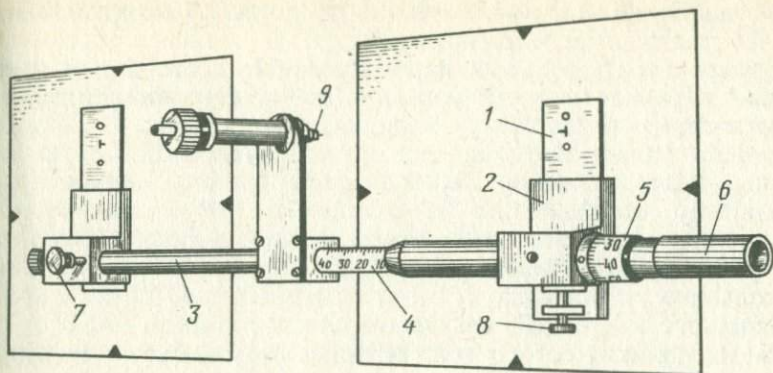
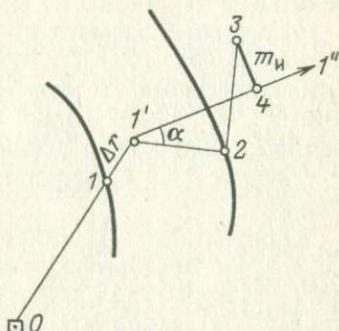


Рис. 85. Параллаксометр:

1—стеклянные пластины с марками в виде красной точки, креста и кружка; 2—зажимы стеклянных пластин; 3—направляющая; 4—миллиметровая шкала; 5—барабан с отчетной шкалой (точность отсчета до 0,02 мм); 6—параллактический винт; 7—винт для перемещения пластин по оси прибора; 8—винт для перемещения правой пластины перпендикулярно к оси прибора; 9—игла, фиксирующая положение прибора относительно стереопары

Рис. 86. Построения для определения истинной мощности (m_n) пласта.

Поправка Δr отложена из расчета, что точка 1 гипсометрически ниже точки 0. В противоположном случае поправку откладывают от точки 1 в сторону точки 0



куляры строим направленными в разные стороны. (В случае превышений с одним знаком перпендикуляры направляем в одну сторону). Концы перпендикуляров соединяем прямой линией и на пересечении ее с прямой 2—3 (или с ее продолжением) получаем точку 4, равновысотную точке 1. Поскольку точки 1 и 4 имеют равные высоты и лежат в плоскости пласта, соединяющая их линия и будет линией простираения пласта. Перпендикулярная к ней прямая 2—5 является линией падения пласта. Падение направлено от точки с большей высотной отметкой (2) к точке, имеющей меньшую высоту (5). Азимуты падения и простираения измеряются транспортиром, с учетом положения линии север—юг на аэрофотоснимке.

Для определения угла падения откладываем от точки пересечения линий падения и простираения (точка 5 на рис. 84) по линии простираения (вправо или влево) отрезок, равный в масштабе аэрофотоснимка превышению вершины 2 пластового треугольника над линией простираения (превышение вычисляется по формуле 1). Соединив концы отрезка (точка 6 на рис. 84) с вершиной 2, измеряем полученный угол между точками 6—2—5. Он и будет являться углом падения.

Точки пластового треугольника должны безошибочно опознаваться на выбранной геологической границе, иметь между

собой наибольшие превышения и не должны лежать вблизи одной пространственной прямой.

Измерения продольных параллаксов осуществляются с помощью параллактической палетки (см. задачу на построение геологического разреза) или параллаксометра (рис. 85). Параллаксометр укладывают на снимки, ориентированные по начальным направлениям. Перемещением прибора параллельно начальному направлению и вращением параллактического винта стереоскопически совмещают марки прибора с точками, между которыми нужно определить превышения. Значение продольного параллакса (P) отсчитывается по шкале параллактического винта; ΔP — вычисляется как разность отсчетов по шкале параллактического винта. Запись результатов измерений ведется в журнале.

Измерение элементов залегания при углах падения горных пород менее $10-15^\circ$ требует введения элементов внешнего ориентирования. В этом случае используются приборы СТД-2 или ГС-4, корректоры которых позволяют учесть влияние наклона снимков и базиса фотографирования.

Задание 9. Измерение мощности пласта по аэрофотоснимку.

Определение мощности ведется вкрест простирания пласта. При этом на аэрофотоснимке необходимо измерить и вычислить элементы залегания пласта и превышение между его кровлей и подошвой. Эти величины определяются так, как описано выше, в задачах по выявлению относительных превышений и элементов залегания.

Затем по снимку измеряется расстояние между точкой на кровле пласта и точкой на его подошве, т. е. измеряется проекция видимой ширины выхода пласта в плоскости аэрофотоснимка.

Увеличение точности измерений достигается введением поправки за линейное смещение точек на аэрофотоснимке

$$\Delta r = r \cdot \Delta P / b,$$

где r — расстояние от главной точки снимка до одной из измеряемых точек, ΔP — разность параллаксов, b — базис фотографирования.

При положительном превышении измеряемой точки над главной точкой снимка поправка откладывается от измеряемой точки в направлении главной точки, т. е. отрезок r укорачивается на величину Δr , при отрицательном превышении — в направлении от главной точки.

Получив на снимке все исходные данные, можно вычислить истинную мощность пласта, используя простые тригонометрические формулы. Чтобы получить правильный результат, расстояние между кровлей и подошвой пласта, измеренное на снимке, необходимо перевести в метры (умножив на масштаб снимка).

Задача может быть решена графически (рис. 86). Пусть точка 1 стоит на кровле пласта, точка 2—на его подошве. Направление от линии 1—2—падение пласта. Вводим поправку за линейное смещение точек на аэрофотоснимке $\Delta r = 1-1'$. При точке 1' построен предварительно вычисленный угол падения пласта (α). Из точки 2 к линии 1'—2 восстанавливаем перпендикуляр 2—3, длина которого (в произвольном масштабе) равна превышению точки 2 над точкой 1. Из точки 3 опускаем перпендикуляр на линию 1'—1". Отрезок 3—4 будет равен истинной мощности пласта (в том же масштабе, в котором было отложено превышение).

ПЕРЕНОС ДАННЫХ ДЕШИФРИРОВАНИЯ НА ТОПОГРАФИЧЕСКУЮ КАРТУ

Данные дешифрирования с аэрофотоснимков переносят на топографическую основу. При этом должны учитываться искажения изображения на аэроснимках, возникающие как за счет рельефа, так и за счет наклона оси аэрофотоаппарата во время съемки. Следует учитывать, что масштабы аэрофотоснимков и топографических карт, как правило, различны.

Уровнять масштабы снимка и топокарты и устранить влияние наклона оси аэрофотоаппарата позволяет универсальный топографический проектор УТП-2 (рис. 87). Он предназначен для переноса контуров, полученных в результате дешифрирования, со снимков на топографическую основу, а также может быть использован для пантографирования картографических материалов на просвет и отражение.

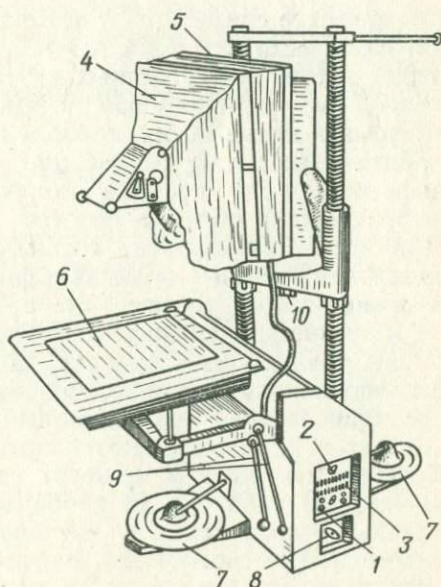


Рис. 87. Универсальный топографический проектор УТП-2:

1—гнездо для подключения электрокабеля; 2—тумблер для включения прибора; 3—кнопки для включения люминесцентных ламп в осветителе; 4—осветитель; 5—металлический планшет, на котором с помощью магнитов крепятся аэрофотоснимки; 6—рабочий стол для топокарты; 7—ножные штурвалы для изменения масштаба изображения (левый—для работы на увеличение, правый—на уменьшение); 8—переключатель ножных штурвалов; 9—выносные винты трансформирующего устройства (изображение трансформируется за счет наклона рабочего столика в поперечном и продольном направлениях); 10—винт наводки на резкость.

Задание 10. Перенос отдешифрованных контуров с аэрофотоснимка на карту.

До начала работы на приборе необходимо подготовить материалы: наколоть опорные точки (опознаки)—1 в центре снимка и 4 на его краях, нанести эти точки на топооснову. Карту (топооснову) на рабочем столе прибора располагают так, чтобы проектируемое изображение центральной опорной точки снимка совпало с соответствующей точкой на карте, а изображение четырех других опорных точек находилось на направлениях, проведенных из центральной опорной точки. Трансформированием добиваются такого положения, когда изображения четырех периферических точек снимка и карты не совпадают не более чем на 0,5 мм.

Задание 11. Геологическое дешифрирование аэрофотоснимка.

Необходимо выполнить следующее:

1) составить схему геологического дешифрирования аэрофотоснимка;

2) выбрать и нанести на снимок и карту по пять идентичных опознаков;

3) перенести с отдешифрованного аэрофотоснимка все геологические контуры на топографическую основу, используя УТП-2;

4) проиндексировать и раскрасить на карте выделенные контуры в соответствии с принятыми для геологических карт условными обозначениями.

ДЕШИФРИРОВАНИЕ КОСМИЧЕСКИХ СНИМКОВ

Космические снимки (КС) получают с помощью межпланетных автоматических станций («Зонд», «Маринер», «Вояджер», «Венера» и др.), искусственных спутников Земли («Космос», «Метеор», «Метеор-Природа», «Ландсат», «Нимбус» и др.), пилотируемых космических кораблей («Союз») и долговременных орбитальных станций («Салют», «Мир»). Основной объем информации из космоса получают в видимой и ближней инфракрасной области спектра электромагнитных колебаний. При этом применяются космофото-, телевизионная и многозональная съемки с помощью фотографических, телевизионных и сканирующих систем (см. табл. 8).

Космические снимки отличаются высокой обзорностью и генерализацией изображения. Возможности их геологического дешифрирования зависят от масштаба снимков и главное пространственной разрешающей способности, под которой понимают размеры минимального объекта, различимого на КС. Космические снимки принято ранжировать по уровням генерализации (табл. 10) на глобальные, континентальные, региональные, локальные и детальные. Обзорность КС и их разрешающая способность определяют круг тех задач, которые целесообразно решать с их помощью.

Космические снимки детального уровня генерализации по своей информативности близки к высотным мелкомасштабным аэрофотоснимкам. На КС локального уровня генерализации выявляются литолого-петрографические разности горных пород, генетические типы рыхлых отложений, разрывные нарушения и небольшие по размерам кольцевые структуры. Снимки локального уровня генерализации позволяют существенно уточнить геологическую структуру регионов и представляют основной материал для космофотогеологического картирования в масштабах 1:500 000 и 1:1 000 000, а также для составления специализированных тематических карт геологического содержания. Космические снимки регионального уровня генерализации используются для составления обзорных космогенетических и космогеологических карт и структурно-минерагенетического районирования. На КС континентального уровня генерализации хорошо видны трансконтинентальные линейменты, блоки земной коры, крупные разломы и кольцевые структуры. Для снимков глобального уровня генерализации характерно проявление линейментов протяженностью в сотни и тысячи километров и кольцевых структур диаметром в сотни километров.

На КС различного уровня генерализации дешифрируются объекты в основном трех типов: линейные (линейменты), кольцевые и полигональные (и сложных очертаний в плане). Последние два в отличие от первого являются площадными объектами.

Линейменты (lineamentum — линия, черта) представляют собой темные или светлые полосы — фотоаномалии, а также границы участков с различными фототонам и рисунком фотоизображения. Обычно изображение одного и того же линеймента на КС разных уровней генерализации воспринимается по-разному. Линейменты на КС могут быть четко проявлены или иметь неясные расплывчатые контуры. Они так

Таблица 10. Уровни генерализации космических снимков (по Б. Н. Брюханову и др.)

Уровень генерализации		Пространственное разрешение снимков	Масштабный ряд
Глобальный		1 км и мельче Сотни метров Многие десятки метров Первые десятки метров	1:15 000 000
Континентальный			1:5 000 000—1:2 500 000
Региональный			1:1 000 000—1:500 000
Локальный			1:200 000—1:100 000
Детальный	Мелкомасштабный	Не более десяти метров	Крупнее 1:100 000
	Среднемасштабный		
	Крупномасштабный		

или иначе прослеживаются непосредственно в рельефе, а также за счет некоторых особенностей ландшафта (почвенно-растительного слоя, распределения грунтовых и подземных вод и пр.).

Выявление геологической природы линеаментов осуществляется в процессе интерпретации. Лишь часть линеаментов, выявляемых на КС, соответствует разломам разных рангов установленным традиционными геологическими методами. Значительная группа линеаментов, не выраженная разломами на поверхности земной коры, имеет связь с погребенными под рыхлыми отложениями глубинными разломами или зонами трещиноватости. Возможно, что в виде линеаментов на КС иногда проявляются аномалии физических полей (тепловых, магнитных, гравиметрических), вызванные не только разрывными нарушениями, но и линейными телами иной природы.

Линеаменты и линеаментные зоны по протяженности* подразделяются на глобальные, трансконтинентальные (трансорогенные), региональные и локальные. Глобальные линеаментные зоны и системы, представляющие гигантские глубинные неоднородности Земли, имеют протяженность десятки тысяч километров при ширине более тысячи километров. Трансконтинентальные линеаменты и зоны, наиболее хорошо дешифрирующиеся на КС континентального уровня генерализации, разделяют разновозрастные складчатые системы и платформы или пересекают их, т. е. принадлежат территориям с различной историей геологического развития. Региональные и локальные линеаменты имеют меньшую протяженность и могут отражать планетарную трещиноватость, а также являться результатом релаксации местных, характерных для данного региона напряжений.

При дешифрировании отмечается следующая тенденция: чем выше уровень генерализации на КС, тем более глубинные структуры на них наблюдаются. Это объясняется тем, что деформации глубокого заложения проявляются на поверхности в рассеянном виде, и поэтому требуется большая обзорность и соответствующее разрешение для обнаружения этой деформации.

Линеаменты подразделяют на граничные и секущие. Граничные линеаменты являются границами различного фототона или рисунка фотоизображения. Обычно они имеют сложные очертания и состоят из отдельных прямолинейных или дугообразных фрагментов. Прямолинейные фрагменты линеаментов на КС отвечают разломам сбросо-взбросового и сдвигового типов со значительными амплитудами вертикальных перемещений, а дуговые и фестончатые линеаменты соответствуют надвигам.

* Протяженность линеаментных зон тектонической природы характеризует глубину их заложения.

Секущие линеаменты выявляются в виде полосовых и линейных аномалий, пересекающих однородные поля и имеющих примерно одинаковую плотность на всей территории и регулярность простирааний, согласующихся с системой планетарных трещин.

Кольцевые структуры (или изометричные, очаговые структуры центрального типа), наблюдаемые на КС, представляют собой морфологически округлые элементы ландшафта, обладающие центром симметрии. На снимках эти структуры дешифрируются за счет аномалий фототона или рисунка фотоизображения, или систем концентрических и дугообразных элементов. Нередко они имеют незамкнутые контуры, радиально-концентрическое строение, телескопированы.

По размерам кольцевые структуры подразделяются на микроструктуры (с диаметром в несколько десятков километров), мезоструктуры (с диаметром от нескольких десятков километров до 100—200 км), макроструктуры (с поперечником в сотни километров) и мегаструктуры (с поперечником в сотни—первые тысячи километров).

По генезису среди кольцевых структур выделяют экзогенные, эндогенные, космогенные и полигенные образования.

Экзогенные кольцевые структуры созданы физико-геологическими процессами, протекающими на поверхности Земли (карстовые, ледниковые, термокарстовые и пр.), и имеют обычно небольшие размеры.

Кольцевые структуры эндогенного генезиса обладают различными размерами и возрастом заложения. Они подразделяются на метаморфогенные, магматогенные и тектоногенные.

Метаморфогенные кольцевые структуры характерны главным образом для древних платформ, где преимущественно развиты гнейсовые складчатые овалы, гранитогнейсовые и мигматитовые купола. Гнейсовые овалы имеют большие (сотни километров) размеры и представляют собой выступы сформировавшейся в архее гранитно-метаморфической оболочки или фрагменты древних платформ. Гранитогнейсовые и мигматитовые купола образованы процессами гранитизации и магматического диапиризма в тектоно-магматические эпохи.

Магматогенные кольцевые структуры, связанные с коровым и подкоровым магматизмом, широко развиты как в складчатых областях, так и на платформах. Размеры их различны, но, как правило, не более 200—300 км. Они представлены штоками, коническими интрузиями, субвулканическими телами, вулканоплутонами, диатремами, кальдерами вулканов, стратовулканами, некками, шлаковыми конусами, вулканическими и вулкано-тектоническими депрессиями, крупными плутонами, корневыми зонами трапшových силлов и пр.

Тектоногенные кольцевые структуры сформированы преимущественно вертикальными тектоническими движениями. По

морфологии они могут быть положительными (купола, брахиантиклинальные складки, своды) и отрицательными (мульды, депрессии).

Космогенные кольцевые структуры (импактные) имеют ударно-метеоритную природу. Характерными морфологическими особенностями молодых импактных структур являются центральная горка и периферический вал вокруг воронки. Происхождение отдельных кольцевых структур, ранее относимых к импактным, объясняется сейчас некоторыми исследователями взрывным подземным механизмом летучих и флюидизированного материала. Относят подобные структуры к криптогенным, взрывным.

Кольцевые структуры сложного генезиса, имеющие размеры многие сотни—первые тысячи километров, представляют собой овоидно-кольцевые концентрические системы—нуклеары. Принято считать, что нуклеары возникли на лунной стадии, в катархее, как будущие ядра первичной сиалической коры.

Полигональные (и сложных очертаний) площадные объекты—это различного рода тектонические блоки, вещественно-структурные комплексы и литолого-петрографические разности горных пород, а также генетические типы рыхлых отложений, которые выделяются на материалах космических съемок по особенностям изображения (фототону, рисунку).

На территориях платформ полигональные площадные объекты, дешифрирующиеся на КС континентального уровня генерализации, отвечают поднятым или опущенным блокам фундамента, активизированным новейшими тектоническими движениями, антеклизам, синеклизам, прогибам, впадинам, а в орогенических областях—горстам, горст-антиклиналям, грабен-синклиналям и разного рода впадинам. На снимках регионального уровня генерализации геологические тела, обладающие относительно выдержанным составом и однотипным характером дислоцированности пород (вещественно-структурные комплексы), представляют самостоятельные площадные объекты дешифрирования. На КС локального уровня генерализации в качестве полигональных площадных объектов могут выступать литолого-петрографические разности пород и генетические типы рыхлых отложений, детальность расчленения которых на материалах космических снимков зависит от природно-климатических и геолого-структурных условий района.

Задание 12. Дешифрирование телевизионного космического снимка низкого разрешения континентального уровня генерализации с ИСЗ «Метеор».

Необходимо выполнить следующее:

1) провести географическую привязку КС, сравнивая его с общегеографическими картами Атласа Мира. Границы снимка

нанести на контурную карту. Опознать компоненты ландшафта (горные хребты, моря, озера, реки и пр.);

2) оконтурить (исключить из работы) помехи — участки облачности, края снимка, где наблюдаются значительные искажения; технические помехи;

3) провести геологическое дешифрирование КС, выделить площадные полигональные, затем линейные и кольцевые объекты.

Для этого следует проанализировать сетку линеаментов, выявить главные направления, подразделить линеаменты по протяженности и характеру выраженности на КС. Кольцевые объекты систематизируют по размерам, степени дешифрируемости, морфологическим особенностям;

4) определить геологическую природу выявленных объектов путем сопоставления результатов дешифрирования с регио-

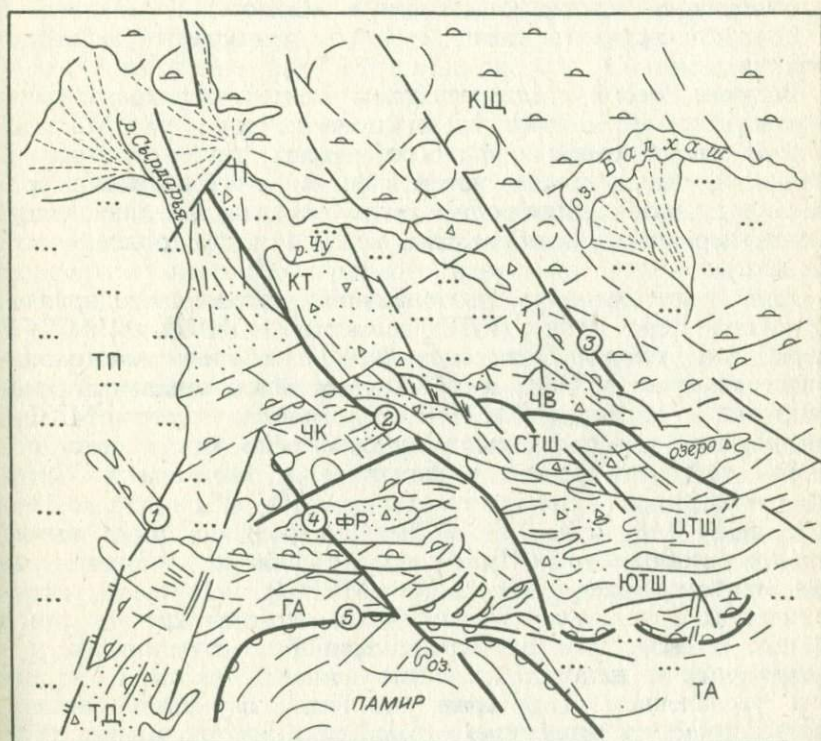


Рис. 88. Пример геолого-структурного дешифрирования космического снимка континентального уровня генерализации с ИСЗ «Метеор» Тянь-Шаня, Памира и прилегающих территорий.

Геоструктурные области: ТП — Туранская плита, КЩ — Казахский шит, ТА — Таримская плита. Структурные элементы: системы поднятий — Каратауская (КТ), Чаткала-Кураминская (ЧК), Северо-Тяньшанская (СТШ), Центральнo-Тяньшанская (ЦТШ), Южно-Тяньшанская (ЮТШ), Гиссаро-Алтайская (ГА); системы впадин — Чуйская (ЧВ), Ферганская (ФВ), Таджикская (ТД). Зоны глубоких разломов (цифры в кругах): 1 — Западно-Тяньшанский шов, 2 — Каратау-Ферганская зона сдвигов, 3 — Джалаир-Наймакская зона сдвигов, 4 — Кумбель-Кокалдаская, 5 — северная надвиговая граница Памира

нальными тектоническими и геологическими картами.

Работу оформить в виде схемы тектонического дешифрирования (рис. 88).

Задание 13. Дешифрирование КС регионального уровня генерализации, полученного с долговременной орбитальной станции «Салют».

Необходимо выполнить следующее:

1) провести дешифрирование снимка в той же последовательности, как и в предыдущем задании;

2) интерпретировать результаты дешифрирования с помощью геоморфологических, геологических, тектонических и других карт региона. Сравнить составленную схему с космофотогеологической картой СССР, показав особым знаком объекты, совпавшие с таковыми на космофотогеологической карте.

Задание 14. Дешифрирование космического снимка высокого разрешения с космического корабля «Союз».

Следует составить схему геолого-структурного дешифрирования.

Ведущее место среди различных видов аэрокосмических съемок занимает многозональная съемка, которая проводится как с помощью фотографических, так и электронно-оптических сканирующих систем в видимом и ближнем инфракрасном диапазоне длин волн в узких спектральных диапазонах. Запись первичного изображения ведется на фото пленку или магнитную ленту.

Для выполнения многозональной съемки предприятием «Карл Цейс Йена» (ГДР) совместно с ИКИ АН СССР разработан комплекс высокоточных приборов: многозональные камеры (МКФ-6 и МКФ-4) и многоканальный синтезирующий проектор (МСП-4). С помощью камеры МКФ-6 для каждого участка съемки одновременно могут быть получены шесть черно-белых негативов в видимом и ближнем инфракрасном диапазоне (0,45—0,50; 0,52—0,56; 0,58—0,63; 0,64—0,68; 0,7—0,74; 0,78—0,86 мкм), а также интегральное изображение. Путем совмещения на многоканальном синтезирующем проекторе (МСП-4) нескольких ахроматических зональных изображений с окрашиванием каждого из них в свой цвет на экране прибора получают цветное изображение в натуральных или условных цветах с 5-кратным увеличением. Подбирая различные варианты синтеза, можно добиться наилучшего выделения интересующих объектов.

Задание 15. Визуальное дешифрирование многозональных снимков.

Для его выполнения следует:

1) просмотреть все снимки, полученные в узких спектральных диапазонах, и выявить наиболее информативный для геологического дешифрирования;

2) отдешифровать выбранный снимок; выделить линейные, кольцевые, полигональные объекты;

3) последовательно отдешифровать снимки всех оставшихся спектральных диапазонов.

4) составить схему геологического дешифрования, указав особым знаком объекты, выделенные по изображениям в различных зонах спектра.

Задание 16. Знакомство с работой на МСП-4.

Необходимо придерживаться следующей последовательности:

- 1) изучить инструкцию по эксплуатации прибора;
- 2) просмотреть негативные изображения на МСП-4;
- 3) подобрать различные варианты синтеза.

ДЕШИФРИРОВАНИЕ НЕФОТОГРАФИЧЕСКИХ ИЗОБРАЖЕНИЙ

В практике геологических исследований находят применение не только фотографические методы, использующие видимый и ближний инфракрасный диапазоны спектра. Современное состояние радиоэлектроники позволило создать аппаратуру, которая фиксирует собственное и отраженное земной поверхностью излучение и в других спектральных интервалах.

Инфракрасная съемка фиксирует тепловое излучение поверхности Земли, определяемое как собственной температурой геологических тел, так и отраженным солнечным излучением. Величина суммарного теплового излучения зависит от теплоемкости и теплопроводности геологических тел, от их излучательной способности, от географических и, в меньшей степени, метеорологических условий. Специальная аппаратура преобразовывает тепловые контрасты в тоновые и регистрирует их в виде вторичного фотографического изображения.

Съемка ведется в нескольких спектральных интервалах, приуроченных к «окнам прозрачности» атмосферы. Ближние из них (по отношению к видимому свету) удобны для ночной съемки, когда влияние тепловых помех, связанных с солнечным нагреванием, сведено до минимума. Эти снимки позволяют выявить наиболее мелкие элементы в структуре изображения. В дальних диапазонах располагается максимум собственного теплового излучения большинства геологических объектов. По изображениям, полученным в этих диапазонах, устанавливают закономерности регионального характера.

Разрешающая способность инфракрасных изображений не превышает 0,001 от высоты полета аппарата, что при аэросъемках позволяет выделять объекты размерами в десятки метров, а при космических — в сотни метров.

Стереоскопическое изображение получают при использовании снимков параллельных смежных маршрутов.

Материалы инфракрасной съемки используются при геологическом картировании для установления границ распростра-

нения различных горных пород. Например, на инфракрасных снимках песчаники и конгломераты выглядят светлее глинистых и кремнистых пород за счет их различной теплоемкости. Разрывные нарушения, особенно обводненные, отчетливо читаются по снимкам в виде темных полос, что объясняется испарением воды и охлаждением пород в зоне разрывов.

Инфракрасные снимки широко применяются для изучения вулканически активных районов (теплые участки выглядят светлыми, холодные — темными), для гидрогеологических целей, исследования карстовых областей, поисков полезных ископаемых — газа, нефти, сульфидных руд, т. е. таких, которые создают геотермические аномалии.

Особенностями инфракрасных снимков по сравнению с обычными аэрофотоснимками являются: большая независимость от времени суток и времени года, от облачности и атмосферной дымки; низкое разрешение и контурный характер изображения.

Основные недостатки: малая стереоскопичность и малая точность привязки отдешифрованных объектов.

Одним из главных дешифровочных признаков является тон изображения. Принято считать, что разновозрастные и близкие по литологическому составу геологические тела обладают близкими тепловыми свойствами и, следовательно, тон и рисунок их изображения однотипны. Однако характеристики рельефа и увлажненность поверхности вносят существенные коррективы в интерпретацию результатов дешифрирования инфракрасных изображений.

Радиолокационная съемка основана на способности геолого-геоморфологических объектов по-разному отражать узконаправленные радиоимпульсы сантиметрового диапазона. С помощью специальной аппаратуры получается фотографическое изображение, яркость которого пропорциональна интенсивности отраженного радиосигнала.

Для геологических целей применяют радиолокационные системы бокового обзора. Осуществляется съемка двух широких полос (с левого и правого бортов), параллельных линии полета носителя. Полоса местности под носителем из-за плохого качества изображения является нерабочей зоной. Разрешающая способность радиолокационных снимков составляет 100—200 м. Максимальное разрешение соответствует нескольким метрам на местности.

Мелкомасштабность радиолокационных изображений и их относительно высокая генерализация определяют целесообразность использования этих снимков для структурного дешифрирования. По снимкам удастся провести достаточно дробное расчленение разреза, выделить складчатые и разрывные структуры, основные интрузивные тела. Иногда по радиолокационному изображению идентифицируют состав пород. Так, выходы песков имеют темно-серый тон и монотонный зернистый

рисунок изображения. Карбонатные породы за счет слоистости обладают своеобразным полосчатым рисунком. В целом, характер отраженного радиосигнала во многом зависит от рельефа местности (от угла наклона и ориентировки отражающих элементов рельефа), что позволяет успешно проводить геоморфологическое дешифрирование и выявлять геологические тела, выраженные в строении ландшафтов (неотектонические депрессии, крупные гранитогнейсовые купола и т. д.). Проникающая способность радиоимпульсов и очень четкое изображение рельефа даже при небольших превышениях используются для выявления структуры и состава горных пород под снегом, льдом, растительным покровом, маломощным чехлом рыхлых четвертичных отложений, для обнаружения неглубоко залегающих грунтовых вод.

В отличие от аэрофотосъемок, радиолокационные съемки можно проводить в любых метеоусловиях (за исключением грозы), в любое время суток и года. Снимки получают в условиях косоугольного визирования. При этом возникают длинные тени, делающие радиоизображения похожими на аэрофотоснимки, снятые при низком стоянии Солнца. Тень обуславливает наличие «мертвых» зон, особенно широких в горных районах. В то же время, например, дайки, образующие невысокие грядки на местности, за счет теней дешифрируются более отчетливо. Радиолокационные снимки имеют низкое разрешение, высокий контраст и характеризуются искажением контуров. Влажность пород оказывает большое влияние на тон изображения (с увеличением влажности тон становится светлее). Масштаб снимков не связан прямо пропорционально с высотой полета носителя, поэтому проводить измерительное дешифрирование, как по аэрофотоматериалам, нельзя.

Недостатками являются малая стереоскопичность изображения и тени, множественный характер зависимостей между свойствами пород и их тоном на снимках.

Основными дешифровочными признаками служат рисунок и тон изображения.

Задание 17. Дешифрирование нефотографических изображений.

Работа выполняется на прозрачной пленке, наложенной на один из снимков стереопары или на одиночный снимок. В последнем случае применяется дешифровочная лупа.

Для выполнения задания необходимо выполнить следующее:

1) используя весь комплекс дешифровочных признаков, наметить и зафиксировать геологические границы и маркирующие горизонты по всей рабочей площади снимка, отразив в условных знаках степень их достоверности (маркирующие горизонты лучше вычертить разными цветами);

2) отдешифрировать все разрывные нарушения, обратив особое внимание на наличие или отсутствие смещений по линиям разрывных нарушений геологических границ и маркирующих горизонтов; с помощью условных знаков отразить

степень достоверности дешифрирования;

3) с помощью дополнительных условных обозначений отразить нетрадиционную информацию («теплые» и «холодные» участки на инфракрасных снимках — точечным крапом; структурные линии на радиолокационных снимках — цветными линиями и т. д.);

4) по возможности сравнить полученную схему дешифрирования со схемой дешифрирования аэрофотоматериалов.

В заключение раздела приведем перечень приборов, необходимых для выполнения указанных выше заданий по дистанционным методам.

1. Комплекты аэрофотоснимков, космических снимков, в том числе многозональных, радиолокационных и инфракрасных снимков.

2. Стереоскопы зеркально-линзовые.

3. Параллаксометры.

4. Палетки дешифровщика.

5. Стереометр Дробышева (СТД-2).

6. Геологический стереометр (ГС-2,4).

7. Дешифровочный стереоскоп (ДС-4).

8. Интерпретоскоп.

9. Универсальный топографический проектор (УТП-2).

10. Радиал-пантограф.

11. Многоканальный синтезирующий проектор (МСП-4).

12. Лупы — 2.

ПОСТРОЕНИЕ БЛОК-ДИАГРАММ

Широкое развитие в последние годы государственной полистной и глубинной, объемной геологической съемки, с целью выявления месторождений на все больших глубинах и слепых месторождений полезных ископаемых, было связано с необходимостью отображать не только поверхностное строение участков и районов земной коры в двух плоскостях (в виде геологической карты, геологических разрезов и глубинных горизонтальных срезов), но и давать объемное, т. е. в трех измерениях, представление об объекте изучения. Такое изображение геологического строения на поверхности и глубине дается в виде условно вырезанного блока земной коры, который содержит информацию о поверхностном и глубинном геологическом строении, полученную в результате поверхностной геологической съемки, бурения, геофизических и геохимических исследований.

Студенты, изучающие структурную геологию и геологическое картирование, уже имеют подготовку по начертательной геометрии и знают основные типы проекций и даже способы

Перспектива

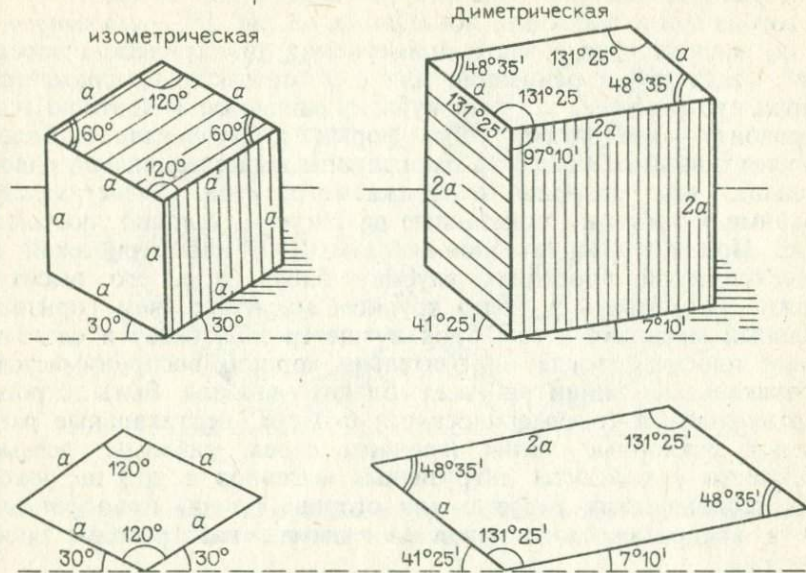


Рис. 89. Различные виды объемных проекций

составления простых блок-диаграмм. Напомним, что существуют следующие типы проектирования объемных предметов двумя основными способами: 1) путем построения центральных проекций в сходящихся лучах (линейные и конические проекции) и 2) построение проекций в параллельных лучах (ортогональная, прямоугольная и косоугольная — аксонометрическая). Метод параллельных проекций широко применяется в механико-строительном деле и при моделировании месторождений полезных ископаемых, когда изображение формы предмета используется для измерения его деталей. При коническом (перспективном) проектировании предмет на плоскости изображается в таком виде, как он представляется наблюдателю с той или иной стороны. Этот способ составления блок-диаграмм более предпочтителен в геологии, особенно в геотектонике и структурной геологии, так как создает «осязаемое» представление о наблюдаемом предмете в перспективе. Но в данном случае измерение величин отрезков на горизонтальной и вертикальной плоскостях будет затруднено, поскольку расположенные вблизи от наблюдателя и вдаль вертикальные и горизонтальные линии одинаковой величины будут изображаться неравными. По мере удаления от наблюдателя к горизонту они уменьшаются до точки на горизонте. Для этого на перспективных блок-диаграммах строятся перспективные масштабы, по которым определяются величины сокращения линий.

Наиболее распространенные в геологической практике из ортогональных проекций, показанных на рис. 89,—*изометрическая*, равновеликая и часто применяемая диметрическая проекции, когда куб в основании или с поверхности изображается параллелограммом, а грани куба, обращенные к зрителю и к горизонту,—квадратами. Эта форма куба выглядит более перспективной от того, что две стороны параллелепипеда вдвое больше, чем стороны изображаемого куба. Углы между гранями и ребрами, показанные на рисунке, условно постоянные. При построении блок-диаграммы в изометрической и диметрической проекциях глубину блока, т. е. его высоту, можно показывать в более крупном масштабе, чем горизонтальный масштаб, а сам блок лучше срезать снизу и сделать более плоским, тогда он зрительно хорошо воспринимается. Вертикальные линии на всех блоках должны быть строго вертикальными (осевые плоскости складок, вертикальные разломы); наклонные линии (границы слоев, разломы, осевые плоскости и контакты интрузивных массивов и др.) на боковых геологических разрезах (на стороне блока) приобретают не в квадратах, а в параллелограммах или ромбах иной наклон.

Перспективные блок-диаграммы показывают строение блоков, мысленно вырезанных из земной коры, в районах проведения геологической, особенно глубинной и объемной, съемки, с хорошо выясненным геологическим строением на глубину, заданную планом работ. Перспективный вид блока с поверхности охватывает перспективную геологическую карту или карту тектоники района, на боковых гранях блока геологические разрезы строятся по соответствующим линиям на поверхностной карте, а на глубине — по горизонтальным срезам и межэтапным поверхностям. В геологической практике применяется построение блок-диаграмм в *одноточечной* и *двухточечной* перспективах. Блоки, показанные в *одноточечной перспективе*, так называемые фронтальные блоки, располагаются одной своей гранью параллельно плоскости проекции (в анфас), изображаются удаляющимися от наблюдателя в направлении линии горизонта и в точку схождения. Они могут располагаться по отношению к положению наблюдателя и слева, и справа или находиться на одной линии, т. е. могут совпадать с точкой схождения (т. с.). Такое построение блока зависит от того, какие две смежные стороны (грани) блока автор желает показать как геологические разрезы, т. е. фронтальную и левую или фронтальную и правую (рис. 90, а). При создании блок-диаграммы в *двухточечной перспективе*, его располагают одним из углов (ребер) к наблюдателю, следовательно, на блоке обозреваемыми будут две стороны (грани) с изображением геологического строения по данным двух геологических разрезов, построенных по геологической или тектонической карте. На линии горизонта в таком случае будут располагаться две точки схождения,

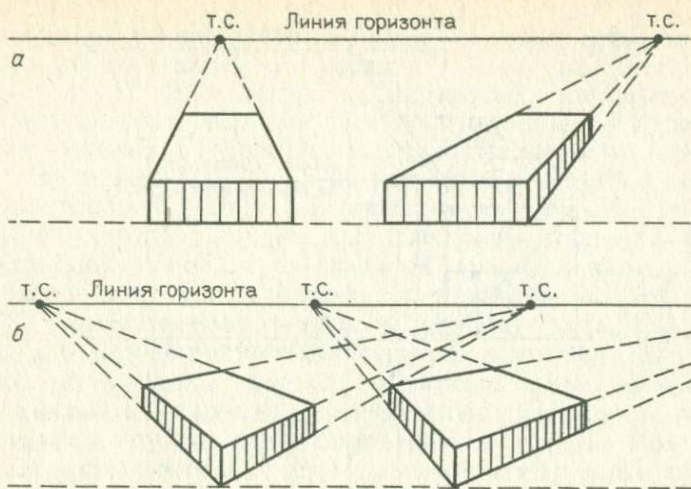


Рис. 90. Перспективное изображение в односточечной (с одной точкой схождения) и двухточечной (с двумя точками схождения) проекциях

обычно между ними будет лежать точка центрального луча зрения (рис. 90, б). Во всех блок-диаграммах горизонт должен располагаться на высоте точки зрения.

Построение блок-диаграмм в односточечной перспективе (фронтальных). Графическое построение блок-диаграммы начинается с выбора положения точки зрения (наблюдения) над геологической картой, т. е. высоты точки зрения. Следовательно, и положение ее будет на этом же уровне от поверхности карты на горизонте. Поскольку удаляющиеся от наблюдателя боковые грани блока сходятся в одной точке на горизонте, необходимо выбрать такое расположение точки схождения, чтобы хорошо был показан геологический разрез на левом или правом боку блока (по необходимости — рис. 90, а). В случае большой сложности геологического строения отображающего участка или района, когда на боковых гранях блока по геологическому разрезу будет значительная загрузка перспективного изображения, целесообразно составлять вторую блок-диаграмму с показом боковой стороны в фронтальном изображении; тогда на стороне блока, обращенной к наблюдателю, будут показаны складчатые структуры и формы различных геологических тел без их искажения (если вертикальный масштаб на блоке равен горизонтальному).

Выбрав необходимый участок геологической карты для построения блока в односточечной перспективе, можем приступить к проектированию карты в перспективу. Для этого на листе бумаги проведем горизонтальную линию *МН* (рис. 91), которая будет являться линией основания картинной плоскости. Прикладываем проектируемую карту (или ее участок) задней (в

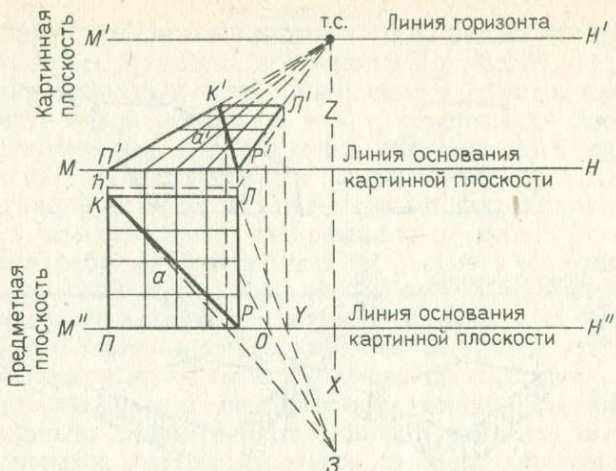


Рис. 91. Построение блок-диаграммы с одной точкой схождения

данном случае северной) стороной рамки к линии MN и выбираем положение точки зрения, т. е. положение горизонта и на нем точки схождения. Если необходимо показать обозреваемыми передний и правый бока блока, то точка зрения будет располагаться справа и перед проектируемой поверхностью. Если желательно отобразить геологическое строение на переднем и левом боках блока, то точка зрения ($З$) должна быть перенесена влево от карты. Высота этой точки над предметной плоскостью соответствует положению линии горизонта. Выделяются несколько расстояний точек зрения: 1) от картинной плоскости (в данном случае оно равно X); 2) вправо от переднего угла проектируемой карты (Y); 3) высота точки зрения над предметной плоскостью равна (Z). Следовательно, положение глаза по отношению к правому переднему углу карты определяется координатами X, Y, Z . Практически найти положение точки зрения для лучшей наглядности блока можно, определив X, Y, Z , путем осмотра поверхности карты одним глазом с различных расстояний от нее и с разной высоты. Выбрав наилучшее положение глаза для обозрения этой поверхности и боковых сторон, измеряем относительные величины X, Y и Z (например, 3, 4, 6 единиц) и затем следующим образом строим блок-диаграмму.

Наносим на лист бумаги линию горизонта, параллельную линии основания. Расстояние между ними определяется величиной Z . Затем ставим точку зрения и, проведя через нее вертикальную прямую до линии горизонта, получаем в месте их пересечения точку схода (т. с.). Затем проектируем на картинную плоскость $MNM'H'$ боковые стороны рамки карты. Для этого соединяем точки P' и P' двух углов карты с точкой схода.

Для отсечения удаленной от нас стороны рамки проектируемой площади карты необходимо соединить точку зрения с обозреваемым углом KLP карты. Полученный зрительный луч пересекает линию основания плоскости проекции в точке O —, проведя из точки O — прямую линию, параллельную центральному лучу зрения (Z — $m. c.$), до пересечения с правой перспективной стороной карты, получим точку L' . Из точки L' проводим прямую линию, параллельную линии $P'P'$, до перспективной левой, т. е. западной границы карты, таким образом мы получаем перспективное положение дальней стороны $K'L'$ проектируемой карты. Карта (a), имеющая форму квадрата, в перспективном изображении принимает вид неправильного четырехугольника (a'). Нанесение топографической и геологической ситуации на перспективную поверхность обычно производится путем перерисовывания от руки. Для этого строится вспомогательная сеть квадратов как на карте, так и на перспективном изображении. Сеть квадратов строится в перспективе аналогичным способом, путем проведения лучей зрения из точки Z и перенесения точек пересечения на перспективные линии — как это было сделано при проведении дальней стороны рамки карты. Простым способом деления перспективной поверхности на квадраты считается способ диагонали. Построение сетки квадратов заключается в следующем. После проведения удаленной от нас стороны рамки площади прочерчивают на карте диагональ PK (см. рис. 91), которую переносят на перспективное изображение a' , как диагональ $P'K'$ квадрата и в тех случаях, где эта диагональ пересекает на перспективной карте линии вертикальных рядов карты, проводят через эти точки прямые линии, параллельные передней стороне рамки карты. Расстояние между ними по мере удаления от наблюдателя должно постепенно уменьшаться.

Когда сетка квадратов построена на перспективном плане и перерисована вся топографическая и геологическая ситуация, необходимо подстроить боковые стенки, или грани блока. Для этого из фронтальных углов перспективного изображения карты опускаем вертикальные прямые, отвечающие желаемой высоте блока. Соединяем эти отрезки линией, параллельной линии основания проекции, и тем самым получаем переднюю грань блока. Боковая грань блока строится путем проведения линии основания блока из переднего правого угла в точку схождения и опускания вертикальной линии из точки L' . Когда очертания блока готовы, на его боковых гранях строят геологические разрезы.

Существует и другой способ построения блок-диаграмм в односточечной проекции с помощью радиусов-векторов. Он заключается в том, что построение дальней стороны рамки карты и параллельных ей линий производится радиусами-векторами, т. е. перпендикулярами, опущенными из переднего угла перспективной карты на линию, соединяющую передний угол

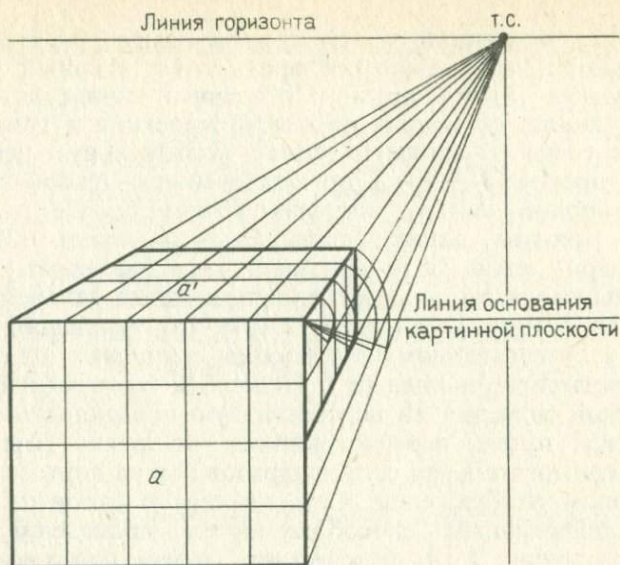


Рис. 92. Построение блок-диаграммы с одной точкой схождения

проектируемой карты с точкой схода. Если необходимо построить другую параллельную линию, то радиусом-вектором служит перпендикуляр, опущенный из того же угла на линию, соединяющую точку схода с соответствующей параллельной линией на карте (рис. 92).

Геологические границы, слои пород, магматические тела, разломы, элементы залегания слоев — все это и другие детали строения наносят путем визуального копирования с геологической или тектонической карты по квадратам на перспективную сетку с учетом перспективного изменения самих квадратов и расположения линейных элементов внутри их, поскольку квадраты на перспективной сетке выглядят ромбами или параллелограммами.

Достраивается блок-диаграмма показом на перспективном изображении геологической или тектонической карты фронтальной или боковых граней левой или правой стороны. Подстраиваются вертикальные перспективные плоскости блока по данным геологических разрезов соответствующего карте масштаба. На фронтальной грани разрез показывается без искажений, а на боковых, в перспективном изображении — путем перерисовывания с квадратов разреза геологической ситуации на искаженные формы квадратов (ромбы и параллелограммы) боковых граней блока. Следует помнить, что все вертикальные линии на разрезах должны быть вертикальными и в перспективе.

Построение блок-диаграмм в двухточечной перспективе, когда блок расположен одним своим углом к наблюдателю (рис. 90, б и 93) и имеет две точки схождения на горизонте, по

сути дела, осуществляется так же, как и при построении блока в односточной перспективе. При этом соблюдается следующий порядок:

1. Наносят горизонтальную линию $MН$ на листе бумаги, на котором строится блок-диаграмма. Ниже этой линии располагается геологическая карта (или калька с сеткой квадратов).

2. На предметной плоскости проводят линию основания картинной плоскости $M''H''$ — параллельную $MН$, которая касается нижнего угла карты в точке Γ . Из нее восставляют перпендикуляр к линии $MН$, отмечается точка Γ угла карты (сетки) в перспективе.

3. Выбирают положение точки зрения $З$ и центрального луча строения (с координатами X , Y и Z), проводят из нее перпендикуляр к линии горизонта $M'H'$ на расстоянии от $MН$ на величину высоты точки зрения Z , отмечая ее как $З'$. На рис. 102 центральный луч зрения $ЗЗ'$ касается правого угла карты и будущего блока.

4. Расположение двух точек схода на горизонте определяется вспомогательными линиями, проведенными из точки зрения $З$, параллельными правой (ΓB) и левой (ΓA) сторонам сетки карты, до пересечения с линией $M''H''$. Из точек пересечения с

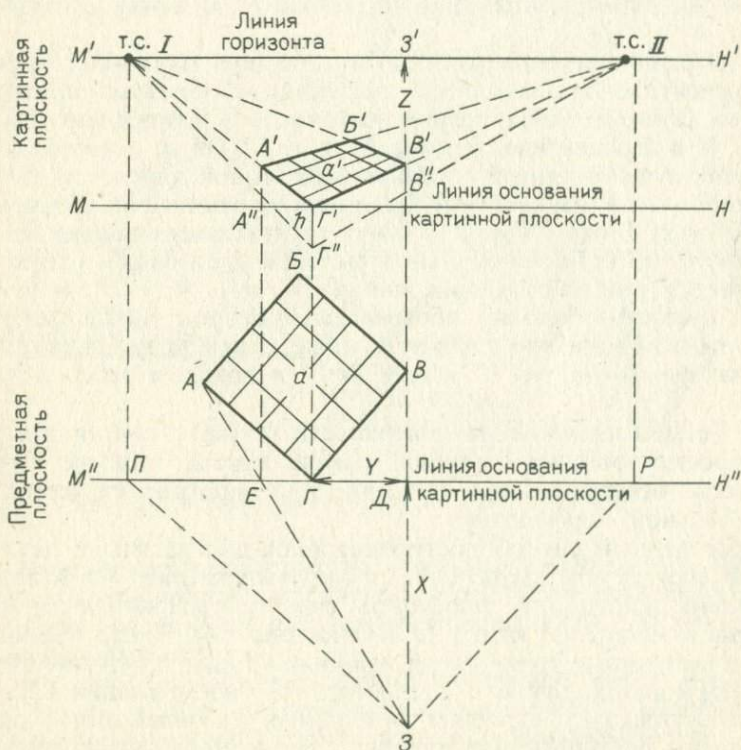


Рис. 93. Построение блок-диаграммы с двумя точками схождения

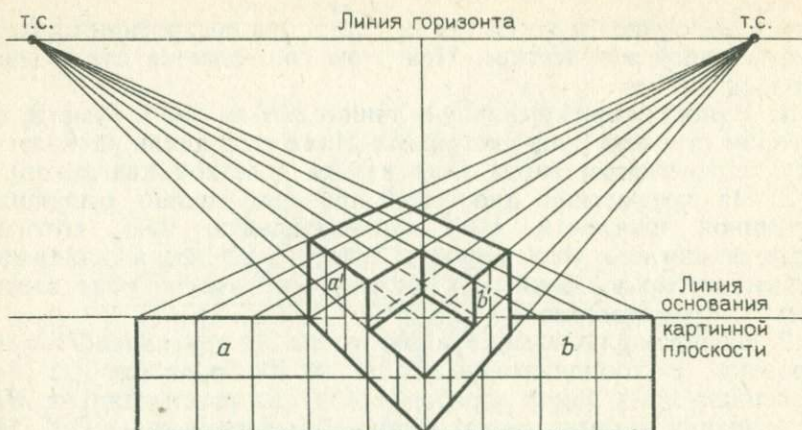


Рис. 94. Построение блок-диаграммы с двумя точками схождения

этой линией — Π и P восставляют перпендикуляры к линии горизонта $M'H'$ и наносят на ней точки схождения — левую ($m. c. I$) и правую ($t. c. II$).

5. Линии ограничения фронтальных сторон перспективной карты получают прямыми из точки Γ' в точку схождения $m. c. I$ и $t. c. II$.

6. Ограничение поверхности блока в двух тыльных сторонах в перспективе производится следующим образом: проводят прямые (лучи) из точки зрения до точек A и B сетки карты и до точки B' в перспективе, на луче $\Gamma' m. c. II$. Точки пересечения E и D этих лучей с линией основания картинной плоскости $M''H''$, перенесенные в перспективу на линии ограничения обозреваемых сторон блока (A' и B'), будут являться вершинами левого и правого углов блока. Дальний тыловой угол блока в точке B'' получается при пересечении линий $A' m. c. II$ и $B' m. c. I$.

7. Нанесение боковых обозреваемых сторон блока производится на необходимую глубину h , на переднем углу блока путем отсечки лучами $m. c. I \Gamma''$ и $m. c. II \Gamma''$ и показом ребер $A'A''$ и $B'B''$.

8. Сетка квадратов на поверхности блока строится так же, как проектировались стороны рамки карты, или же путем радиусов векторов, как описано при построении сетки в односточечной перспективе.

Упрощенный способ построения блок-диаграммы в двухточечной перспективе заключается в следующем (рис. 94). К линии основания картинной плоскости снизу подстраиваются два разреза в масштабе карты (a и b на рис. 94). Затем проводят лучи в выбранные точки схода, крайние из них, и ограничивают блок. При необходимости, для детального изображения элементов геологического строения на глубине, на блоке могут быть выполнены дополнительные срезы, как это показано на рис. 94, на котором удалена половина передней части блока.

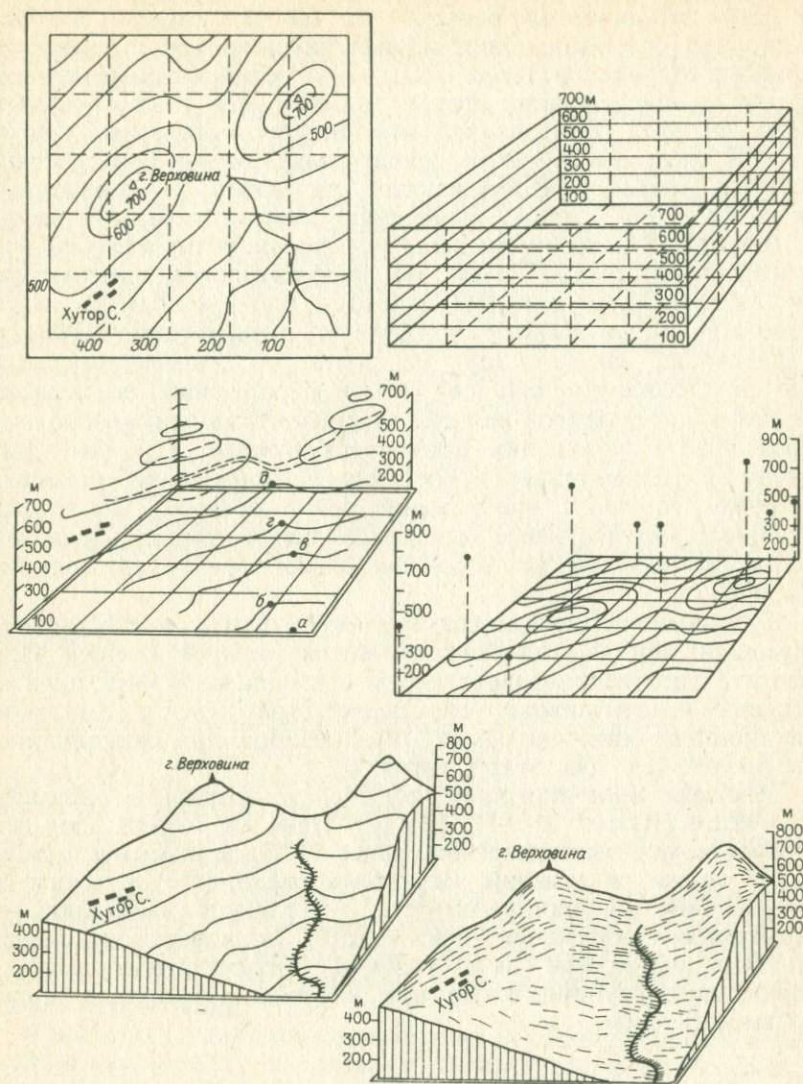


Рис. 95. Примеры изображения рельефа на блок-диаграмме

Перенесение геологических данных на верхнюю и боковые стенки блока производится путем визуального перерисовывания с сетки квадратов на перспективную сетку (ромбов или параллелограммов).

Размеры блока показываются в перспективных масштабах на вертикальных и горизонтальных гранях. Ориентировка обычно указывается рядом с блоком в перспективном изображении.

Для отображения рельефа на блоках также существует несколько способов. Один из них заключается в перенесении наивысших точек рельефа с карты на перспективный чертеж и затем прорисовывании форм рельефа «на глаз» — учитывая расположение горизонталей или штрихов на карте. Другой способ значительно более кропотливый, но и более точный. Формы рельефа изображаются на карте в горизонталях (рис. 95). Для этого выбранную часть карты переводят в перспективу, восстанавливая горизонтали по клеткам вспомогательной сетки. Затем по перспективному вертикальному масштабу, в котором строится блок-диаграмма, на соответствующую высоту поднимают горизонтали. Там, где горизонтали заходят друг на друга, их указывают пунктиром или совсем не наносят. Точки пересечения геологических контуров и элементов рельефа с горизонталями отмечаются на последних и через них проводятся нужные границы. Затем путем последовательного соединения горизонталей плавными линиями получают изображение форм рельефа. После этого удаляют все ненужные вспомогательные линии. Последовательность изображения блок-диаграммы с рельефом приведена на рис. 95.

Построение блок-диаграмм может быть осуществлено с помощью любой геологической карты учебных атласов. Предпочтительнее использовать карты с изображением складчатого строения и интрузивных тел. Следует стремиться к тому, чтобы на площади блок-диаграммы была изображена синклиналиальная структура или два этажа структур.

Размеры блок-диаграмм должны уложиться в параметры 10—12 см (10×10; 10×12; 12×12). Одна из сторон блок-диаграммы может быть разрезом, ранее составленным в соответствии с одним из заданий. Если блок располагается к югу или юго-востоку от линии разреза, то следует выполнить его зеркальное изображение (через стекло). На поверхности площади блок-диаграммы надо разбить сантиметровую сетку (в карандаше); глубина блока при плоском рельефе не должна превышать 2 см.

МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ К КУРСОВОЙ РАБОТЕ ПО СТРУКТУРНОЙ ГЕОЛОГИИ

В процессе выполнения курсовой работы студент обязан провести самостоятельный анализ геологической карты и на основании его дать описание геологического строения данного района, построить геологические разрезы, блок-диаграмму, тектоническую карту, структурно-формационную колонку и восстановить историю геологического развития района. В работе необходимо сделать также некоторые обобщающие выводы, выполнить чертежи, иллюстрирующие содержание текста.

Результаты анализа должны быть изложены в виде текста с приложением графики.

Курсовая работа подводит итоги изучения студентами важнейшей части курса структурной геологии, посвященной формам залегания горных пород и способам их изображения на геологических и тектонических картах и разрезах. Она способствует развитию у студентов умения свободного чтения геологических карт и использования собранного материала для разностороннего теоретического анализа. Основная цель курсовой работы — закрепить знания студентов по структурной геологии и развить приобретенные ими навыки анализа геологической карты и карты тектонической структуры.

Работа преследует также цель научить студента использовать данные геологической карты для целого ряда обобщений. Привлекая знания, полученные из курсов исторической и структурной геологии, студент должен восстановить геологическую историю района, изображенного на карте, и дать описание истории развития его тектонической структуры.

ОСНОВНЫЕ ЗАДАЧИ И МЕТОДЫ АНАЛИЗА ГЕОЛОГИЧЕСКОЙ КАРТЫ

В процессе анализа геологической карты студент должен:

1) изучить возрастную последовательность осадочных, метаморфических и магматических горных пород и установить формы их залегания; найти и классифицировать складчатые и разрывные тектонические нарушения, развитые в пределах изучаемой территории;

2) выявить поверхности несогласий — стратиграфических, тектонических и интрузивных; определить виды стратиграфических несогласий (параллельное, географическое, угловое) и проанализировать их значение для геологической истории данной территории;

3) выделить наиболее характерные формации горных пород и проанализировать их связь с тектонической структурой и геологической историей;

4) с учетом возраста, состава и мощностей выделяемых стратиграфических подразделений и их изменений по простиранию, а также на основе анализа тектонической структуры установить главные структурные элементы района и дать его тектоническое районирование;

5) определить состав и возраст магматических образований, а также установить, к какой тектонической эпохе относятся магматические комплексы изучаемой территории;

6) на основе полученных данных составить геологические разрезы, структурно-формационную колонку и тектоническую карту, детально описать тектоническую структуру и наметить главные этапы ее формирования;

7) проанализировать геологическую историю района и сделать основные выводы о закономерностях и взаимосвязях важнейших геологических событий.

При решении поставленных вопросов рекомендуется использовать следующие методы.

Анализ геологических границ на карте. В условиях работы с геологической картой он подразделяется на два метода:

Метод анализа пространственного положения геологических границ по соотношению с рельефом. На этом методе основано выявление известных студентам признаков различных видов залегания слоев (и вообще геологических поверхностей) на геологической карте. Устанавливая соотношение границ с рельефом, необходимо определить горизонтально-, полого-, наклонно и круто залегающие слои, проанализировать имеющиеся на карте пластовые треугольники и, в случае отсутствия элементов залегания слоев (или разрывных нарушений), найти элементы залегания по методу стратоизогипс. В ряде случаев, особенно при полого-наклонном залегании, этот метод следует использовать для нахождения простирания слоев или моноклиналей.

Метод анализа соотношения геологических границ между собой. Изучая взаимоотношения геологических границ, надо определить характер геологических контактов между различными стратиграфическими подразделениями. При этом необходимо помнить, что параллельные контакты свидетельствуют об однородности структуры и отображают согласное или несогласное параллельное залегание слоев, все пересекающиеся границы указывают на несогласные взаимоотношения между отложениями и позволяют установить относительный возраст этих границ. Для полной характеристики, кроме вида несогласия, в отдельных случаях целесообразно отмечать степень дискордантности, т. е. слабое или крупное несогласия. Важно различать также региональные (общие) и локальные (местные) несогласия.

Этот метод позволяет установить верхний и нижний возрастные пределы складкообразования, разрывов и внедрения интрузивных тел, т. е. дает возможность говорить об их возрасте.

Главной задачей *историко-геологических и палеотектонических методов* является изучение условий осадконакопления и палеогеографии в целях выявления истории формирования тектонической структуры.

При анализе геологической карты объектом для такого рода выводов служит стратиграфическая колонка, в которой отражены данные о возрасте толщ, развитых в пределах исследуемого района, и о их литологическом составе, а также геологическая карта, показывающая пространственное распространение толщ и их соотношение с тектоническими структурами.

Анализ последовательности напластований. На основании изучения состава пород, характера контактов между стратиграфическими подразделениями, а иногда также данных о фауне, делаются выводы об условиях осадконакопления. Совершенно очевидно, что если слои пород в разрезе залегают стратиграфически согласно, то можно говорить о непрерывности осадконакопления. Если между слоями отмечено стратиграфическое несогласие или фиксируются следы размыва — базальные конгломераты и т. п., это указывает на перерыв в осадконакоплении.

Смена литологического состава осадочных пород в разрезе фиксирует последовательное изменение тектонического режима. Появление вверх по разрезу более глубоководных отложений (трансгрессивный тип разреза) указывает на общее прогибание территории, сопровождающееся трансгрессией моря. Смена более глубоководных отложений более мелководными (регрессивный тип разреза) свидетельствует о начавшихся поблизости поднятиях земной коры. Появление континентальных или грубообломочных отложений в разрезе служит признаком приближения зоны поднятий к данному району, и, наконец, перерыв в осадконакоплении и следы размыва отложений указывают на тектоническое поднятие данного района.

Метод анализа перерывов и несогласий. Изучение во времени и на площади перерывов в осадконакоплении позволяет найти участки поднятия земной коры. По возрасту слоев, залегающих сразу же выше перерыва, определяется время, когда закончились поднятия и наступило опускание. Важно отметить при этом стратиграфическую последовательность слоев в разных районах, что позволяет определить изменение длительности эпохи денудации по площади и наиболее точно указать на общее направление трансгрессии, т. е. на последовательное распространение прогибания.

Нередко несогласие прослеживается лишь на ограниченной площади. Оконтуривая площадь его распространения путем анализа карты, устанавливают контуры тектонического поднятия.

Для более полной реконструкции истории геологического развития структуры района необходимо данные, полученные при изучении перерывов, дополнить анализом фаций и мощностей.

Метод изучения фаций. Изучая фации каких-либо стратиграфических подразделений в разных частях района и сравнивая их друг с другом, по изменению литологии одновозрастных отложений устанавливают изменение условий осадконакопления. При этом необходимо выявить устойчивые во времени тенденции, отражающие развитие тектонических движений. Например, по смене тонких пород (глины, пески) грубообломочными можно установить местоположение области размыва, т. е. поднятие. По смещению грубообломочных фаций во времени и пространстве (в колонке и на карте) определяют

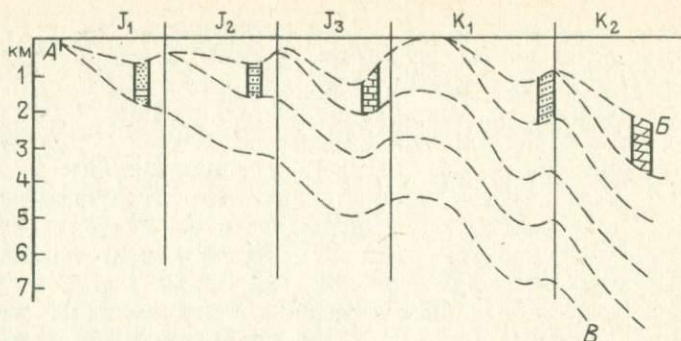


Рис. 96. Пример построения эпейрограммы.

АВ — палеогеографическая кривая; *АВ* — палеотектоническая кривая (линии лежащие между *АВ* и *АВ* — вспомогательные линии построения палеотектонической кривой)

направление движения береговой линии, т. е. регрессии и трансгрессии. Следует связать изменение фаций с тектонической структурой и показать фациальные изменения в разрезах.

Метод изучения мощностей. Изучение мощностей должно основываться на анализе истинных мощностей. Для более полного представления о характере изменения мощностей отдельных толщ рекомендуется сделать разрезы в различных участках карты. Как итог, необходимо установить связь мощностей отложений с тектоническими структурами. Для компенсированных бассейнов в первом приближении можно считать, что мощность осадков характеризует суммарное прогибание земной коры. Этот вывод не применим к глубоководным (некомпенсированным) бассейнам, где величина прогибания (для данного отрезка времени) может быть намного больше мощности осадков.

Изучая фации и мощности осадков, нужно собрать данные также для палеогеографических построений. Результаты анализа следует выразить в виде графиков эпейрограммы (рис. 96). По горизонтальной оси графика, условно соответствующей уровню моря, откладывается геологическое время (в млн. лет). По вертикальной оси (вниз от горизонтальной оси) откладываются опускания земной коры (в метрах или километрах). При этом вычерчиваются две линии. Верхняя линия *АВ* — палеогеографическая кривая — отмечает глубину моря (на основании палеогеографических выводов студента), а при наличии континентальных условий (перерыва в осадконакоплении) — идет вдоль горизонтальной оси. Нижняя линия *АВ* — эпейрогеническая кривая — отмечает суммарную величину прогибания земной коры. При этом вниз от палеогеографической кривой по вертикальной оси откладывается мощность отложений за соответствующий отрезок времени, постепенно нарастающая от одного стратиграфического подразделения к другому, как это видно из рис. 96. На эпейрограмме следует указать состав пород или фации (см. усл. знаки на рис. 1 и 2).

Над горизонтальной осью в соответствующих по времени местах эпейрограммы значками могут быть указаны важнейшие геологические события — складкообразование, блоковые движения, вулканизм и интрузивный магматизм различного состава.

Формационный анализ. Формации представляют устойчивые, характерные ассоциации горных пород, связанные общностью условий образования. Они свойственны для определенного тектонического режима и приурочены к соответствующим ему крупным тектоническим структурам. На образование формаций оказывают влияние также вулканизм и климат. Эти ассоциации горных пород обладают характерным петрографическим составом и иногда своеобразной слоистостью. Они служат основой для выделения крупных структур земной коры: геосинклиналей, срединных массивов, платформ, краевых прогибов, структур эпиплатформенного орогенеза и пр. Изучая последовательность накопления формаций, можно наметить главные этапы и стадии развития изучаемой структуры.

Формационный анализ заключается в выделении формаций, определении типа структур и выявлении этапов их развития. Рассмотрим главнейшие формации крупных структур земной коры по этапам и стадиям их развития.

Наиболее характерными *геосинклинальными формациями* на собственно *геосинклинальном этапе* являются: на ранней стадии — спилито-кератофировая, существенно вулканическая, с мощными толщами базальтов, спилитов, диабазов, кварцевых альбитофиров и с прослоями аргиллитовых и кремнистых сланцев; сланцево-граувакковая (аспидная), с мощными толщами черных аргиллитовых сланцев и прослоями (пачками) полимиктовых песчаников и черных кремней. В основании разреза также встречается терригенная формация, сложенная преимущественно песчаниками. Эти формации приурочены к прогибам. Одновременно на внутренних поднятиях образуются формации андезит-альбитофировых эффузивов и рифовых известняков. На зрелой стадии прогибания типичны формации известняковая (темно-серых известняков), карбонатно-терригенная (чередование пачек известняков и серых песчаников, алевролитов и аргиллитов), андезитовая (андезитов, кварцевых альбитофиров и их туфов). Для внутренних поднятий (геоантиклиналей) характерно преобладание кислых эффузивов, их туфов и рифовых известняков. Иногда встречаются смешанные вулканогенно-осадочные формации (например, андезито-дацито-терригенная).

Для поздней стадии развития геосинклинальных прогибов характерна флишевая формация с ритмичным чередованием слоев различных пород — песчаников, алевролитов, аргиллитов и др.

Из магматических интрузивных формаций для ранней стадии типичны гипербазитовая и габбро-пироксе-

нит-дунитовая формации. На рубеже геосинклинального и орогенного этапов с интенсивными поднятиями земной коры связано начало образования крупнейших батолитовых интрузий гранитоидной формации. Возникновение последней растягивается на длительное время, относящееся уже к следующему, орогенному этапу.

Для *эпигеосинклинального орогенного этапа* наиболее характерны *моцассовые формации* — толщи терригенных пород, включающие мощные пачки конгломератов, состоящих из галек горных пород, сформировавшихся в прогибах геосинклинального этапа и в результате складко- и горообразования, вовлеченных позже в поднятия и интенсивно размывающихся. Для раннеорогенной стадии характерна конгломератово-песчаная нижняя моцасса, которая может быть морской, лагунной (соленосной или угленосной, в зависимости от климата) или континентальной (лимническая угленосная формация). Типична также формация хемогенных или рифовых известняков. Для позднеорогенной стадии типичны верхняя тонкообломочная моцассовая формация, отчасти угленосная формация и наземно-порфировая формация (андезитобазальты, риолиты, игнимбриты, туфобрекчии). Лагунно-морским условиям этой стадии соответствуют формации песчано-глинистая и ракушечных известняков. Формации орогенного этапа бывают приурочены к межгорным и краевым прогибам и при этом имеют широкое площадное развитие.

Общими особенностями геосинклинальных формаций являются большие мощности (сотни и тысячи метров) и резкая фаціальная изменчивость, особенно в направлении, поперечном к прогибам.

Из магматических интрузивных формаций для орогенного этапа типична гранитоидная с образованием батолитовых интрузий калиевых гранитов (раннеорогенная стадия). Для позднеорогенной стадии характерно образование мелких интрузивных тел — формации щелочных гранитоидов и щелочных пород. Интрузивные формации сопряжены всегда с зонами поднятий.

На *срединных массивах* осадочные формации имеют облик, переходный от геосинклинальных к платформенным, но обычно с малыми мощностями. Интрузивные формации тут подобны геосинклинальным.

Наиболее типичными формациями для *платформ* являются: нижняя, или трансгрессивная морская терригенная, с частными формациями кварцевых или аркозовых песков (песчаников), темных глин и песчаников, черных битуминозных глин, кварцево-глауконитовых песков (песчаников) — характерна для начальной, трансгрессивной стадии развития платформенных прогибов; карбонатная формация светлых, часто белых известняков и мергелей — характерна для эпохи максимальной

трансгрессии моря; эвапоритово-красноцветная формация пестро окрашенных песков и глин, мергелей, известняков и доломитов, гипсов, каменных солей; сероцветная угленосная формация серых глин и песчаников с пластами каменного угля и известняка; последние формации характерны для регрессивной стадии, для начала поднятий и обычно бывают лагунными. К концу эпохи накопления относятся континентальные формации — красноцветная каолиново-кварцево-песчаная, покровно-ледниковая. Общими особенностями платформенных осадочных формаций являются небольшие мощности и малая изменчивость мощностей и фаций по простиранию. Из магматических формаций для платформ наиболее характерна трапповая. В ее составе выделяются плато-базальты, состоящие из пород толеит-базальтовой магмы (долериты, диабазы, базальты), и подчиненные им андезиты и щелочные породы. Наряду с эффузивными покровами большую роль приобретают пластовые интрузии (силлы), штоки и дайки; реже встречаются формации щелочных базальтовых эффузивов (трахибазальтовая), габбро-гранитовая, щелочных интрузивов, кимберлитовая и др.

Часто можно видеть, что континентальные платформы не являются конечным членом эволюционного ряда главных структурных элементов земной коры. На примере ряда регионов (Тянь-Шань, Алтай, Забайкалье) было установлено, что на месте платформ образуются орогенные пояса. Эти структуры называют эпиплатформенными орогенными поясами.

Характерными формациями *эпиплатформенных орогенных поясов* служат: молассовая обломочно-красноцветная, соленосная, угленосная, глинистая, каустобиолитовая. Магматическая деятельность проявилась неравномерно и представлена вулканоплутонической ассоциацией. Это формации щелочных гранитоидов (штоки, малые батолиты) и трахибазальтов.

Результаты анализа формаций даются в виде структурно-формационной колонки (рис. 97), на которой, кроме вулканогенно-осадочных формаций, показывают также интрузивные возрастные комплексы. Эти результаты используются для обоснования тектонического районирования (выделения платформы, геосинклинальной области, краевого прогиба) и для установления основных этапов развития района.

Методика анализа карт метаморфических пород. В областях развития метаморфических пород, анализируя карту, необходимо выявить признаки, позволяющие установить основные черты геологического строения:

1) присутствие толщ, обнаруживающих разную степень регионального метаморфизма; обычно смена метаморфизма бывает приурочена к поверхностям крупных несогласий;

2) наличие связанных с названными толщами комплексов интрузивного магматизма и комплексов разновозрастной складчатости, отличающихся по простиранию и морфологии складок.

Все эти признаки — метаморфизм, интрузивный магматизм, складкообразование и несогласие — отражают определенный тектоно-магматический этап. Например, готский с возрастом 1400—1350 млн. лет, гренвильский — до 1000—950 млн. лет, байкальский и т. д. Если данных об абсолютном возрасте нет, то указывается возраст складчатых образований.

При установлении внутренней структуры метаморфических толщ большое значение имеет прослеживание маркирующих слоев и пачек (мраморов, кварцитов), тел магматитов, отображенных на геологической карте, а также специальных значков, отмечающих простирание сланцеватости, гнейсовидности и других структурных элементов. Анализ пространственного положения указанных образований позволяет составить представление о структуре метаморфической толщи, характере отдельных складок, дает возможность определить их простирание и установить участки погружения шарниров.

Этапы выполнения работы. Составление курсовой работы подразделяется на следующие этапы.

Первый этап заключается в общем анализе карты — устанавливается масштаб карты, производится детальное знакомство с топографической основой. В результате выявляются наиболее важные черты рельефа — глубина эрозионного вреза, характер склонов, рисунок речной сети.

Второй этап работы заключается в выборе конкретных геологических данных по стратиграфии, интрузивным породам и тектонической структуре района.

Изучение стратиграфии базируется на анализе стратиграфической колонки и геологической карты. Выясняется распространение каждого стратиграфического подразделения, устанавливаются несогласия. Следует различать выход на поверхность и распространение отложений. Последнее можно установить по скважинам и на основании анализа выклинивания толщ. При анализе делаются выводы о фациях и закономерностях изменения мощности выделяемых подразделений. Собирается материал о формах.

Аналогичная работа выполняется для выходов интрузивных и субвулканических пород. Следует выявить местонахождение интрузивных тел, определить возраст вмещающих и перекрывающих пород, форму интрузивных тел в плане, по возможности, в разрезе. Найти их соотношение с вмещающими породами. Исходя из величины и формы тел, нужно отнести их к тому или иному морфологическому виду. Если на карте имеются данные о контактовом ореоле, следует использовать их для характеристики формы интрузива. Путем анализа карты необходимо установить возраст интрузивных пород, а если он указан в условных обозначениях, проверить его и обосновать методом возрастных пределов.

Анализ тектонической структуры заключается, прежде всего, в установлении ее главных черт — в выделении

участков с различным строением — складчатым или платформенным. На основании анализа тектонической структуры, изучения фаций и формаций, а также магматической деятельности производится тектоническое районирование. Оно заключается в выделении крупных структурных элементов описываемой территории, различающихся по истории геологического развития, по морфологии, генезису и времени образования. На основании историко-геологического подхода могут быть выделены участки платформы, складчатых геосинклинальных областей, отдельные прогибы и поднятия земной коры и другие структурно-формационные области.

Историко-геологический анализ должен быть отражен на составленной студентом структурно-формационной колонке.

При наличии на карте соответствующего материала, характеризующего изменения фаций и мощностей, выделяются структурно-фациальные зоны, т. е. участки, различающиеся по геологическому строению и типу тектонического развития, например крылья и днища (осевые зоны) прогибов. Различия в разрезе по участкам полезно отразить в частных стратиграфических колонках. На основе структурного принципа могут быть выделены участки с различным типом или простиранием складчатости, отдельные антиклинории и синклинории и т. п.

Далее, путем более подробного анализа отдельных участков выясняются морфология и время образования складок, строение и значение несогласий, подготавливаются данные для выделения структурных этажей, т. е. производится деление тектонической структуры в историческом плане. Главный признак структурного этажа — это стратиграфический перерыв (угловое несогласие), отделяющий его от нижележащих толщ, свой структурный план и своеобразие магматизма. Каждый структурный этаж отвечает крупному этапу в развитии земной коры. Возможно также выделение структурных подэтажей.

Структурные этажи соответствуют отдельным тектоно-магматическим этапам развития земной коры — байкальскому, каледонскому, герцинскому и другим, известным студентам из курса исторической геологии. Структурные подэтажи представляют собой части структурных этажей. Они также ограничены в разрезе поверхностями несогласий, но последние иногда имеют лишь местное распространение на части площади. Подэтажи могут отвечать отдельным стадиям в геологическом развитии, например позднеорогенный. Выделенные тектонические районы и структурные этажи и подэтажи указываются на тектонической карте.

После выделения тектонических элементов следует обратиться к более подробному изучению тектонической структуры. Выявляются отдельные складки и разрывные нарушения. Устанавливается простирание складок, их типы в плане (линейные, куполовидные или брахиформные), поведение шарнира складок, их длина и ширина, форма замков. Все данные

наносятся на тектоническую карту. По геологическим разрезам определяется амплитуда складок, изучается строение их в поперечном сечении: степень сжатости складок, степень крутизны и характер соотношения крыльев, положение осевых поверхностей. Выявляются типы складок по соотношению мощностей слоев в замках и на крыльях. Определяется возраст складчатости.

Изучаются моноклинали. Форму их на тектонической карте следует передать с помощью стратоизогипс. Определяют простирание их и изменения наклона слоев на разных участках.

Залегание пород в пределах структурных этажей и подэтажей условно указывается также на структурно-формационной колонке. Особое внимание должно быть уделено угловым и азимутальным несогласиям между этажами и подэтажами. В правой части колонки указываются возрастные комплексы интрузивных пород, без расчленения на отдельные разновидности, составляющие комплекс. Каждый из комплексов по преобладающему составу пород изображается в виде полосы длиной, соответствующей его возрасту.

Разрывные нарушения нужно стремиться разделить по генезису и протяженности. Особое внимание необходимо обратить на крупные региональные разрывы глубокого заложения и длительного развития (глубинные разломы). Они устанавливаются на основании различного строения стратиграфического разреза в разделяемых блоках, а также по связям с разрывами интрузивных тел, и особенно ультраосновных пород. Об этом же свидетельствуют очень крупные различия в строении и развитии смежных блоков.

Остальные разрывы группируются в системы, отличающиеся однородным простиранием и типом строения. Определяется их относительный возраст и возрастные пределы образования. Изучается пространственное положение разрывных нарушений, их взаимоотношение с формами рельефа и складками. Так, где это возможно, вычисляется угол падения разрыва (если это не указано на карте) и определяются амплитуды смещения. Все эти сведения можно получить в результате анализа геологической карты и разрезов.

В процессе анализа карты и на основании собранных данных о тектонической структуре района, составляются тектоническая карта и геологические разрезы, наиболее полно характеризующие структуры района. Количество разрезов по указанию преподавателя может быть от двух до четырех.

Результаты анализа карты следует закреплять также путем составления небольших ($4 \times 10 \text{ см}^2$) выкопировок на кальке, которые помещаются в тексте отчета в виде иллюстраций, с обязательной подписью, указывающей на содержание рисунка. На выкопировках изображают наиболее яркие примеры, подтверждающие выводы о наличии несогласий различного вида, о возрасте интрузивных тел и разрывов, о морфологии складок и т. п.

Объем текстовой части должен составлять около 20—25 страниц. После титульного листа (см. рис. 100) помещается оглавление.

Текст работы содержит разделы: введение, описание рельефа и речной сети, стратиграфия, интрузивные породы, тектоника, геологическая история района и выводы.

Введение. Сообщается конкретно о целях, задачах и методах работы. Дается характеристика топоосновы и особенностей геологической нагрузки карты. Сюда входят описание типа и масштаба карты, соответствия загруженности карты данному масштабу по геологическому содержанию. Объем введения 1,5—2 с.

Глава I. *Описание рельефа и речной сети.* Раздел начинается с общей характеристики рельефа (горный, равнинный). Для горного рельефа абсолютные отметки выше 500 м, для высокогорного — выше 2000 м. Затем дается общая характеристика поверхности рельефа. Выделяются главные и второстепенные хребты (водоразделы), показывается их расположение. Приводятся основные географические названия, имеющиеся на карте. В результате анализа горизонталей дается краткая характеристика крутизны склонов и степени их расчлененности; указывается присутствие скалистых обрывов и гребней.

Описание речной сети ведется по бассейнам, начиная с бассейна наиболее крупной реки. Отмечают местоположение реки, ее истоки, направление течения, какие имеет притоки. В зависимости от уклона русла устанавливается тип реки (горный и равнинный). Объем главы 2—2,5 с.

Глава II. *Стратиграфия.* Главная задача этого раздела — описание распространения и взаимоотношений выделенных на карте стратиграфических толщ. Важно четко и убедительно обосновать наличие согласного, и в особенности несогласного, залегания.

В начале главы дается вступление — краткий перечень крупных стратиграфических подразделений, развитых в районе. Обычно рассматривают группы, системы, иногда отделы. Описывают породы, преобладающие в исследуемом районе, по возрасту и составу. Указывают общий характер залегания толщ (складчатое или горизонтальное). Объем вступления до 1 с.

Затем дается описание стратиграфии по выделенным на карте подразделениям. Оно ведется снизу вверх — от древних пород к молодым и komponуется по крупным стратиграфическим подразделениям — группам и системам.

Под заголовком системы дается краткое вступление — какие подразделения (выделенные на карте) входят в состав системы (в данном районе), общая характеристика распространенности отложений этого возраста (широко, незначительно), к какой части площади они приурочены (к южной, северо-восточной и т. п.). Указывается общая мощность системы. Ниже помещается

подзаголовок отдела. Если на территории карты систем мало, а подразделений много, то характеристика, приведенная выше, дается для отдела.

Далее, описываются подразделения, входящие в состав данного отдела. Если этих подразделений на карте много, то они могут быть объединены по два-три (при условии их согласного залегания между собой). Перед каждым подразделением помещается подзаголовок с индексом, обозначенным на карте.

Приведем некоторые рекомендации во избежание ошибок при изложении текстового материала.

Прежде всего описывается распространение выходов отложенных подразделения по площади. Привязку выходов необходимо давать по географическим пунктам. Нельзя вести последующую привязку выходов к ранее установленным выходам пород. Так, например, нельзя писать: «силурийские отложения обнажаются там же, где кембрийские породы». Следует писать: «силурийские отложения обнажаются в устье правого притока р. Сожа, расположенного в 800 м вверх по течению от пос. Рудного». Полезно указать размеры выхода рассматриваемых пород. В случае выклинивания какой-либо толщи, устанавливаемого по поверхностным выходам или по данным бурения, необходимо дать сведения о распространении этой толщи в районе. После чего приводятся данные о взаимоотношениях толщи с подстилающими слоями. Нужны развернутая характеристика вида несогласия и доказательство этого вывода.

При утверждении о наличии стратиграфического несогласия, следует указать, какие стратиграфические подразделения выпадают из разреза и где именно видно пересечение подошвой толщи границ подстилающих пород (и каких именно подразделений). Описание сопровождается выкопировками характерных участков из карты. Утверждение о согласном залегании также должно быть обосновано ссылкой на нормальную возрастную последовательность толщ и повсеместную параллельность их границ. При наличии местных несогласий нужно описать площадь их распространения на карте (границу между согласным и несогласным залеганием).

Затем необходимо дать краткую характеристику литологического состава отложений, указать мощность стратиграфического подразделения. Важно полностью использовать все данные по фаціальным изменениям состава отложений и их мощности, имеющиеся на карте и в колонке. При наличии таких данных нужно проанализировать причину этих изменений.

При описании вулканогенных пород, кроме перечисленных признаков (состав, мощность), необходимо осветить характер залегания и условия накопления. При подводных излияниях толщи обычно сложены спилитами, чередующимися с кремнистыми сланцами. Для этих толщ свойственна шаровая отдельность. Встречаются яшмы и прослои других осадочных пород

морского происхождения. Наземные эффузивы обычно красноцветные, часто сопровождаются пачками грубо сортированных туфов, лавобрекчиями. Для плиоценовых и четвертичных эффузивов характерна связь с формами современного рельефа.

В конце описания каждого подразделения приводятся краткие данные о возрасте и палеогеографической обстановке.

Объем главы 8—12 с.

Глава III. *Интрузивные породы*. Характеристика начинается с установления интрузивных комплексов разного возраста. Эти комплексы представляют собой многофазовые образования, возникающие при неоднократно повторяющихся внедрениях магмы различного состава. При изучении интрузивного комплекса прежде всего необходимо обратить внимание на количество интрузивных фаз, приведших к его образованию. Описание пород ведется по выделенным комплексам (от древних к молодым). Вначале приводятся общие данные—где развит рассматриваемый комплекс, каков возраст его, какие интрузивные породы входят в его состав. Перечисляются интрузивные массивы, составляющие рассматриваемый комплекс.

Среди разновозрастных образований надо охарактеризовать сначала основные, затем средние и кислые интрузивные породы. Порядок описания тот же, что и при рассмотрении стратифицированных пород (распространение, взаимоотношения с вмещающими толщами, петрографический состав и его изменения). Далее, необходимо дать характеристику структурных и текстурных особенностей, размеров и формы массива. Размеры массива берутся с карты, о его форме судят по границе контактовых ореолов во вмещающих породах или на основе анализа текстурных признаков (если они указаны на карте). Всегда дается структурно-геологическое обоснование возраста рассмотренных массивов. Объем главы 2—4 с.

Глава IV. *Тектоника*. Главной задачей является описание тектонической структуры. Кроме того, необходимо выделить формации осадочных и магматических пород и показать их связь с тектоническим строением района. Работа по составлению этой главы ведется на основе описания тектонической карты и разрезов, составленных студентом, используются также формационная колонка и частные стратиграфические колонки.

Вначале надо указать, к какой тектонической области относится рассматриваемая территория. Например: «В тектоническом отношении исследованная территория является частью герцинской складчатой области». Или: «Описываемая территория включает часть альпийской складчатой области, краевого прогиба и примыкающей к последнему платформы». Затем следует дать общие сведения о тектонической структуре исследованного района и провести тектоническое районирование территории. Необходимо, основываясь на тектонической карте, перечислить тектонические районы и дать краткую характеристику их взаимоотношений. В начале описания каж-

дой структурно-формационной области (тектонического района) нужно указать ее географическое расположение и дать информацию о ее тектонической структуре. Затем рассматривается последовательность развитых в ней формаций и дается их краткая характеристика. Рассматривая формации, необходимо выделить в описании те их признаки, на которых могут быть основаны выводы об историко-тектонических условиях формирования земной коры рассматриваемой территории. Так, например, выделяя спилито-кератофировую формацию, нужно акцентировать внимание на признаках ее морского происхождения (присутствие прослоев кремнистых пород или известняков), отметить пестроту петрографического состава эффузивов, большую мощность толщи. Обязательно указывают возраст формации. Каждой из выделенных формаций может соответствовать одно или несколько стратиграфических подразделений.

Необходимо проанализировать связь формаций с тектоническими режимами в пределах заданного района и сделать выводы об условиях их формирования.

При описании тектоники района следует указать, какие отложения (по возрасту) преобладают, каковы формы их залегания; определить соотношение районов друг с другом и описать положение и характер границ между ними. Эти границы могут быть более или менее условными, проходить по крупным разрывам, по линии, разделяющей участки с различными формами залегания какого-либо пласта, и т. п.

Дальнейшее описание надо вести по каждому из выделенных тектонических районов в отдельности; анализируя характер несогласий и формации, выделить структурные этажи, а там, где возможно, — подэтажи. Комплексы именуется по названию геолого-тектонических эпох.

Описание структуры тектонических районов ведется в возрастной последовательности — от древних к молодым, по каждому этажу в отдельности и строится по принципу от общего к частному — от крупных структур к мелким (например, от антиклинориев и синклинориев к осложняющим их нарушениям и т. д.).

Описание складок следует начинать с их пространственного (географического) положения. При этом нужно обратить внимание на характеристику морфологических особенностей. Указывается простирание осей складок, тип складок (линейные, куполовидные или брахиморфные) в плане, возраст пород, слагающих ядра и крылья складок, приводятся данные о длине, ширине и амплитуде складок, описывается поведение шарнира. Затем дается характеристика складчатости в поперечном сечении: по степени сжатости складок, степени крутизны и соотношению крыльев, по положению осевой поверхности и форме замка. Указываются углы падения крыльев, степень и направление опрокидывания складок. Самые крупные складки описываются каждая отдельно, для мелких складок дается

общая характеристика. Если наблюдается виргация складок, то следует охарактеризовать ее, сопровождая необходимыми выкопировками из карты. На основании анализа свойств слагающих их горных пород, выявляются типы складок по соотношению мощности слоев в замках и на крыльях.

При описании моноклиналей также следует первоначально охарактеризовать возраст пород, простираение структуры и общее падение слоев в ней, затем изменение наклона в различных ее частях.

Разрывы, осложняющие складки, характеризуются в процессе описания пликативных форм. Крупные разрывы (глубинные разломы и региональные нарушения), а также системы разрывов, не связанных со складками, следует описывать отдельно. Из главных признаков глубинных разломов отметим присутствие ультраосновных пород и различное строение разреза, а иногда и разновозрастность складчатости по обе стороны от глубинного разлома.

При описании разрывов отмечается их местоположение, вид разрыва, возраст пород, слагающих крылья, положение поверхности системы, относительное положение крыльев, амплитуда разрыва и возраст. При описании сдвигов необходимо обратить внимание на доказательство наличия сдвига и направления смещения. Характеризуя шарьяжи, следует отдельно рассмотреть строение аллохтона и автохтона, остановиться на тектонических останцах и окнах, сделать выводы о положении и форме поверхности разрыва, указать видимую величину горизонтального перекрытия, время образования.

Описание тектоники интрузивных тел рекомендуется начинать с характеристики связи с вмещающей структурой (приуроченность тел к разрывам, складкам, поверхностям напластования), на основании чего необходимо сделать заключение о положении массивов в общей складчатой или слоистой структуре. Затем дается формационный анализ интрузивного магматизма в связи с возрастом интрузий и делаются выводы о соотношении интрузивных формаций с основными этапами формирования тектонической структуры.

Объем главы 5—7 с.

К разделу «Тектоника» прилагаются: структурно-формационная колонка, тектоническая карта в масштабе карты и геологические разрезы.

Формационная колонка составляется на основе стратиграфической колонки и анализа карты в соответствии с приведенным образцом (см. рис. 97). Условные обозначения даны на рис. 98. При наличии исходных материалов для каждой структурно-формационной области составляется отдельная колонка и все они монтируются на одном листе с общим заголовком.

На формационной колонке для каждого структурного этажа и подэтажа должны быть указаны тектонические режимы (в скобках даны индексы): протогеосинклинальный (pg), прото-

платформенный (pp), геосинклинальный, орогенный эпигеосинклинальный (o); платформенные режимы: доплитный, плитный (p), орогенный, эпигеосинклинальный (op).

В складчатых структурах могут быть выделены подэтажи, например: H_1 — раннегерцинский, H_2 — позднегерцинский. Орогенные этажи указываются бледным тоном цвета соответствующего структурного этажа. Поверх окраски наносится яркий точечный крап того же или близкого цвета. Интрузивные комплексы указываются черным крапом по цветной закрашке складчатых или орогенных этажей. Жильные породы даются тонкими красными линиями без указания возраста и состава.

Протоплатформенные чехлы указываются индексом времени образования с прибавлением индекса pp, например pp PR_2 — верхнепротерозойский протоплатформенный чехол. Для протогеосинклинальных складчатых структур применяется индекс pg, например, pg AR_2 — верхнеархейские протогеосинклинальные складчатые структуры.

Структурные этажи эпиплатформенной активизации показываются цветной штриховкой, соответствующей времени активизации (тектоническому этапу). Интрузивные комплексы указываются условными обозначениями приведенными выше, но не черным, а цветным крапом времени активизации (соответствующим тектоническому этапу).

При составлении тектонической карты студенты должны познакомиться с лучшими образцами этих карт, такими, как Тектоническая карта Европы (1983), Тектоническая карта Евразии (1965), Тектоническая карта Мира (1984).

На тектонической карте показывается положение выделенных тектонических районов. В условных обозначениях дается их краткая характеристика. Определяются границы районов, указывается их тип. Внутри районов выделяются структурные этажи (цветом, реже штриховкой). Интрузивные тела обозначаются цветными штриховыми знаками по цветному тону этажа. Форма значков должна отвечать составу интрузивных пород. Подэтажи выделяются оттенками. Тектонические зоны также могут быть показаны оттенками — антиклинальные (более темные) и синклинальные (более светлые). Складчатые дислокации и разрывы обозначаются структурными линиями различного вида; линейные складки — осевыми линиями; брахискладки и изометричные — контурными линиями. Строение моноклиналей отображается при помощи стратоизогипс. Условные обозначения для тектонической карты приведены на рис. 99. Следует уделить много внимания правильному составлению условных обозначений. В них кроме объяснения условных знаков должна быть приведена характеристика формаций.

Глава V. *Геологическая история района.* В данном разделе приводится описание геологических событий в исторической последовательности. За основу принимаются движения земной коры.

Условные обозначения к структурно-формационной колонке

I. ГЕОСИНКЛИНАЛЬНЫЕ ФОРМАЦИИ

A. Осадочные

	Сланцево-граувакковая, аспидная
	Терригенная
	Карбонатно-терригенная
	Карбонатная
	Рифовых известняков
	Флишевая

Б. Вулканогенные, вулканогенно-осадочные

	Спилито-кератофировая
	Андезитовая, альбитофировая
	Порфирировая, дацитовая
	Риолитовая
	Трахитовая
	Андезито-дацито-терригенная
	Яшмовая (яшмы, эффузивы, туфы)

В. Интрузивные

	Гипербазитовая
	Габбро-пироксенит-дунитовая
	Основных интрузий
	Гранитоидная

II. ОРОГЕННЫЕ ФОРМАЦИИ

A. Осадочные

	Конгломерато-песчаная (нижняя моласса)
	Эвапоритовая (соленосная)
	Лимническая угленосная

	Рифовых известняков
	Карбонатная

	Тонкообломочная (верхняя моласса)
--	-----------------------------------

Б. Вулканогенные

	Андезитобазальтовая
	Риолитовая
	Трахитовая

В. Интрузивные

	Гранитоидная
	Щелочных гранитоидов и щелочных пород

III. ПЛАТФОРМЕННЫЕ ФОРМАЦИИ

A. Осадочные

	Терригенная морская
	Карбонатная
	Эвапорито-красноцветная
	Сероцветная угленосная

Б. Вулканогенные

	Трапповая (платобазальтовая)
	Щелочно-базальтовая (платобазальтовая)

В. Интрузивные

	Кимберлитовая
	Гранитоидная щелочная

IV. ЭПИПЛАТФОРМЕННЫЕ
ОРОГЕННЫЕ ФОРМАЦИИ

А. Осадочные



Обломочная, красноцветная



Угленосная



Соленосная

Б. Вулканогенные



Щелочно-базальтовая



Риолитовая

В. Интрузивные



Гранитоидная щелочная

Платформенные чехлы



С добайкальским фундаментом (коричневый)



С байкальским фундаментом (зеленый)



С палеозойским фундаментом (серый)

Примеры:



Гранитоиды мезозойской эпиплатформенной активизации



Гранитоиды каледонской эпиплатформенной активизации

Рис. 98. Условные обозначения к структурно-формационной колонке

Главной задачей является восстановление истории формирования тектонической структуры. Палеогеография и осадконакопления описываются лишь постольку, поскольку они отражают тектоническое развитие. Выделяются крупные эпохи трансгрессий и регрессий. Широко используется формационный анализ. Материалом, позволяющим вести реконструкцию древней истории развития геологической структуры, являются данные, полученные из анализа геологической и тектонической карт, строения геологических разрезов, характера осадконакопления, магматической деятельности, особенностей поверхностей несогласий.

Выделяются этапы и стадии тектонического развития территории, время и последовательность формирования тектонических структур, связь магматической деятельности с развитием структуры. Желательно привести соображения по вопросу механизма образования складок и разрывов, выделить конседиментационные структуры, указать соотношения интрузивного и эффузивного магматизма.

В этой главе следует привести эпейрограмму, на которой различными значками по оси времени надо указать формации (см. рис. 96), наиболее ярко проявленные эпохи складчатости, время заложения крупных разрывов и вулканической деятельности. Могут быть составлены также отдельные палеогеографические карты.

В конце главы рекомендуется сделать краткие выводы о времени основной эпохи складкообразования, становления крупных интрузивных массивов, определить общую направленность эволюции геологических процессов.

Объем 5—6 с.

Условные обозначения к тектонической карте

СКЛАДЧАТЫЕ ЭТАЖИ

AR	Архейские, до 2600 млн. лет (темно-красный)
PR	Нижнепротерозойские, до 1650 млн. лет (розовый)
G	Готский, до 1350 млн. лет (ярко-розовый)
G _г	Гренвилльский, до 950 млн. лет (оранжево-красный)
B	Байкальский, до 550 млн. лет (фиолетовый)
C	Каледонский, до среднего девона (синий)
H	Герцинский, до мезозоя (коричневый)

АТЛАНТИЧЕСКИЙ СЕГМЕНТ ЗЕМНОЙ КОРЫ

A	Альпийский нерасчлененный (ярко-желтый)
A ₁	Раннеальпийский (киммерийский) - Т, J ₁₋₂ (ярко-желтый)
A ₂	Среднеальпийский - J ₃ , K, P ₁₋₂ (желтый)
A ₃	Позднеальпийский - P ₃ , N, Q (бледно-желтый)

ТИХООКЕАНСКИЙ СЕГМЕНТ ЗЕМНОЙ КОРЫ

MZ	Мезозойский - Т, J, K ₁ (темно-зеленый)
KZ	Кайнозойский - K ₂ , P, N, Q (бледно-зеленый)

ОРОГЕННЫЕ ЭТАЖИ

oC	Орогенный эпикаледонский (бледно-синий)
oH	Орогенный эпигерцинский (бледно-коричневый)
oA ₁	Орогенный эпипальпийский (бледно-желтый)

ИНТРУЗИВНЫЕ КОМПЛЕКСЫ

	Кислого состава
	Среднего состава
	Щелочного состава
	Основного состава
	Ультрабазиты

Примеры:

	Герцинские гранитоиды (бледно-коричневый)
	Герцинские орогенные гранитоиды (бледно-коричневый)

ТЕКТОНИЧЕСКИЕ СТРУКТУРЫ (указываются черным цветом)

	Глубинные разломы
	Региональные разрывы
	Прочие разрывы
	Покровы
	Сбросы (штрихи обращены в сторону наклона сместителя)
	Взбросы
	Сдвиги
	Раздвиги
	Надвиги
	Флексуры
	Оси антиклинальных складок : а) крупных; б) второстепенных
	Оси синклинальных складок : а) крупных; б) второстепенных
	Оси прямых и наклонных складок
	Оси опрокинутых складок
	Поднятия
	Впадины
	Моноклинали. Линии соответствуют простиранию структуры; зубцы направлены по падению слоев
	Соляные купола. Штриховка - цвета возраста солей
	Границы между структурными этажами и подэтажами
	Действующие и палеовулканы
	Прочие границы

Рис. 99. Условные обозначения к тектонической карте

ИЛЛЮСТРАЦИИ В ТЕКСТЕ И ГРАФИЧЕСКИЕ ПРИЛОЖЕНИЯ

Иллюстрации в тексте (частные стратиграфические колонки, выкопировки из карты, мелкие разрезы, эпейрограммы) сопровождаются номером рисунка и подписью. По указанию руководителя могут быть составлены палеогеографические карты, блок-диаграммы.

Графические приложения оформляются на отдельном листе.

Приложение 1. Геологические разрезы (2—4 шт.).

Приложение 2. Тектоническая карта (в масштабе геологической карты).

На этом же листе по указанию руководителя работы составляется блок-диаграмма.

Приложение 3. Формационная колонка.

На рис. 100 приведен образец оформления титульного листа курсовой работы. Для составления курсовой работы могут быть использованы следующие карты учебных атласов изд. 1972 г.: № 13, 18, 19, 20, 21, 23, 24, 25, 26; изд. 1987 г.: № 12, 16, 17, 18, 19, 24, 25, 26, 28, 29, 30. При сложности карты для курсовой работы может быть дана одна из ее половин (северная, южная, западная или восточная).

При использовании некоторых из указанных выше карт, например № 28 из атласа изд. 1987 г., составителями предусмотрена возможность разделения карты на северную и южную половины.

МОСКОВСКИЙ ОРДЕНА ТРУДОВОГО КРАСНОГО ЗНАМЕНИ
ГЕОЛОГОРАЗВЕДОЧНЫЙ ИНСТИТУТ ИМЕНИ СЕРГО ОРДЖОНИКИДЗЕ

ТЕКТОНИКА И ИСТОРИЯ ГЕОЛОГИЧЕСКОГО РАЗВИТИЯ
ТЕРРИТОРИИ ЛИСТА ГЕОЛОГИЧЕСКОЙ КАРТЫ
М-58-111 (НАГОРНОЕ)

(Курсовая работа по курсу структурной геологии)

Составил студент гр.
В.И. ПЕТРОВ
Руководитель доц.
И.Г. ИВАНОВ

Москва — 1988 г.

Рис. 100. Образец оформления титульного листа курсовой работы

СПИСОК РЕКОМЕНДУЕМОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Атлас учебных геологических карт*/Под ред. Ю. А. Зайцева, М. М. Москвина. 2-е изд., ВАГТ, 1972.
2. *Атлас учебных геологических карт*/Под ред. Ю. А. Зайцева, В. В. Козлова, М. М. Москвина. 3-е изд., ВСЕГЕИ, 1987.
3. *Атлас схематических геологических и бланковых карт*/Под ред. М. М. Москвина. Изд-во МГУ, 1976.
4. *Аэрометоды геологических исследований*. Л., Недра, 1979.
5. *Белоусов В. В.* Структурная геология. М., Недра, 1986.
6. *Буш В. А.* Проблемы кольцевых структур Земли. Итоги науки и техники. Сер. общая геология. Т. 22, М., ВИНТИ, 1986.
7. *Использование материалов космических съемок при региональных геологических исследованиях (методические рекомендации)*. Изд. Мингео СССР, 1986.
8. *Историческая геология*/Г. И. Немков, И. А. Гречишникова, В. А. Густомесов и др. М., Недра, 1986.
9. *Кравцова В. И., Козлова Е. К., Фивейский Ю. И.* Космические снимки. Методическое руководство. М., Изд-во МГУ, 1985.
10. *Космическая информация в геологии*. М., Наука, 1985.
11. *Космогеология СССР*/Под ред. В. Н. Брюханова и Н. В. Межеловского. М., Недра, 1987.
12. *Михайлов А. Е.* Полевые методы изучения трещин в горных породах. М., Госгеолтехиздат, 1956.
13. *Михайлов А. Е.* Структурная геология и геологическое картирование. 4-е изд. М., Недра, 1984.
14. *Михайлов А. Е., Рамм Н. С.* Аэрометоды при геологических исследованиях. М., Недра, 1975.
15. *Муратов М. В.* Происхождение материков и океанических впадин. М., Наука, 1975.
16. *Очеретенко И. А., Троценко В. В.* Стереографические проекции в структурной геологии. Л., Недра, 1978.
17. *Павлинов В. Н.* Структурная геология и геологическое картирование с основами геотектоники. Ч. 1. М., Недра, 1980.
18. *Стратиграфический кодекс СССР*. Л., изд. ВСЕГЕИ, 1977.
19. *Тектоническая карта Евразии, масштаб 1:5 000 000*/Под ред. А. Л. Яшина. Л., Недра, 1986.
20. *Тектоническая карта Европы и смежных областей. Масштаб 1:10 000 000*/Под ред. В. Е. Хаина и Ю. Г. Леонова. М., Недра, 1982.
21. *Типовые условные обозначения для карт разного геологического содержания. Геологическая карта*. Л., изд. ВСЕГЕИ, 1986.
22. *Тихомиров В. Г.* Структурная геология вулканических массивов. Изд-во МГУ, 1985.
23. *Хайн В. Е., Михайлов А. Е.* Общая геотектоника. М., Недра, 1985.

ПРЕДМЕТНЫЙ УКАЗАТЕЛЬ

- Азимут падения 37
Азимут простираия 37
Амплитуда смещения 99
— вертикальная 99
— горизонтальная 99
Антиклиналь 65
Апофиза 116
Аэрокосмические виды съемок 129
- Батолиты 115
Блок-диаграмма
— двухточечная 166
— диметрическая 161
— изометрическая 162
— односточечная 163
— с рельефом 169
- Век 5
Взброс 97
- Геохронологическая шкала 6
Гнейсовидность 121
Горизонтальное залегание 31
Группа 5
- Дайка 116
Дешифрирование
— измерительное 142
— интрузивных пород 137
— космических снимков 150
— метаморфических пород 140
— нефотографических изображений 157
— осадочных и вулканогенных пород 131
— разрывов 136
— складок 132
Диаграммы
— круговые в изолиниях 82
— розы 81
— петроструктурные 124
- Заложение 42
Замок складки 65
- Изопахиты 76
Изохоры 76
Игнимбриты 108
- Карты
— геологические 13
— структурные 73
— тектонические 184
Колонка
— стратиграфическая 23, 29
— структурно-формационная 177
Кольцевые структуры 153
Купола
— вулканические 110
— гранитогнейсовые 123
- Лакколиты 116
Линеамент 151
Линия простираия 37
Линия падения 37
- Моноклиналь 36
Мощность слоев 31, 47
- Надвиг 98
Наклонное залегание 36
Некки 111
- Ореол экзоконтактовый 116
Осевая линия 65
Осевая поверхность 65
Отдел 5
Отход
— вертикальный 99
— горизонтальный 99
- Палеогеографическая кривая 174
Палетка паракластическая 143
Параллакс 142
Период 5
Пластовые треугольники 131
Покровы
— вулканические 110
— тектонические 98
Полигональные объекты 154
Потоки вулканические 111
Прототектонические элементы 117
Признаки дешифрировочные 129
- Раздвиг 97
Разрез геологический 26

- Сброс 97
Свод складки 65
Сдвиг 97
Сетка Шмидта 82
Сетка Вульфа 87
Силлы 116
Синклиналь 65
Система 5
Складки
— прямые 66
— опрокинутые 71
Складчатое залегание 65
Сланцеватость 121
Сместитель 99
Стресс
Стратоизогипсы 73
- Тектониты *S* 125
Тектониты *B* 126
Трещины
— диагональные 117
— пластовые 117
— поперечные 117
— продольные 117
Трубка вулканическая 111
- Угол падения 37
Уровни генерализации 150
Условные обозначения
— буквенные 15
— вулканогенных пород 16
— геологических карт 19
— интрузивных пород 20
- метаморфических пород 22
— осадочных пород 13
— структурно-формационных колонок 188
— тектонических карт 190
— цветовые 6, 20
— штриховые 6
- Факолиты 116
Фации
— эффузивные 108
— жерловые 111
— интрузивные 117
Флексуры 66
Формации
— геосинклинальные 175
— орогенные геосинклинальные 176
— орогенные платформенные 177
— срединных массивов 176
- Шарнир складки 65
Штоки 115
- Эон 12
Эонотема 12
Эпейрогеническая кривая 174
Эпоха 5
Эра 5, 12
Эратема 12
- Ярус 5, 12

СОДЕРЖАНИЕ

Предисловие (А. Е. Михайлов)	3
Справочные материалы и таблицы (М. И. Никитина)	5
Геохронологическая шкала и стратиграфические подразделения	5
Условные обозначения геологических карт	12
Правила оформления геологических карт, стратиграфических колонок и геологических разрезов	22
Горизонтальное залегание (Е. П. Успенский)	30
Общие сведения	30
Лабораторные работы	31
Наклонное залегание (А. А. Рыжова)	36
Общие сведения	36
Лабораторные работы	37
Складчатое залегание (А. Е. Михайлов)	65
Общие сведения	65
Лабораторные работы	66
Построение структурных карт	73
Трещины в горных породах (В. В. Шершукков)	79
Общие сведения	79
Графические методы изображения замеров ориентировки трещин	81
Лабораторные работы	90
Разрывы со смещениями (А. К. Соколовский)	97
Общие сведения	97
Лабораторные работы	102
Вулканогенные породы (М. К. Бахтеев)	107
Общие сведения	107
Лабораторные работы	114
Интрузивные породы (К. М. Мельникова)	115
Общие сведения	115
Лабораторные работы	118
Метаморфические породы (А. Е. Михайлов)	121
Общие сведения	121
Лабораторные работы	122
Петроструктурные диаграммы (А. Е. Михайлов)	124
Общие сведения	124
Лабораторные работы	126
Дистанционные методы (Н. И. Корчуганова, Ю. Б. Баранов)	128
Общие сведения и лабораторные работы	128
Дешифрирование форм залегания осадочных и осадочно-вулканогенных пород	131
Дешифрирование разрывных нарушений	136
Дешифрирование магматических интрузивных и метаморфических пород	137
Измерительное дешифрирование аэрофотоснимков	142
	195

Перенос данных дешифрирования на топографическую карту	149
Дешифрирование космических снимков	150
Дешифрирование нефотографических изображений	157
Построение блок-диаграмм (В. Н. Павлинов)	160
Методические указания к курсовой работе по структурной геологии (Д. С. Кизевальтер, В. Я. Медведев)	170
Основные задачи и методы анализа геологической карты	171
Текстовая часть работы	182
Иллюстрации в тексте и графические приложения	191
Список рекомендуемой литературы	192
Предметный указатель	193

Л12 **Лабораторные работы по структурной геологии, геологическому картированию и дистанционным методам: Учеб. пособие для вузов/А. Е. Михайлов, В. В. Шершуков, Е. П. Успенский и др.— М.: Недра, 1988.—196 с.: ил.**

ISBN 5—247—00320—9

Изложены методы и задачи изучения различных форм залегания горных пород, а также трещин и разрывов. Даны примеры выполнения работ по геологическому картированию, задания для закрепления практических навыков. Описаны приемы дешифрирования аэро- и космофотоснимков. Показаны примеры составления геологических карт, схем, стратиграфических колонок и геологических разрезов.

Для студентов вузов, обучающихся по программе курса «Структурная геология, геологическое картирование и дистанционные методы».

УЧЕБНОЕ ИЗДАНИЕ

Михайлов Александр Евгеньевич
Шершуков Виктор Владимирович
Успенский Евгений Петрович и др.

**ЛАБОРАТОРНЫЕ РАБОТЫ
ПО СТРУКТУРНОЙ ГЕОЛОГИИ,
ГЕОКАРТИРОВАНИЮ И ДИСТАНЦИОННЫМ
МЕТОДАМ**

Редактор *А. Е. Михайлов*
Заведующий редакцией *В. А. Крыжановский*
Редактор издательства *А. П. Хуповка*
Технический редактор *Л. Я. Голова*
Корректор *Л. М. Кауфман*

ИБ № 7501

Сдано в набор 03.06.88. Подписано в печать 29.09.88. Т-17180. Формат 60×90^{1/16}. Бумага офсетная № 2. Гарнитура Таймс. Печать офсетная. Усл. печ. л. 12,5. Усл. кр.-отт. 12,75. Уч.-изд. л. 13,9. Тираж 8000 экз. Заказ 1609/1681—2. Цена 45 коп.

Ордена «Знак Почета» издательство «Недра», 125047 Москва, пл. Белорусского вокзала, 3

Набрано в ордена Октябрьской Революции и ордена Трудового Красного Знамени МПО «Первая Образцовая типография» имени А. А. Жданова Союзполиграфпрома при Государственном комитете СССР по делам издательств, полиграфии и книжной торговли. 113054 Москва, Валовая, 28.

Отпечатано в московской типографии № 6 Союзполиграфпрома при Государственном комитете СССР по делам издательств, полиграфии и книжной торговли. 109088, Москва, Южнопортовая ул., 24.

Вниманию специалистов!

**ИЗДАТЕЛЬСТВО «НЕДРА»
ГОТОВИТ К ВЫПУСКУ В 1989 ГОДУ
НОВЫЕ КНИГИ**

**ГЕОДИНАМИЧЕСКИЕ РЕКОНСТРУКЦИИ:
(МЕТОДИЧЕСКОЕ ПОСОБИЕ ДЛЯ РЕГИОНАЛЬНЫХ
ГЕОЛОГИЧЕСКИХ ИССЛЕДОВАНИЙ)**

Под ред. Унксона В. А., Абрамовича И. И.,
Межеловского Н. В., Мусатова Д. И.

23 л. 1 р. 50 к.

Рассмотрены сущность и методы геодинамических реконструкций на основе теории тектоники литосферных плит. Показана последовательность использования комплекса новых методических приемов для повышения эффективности геологосъемочных и прогнозно-поисковых работ. Изложены методы сбора и обработки структурно-геологических, геофизических, петрологических и других данных для региональных геодинамических реконструкций, которые должны лежать в основе крупномасштабных металлогенических построений.

Для геологов различного профиля и геофизиков, занимающихся геологическими съемками, поисками и прогнозированием месторождений.

План 1989 г., № 56

**Кноринг Л. Д., Деч В. Н.
ГЕОЛОГУ О МАТЕМАТИКЕ:
СОВЕТЫ ПО ПРАКТИЧЕСКОМУ ПРИМЕНЕНИЮ**

14 л. 70 к.

Классифицированы, упорядочены и сведены в единую систему основные направления математических исследований в геологии. Основное внимание уделено не формальному математическому аппарату, а построению математических моделей и их интерпретации. Показано, как нужно избегать ошибок при использовании математических методов, знать ограничения, накладываемые на тот или иной метод, видеть «подводные камни», осложняющие использование соответствующих приемов и способов в той или иной ситуации. Изложение сопровождается примерами решения геологических задач, облегчающими понимание существа методов.

Для геологов и геофизиков всех специальностей, использующих математику в практической деятельности.

План 1989 г., № 41

КРАТКИЙ геологический словарь для школьников

Г. И. Немков, Б. Е. Карский, А. А. Ануфриев и др.

18 л. 95 к.

Содержит около четырех тысяч различных геологических терминов, объяснение которых дано в доступной, популярной форме в соответствии с требованиями, предъявляемыми на уроках географии в средней школе. Все термины разделены на три группы: основные, второстепенные и частные. Помещены некоторые термины из естественных и технических наук: физики, химии, биологии, географии. Приведены краткие биографии крупнейших ученых в области геологии, как советских, так и зарубежных.

Для учащихся средних школ и геологоразведочных техникумов. Может быть полезен студентам геологических, горных и нефтяных высших учебных заведений, а также широкому кругу читателей, интересующихся геологией.

План 1989 г. № 45

Павлинов В. Н.

**СТРУКТУРНАЯ ГЕОЛОГИЯ И ГЕОЛОГИЧЕСКОЕ
КАРТИРОВАНИЕ С ОСНОВАМИ ГЕОТЕКТОНИКИ.
ОСНОВЫ ОБЩЕЙ ГЕОТЕКТОНИКИ
И МЕТОДЫ ГЕОЛОГИЧЕСКОГО КАРТИРОВАНИЯ:**

Учебник для вузов 25 л. 1 р. 20 к.

Охарактеризованы строение и образование тел Солнечной системы и эволюция нашей планеты, возраст формирования различных структурных элементов земной коры, с которыми связаны разнообразные полезные ископаемые. Дан анализ развития земной коры и глубоких сфер Земли с позиции тектоники литосферных плит и подкорových конвекционных движений тектоносферы. Рассмотрены методы организации и проведения геологического картирования. Подчеркнута важность применения группового, глубинного и объемного методов картирования с применением современных комплексных съемок. Для студентов геологических специальностей вузов, изучающих структурную геологию, геологическое картирование и основы общей геотектоники.

План 1989 г., № 57

Интересующие Вас книги можно приобрести в местных магазинах, распространяющих научно-техническую литературу, и в магазинах — опорных пунктах издательства, адреса которых приведены в аннотированном плане выпуска. Для тех, кто живет далеко от крупных городов, работают отделы «Книга — почтой» центральных магазинов:

№ 115 — 117334, Москва, Ленинский пр., 40

№ 17 — 199178, Ленинград, В.О., Средний пр., 61.

ИЗДАТЕЛЬСТВО «НЕДРА»

201

45 коп.



НЕДРА