

Министерство образования и науки Украины

Национальная академия природоохранного и курортного строительства

**В. В. Юдин**  
**Ю. Г. Юровский**

## **Геологические тела, карты и разрезы**

*Учебное пособие*

Симферополь

2006

**УДК 551.243**

**Геологические тела, карты и разрезы. Учебное пособие** по практическим занятиям курсов «Общая геология, Инженерная геология, Инженерная геология с основами механики грунтов, Инженерная геология и гидрогеология». Для студентов НАПКС очной и заочной форм обучения, по специальностям: НГТ, ПГС, ТГВ, ВВ, ГМ. Симферополь, НАПКС, 2006. - 47с.

Авторы-составители профессор В.В. Юдин, профессор Ю.Г. Юровский  
Компьютерное оформление И.В. Петрова

Рецензенты: доктор геол.-минер. наук, профессор В.Н. Саломатин  
доктор геологических наук М.Е. Герасимов

Утверждено на заседании Ученого совета НАПКС,  
протокол № 7 от 22.03.2006г.

## Оглавление

	Стр.
<b>Введение</b> .....	4
<b>1. Формы геологических тел</b> .....	5
Геологические тела осадочного происхождения.....	6
Стратиграфическая шкала.....	9
Несогласное и согласное залегание пород.....	11
Складки и флексуры.....	12
Разрывные нарушения.....	17
Формы магматических тел.....	24
<b>2. Геологические карты</b> .....	25
Определения.....	25
Масштабы карт.....	26
Комплектация .....	26
Условные обозначения.....	27
Чтение геологических карт.....	28
<b>3. Построение геологических разрезов</b> .....	31
3.1. Вводные положения.....	31
3.2. Оформление геологического разреза.....	32
3.3. Методы построения складчатых структур.....	34
3.4. Геологическое описание разреза и выводы.....	36
<b>4. Современные методики составления разрезов</b> (дополнительные материалы).....	37
4.1. Метод кинк-зон.....	37
4.2. Сбалансированные разрезы.....	38
<b>Рекомендуемая литература</b> .....	44
<b>Терминологический словарь</b> .....	45

## ВВЕДЕНИЕ

Настоящее пособие составлено на основе личного многолетнего опыта построения геологических карт и разрезов, последних теоретических представлений, практики преподавания курсов «Общая геология» и «Инженерная геология», а также учебных пособий ведущих отечественных и зарубежных высших учебных заведений. Оно соответствует программе курсов, утвержденных Министерством образования и науки Украины. В работе изложены вопросы, которые недостаточно полно освещены в учебно-методической литературе или представлены в ней в теоретически устаревшей форме. Учебное пособие предназначено для студентов очной и заочной форм обучения всех геологических и не геологических специальностей НАПКС. Дополнительно в нем помещены справочные материалы и краткий терминологический словарь.

Создание геологических карт и разрезов – профессиональный творческий процесс, отражающий современное состояние геологической науки. Студентам, испытывающим в поле затруднения в понимании объектов, преподаватели обычно советуют: «Картируйте и все выяснится». Для составления карт используется комплекс работ, называемый геологической съемкой. Она включает в себя:

1. Маршрутные исследования с изучением объектов литологии, стратиграфии, тектоники, полезных ископаемых и других разделов геологии.
2. Различные геофизические исследования и их анализ (сейсморазведка, гравитаразведка, магниторазведка, электроразведка и др.).
3. Геоморфологические наблюдения с изучением опасных геологических процессов.
4. Дешифрирование аэрофотоснимков и космоснимков.
5. Горнопроходческие работы и бурение.
6. Лабораторные исследования и камеральную обработку данных.

К выше перечисленному, можно добавить определения возраста пород по фауне и флоре, изотопное датирование, проведение комплекса геохимических исследований, изучение перспектив поиска полезных ископаемых и мн. другое.

Достоверность отображения геологических построений на картах достигается не только полнотой (кондиционностью) и тщательностью проведения исследований, но и правильным выбором современных теоретических концепций о строении и развитии земной коры. Здесь уместно вспомнить афоризм: «Самая практичная вещь на свете – хорошая теория».

Такая теория появилась во второй половине двадцатого столетия и была названа сначала тектоникой литосферных плит, а затем - новой глобальной тектоникой или актуалистической геодинамикой. Некоторое время она конкурировала с концепцией геосинклиналей, предложенной американскими учеными Дж. Дэном и Дж. Холлом. При этом надо отдать должное геологам США. Создав геосинклинальную концепцию, которой 150 лет пользовались геологи всего мира, они первыми от нее и отказались. Для этого потребовались очень веские основания, которые появились в результате комплексного

изучения дна мирового океана, проведенного с борта научно-исследовательского судна “Гломар Челленджер” и его аналогов.

В настоящее время тектоника литосферных плит занимает господствующее положение в мире, по существу являясь первой геологической теорией. Смена парадигм происходила не просто, а в виде научной революции. Большинству геологов пришлось и приходится переучиваться, осваивая новые приемы и способы отображения геологической информации на картах, новую терминологию, ранее пропущенные объекты и др. При этом, не остается без внимания большой опыт и фактический материал предыдущих исследований, который обобщается и переинтерпретируется. Известная мысль “геолог видит то, что знает” наиболее четко отражается в современном понимании геологических объектов именно при геологической съемке.

Развитие геологической науки, в связи с появлением теории тектоники литосферных плит, привело к появлению на геологических картах новых условных обозначений и понятий. Например, стали выделяться коллизионные швы (сутуры), меланжи – особые хаотические комплексы, возникающие при столкновении (коллизии) литосферных плит и террейнов, и некоторые другие геологические образования. Стали выполняться палиспанстические реконструкции, в которых смятые породы приводятся в первоначальное горизонтальное, доскладчатое положение. По-новому интерпретируется характер и направленность тектонических движений, объясняются причины тех или иных деформаций земной коры и вся ее эволюция. В связи с этим современные геологические карты, особенно зарубежные, приобрели иной вид, более точно отражающий реальное геологическое строение территорий. Поскольку на основе геологических карт составляются и другие карты (гидрогеологические, геохимические, полезных ископаемых, геодинамические и т.д.), новые взгляды затронули и эти дисциплины. Особое значение они приобрели при поисках и разведке нефти и газа. Неизменным осталось одно: геологическая карта – основной геологический документ и главный инструмент при изучении земных недр.

## 1. ФОРМЫ ГЕОЛОГИЧЕСКИХ ТЕЛ

При изучении геологии выделяются, описываются и картируются различные объекты, существенно отличающиеся друг от друга составом, возрастом и происхождением. К *геологическим телам* относятся следующие.

1. Слоистые осадочные породы и их комплексы (слои, толщи, свиты, формации);
2. Магматические тела разного состава, формы и происхождения;
3. Метаморфические комплексы - породы, преобразованные давлением и температурой при региональном, контактовом и динамометаморфическом воздействии;
4. Складки и разрывы, образованные при разных тектонических режимах;

5. Микститы - передробленные и смешанные комплексы пород тектонического происхождения (меланжи и олистостромы). На старых картах они не отображались.

Наука, занимающаяся изучением форм, происхождения и эволюции геологических тел, называется *тектоникой* (от греческого слова «тектон» - строитель). Формы геологических тел могут быть первичными и вторичными. *Первичными* называются те формы, которые приняли породы при их образовании, например, слой известняка или лавовый поток. В результате деформаций слои могут сминаться в складки, нарушаться разрывами, приобретая *вторичную* форму. Геологические тела ограничены непрерывными или почти непрерывными поверхностями. Эти границы наносятся на геологические карты и разрезы для получения общего представления о строении района.

### 1.1. Геологические тела осадочного происхождения.

**Слой и его элементы.** *Слоем* называется более или менее однородный осадок или горная порода, ограниченные поверхностями наслоения (напластования). Верхняя поверхность наслоения называется *кровлей*, а нижняя – *подошвой*. Чередование слоев называется *слоистостью*. Однородность слоев может быть выражена в составе, окраске, типе осадочных структур и текстур и т.д. Помимо термина "слой" на практике часто используется термин "пласт", который чаще используют для слоев, содержащих полезные ископаемые.

Принципиально важным является то, что для всех видов напластований, кроме косой речной слоистости, первичный угол наклона обычно не превышает долей градуса. Только для некоторых типов осадков, ныне накапливающихся на склонах (например, флиш, лавовые потоки) первичный угол может достигать нескольких градусов. По этой причине, если мы видим слои с углами падения более  $5^\circ$ , и это не косая слоистость, то с большой степенью уверенности можно говорить, что данные слои претерпели деформацию после их осадконакопления и наблюдаемые элементы залегания являются вторичными. Если слои расположены субвертикально, то такое залегание наверняка вторичное.

Границы между слоями могут быть как резкими, так и постепенными. Расстояние между кровлей и подошвой слоя, называется *мощностью*. Кратчайшее расстояние между кровлей и подошвой слоя называется *истинной мощностью*.

Каждый слой характеризуется элементами залегания – *азимутом простирания*, *азимутом падения* и *углом падения* (**рис.1.1**). Линией простирания называется линия пересечения поверхности слоя с горизонтальной плоскостью. Линией падения называется линия, перпендикулярная к линии простирания, лежащая на поверхности слоя и направленная в сторону его наклона. Она обладает наибольшим углом наклона поверхности данного слоя к горизонту. Углом падения (наклона) называется угол между линией падения и проекцией ее на горизонтальную плоскость. Элементы залегания измеряются геологическим компасом.

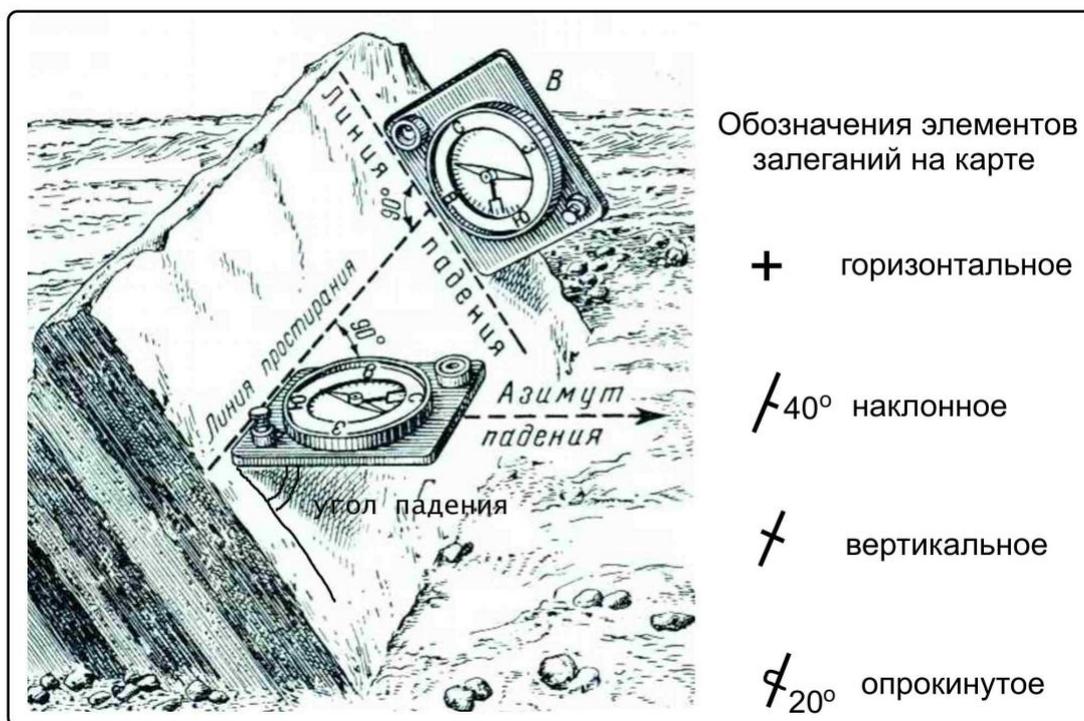


Рис.1.1. Горный компас и элементы залегания пород

Навыки работы с горным компасом студенты получают на практических занятиях и на полевых геологических практиках. Здесь мы лишь отметим, что конструкция горного компаса существенно отличается от обычного туристического тремя главными особенностями (см. рис. 1.1):

1. Горный компас обязательно имеет квадратную или прямоугольную форму.

2. Градуировка на лимбе нанесена в направлении обратном обычному компасу (*против часовой стрелки*). В результате, запад обозначен справа, а восток - слева. Все замеры делаются только по синей (или черной) северной стрелке. Это позволяет легко без пересчетов определять азимуты и наносить их на карту (например, азимуты падения, простирания, хода маршрута и др.).

3. Горный компас снабжен отвесом (клинометром) со шкалой для измерения углов наклона пород и других поверхностей.

При работе с горным компасом его располагают к себе югом и ручкой фиксации стрелки. Студенты хорошо запоминают мнемоническое правило «нордом от морды», то есть севером от себя. Освободив магнитную стрелку и направив компас удлиненной стороной на измеряемый азимут, по северной стрелке снимается отсчет и ориентировка по сторонам света (например, аз. падения 310°СЗ). Замер углов наклона делается при освобожденной стрелке отвеса. Некоторые модели горных компасов дополнительно оборудуются пузырьковым уровнем (как на рис. 1.1), визиром со вторым отвесом, линейкой для измерения расстояния на карте и др.

Если есть возможность независимым способом определить кровлю и подошву слоя, а кровля находится выше подошвы, то такое залегание называется *нормальным*. Если же подошва располагается над кровлей, то такое

залегание называется *опрокинутым*. В этом случае более древние породы залегают на молодых.

Углы падения можно условно разделить на три группы:

- 1- горизонтальное залегание слоев, когда угол падения равен  $0^\circ$ ;
- 2- вертикальное залегание слоев, то есть угол падения слоев равен  $90^\circ$ ;
- 3- наклонное залегание слоев (нормальное и опрокинутое), - когда угол падения слоев больше  $0^\circ$ , но меньше  $90^\circ$ . Большинство природных объектов имеют наклонное залегание.

Элементы залегания являются важнейшей информацией об ориентировке слоя в пространстве. Они наносятся на геологическую карту в виде соответствующих условных обозначений (рис. 1.1). В мировой геологии условный знак элемента залегания единый. Он состоит из длинного штриха, указывающего направление простирания слоя и короткого штриха, указывающего направление его падения. Рядом цифрой показана величина угла падения в градусах.

*Горизонтальное залегание.* При горизонтальном залегании азимут простирания пород не имеет смысла и элементы залегания полностью определены только одним элементом – углом падения, равным  $0^\circ$ . На картах оно обозначается крестиком (рис. 1.1).

Давайте вспомним, что на топографических картах рельеф изображается с помощью горизонталей - оцифрованных изолиний - изогипс. Изогипса пересекает земную поверхность в горизонтальной плоскости. Поскольку при горизонтальном залегании слой так же является горизонтальной плоскостью, то выходы его на поверхность земли будут совпадать или быть параллельными изогипсам рельефа.

*Вертикальное залегание* обозначается крестиком, вытянутым по простиранию. При вертикальном залегании угол падения слоя равен  $90^\circ$ , а сам слой является фрагментом вертикальной плоскости. Эта плоскость будет пересекать горизонтали, а вертикально залегающий слой будет изображаться на карте в виде прямой линии с определенным азимутом простирания слоя. Справедливо и обратное утверждение – если на карте выходы слоя изображены в виде прямой линии, то слой имеет вертикальное залегание. При вертикальном залегании для изображения слоя на карте необходимо знать только азимут его простирания.

*Наклонное залегание.* В отличие от предыдущих случаев, здесь равное значение имеют как простирание, так и падение пород, которые могут изменяться от места к месту. Обычно поверхность слоя имеет сложную форму, в той или иной степени похожую на рельеф поверхности Земли. Во всех складчатых системах широко развиты участки, в которых слои параллельны друг другу и имеют форму наклонной плоскости. В этом случае говорят, что слои слагают *моноклиналь*. В пределах участка с моноклинальным залеганием элементы залегания у всех слоев одинаковы.

## 1.2. Стратиграфическая шкала

Термин *стратиграфия* происходит от латинских слов «стратум»- пласт, слой и «графо»- описываю. Осадочные породы формировались в течение очень длительной геологической истории развития Земли и имеют разный возраст. Возраст пород определяется разными методами:

- 1- по остаткам ископаемой фауны (биостратиграфическая шкала);
- 2- по изотопному датированию минералов и пород (абсолютная геохронологическая шкала, где за единицу времени принят один миллион лет);
- 3- по характеристикам остаточной намагниченности пород (магнитостратиграфическая шкала);
- 4- по соотношению пластов в ненарушенных разрезах осадочных пород (литостратиграфия по свитам и сериям) и др.

Все методы датирования геологических тел сведены в общую стратиграфическую шкалу, которая является универсальной для геологии всего мира. Эта шкала – важнейший документ, отражающий последовательность образования пород Земли. Ее надо знать обязательно и выучить с первых шагов изучения геологии. На **рисунке 1.2.** приведен значительно упрощенный вариант шкалы, необходимый в курсе обучения для запоминания.

Крупнейшими подразделениями стратиграфической шкалы является *зоны* - архейский, протерозойский и фанерозойский. Первые из двух эонов относятся к древнейшим этапам геологического развития Земли и имеют огромный временной диапазон – около 3 млрд. лет. Название их происходит от греческих слов архос – древний и протеро – первичный. Фанерозойский эон (от греч. фанеро- явный и зоо- жизнь), подразделяется на 3 эры. *Палеозойская эра* (от греч. палеос - древний), включает 6 периодов; *мезозойская* - (от греч. мезос-средний) содержит 3 периода и *кайнозойская эра* (кайнос- новый) также разделена на 3 периода. Периоды названы по районам мира, где впервые были описаны и изучены наиболее полные их разрезы.

Запомнить последовательность названия периодов на первых этапах изучения не просто. Предлагаем мнемонику для их запоминания (от древних к молодым). Для палеозоя последовательность периодов КЕМбрий, ОРдовик, СИлур, ДЕвон, КАрбон, Пермь можно запомнить в виде слова «КЕМОРСИДЕКАП». Для мезозойской эры последовательность периодов ТРИас, Юра, Мел – как слово «ТРИЮМ». Последовательность эпох кайнозойской эры ПАлеоген, НЕоген ЧЕТвертичный можно запомнить по искусственному слову «ПАНЕЧЕТ». Четвертичный период, иногда также называют *антропоген*, (от греческого антропос- человек), а за рубежом - *квартер*. Он отражает современные геологические породы и процессы Земли последних 1,7 млн. лет в период с появления человека.

Все стратиграфические подразделения имеют универсальные и одинаковые во всех странах индексы, например, кембрий - С, ордовик - О, силур- S, девон - D и т.д. (**рис. 1.2**). Эпохи (отделы) обозначаются цифрами - 1, 2, 3, которые ставятся справа от индекса внизу: нижняя юра - J<sub>1</sub>, верхний мел - K<sub>2</sub>

и т.д. Эти индексы необходимо запомнить как азбуку, так как с их помощью читаются геологические карты и разрезы.

Эон (эонотема)	Эра (эратема)	Период (система) (цвет на карте)	Эпоха (отдел)	Шкала абсолютного времени, млн лет		
				начало и конец периода	продолжитель- ность	
					периода	эпохи
ФАНЕРОЗОЙ	Кайнозойская KZ	Четвертичный Q(сер)		1,7	1,7	
		Неогеновый N (желтый)	Плиоценовая		23	21
			Миоценовая	42		17
		Палеогеновый P (оранжевый)	Олигоценная		12	
			Эоценовая		18	
	Палеоценовая		11			
	Мезозойская MZ	Меловой K (зеленый)	Поздняя	65	70	
			Ранняя			
		Юрский J (синий)	Поздняя, или Мальмская	135	55–60	24
			Средняя, или Доггерская			18
			Ранняя, или Лейасовая			18
		Триасовый T (фиолетовый)	Поздняя	190	40	24
			Средняя			10
	Ранняя		6			
	Палеозойская PZ	Пермский P (светло-коричневый)	Поздняя	230	55	18
			Ранняя			37
		Каменноугольный C (серый)	Поздняя	285		10
			Средняя			23
			Ранняя			32
		Девонский D (коричневый)	Поздняя	350	55	20
			Средняя			15
			Ранняя			20
		Силурийский S (оливковый)	Поздняя	405	30	15
			Ранняя			15
		Ордовикский O (сине-зеленый)	Поздняя	435	45	12
	Средняя		20			
	Ранняя		13			
	Кембрийский E (зелено-синий)	Поздняя	480	90	30	
		Средняя			30	
		Ранняя			30	
	Протерозой PR	Рифей R	Вендская V (красно-коричневый)	680	110	
					970	
нижний		(коричнево-красный)	1650	950		
Архей AR	верхний		2600	более 900		
	нижний	(красный)			3500	

Рис. 1.2. Геохронологическая стратиграфическая шкала.

Кроме индексов, возраст геологических тел на картах и разрезах показывается цветом. Каждый период (система) имеет свой цвет, которым и показывается на геологической карте. Эти цвета общеприняты и замене не подлежат. В упрощенном виде они приведены на рисунке 1.2. Современные геологические карты и разрезы закрашены в эти строго определенные цвета. В электронных версиях карт им соответствуют государственные стандарты RGB. Запомнив цветовую гамму, можно достаточно просто даже на расстоянии «прочитать» геологическую карту и представить себе основные отраженные на ней комплексы геологических тел.

### 1.3. Несогласное и согласное залегание.

При формировании слоистых толщ их накопление может происходить непрерывно или с перерывами. Если произошел перерыв в осадконакоплении, то говорят о *несогласном залегании* между комплексами. При таком определении полностью исключается масштаб проявления. Например, мы можем говорить о региональном несогласном залегании толщ мелового возраста на палеозойских породах и о несогласном залегании между тонкими слоями песчаника и аргиллита, различимом лишь под микроскопом. Однако если несогласное залегание распознается в сближенных обнажениях или в пределах небольшой структуры, то такое несогласие называется *локальным или местным*. Если же несогласное залегание охватывает значительный район и может быть прослежено в пределах листа карты, то такое несогласие называется *региональным*.

Несогласное залегание состоит из трех элементов - поверхности несогласия, перекрывающего и подстилающего комплексов. Обычно поверхность несогласия легко выявляется в поле по характерной волнистой форме, наличию "карманов" и локальных размывов, срезанием слоев подстилающего комплекса (**рис. 1.3**).

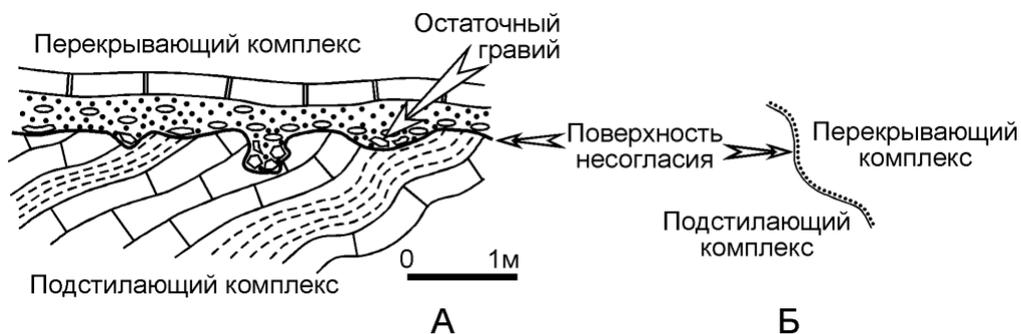


Рис. 1.3. Вид несогласного залегания: А - в обнажении, Б - на карте.

На картах и разрезах несогласное залегание ранее показывалось линией с точками, поставленными в области развития перекрывающего комплекса. На современных картах оно обычно изображается только линией, как и обычные

границы. В этом случае несогласие распознается по срезанию перекрывающим комплексом слоев из подстилающего комплекса или по появлению "пробелов" в стратиграфическом разрезе. На стратиграфических колонках несогласные залегания показываются волнистой линией

*Возраст несогласия* определяется как моложе самого молодого образования в подстилающем комплексе, но древнее самого древнего образования в перекрывающем комплексе. Несогласие называется *угловым*, если есть разница в элементах залегания в перекрывающем и подстилающем комплексах. При этом поверхность несогласия срезает слои в подстилающем комплексе. Обычно это наблюдается при разнице в углах падения в перекрывающем и подстилающем комплексах более чем  $3^\circ$ . *Параллельным несогласием* называется контакт пород, если перекрывающий и подстилающий комплексы имеют одинаковые элементы залегания, но между ними доказана неполная стратиграфическая последовательность.

В литературе можно встретить термины *стратиграфическое несогласие* (связанное с нарушением в стратиграфической последовательности слоев) и *тектоническое несогласие*. Понятие "тектоническое несогласие" отражает совсем иной процесс. Оно выражено в разных углах падения пород в крыльях разрывов, например, в пологом надвиге, и не относится к категории стратиграфических терминов.

Итак, что является признаком наличия несогласия?

1. Наличие углового несоответствия между перекрывающим и подстилающим комплексами.
2. Поверхность несогласия часто имеет многочисленные неровности, промоины, "карманы", признаки выветривания такие как пустынный загар на поверхности галек, палеопочвы и т.д.
3. Наличие базального конгломерата, содержащего обломки подстилающих толщ.
4. Резкое различие в степени уплотнения и метаморфизма пород или локальное перекрытие перекрывающего комплекса магматических тел, рвущих нижний комплекс.
5. Возрастной пробел в возрасте слоев выше и ниже поверхности несогласия.
6. Резкий переход от типичных морских (особенно глубоководных) отложений к континентальным толщам и наоборот.

Большинство перечисленных признаков можно выявить при анализе геологической карты и стратиграфической колонки.

#### 1.4. Складки и флексуры

Складками называют волнообразные изгибы плоских структурных элементов без разрыва их сплошности. Термин "складка" применяется при описании структурных форм, образованных как слоистыми осадочными толщами, так лавовыми потоками, силлами, сланцеватостью, метаморфической

и магматической полосчатостью, поверхностью разрывных нарушений и др. В дальнейшем мы будем рассматривать складки на примерах осадочных пород.

Складки - наиболее широко распространенные структурные формы, особенно в горных системах. Они могут иметь размер от долей миллиметров до десятков и сотен километров. Независимо от размеров складки имеют сходные морфологические характеристики и описываются одними и теми же терминами. Когда в одном и том же регионе встречаются складки разного размера, то самые крупные выделяют как *складки первого порядка*, более мелкие – *складки второго порядка*, третьего и так далее.

Наиболее простыми складчатыми формами являются *флексуры* – коленообразные изгибы пород, наблюдаемые как в разрезе, так и в плане (**рис. 1.4**). Элементами флексуры являются два *параллельных крыла* и *смыкающее крыло*, а также *угол наклона смыкающего крыла* и *амплитуда флексуры*. Изгибы флексур обычно пологие. Если изгиб имеет форму ломаной линии, то структура называется *зоной (полосой) излома* или *кинк зоной* (от английского слова *kink* – излом).

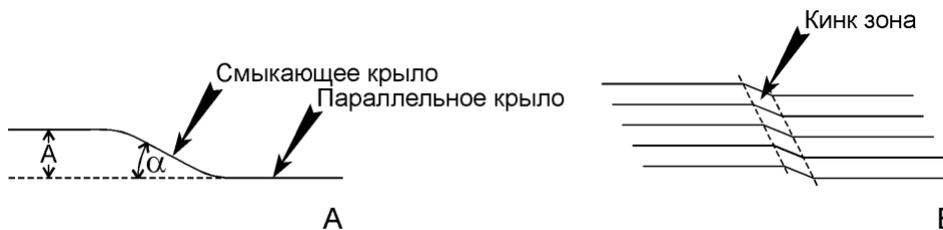


Рис. 1.4. Флексура (А) и кинк зона (Б). А – амплитуда флексуры,  $\alpha$  – угол наклона смыкающего крыла.

Наиболее широко распространенная классификация складок состоит из разделения их на *антиклинали* – складки, обращенные выпуклостью вверх, *синклинали* – складки, обращенные выпуклостью вниз, и *нейтральные* – складки как бы "лежащие на боку", у которых выпуклость обращена в горизонтальном направлении (**рис. 1.5**). Во внутренней части антиклиналей обнажаются более древние породы, чем во внешней части. В ядрах синклиналей – наоборот, расположены более молодые породы, чем во внешней части.

Студенты часто путают названия складок. Чтобы легче визуальюно запомнить их, посмотрите на рис.1.5 и представьте себе букву "А", составляющую слово "А"нтиклиналь, а повернутую букву "С"- как "С"инклиналь.

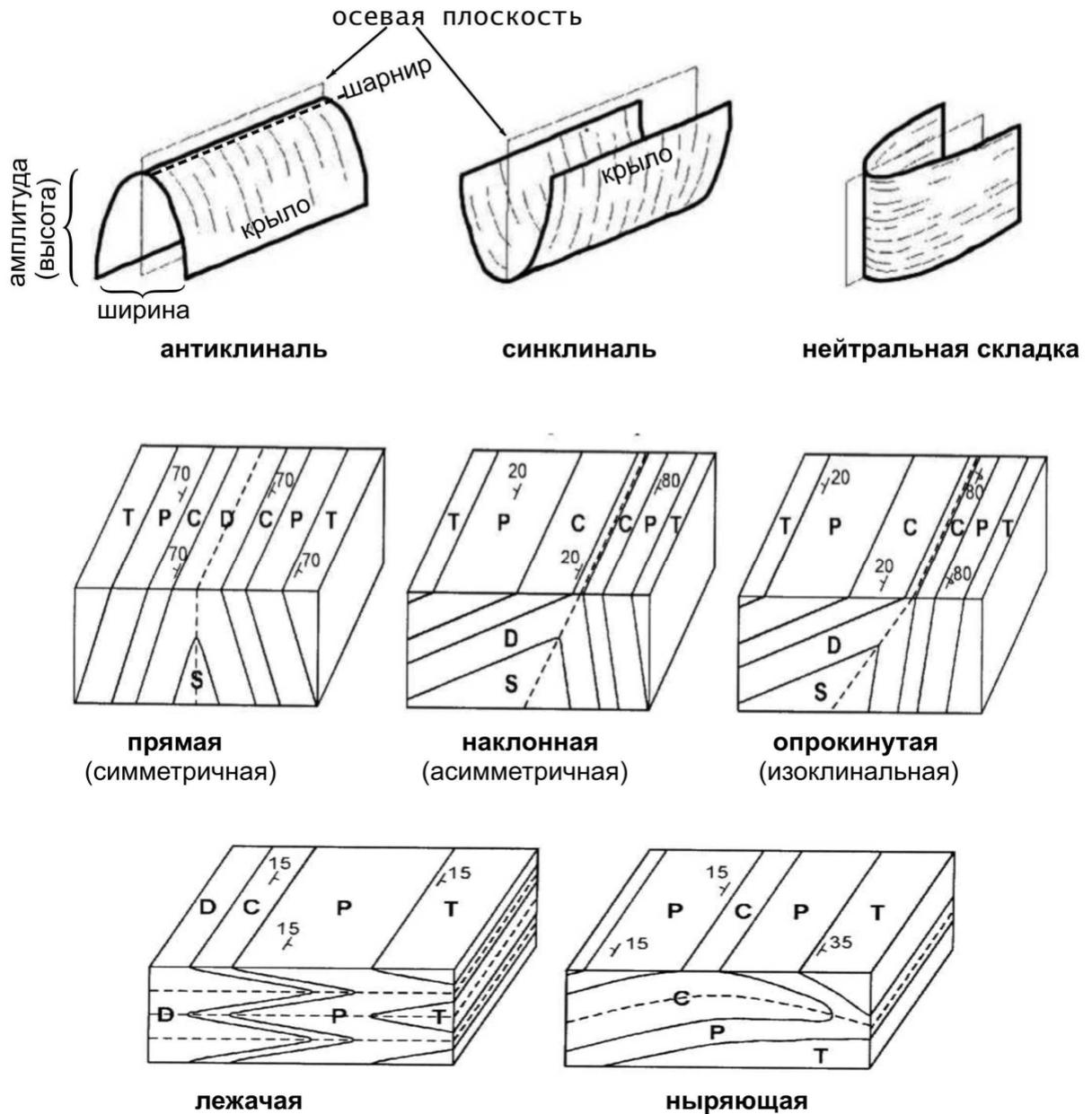


Рис. 1.5. Складки и их основные типы в разрезе и в плане

По наклонам крыльев складки подразделяются на симметричные, асимметричные, наклонные, лежащие, ныряющие и др. (рис. 1.5)

**Элементы складок.** Если посмотреть на разрез складки, то легко обнаружить точку с наибольшей кривизной поверхности. Линия, соединяющая эти точки в пределах одного слоя, называется *шарниром* складки. Осью складки называется проекция шарнира на горизонтальную поверхность. Плоскость, проходящая через шарниры всех слоев складки, называется *осевой поверхностью (плоскостью)* складки. Внутреннюю часть складки называют *ядром*, а участки по обе стороны - *крыльями* складки. Если рассматривать перпендикулярный к шарниру разрез, то расстояние между двумя соседними точками перегиба называется *шириной* складки, а расстояние по одному пласту

между шарнирами антиклинали и синклинали по осевой плоскости - *амплитудой складки*. Отношение высоты складки к ее ширине называется *сжатостью складки* и является важнейшей ее характеристикой, измеряемой градусами угла.

Если соединить все самые высокие точки смятого в складку слоя, то мы получим *гребень*, *замок* или *свод* антиклинали. Соединив гипсометрически самые низкие точки смятого в складку слоя, то мы получим *киль* синклинали. Когда шарнир складки не прямой, а волнистый, говорят об *ундуляции* (нырянии) шарнира.

Различают *концентрические складки*, в которых мощности пластов при смятии остались неизменны и *подобные складки*, в которых из-за пластичности и перетока пород произошло утоньшение пластов на крыльях и увеличение их мощности в ядре.

*Прямые складки* имеют вертикальную осевую поверхность и одинаковый наклон крыльев. На карте такая складка изображается в виде полосовых выходов горных пород одинаковой ширины.

*Наклонные складки* характеризуются разными углами наклона крыльев и в разные стороны. На карте при изображении такой складки ширина выходов одного и того же слоя в более крутом крыле оказывается меньше, чем в пологом.

*Опрокинутые складки* в крыльях имеют наклон пород в одну сторону, но под разными углами. На крыле с нормальным залеганием слоев угол падения меньше, чем на крыле с опрокинутым, субвертикальным залеганием. Наличие крыльев с разной величиной углов падения слоев на карте отражается в виде разной ширины выходов разновозрастных пород.

*Лежачими* называются складки с горизонтальной или субгоризонтальной осевой плоскостью. На карте они могут быть распознаны только при наличии глубокого эрозионного вреза рельефа, позволяющего вскрыть оба крыла. При пологом рельефе лежачую складку легко спутать с горизонтально залегающими слоями или моноклиналью.

*Ныряющие складки* в вертикальном разрезе имеют осевую плоскость, которая сама образует синклинальную или антиклинальную складку. При описании таких структур используют термины "синформа" и "антиформа". В расчлененном рельефе их вид на карте очень сложен, а при слабо расчлененном - их легко спутать с пологими складками. Все виды перечисленных складок встречаются в Горном Крыму.

В плане, на геологической карте, многие складки имеют форму, близкую к эллипсоидальной, с замкнутым контуром (**рис. 1.6**). Если отношение длинной оси и короткой велико (более 7), то такая складка называется линейной. При отношении длинной оси к короткой менее 3, складка называется брахиформной (брахисинклиналь или брахиантиклиналь). При изометричной форме ее называют куполовидной для антиклинали, и чашевидной для синклинали. Замыкания антиклинальных складок называется периклиналью, а синклинальных - центриклинальным замыканием.

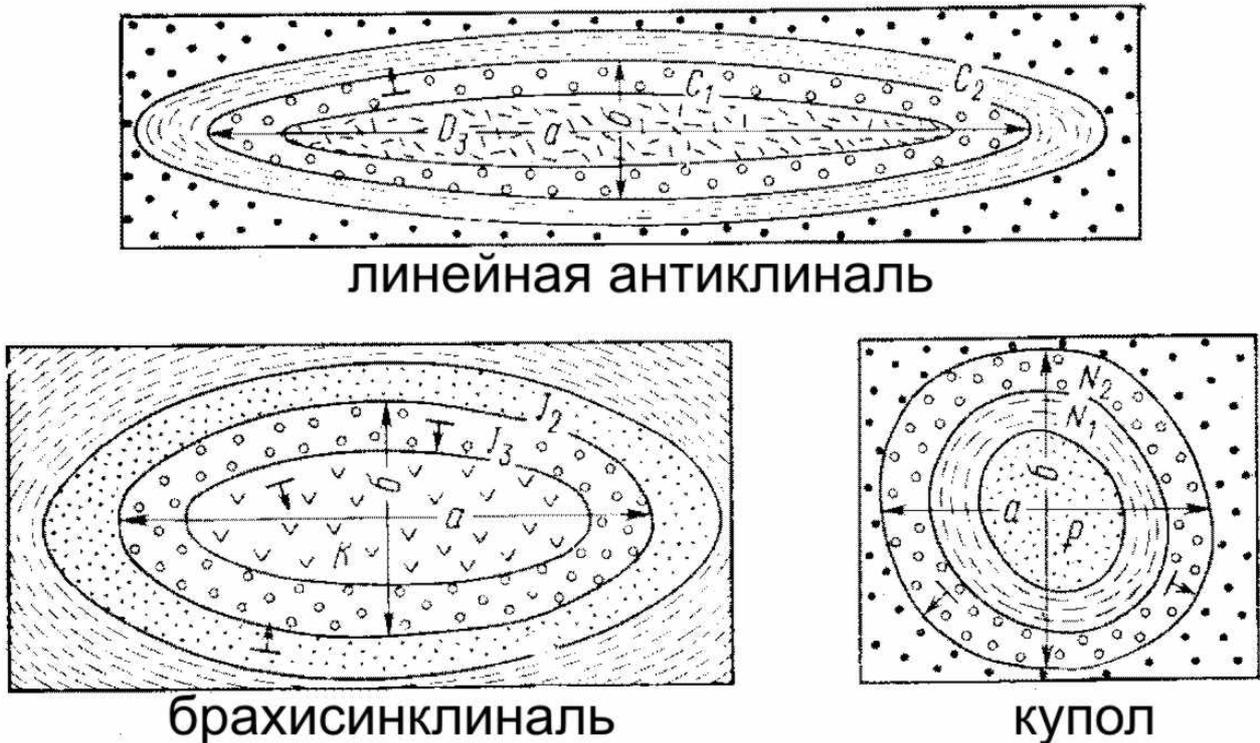


Рис. 1.6. Формы складок на геологической карте в плане.

Большинство складок формируется при перемещении слоев по разрывам. На (рис. 1.7) показаны разные варианты их происхождения при движении по послойному срыву (флэту) и секущим напластования рэмповым надвигом. Необходимым условием формирования складок является наличие пластичного (некомпетентного) слоя - глин, углей, сланцев или солей, по которым более жесткие породы смещаются и сминаются в складки. Формы складок во многом определяются величиной перемещения по надвигам.

При описании необходимо отмечать следующие основные особенности складок: размеры, амплитуду, тип, положения шарнира и осевой плоскости, залегания крыльев, степень сжатости (отношение высоты к ширине и угол между крыльями) и т.д.



Рис. 1.7. Складки срыва

## 1.5. Разрывные нарушения

Наряду со складками, важнейшими объектами геологического картирования являются разрывы (или дизъюнктивные дислокации). Среди них выделяются две большие группы – нарушения без смещения и нарушения со смещением. Первые называются *трещинами* или *диаклазами* и обычно не отражаются на геологических картах из-за малых размеров. Разрывы, как и складки, имеют разные масштабы проявления и подразделяются по порядкам от первого порядка, наиболее крупного в районе, до второго, третьего и т.д. по мере уменьшения размера.

Разрывы часто называют «разломами», что не вполне корректно. Обиходное понятие “разломать” подразумевает лишь один из видов разрыва - *раздвиг* и обычно используется в геологии при описании устаревших разломно-блоковых моделей в концепции фиксизма. Говоря «разлом», обычно подразумевается субвертикальное падение сместителя разрыва, что связано с недостаточной изученностью морфологии и кинематики разрыва.

Понятие *глубинный разлом* часто употребляется для наиболее крупных, надпорядковых разрывов. Однако применение этого термина допустимо при наличии 4 главных критериев выделения. Глубинный разлом должен иметь следующие признаки: 1)- планетарную протяженность; 2)- значительную (мантийную) глубину заложения; 3)- большую длительность активного проявления в десятки - сотни млн. лет; 4)- разделять блоки земной коры, отличающиеся по структурам, истории развития и тектоническому режиму. На континентах всем четырем признакам отвечают лишь *коллизионные сутуры* - швы, ограничивающие древние литосферные плиты. Поэтому без четко выявленных перечисленных критериев, термин “глубинный разлом” использовать не следует.

Поверхность разрыва называется *сместителем*. Он разделяет два *крыла* или блока. *Блоком* называется участок, ограниченный разрывами. *Висячее крыло* находится над поверхностью сместителя, *лежащее* - под разрывом. Чтобы не путать эти термины, нужно вспомнить, что в сместителях разрывов часто сосредоточены рудные залежи. Названия крыльев даны оттого, что при добыче руды на висячем крыле вешали шахтную лампу, а на лежащем - лежали инструменты.

Главными характеристиками разрыва являются элементы залегания поверхности сместителя (азимут и угол падения), а также величина перемещения по разлому (амплитуда). *Амплитуда* разрыва подразделяется на общую, а также на горизонтальную и вертикальную составляющие.

Традиционная **классификация разрывов** состоит из *сбросов и раздвигов* (образованных при растяжении), *взбросов и надвигов* (образованных при сжатии земной коры). Кроме того, при разных режимах образуются *сдвиги - разрывы* с перемещением параллельно земной поверхности (**рис. 1.8**). Для всех разрывов, кроме сдвигов, перемещение происходит по падению сместителя.

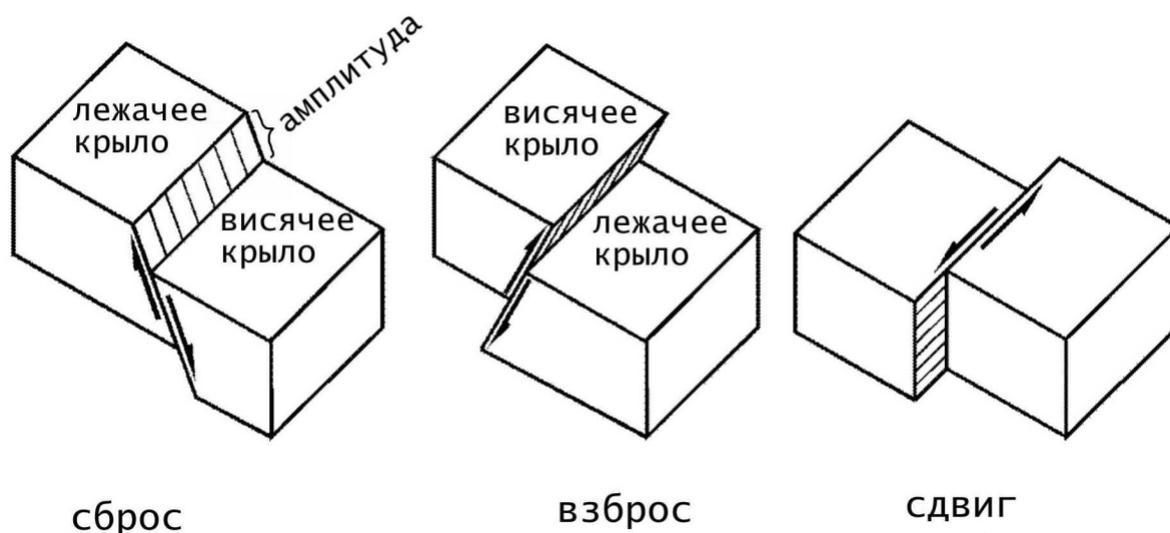


Рис. 1.8. Главные типы разрывов

Если происходит растяжение коры и висячее крыло перемещается вниз по падению относительно лежащего крыла, то разрыв называется *сбросом* (разрыв, поверхность сместителя которого падает в сторону опущенного крыла). Традиционно к сбросам относят вертикальные «разломы», имеющие только вертикальную составляющую перемещения.

При сжатии земной коры висячее крыло перемещается вверх относительно лежащего крыла, и такой разрыв называется *взбросом* (разрыв, поверхность сместителя которого падает в сторону поднятого крыла). Пологие взбросы с углом падения сместителя менее  $45^\circ$  называются *надвигами*.

В природе реальные перемещения в сместителях часто фиксируются и по простиранию, и по падению. Для таких разрывов используют двойное название, например, *сбросо-сдвиг*, ставя на второе место название с более значительным типом перемещения. Например, в сдвиго-надвиге – преобладает надвиг с подчиненным сдвиговой составляющей. Для многих разрывов характерно более крутое залегание у поверхности и постепенное выполаживание до субгоризонтального залегания на глубине. Такие разрывы называются *листрическими* (похожими на совковую лопату). Этот термин часто используется при описании и сбросов, и надвигов.

### **Морфологические характеристики разрывов и их отображение на картах**

Сбросы, как разрывы растяжения, разделяются на *согласные* и *несогласные*. Согласными называются такие, у которых поверхность сместителя и слои на крыльях падают в одну сторону. Если слои и поверхность сместителя падают в разные стороны, то такие разрывы называются несогласными сбросами (рис. 1.9 А, Б).

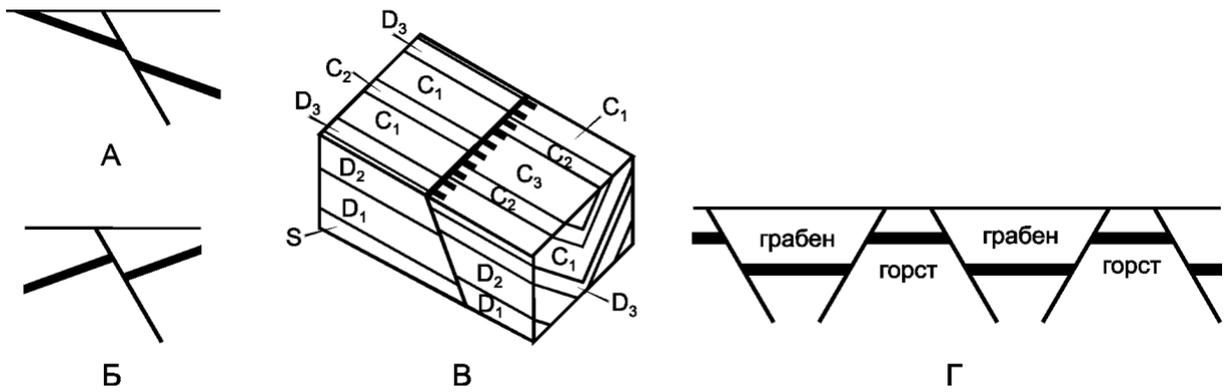


Рис. 1.9. Сбросы и их разновидности. А - согласные, Б - несогласные, В - на карте (штрихи ставятся на висячем крыле и указывают направление падения), Г - горсты и грабены, образованные сбросами разного наклона в разрезе

На геологическом разрезе в висячем крыле сброса обнажаются породы более молодые, чем в лежащем крыле. Структура, образованная двумя падающими в противоположные стороны сбросами, называется *горстом*. У горста боковые части опущены, а центральная часть осталась как бы приподнятой. Структура, образованная двумя встречно падающими сбросами, называется *грабеном*. У грабена центральная часть опущена относительно его боков. Такие структуры наиболее широко распространены в зонах регионального растяжения, особенно в современных рифтах и срединно-океанических хребтах. Аналогичные разрывы формируются на склонах в оползневых комплексах (*олистостромах*). Строго говоря, все сбросы имеют гравитационное происхождение и по своей сути это *экзогенные разрывы*.

Взбросы и надвиги также разделяются на *согласные* и *несогласные*. Согласными называются те, у которых поверхность сместителя и слои на крыльях падают в одну сторону, если же слои и поверхность сместителя падают в разные стороны, то они называются несогласными (рис. 1.10).

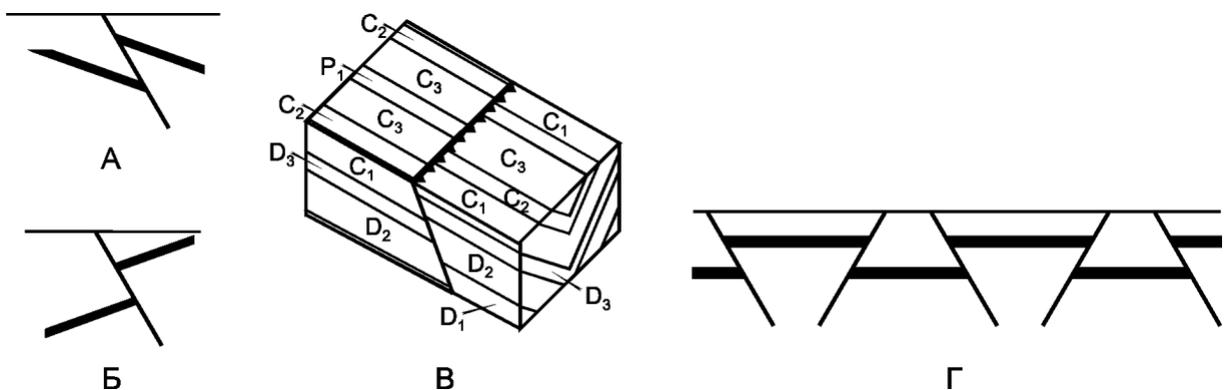


Рис. 1.10. Взбросо-надвиги и их разновидности. А - согласные, Б - несогласные, В - на карте (штрихи-зубцы на разрыве указывают направление падения), Г - чередование в разрезе встречно падающих взбросов формирует систему рампов.

Для разреза со взбросами типично удвоение части разреза, то есть повторение одних и тех же стратиграфических горизонтов. В надвинутом, висячем крыле, обычно обнажаются породы, более древние, чем в лежащем крыле. Структура, образованная двумя падающими в противоположные стороны взбросами (или надвигами), называется *рампом* (рис.1.10). У рампа центральная часть опущена относительно его боков.

**Надвиговые и покровно-надвиговые системы.** Напомним, что надвиг и взброс, по сути, один тип разрыва, но с разными углами наклона (меньше или больше  $45^\circ$ ). Надвиги являются самым распространенным типом разрывов на Земле. Поэтому для них существует специально разработанная терминология. Как показывают полевые наблюдения, данные геофизики и бурения, надвиги могут достигать гигантских размеров – до тысячи километров, образуя целые горные системы (рис. 1.11). Геологическое тело, перемещающееся по надвигу, называется *аллохтоном* (от греческого - другая земля).

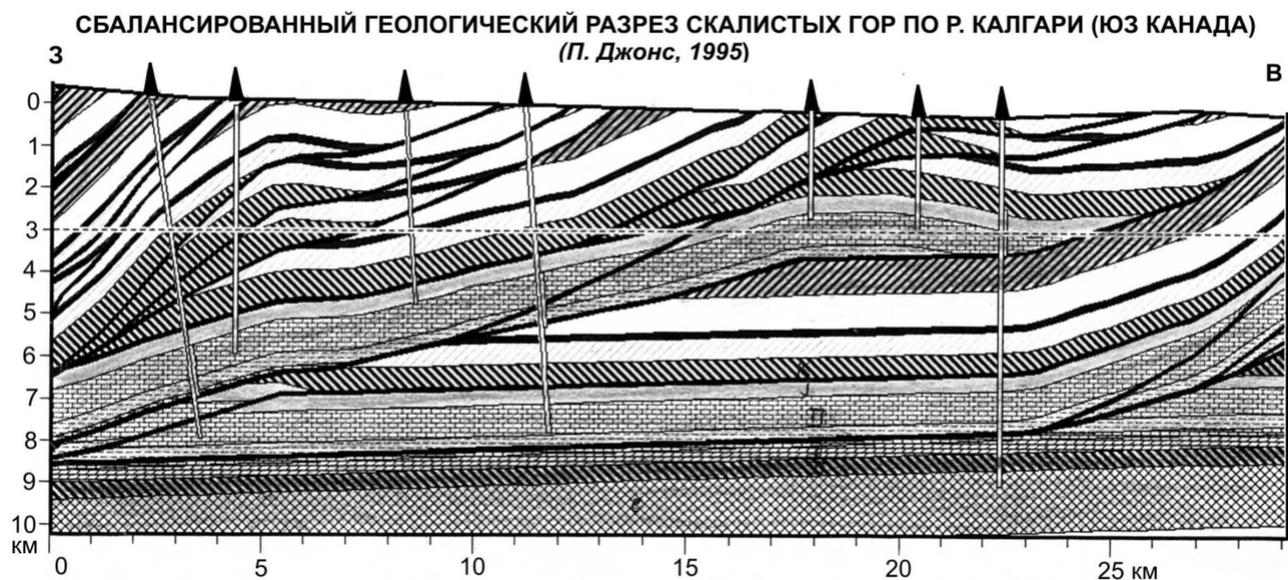


Рис. 1.11. Пример изученной покровно-надвиговой системы.

Если несколько крупных аллохтонов надвинуты друг на друга, то надвиг, ограничивающий покров снизу, называется *надвигом подошвы*, а надвиг, ограничивающий покров сверху – *надвигом кровли*. Надвиговые системы с большой горизонтальной амплитудой (в несколько километров или десятков километров) называются *шарьяж* (от франц. тащить, волочить) или *тектонический покров*. Вся совокупность покровов и надвигов называется покровно-надвиговой системой. Лежащие ниже самого нижнего надвига относительно стабильные комплексы пород называются *автохтоном*. Область, из которой произошли тектонические покровы, называется *зоной корней покровов* или *покровной сутурой*. Обычно сутура представлена

сравнительно узкой зоной очень интенсивно деформированных, брекчированных и глубоко метаморфизованных пород.

Внутреннее строение покровов разбито на отдельные блоки-чешуи с многочисленными надвигами. Надвиги редко встречаются изолированно. Обычно они образуют параллельные или субпараллельные системы. По своей форме в разрезе они напоминают чешую рыбы и по этой причине называются *чешуями*. Под *чешуйчатым веером* понимается система надвигов, в которой все соседние разрывы имеют сходные геометрические характеристики и близкие амплитуды, ответвляясь от надвига подошвы. Чешуйчатый веер на карте выглядит как серия параллельных разрывов с повторением одних и тех же пород в висячем и лежащем крыльях (**рис. 1.12**).

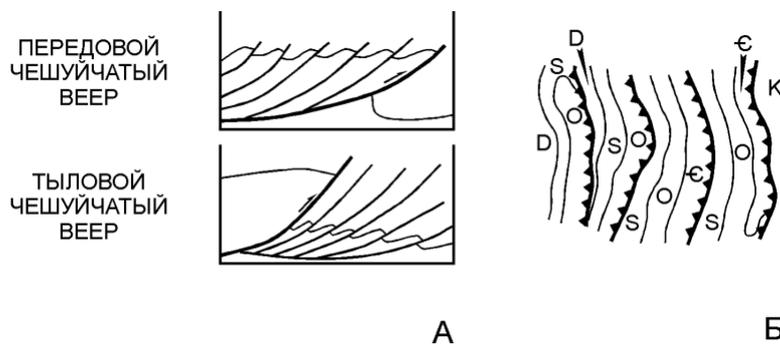


Рис. 1.12. Чешуйчатый веер: А- в разрезе, Б- на карте.

Надвиги не затухают внутри тектонического покрова. Обычно они имеют S-образную форму, ограничивая удвоенные чешуи, называемые *дуплексами*. На глубине они объединяются в единый субгоризонтальный разрыв, приуроченный к пластичной толще основания осадочного чехла на границе с жесткими породами фундамента.

При размыве фронта надвигов могут сохраниться *тектонические останцы*, которые называются *клиппами* или клиппенами. На картах они выглядят как редкие выходы относительно древних пород, располагающихся гипсометрически выше молодых. В самом аллохтоне эрозия локально может промыть *тектонические окна*, в которых обнажаются породы поднадвига (**рис. 1.13**). На картах они выглядят как редкие выходы относительно молодых пород, располагающихся при нормальном залегании гипсометрически ниже более древних пород.

В ряде случаев образуются надвиги, по которым движение происходит в сторону, противоположную общему перемещению большинства надвигов. Такие разрывы называются *обратными надвигами* или *ретронадвигами* (от французского реторо- обратно, назад). Наличие обратных надвигов во фронтальной части покрова является признаком наличия под поверхностью треугольных зон, показанных на (**рис. 1.14**).

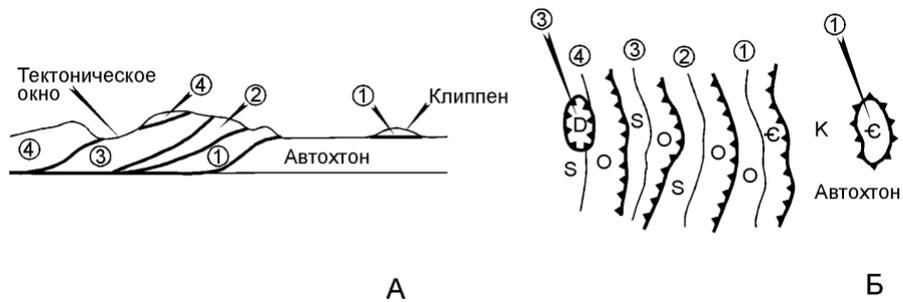


Рис. 1.13. Строение размытого фронта надвигов: А - в разрезе, Б - на карте. Цифры в кружках обозначают нумерацию покровов (снизу – вверх).

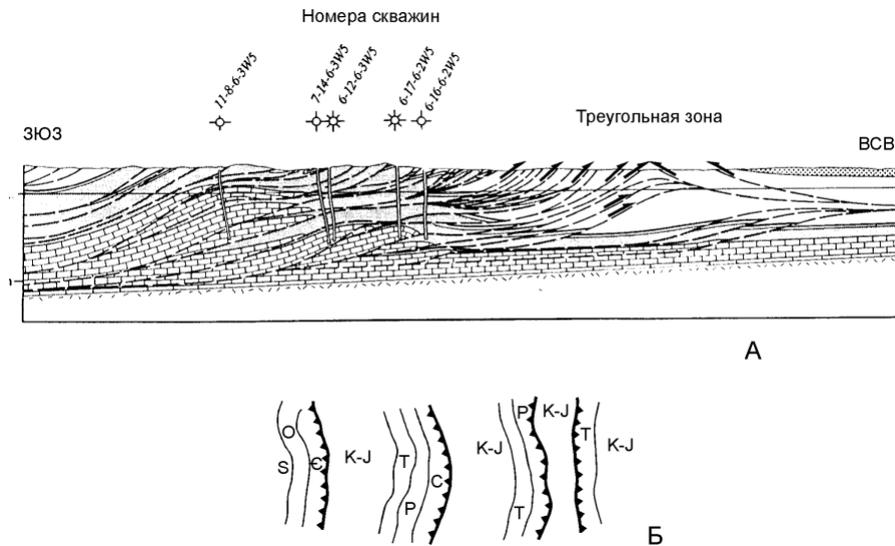


Рис. 1.14. Чешуйчатые надвиги, дуплексы и треугольные структуры: А - в разрезе, Б - на карте.

Большинство надвигов имеют ступенчатую форму. Первоначально, при сжатии ненарушенного осадочного комплекса, разрывы проходили по пластичным толщам (каменной соли, глин, углей) и располагались строго по слоистости. Послойный надвиг называется *флэт*. При достижении критического сжатия, флэт “перескакивает” на следующий уровень вверх, образуя секущий напластования пород надвиг - *рэмп*. При этом формируются рэмповые складки (см. рис. 1.7). Совокупность флэтовых и рэмповых надвигов создает большое разнообразие в сложном строении складчато-надвиговых областей.

**Сдвиги и связанные с ними структуры.** Сдвиги распространены меньше, чем надвиги, но также играют важную роль в строении земной коры. Наиболее крупные и изученные из них – сдвиги Сан-Андреас в Калифорнии, Таласо-Ферганский в Средней Азии, есть они и в Горном Крыму.

По морфологии Сдвиги делятся на *правые* и *левые сдвиги*. Они легко определяются по направлению перемещения противоположного крыла разлома и не зависят от того, с какой стороны мы подходим к разлому. То есть,

чтобы определить тип сдвига, нужно мысленно встать на одно его крыло и определить, куда двигалось второе крыло: если вправо - сдвиг правый и наоборот (**рис. 1.15**).

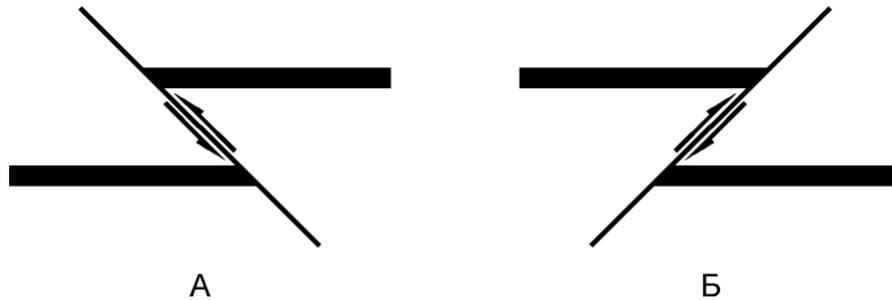


Рис. 1.15. Сдвиги, на карте в плане: А - левый, Б - правый.

Сместители у сдвигов обычно крутые, до вертикальных. Как следствие, на картах в плане они прямолинейные. Наиболее эффектно сдвиговые перемещения проявляются при сильных землетрясениях в виде смещения дорог, оград участков и даже речных долин.

В отличие от других типов разрывов, перемещение в сдвигах происходит не по одной плоскости, а в пределах *зоны сдвига*, мощность которой в исключительных случаях может достигать 10 км. Обычно сдвиги не затухают, а расщепляются на серию разрывов сдвиго-надвигового типа, образуя в плане *структуры конского хвоста* (**рис. 1.16**). При расщеплении зоны сдвига на несколько разрывов, в ней могут возникать ромбовидные в плане области растяжения с понижением рельефа, называемые *пулл-апарт* (*pull-apart*). В других участках образуются области сжатия с поднятиями, называемые *поп-ап* (*pop-up*).

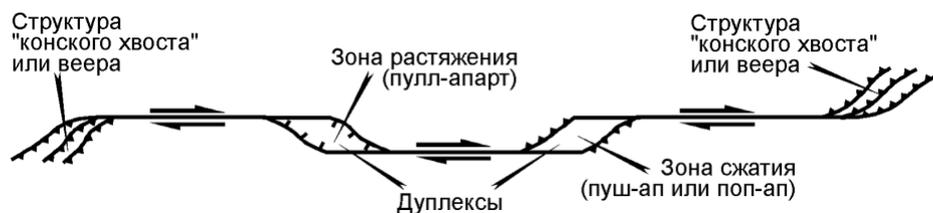


Рис. 1.16. Элементы строения сдвига.

**Меланжи и олистостромы.** Разрывы в природе представляют собой не абстрактную плоскость, а значительную зону дезинтеграции пород. Эта зона представляет собой отдельное геологическое тело, которое должно картироваться наряду с другими геологическими телами. Чем больше амплитуда разрыва, тем больше зона дробления и преобразования пород. Такие мощные зоны дробления называются *меланж* (от франц.- смесь). Меланж состоит из глыб крепких пород, которые именуются *кластолитами* (дословно обломанный камень) и полностью перетертых пород, называемых *матриксом*. Например, в Горном Крыму ширина выхода некоторых меланжей составляет 1-5 км, а размер глыб-кластолитов из разных пород - от метров до

первых сотен метров (Юдин, 2001). Меланж - эндогенный микстит и в нем присутствует множество проявлений рудной минерализации.

**Олистострома** – тоже хаотический комплекс, но уже экзогенного, оползневого происхождения. Любой контрастный рельеф испытывает режим горизонтального расползания за счет гравитации. Крупные массивы крепких горных пород сползают по склонам. Они называются *олистолитами*. Примерами олистолитов в Крыму являются известняковые оползневые массивы: г. Кошка, скалы Адалары в Гурзуфе, Красный Камень и др. Отколовшись от обрыва Главной гряды гор, они двигаются в абиссальные глубины Черного моря. Передробленная и оплывающая мелкообломочная порода, окружающая олистолиты, как и в меланжах, именуется *матриksom*. В матрикс включаются локальные тела отдельных оползней, селей, коллювиальные, делювиальные шлейфы и другие образования в составе олистостромового комплекса.

### 1.6. Формы магматических тел

Все магматические, породы образовались при застывании на глубине или на поверхности природных силикатных расплавов (магмы). Изначально расплавленные и затем затвердевшие породы весьма широко распространены на Земле, особенно в океанах. Они подразделяются на *интрузивные* (внедрившиеся и застывшие в земной коре) и *эффузивные* (излившиеся на ее поверхность). Классификация магматизма по происхождению, химическому составу, глубинности и приуроченности к геодинамическим зонам Земли приведена в лекциях и учебниках.

Формы магматических тел чрезвычайно разнообразны. На **рис. 1.17** показаны основные их типы. Морфологию и названия тел на рисунке необходимо запомнить, так как это необходимо при описании в дальнейшем карт и разрезов. На картах и разрезах возраст магматических образований и их состав отражаются индексами и цветом, приведенными в легенде карты, а на разрезах и стратиграфических колонках - также определенным крапом.

### Контрольное задание №1.

1. Выучить геохронологическую шкалу.
2. Запомнить элементы залегания осадочных пород
3. Научиться различать складки, разрывы и их элементы
4. Выучить формы геологических тел

Без знаний этого раздела невозможно выполнение контрольных заданий № 2 и № 3.

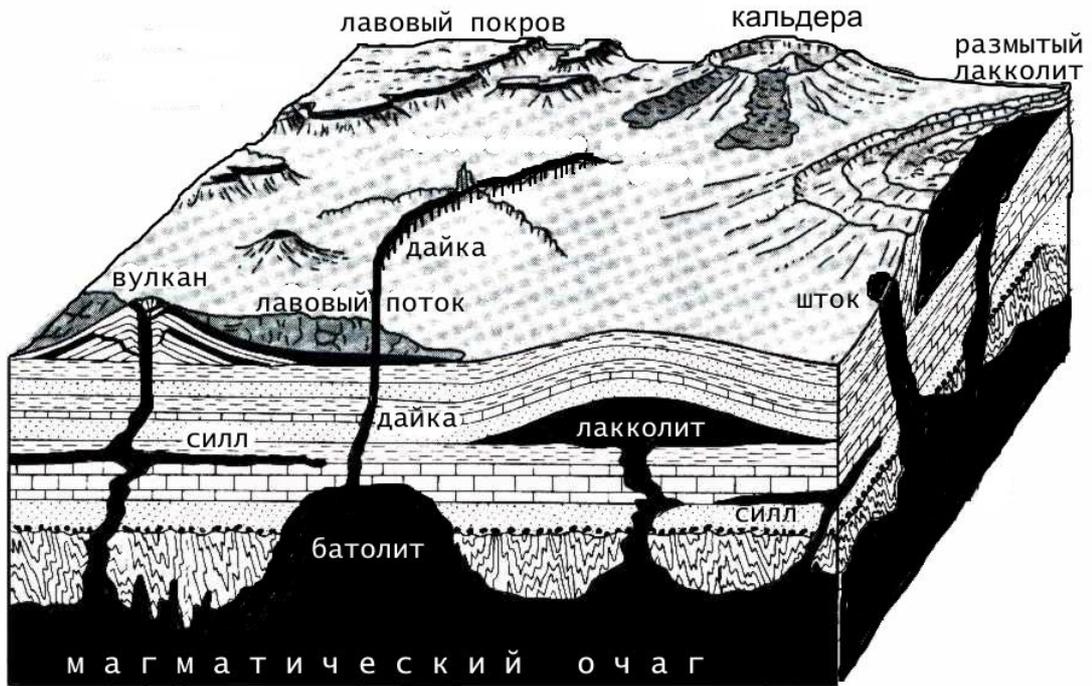


Рис. 1.17. Главные формы тел магматических пород

## 2. ГЕОЛОГИЧЕСКИЕ КАРТЫ

### 2.1. Определения

Геологическая карта представляет собой изображение на топографической основе распространения и условий залегания на земной поверхности горных пород и структур разного возраста и состава. Карта – плоскостное изображение, но наличие на ней рельефа и элементов залегания пород позволяет составить представление о строении геологических тел на некоторую глубину. С учетом разрезов, данных геофизики и бурения можно представить глубинную трехмерную модель геологического строения региона.

Современные геологические карты оформляются в компьютерных технологиях с использованием программ MapInfo (Украина), ArcView (Россия) и других. Принципы составления карт определены государственными инструкциями по организации и производству разномасштабных съемок, изложенных в специальных публикациях. Созданием карт занимаются научные и производственные геолого-съемочные партии, экспедиции и институты Государственной геологической службы. Для этого детально изучаются все горные породы, условия их залегания, разными методами определяется возраст геологических тел, выявляются полезные ископаемые и составляется объяснительная записка, отражающая многостороннее изучение объектов.

## 2.2. Масштабы карт

По масштабу геологические карты делятся на:

- обзорные, масштаба 1: 1 000 000 и мельче (в одном см – 10 и более км);
- мелкомасштабные 1: 1 000 000 – 1: 500 000 (в 1 см - 10-5 км);
- среднемасштабные 1: 200 000 – 1: 100 000 (в 1 см - 2-1 км);
- крупномасштабные 1: 50 000 – 1: 25 000 (в 1 см – 500-250 м) и
- детальные – крупнее масштаба 1: 25 000 (в 1 см карты менее 250 м).

Обзорные и мелкомасштабные карты составляются для больших территорий с целью изучения крупных структур и элементов земной коры. Они предназначены для общих геологических построений, определения очередности более детальных геологических съемок и др.

Среднемасштабные карты являются основным инструментом при изучении строения земных недр. Преимущество их заключается в том, что их листы охватывают достаточно большие участки земной поверхности и, в тоже время, позволяют детализировать мелкие стратиграфические подразделения вплоть до свит и ярусов. На основе изучения среднемасштабных карт даются рекомендации более детальных работ, перспективных для поиска месторождений полезных ископаемых.

Крупномасштабные карты обеспечивают изучение района с такой степенью детальности, которая необходима при решении прикладных геолого-поисковых и разведочных задач, а также обеспечения строительства крупных хозяйственных объектов и др.

Наряду с геологическими, широко распространены другие *специальные карты*. Это карты четвертичных отложений, литологические, тектонические, гидрогеологические, геохимические, палеогеографические, по разновозрастным срезам, полезных ископаемых, прогнозные и другие. Отдельно составляются инженерно-геологические карты и планы для строительства.

## 2.3. Комплектация

В комплект стандартной государственной средне- и крупномасштабной карты входят: собственно геологическая карта; карта полезных ископаемых с элементами прогноза; карта четвертичных отложений; тектоническая карта и др., в зависимости от специфики строения района.

*За рамкой стандартной геологической карты* располагаются: *Слева* - сводная стратиграфическая колонка. В ней указываются состав и мощности в метрах всех встречающихся на листе отложений в хронологической последовательности снизу вверх от древних к молодым. По литологическому составу породы расчленяются на мелкие подразделения (серии, свиты, толщи), которые имеют лишь региональное распространение и свои собственные названия с индексами. *Справа* от карты даются условные обозначения (легенда) всех подразделений и знаков, отраженных на карте.

*Внизу* под картой приводятся один или несколько геологических разрезов, ориентированных в крест простирания пород. Они строятся в том же горизонтальном масштабе, что и карта, с использованием тех же условных обозначений. Вертикальный масштаб в отдельных случаях может быть увеличен для более наглядного выделения стратиграфических подразделений. Разрезы обязательно имеют цифровой и линейный масштабы. Север на картах всегда вверху, а юг - внизу. Стандартное оформление в государственных геологических картах может быть иным, чем в учебных картах или специализированных.

Каждый лист геологической карты сопровождается объяснительной запиской. В записке приводятся сведения, которые нельзя привести в графической форме. Материалы в ней носят справочный характер по району и включают сведения по географии, стратиграфии, магматизму, тектонике, истории геологического развития, полезным ископаемым и др. Содержание объяснительной записки строго регламентировано инструкциями как по количеству и названиям разделов, так и по информации в них.

## 2.4. Условные обозначения

Обозначения (легенды) на геологических картах специфические, но в общем однотипны во всех странах мира. Более точно они определяются последней изданной в Украине инструкцией (Типові умовні позначення, Київ, 2004, 105с.).

*Разрывные нарушения* изображаются сплошными толстыми линиями красного или черного цвета, а предполагаемые разрывы - пунктирными. Наклон сместителя показывается штрихами по падению, с указанием цифрой угла падения в градусах. Вдоль сдвигов рисуются стрелки с направлением перемещения крыльев.

*Элементы залегания пород* отражаются в легенде. Они общепринятые и показываются на карте ориентированными по сторонам света значками с цифрами, отражающими простирание и угол падения в градусах (см. рис. 1.1).

*Границы стратиграфических и магматических тел* изображаются тонкими черными линиями. Внутри контуров индексами и цветом показывается возраст осадочных отложений.

*Состав магматических пород* отражается ярким цветом, отличающимся от цветов геохронологической шкалы, а также буквенными индексами греческого алфавита. Например, граниты обозначаются  $\gamma$ - гамма, диориты -  $\delta$ - дельта, габбро -  $\nu$ - ню, базальты -  $\beta$ - бета. К буквам дописывается индекс возраста. ореол контактных изменений, если он значительный, показывается точками вокруг интрузии. Эффузивные породы выделяются на карте особым крапом, накладываемым на цвет, соответствующий их возрасту

*Состав осадочных пород* показывается на сводных стратиграфических колонках специальными значками и штриховкой черного цвета. Например, пески обозначаются точками, известняки - прямоугольниками в форме кладки

кирпичной стены, глины – штрих-пунктирами, конгломераты - мелкими кружочками и т.д. Повторим, что условные обозначения универсальны, но должны соответствовать последней типовой инструкции Украины.

*Возраст осадочных пород* обозначается цветом и буквенными индексами (см. рис. 1.2). Они соответствуют принятым международным стандартам и последним решениям Международного и Междуведомственного стратиграфического комитета Украины (МСК), отраженным в унифицированной стратиграфической шкале (см. рис. 1.2). В настоящее время в разных странах эти шкалы несколько отличаются лишь по дробным подразделениям менее яруса и по возрастным датировкам их границ. Стратиграфический кодекс Украины (Киев, 1997) со шкалой и пояснениями к ней, должен быть основой для всех построений на территории государства.

Например, отложения юрского возраста закрашиваются синим цветом, причем более древний нижний отдел (раннеюрский) имеет более темный оттенок, а средний и верхний отдел - более светлый. Дополнительно к цвету, возраст пород обозначается буквенным индексом с цифрами отделов и более мелких подразделений (ярусов, свит).

*Магматические породы*, их возраст и состав обозначаются соответствующими индексами, яркой окраской или штриховкой, отраженной в легенде. Все обозначения унифицированы и регламентируются стандартами в последних изданных инструкциях.

### **Чтение геологических карт.**

Благодаря применению стандартных для всех государств мира обозначений, геологические карты, составленные геологами одной страны, могут легко читать геологи других стран. Поэтому индексы и цвета стратиграфической шкалы являются «азбукой» для правильного понимания карт.

При чтении геологических карт надо учитывать следующую их особенность. Молодые рыхлые породы четвертичного периода покрывают земную поверхность почти повсеместно. Выходы более древних (коренных) пород скрыты под их покровом. Формально, следовало бы почти везде показывать на картах индекс Q, соответствующий четвертичным отложениям. Но в таком случае пропадает возможность отражения более древних отложений. Поэтому условились мысленно снимать маломощные образования четвертичного периода и показывать на геологических картах породы, которые залегают под ними. Исключение составляют долины рек с мощными аллювиальными отложениями и конусы выноса. При специфических задачах составляются отдельно или прилагаются карты четвертичных отложений.

При горизонтальном залегании контуры слоев горных пород будут параллельны горизонталям. Наиболее древние породы будут выходить в

долинах рек, а молодые - на водоразделах. При наклонном (моноклинальном) залегании геологические границы пересекают изогипсы закономерно и образуют в плане пластовые треугольники.

Характер и форму крупных складок можно определить по ряду признаков. Они выглядят в виде замкнутых и полузамкнутых контуров. Если в центральной части контура залегают более древние породы, чем на периферии, то складка имеет выпуклую форму (антиклиналь). При этом надо понимать, что часть ее была срезана денудацией и антиклинальная форма должна подтверждаться элементами залегания. Если в центре контура залегают более молодые породы, чем на периферии, то складка имеет вогнутую форму (синклиналь) и часть ее также была срезана. Если интрузивное тело, прорывает осадочные породы, то оно их моложе.

Разрывы (дизъюнктивные дислокации), смещают контуры складок и стратиграфические границы (в том случае, если они моложе). В поднятом крыле разрыва обычно выходят породы более древние, чем в опущенном. Сложная картина наблюдается при пологих надвигах с большой горизонтальной амплитудой, в меланжах и олистостромах, а также в случаях запрокинутых складок. Изображения таких участков на карте представляются, на первый взгляд, хаотическим расположением цветных пятен и контуров. Лишь при тщательном анализе карты и разреза в этом хаосе обнаруживаются закономерности. Их выявление требует высокой квалификации и глубоких геологических знаний.

Наличие структурных этажей четко выделяется на карте и разрезе пересечением (перекрытием) контуров древних пород границами более молодых отложений.

В качестве примера на **рис. 2.1** показана учебная геологическая карта района. На поверхность территории выходят смятые в складки и нарушенные разрывами горные породы разных отделов девона (D), карбона (C) и перми (P). На них с угловым стратиграфическим несогласием залегают не дислоцированные толщи палеогенового (P) и неогенового (N) периодов. Обратите внимание на отличие индексов P и P (на старых картах палеоген обозначался индексом Pg).

Внизу приведен поперечный геологический разрез по линии Г-Д. Из него также видно, что горные породы нижнего структурного этажа смяты в симметричные складки и нарушены разрывами, а породы верхнего этажа залегают горизонтально. Пунктиром на разрезе показаны границы между слоями пород и разрывы в воздухе, которые ныне размыты в результате экзогенных процессов.

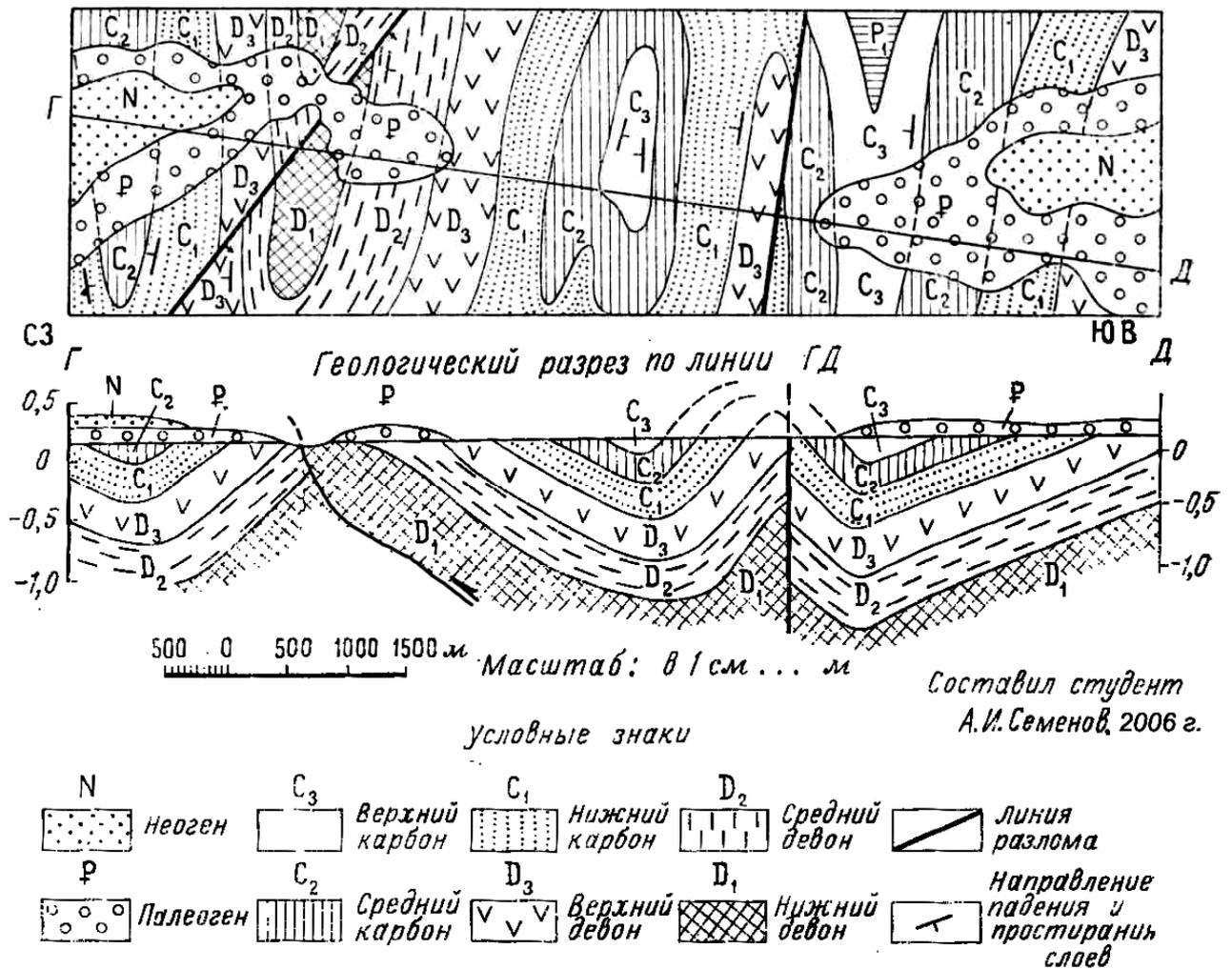


Рисунок 2.1. Пример учебной геологической карты и разреза.

## Контрольное задание по разделу 2

Контрольная пишется на отдельных листах, с указанием № группы, фамилии и.о. студента, № варианта карты и даты. Изложение должно быть кратким и четким по следующему плану.

1. *Введение.* Геоморфология: тип рельефа и его элементов, высотные отметки, характеристика рек и др.;

2. *Стратиграфия.* По стратиграфической колонке и легенде карты определить возраст осадочных пород, описать их состав, стратиграфические несогласия и структурные этажи (от древних к молодым). Если подразделений на карте много, то допускается описание комплексов пород, объединенных по литологическому признаку.

3. *Магматизм.* Привести характеристику эффузивных и интрузивных пород (возраст, состав, размеры и типы тел). Если на карте магматизма нет, это коротко отмечается как признак геологического строения.

4. *Тектоника.* Определить по карте характер залегания горных пород (горизонтальное, наклонное, вертикальное, опрокинутое). Определить типы дислокаций: а)- складки: дать их характеристику (размеры, типы, простирание); б)- разрывы, с определением их форм и направления смещений

крыльев – (угол падения сместителя, тип смещений, простирание и длина разрывов, соотношение со складками, возраст и т.д.

5. *История геологического развития.* От древних к молодым описывается формирование осадочных комплексов, их возраст и условия накопления; проявления магматизма и складчатости с определением их возраста и типа.

6. *Полезные ископаемые и инженерная геология.* В зависимости от специализации, студенту необходимо самому оценить:

- или перспективы нефтегазоносности (коллектора, покрышки, ловушки разных типов);
- или перспективы поиска подземных вод и других полезных ископаемых;
- или устойчивость участков для долгосрочного строительства, возможные зоны опасных геологических процессов и др.

### 3. ПОСТРОЕНИЕ ГЕОЛОГИЧЕСКИХ РАЗРЕЗОВ

#### 3.1. Вводные положения

Контрольная работа по составлению геологических разрезов закреплена в составе курса «Геология» и является проверкой полученных знаний. **Работа, выполненная не по своему варианту, рассматриваться не будет, а студент, не выполнивший вовремя работу, к экзамену (зачету) не допускается.**

Геологические разрезы являются неотъемлемой частью средне- и крупномасштабных геологических карт. С их помощью, без дорогостоящих горных работ (бурения скважин, проходки шахт, шурфов и других выработок) можно «заглянуть в глубины Земли», имея лишь плоское изображение на карте. Разрезы позволяют выявлять дополнительные структуры, уточнять представления о формах складок и разрывов, их взаимоотношениях и др. Это имеет важное научное и практическое значение при прогнозе, поиске, разведке и разработке полезных ископаемых, а также при инженерно-проектировочных работах.

Составление разреза начинается с чтения и *анализа геологической карты*. Вначале надо определить наиболее древние породы и стратиграфическую последовательность чередования слоев до самых молодых отложений. Следует установить, какие возрастные горизонты в стратиграфическом разрезе отсутствуют и причину их отсутствия на поверхности (размыв, перекрытие, выклинивание, дизъюнктивные нарушения). Если на геологической карте есть структурные этажи (комплексы слоев, отличающихся формами залегания и падением), то требуется определить, какие породы слагают каждый структурный этаж и каковы соотношения в залегании между ними. Если границы пород на карте субпараллельные, то они согласные. Утыкание и пересечение границ

свидетельствует о несогласном залегании и наличии двух и более структурных этажей.

Необходимо определить расположение главных антиклиналей и синклиналей, типы разрывов. Вертикальные и круто падающие сместители на геологических картах выглядят в виде прямых линий, независимо от пересекаемых ими форм рельефа. При пологом падении сместителей и контрастном рельефе линии выхода надвигов на поверхность будут извилистые. Следует также определить, какое крыло разрыва опущено, и какое приподнято (в поднятом крыле выходят более древние породы). Отдельно анализируются формы магматических тел и их соотношение с вмещающей рамой.

### **Оформление геологического разреза**

1. Построения выполняются карандашом на отдельном листе бумаги, размеры которого должны быть больше длины разреза. Разметка делается с учетом масштаба и глубины разреза. Глубина разреза должна составлять 4 см от поверхности. Сверху оставляется место для написания заголовка. Внизу рисуется линейный масштаб и условные обозначения. Здесь же указывается, кем составлен разрез и ставится дата (см. пример на рис. 2.1). Наличие вертикального и горизонтального масштабов на разрезе обязательно.

2. На карте перпендикулярно простиранию складок и разрывов проводится линия разреза (если она не задана преподавателем). В геологической практике иногда допускается ломаная линия разреза, проходящая через глубокие скважины. При положении линии разреза в крест простирания слоев, углы залегания пород и мощности слоев будут истинные. Геологические разрезы, ориентированные диагонально к простиранию структур, будут искажать углы падения и мощности. Например, на профиле, проходящем под  $45^\circ$  к простиранию, реальный угол наклона визуально уменьшится в два раза, а при параллельном положении он будет горизонтальным.

При построении разреза принимается, что мощность каждого слоя относительно неизменна. Поэтому, если слой в крыльях складок имеет разную ширину выхода, то это может объясняться разными углами падения. Расширение полосы выхода отражает пологое падение, а сужение - увеличение угла наклона.

3. На разрезе необходимо показать ориентировку по сторонам света (например, СВ--ЮЗ). Если на карте несколько разрезов, их обозначают буквами (например, В--Г). Длина строимого разреза и его линии на карте должны точно совпадать.

4. По обоим краям разрез ограничивается вертикальными линиями. На них наносится линейный масштаб от абсолютного гипсометрического нуля (уровня моря) вверх и вниз. Нулевые отметки соединяются тонкой линией. Вертикальный масштаб разрезов должен соответствовать

горизонтальному. В ином случае реальная геологическая структура будет напоминать отражение в кривом зеркале: изменятся углы наклона слоев и разрывов, исказятся изображения складок.

Однако, в разрезах с очень пологим залеганием маломощных пород, например, на картах масштаба 1:200000, слои превращаются в полосы толщиной меньше миллиметра и становятся нечитаемыми. Поэтому приходится увеличивать вертикальный масштаб в 5 - 10 раз. При этом неизбежно происходит искажение углов падения. Например, при увеличении вертикального масштаба в 5 раз, угол в  $10^\circ$  градусов превращается в  $40^\circ$ , а при увеличении вертикального масштаба в 10 раз, угол в  $10^\circ$  превращается в  $60^\circ$ . Даже слабая волнистость слоев будет казаться интенсивной складчатостью. По этой причине изменение вертикального масштаба относительно горизонтального может быть применено только при субгоризонтальном залегании и запрещено при построении разрезов через складчатые области.

5. Построение линии *топографического профиля*. Геологический разрез строится с учетом или без учета рельефа. Когда рельеф плоский и карта мелкомасштабная, линия пересечения разрезом поверхности земли будет почти прямолинейной. Сильно расчлененный рельеф с большими относительными превышениями, наоборот, даже при мелком масштабе карты, будет сильно влиять на правильность построения разреза. В таком случае рельеф надо учитывать обязательно.

Методика построения линии рельефа простая. На разрез точками в масштабе карты последовательно выносятся высотные отметки рельефа, по горизонталям, пересекающим профиль. Полученные точки плавно соединяются в единую линию рельефа на профиле. Если на пересечении присутствуют долины рек, населенные пункты и горные вершины, то они подписываются сверху с точным положением стрелками, указывающими вниз.

Нанесение на профиль точек рельефа, а затем слоев и сместителей разрывов делается с помощью циркуля-измерителя. Можно то же сделать другим способом - нанести элементы с карты на узкую полоску бумаги, а затем перенести их на кривую топографического профиля. При этом необходимо, чтобы крайние точки разреза и линии на карте не смещались. Для облегчения переноса на разрез отметок рельефа и геологических данных, допускается перегиб бумаги со строящимся разрезом пополам вдоль нулевых отметок или параллельно им у дневной поверхности.

6. На разрез с линией рельефа наносят все точки пересечения разреза с *разрывами* на карте. Разрывы на разрез следует наносить более толстой линией, чем границы слоев. Можно показать их красным цветом. На карте разрывы имеют штрихи по падению с указанием угла наклона сместителя. Если их нет, то разрыв приходится рисовать вертикально, подразумевая отсутствие данных о его типе. То же касается границ *магматических тел*.

Затем таким же образом точками (или вертикальными штрихами) на разрез выносятся *границы осадочных пород*. Слои на профиле полезно

подписать возрастными индексами, особенно в тех случаях, когда их большое количество. Условные знаки на геологическом разрезе для каждого стратиграфического подразделения должны быть те же, что и на геологической карте.

Если на карте вблизи и на самом разрезе есть скважины, то они показываются обязательно в виде вытянутого треугольника на поверхности. Все вскрытые бурением геологические тела выносятся от *альтитуды* (абсолютной отметки устья) до забоя и отражаются в масштабе на профиле. Вертикальная линия скважины рисуется сплошной, а снесенная со стороны – пунктирной линией.

7. Затем на разрез с карты последовательно выносят все *элементы залегания слоев*. Они показываются штрихами, длиной 5-10 мм ниже от уровня поверхности. Если элементов мало, то их сносят по простиранию из близлежащих участков карты. Ширина этой полосы зависит от степени однообразия элементов залегания, но обычно до 2 см от линии профиля. Проецирование производится параллельно шарнирам складок и, при необходимости, в величину угла падения вносятся поправки. Углы наклона строятся от горизонтали с помощью транспортира.

На фрагментах разреза, где нет данных об углах падения слоев, их наклон сносят по простиранию с соседних участков с известными углами падения и исходя из неизменной мощности слоев. Кроме того, углы могут подбираться по ширине выхода слоя и его истинной мощности с участка с достоверными данными.

Если на геологической карте по линии разреза присутствует несогласное залегание молодых пород верхнего структурного этажа, налегающего на более древние породы нижнего структурного этажа, а по линии разреза породы нижнего этажа не выходят на поверхность, то под молодыми породами на разрезе необходимо отразить и слои нижнего этажа. Структуры нижнего этажа выявляются как бы «просвечиванием» перекрывающего комплекса пород по строению близлежащих участков с древними породами.

После вынесения на разрез всей геологической информации, начинается интерпретация структур на глубину с учетом общей стратиграфической последовательности слоев и их мощностей (сверху вниз). Горизонтально залегающие породы рисуются простым соединением одновозрастных границ. Со складками возникают сложности.

### **Методы построения складчатых структур**

Существуют разные способы построения геологических разрезов. Наиболее широко известны метод радиусов и метод кинк-зон. Последний приведен в конце раздела для общего ознакомления с современным уровнем структурных построений.

*Метод радиусов (Баска-Вебера)* был предложен в 20-х годах прошлого века. Он применяется для концентрических складок с округлыми шарнирами и

традиционно используется при обучении студентов. Суть метода радиусов изображена на **рисунках 3.1 и 3.2**. Последовательность операций при этом следующая:

1) К элементам залегания, вынесенным на профиль, проводим перпендикуляры и находим точки пересечения перпендикуляров к соседним элементам залегания;

2) Из точек пересечения двух перпендикуляров между ними циркулем строим дуги окружностей через соответствующие элементы залеганий или границы стратиграфических подразделений;

3) Достаиваем дуги "оборванных" слоев, пользуясь тем же способом.

Метод допускает введение визуальных поправок и дает хорошие результаты в полосе между самыми ближними точками, принимаемыми за центры окружностей, из которых проводятся дуги кругов разного радиуса. За их пределами появляются остроугольные точки с бесконечной кривизной (сингулярные точки), а сама структура выполаживается. Преимущества описанного способа построения разрезов заключаются в том, что достигается плавное изменение углов падения пород и, что весьма важно, сохраняются одинаковыми мощности разновозрастных слоев. При изменении мощностей пород на крыльях и в замке складки описанный прием применять нельзя или необходимо вводить поправки.

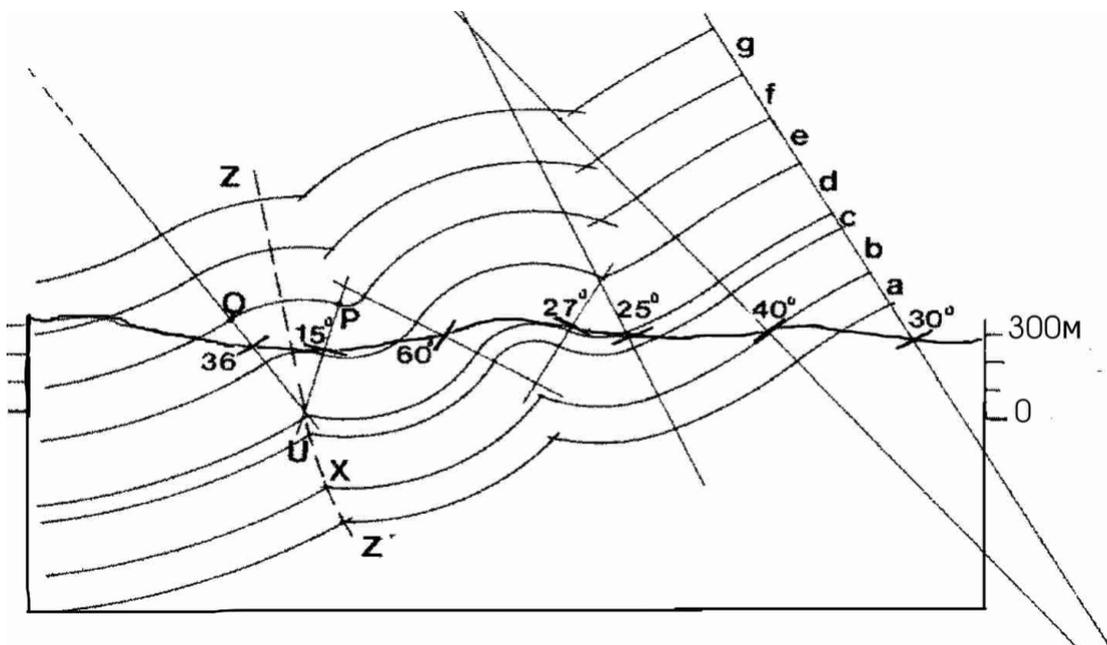


Рис. 3.1. Построение разреза методом Баска-Вебера.

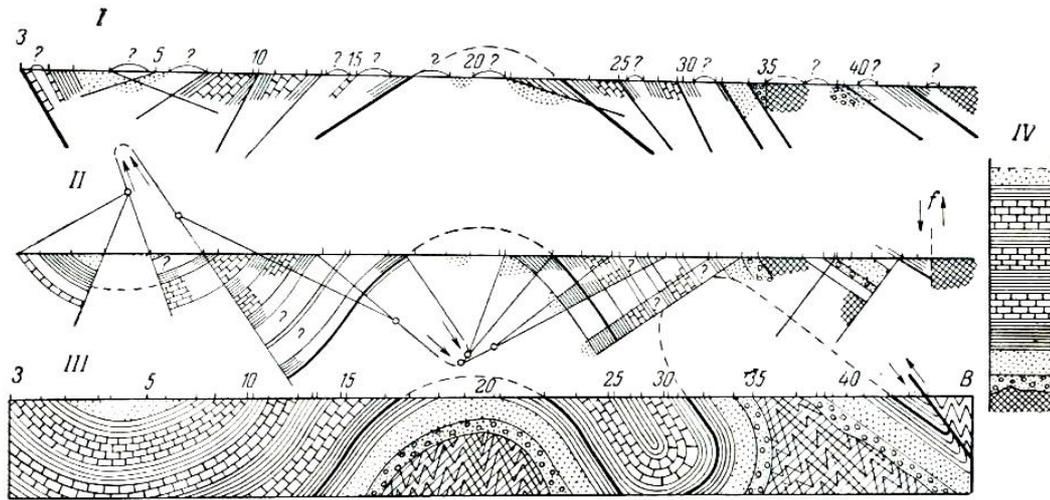


Рис. 3.2. Пример составления разреза методом радиусов.

Отрисованные слои в структурах на разрезе подписываются соответственно возрастным индексам на карте. Складки с частями, срезанными денудацией, особенно по обе стороны от разрывов, необходимо реставрировать на разрезе пунктирными линиями над дневной поверхностью.

После составления разреза *проверяется* наличие его основных элементов: вертикального и горизонтального масштабов, ориентировки, индексов во всех стратиграфических подразделениях, логичность соотношения смещений по разрывам, фамилии и.о. составителя, № группы и даты, номера варианта, условных обозначений и др. по примеру, показанному на рис. 2.1.

### Геологическое описание разреза и выводы

Текстовое приложение к разрезам пишется на отдельных, подписанных студентом, листах формата А-4 или тетрадных. Предлагается следующий план краткого описания:

1. *Стратиграфия* – перечисление породных комплексов от древних к молодым (состав, возраст, несогласия);

2. *Магматизм* – описание типов, размеров и состава магматических тел

3. *Тектоника*: а)- описание складок (размер, тип, асимметрия, амплитуда, степень нарушенности и осложнения); б)- характеристика разрывов (тип, наклон, ориентировка, амплитуда).

4. *История геологического развития участка*: а)- отложения осадочных комплексов (возраст, условия накопления); б)- магматизм; в)- деформации (время, тип смещений); г)- перекрывающие отложения (возраст, степень нарушенности); д)- характер рельефа как следствие современных тектонических движений;

5. *Прогноз полезных ископаемых* (для студентов НГТ - анализ возможных коллекторов, покрышек, структурных ловушек нефти и газа; для гидрогеологов - возможные пласты-водоупоры и коллекторы, зоны водозабора и др.; для ПГС – условия для строительства, наличие просадочных грунтов, возможных оползней, участков эрозии, абразии, подтопления и др.).

#### 4. СОВРЕМЕННЫЕ МЕТОДЫ СОСТАВЛЕНИЯ РАЗРЕЗОВ (дополнительные материалы)

В учебном процессе обычно применяется упрощенный метод радиусов. Метод кинк-зон и сбалансированные разрезы строятся при профессиональных работах по выявлению реальных структур на глубине. Студенты должны представлять себе эти современные методы и при упрощенном построении разреза стараться использовать их элементы.

##### 4.1. Метод кинк-зон

Кинк-зоны (зоны излома) используются для построения геологических разрезов с 60-80-х годов прошлого столетия. Метод имеет весьма широкое применение в более точных профессиональных тектонических построениях, в том числе с применением ЭВМ. Он применяется при складчатых структурах с концентрическими складками, имеющими плоские крылья и изломанные зоны шарниров, то есть, состоящим из кинк-зон (см. рис.1.4.) На картах такие структуры характеризуются наличием участков, в которых доминируют сходные элементы залегания (такие зоны называют *структурными доменами*). Границы между структурными доменами резкие и проходят прямолинейно.

Суть метода показана на примере **рисунка 4.1.** У нас есть профиль, в пределах которого в точках А, В и С сделаны замеры элементов залегания. Установлено, что в ядре антиклинальной складки обнажаются известняки, а в крыльях - песчаники.

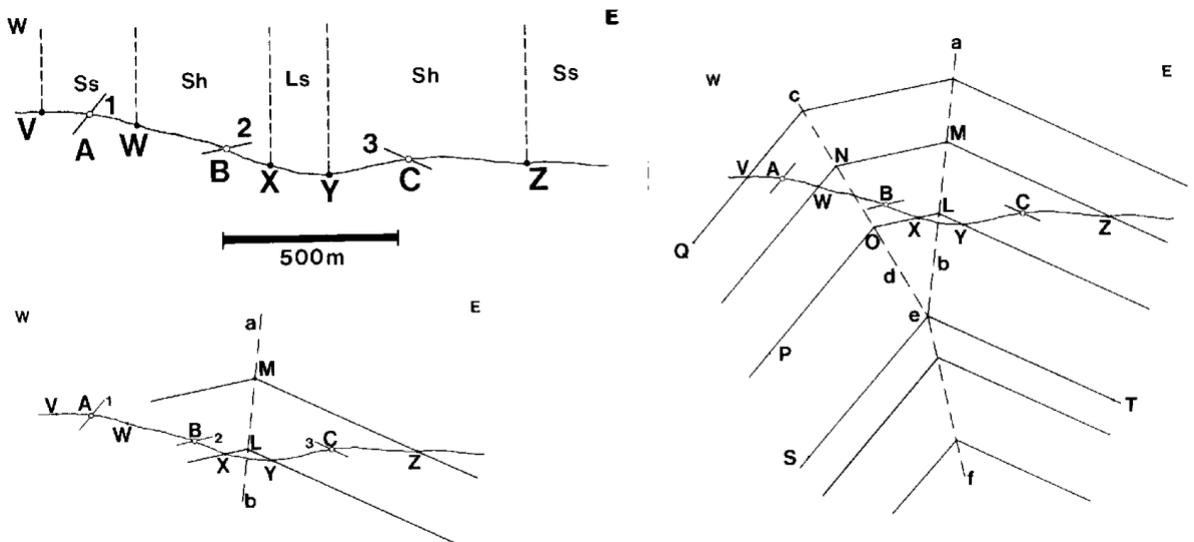


Рис. 4.1. Построение профиля методом кинк-зон (зон излома).

Построение разреза происходит путем прослеживания границ, наиболее близких к точкам замера элементов залегания в следующей последовательности:

- 1) Определяем положение шарниров и осевой плоскости кинк-зон. Через точки X и Y проводим линии с теми же наклонами слоев, как и в точках B и C соответственно. Излом контакта известняк-песчаник происходит в точке L;
- 2) Через точку L проводим биссектрису угла XLY – линию ab, являющуюся осевой плоскостью кинк-зоны на восточном крыле складки;
- 3) Через точку Z отстраивается контакт песчаник/сланец до пересечения с ab в точке M, а далее эта граница продолжается параллельно сегменту XL;
- 4) Через точку W проводится контакт песчаник/сланец с наклоном как в точке A до пересечения в точке N с его фрагментом, проведенным из точки M;
- 5) Через точку N проводим биссектрису угла WNM – линию cd, являющуюся осевой плоскостью кинк-зоны на западном крыле складки;
- 6) Зная положение осевых плоскостей, реконструируем положение остальных контактов;
- 7) В точке e 2 осевые плоскости соединяются в одну, которая продолжается вдоль биссектрисы угла sea. Слои отстраиваются параллельно слоям на крыльях складки.

В сложных структурах разрез достраивается "на глаз" – по данным элементов залегания на поверхности с экстраполяцией вглубь. При этом правильность интерпретации во многом зависит от геологического опыта составителя разреза.

## 4.2. Сбалансированные разрезы

Посмотрите на геологические разрезы рисунков 1.11, 2.1 и 3.2. На них при сжатии земной коры толщи смяты и надвинуты друг на друга. Если их мысленно расправить, то разрез станет намного длиннее. Складки и надвиги на большой глубине выполаживаются, не прослеживаясь до мантии. Тогда возникает вопрос: на чем лежала часть осадочных пород до смятия и куда исчезла кора, на которой они формировались? Дефицит места, где отлагались осадочные породы в горно-складчатых районах, исчисляется многими тысячами квадратных километров. Лишь теория тектоники плит объяснила, что часть земной коры в зоне субдукции-поддвига погружается и растворяется в мантии. Вертикальные разломы, в предшествующих моделях фиксизма, как гвоздями фиксировали сжатые складки и надвиги. Это не дает возможности их реставрации и логичного объяснения образования. Сбалансированным называется разрез, допускающий восстановление дислоцированных толщ в исходное положение (когда породы еще накапливались и залегаали субгоризонтально).

Построения геологических карт и разрезов при сложном тектоническом строении региона почти всегда многовариантны. По одним и тем же геолого-геофизическим данным даже один специалист может построить несколько моделей строения. Разные авторы, исходя из своих теоретических представлений и опыта, составят многочисленные, часто не похожие друг на друга варианты строения. Их число может превысить число исследователей. Как следствие, делаются противоречивые оценки перспектив и критериев поисков полезных ископаемых, разный прогноз опасных геологических явлений и др. Применение метода структурной сбалансированности позволяет объективно ограничить число вариантов карт и разрезов, выделяя наиболее корректные, геометрически вероятные. Классическое изложение метода сбалансированности изложено в учебных изданиях, приведенных в списке рекомендованной литературы

Основное ограничение (допущение) метода - сохранение в процессе деформации длины и толщины слоев (в некоторых случаях поперечной площади слоев). Это означает, что заметного уплотнения и перетока пород не происходит. Такое условие отвечает параллельной (концентрической) складчатости. Для того чтобы проверить, является ли разрез сбалансированным, его нужно развернуть в недеформированное состояние (распрямить складки и вернуть крылья разрывов в исходное положение). Если разрез сбалансирован, то на *восстановленном разрезе* все слои должны совместиться вдоль траектории надвигов без пробелов и перекрытий.

На Украине сбалансированные построения практически отсутствуют. Из-за этого геологические карты и разрезы сложенностей областей не всегда отражают реальное строение структур в плане и на глубине. Например, в Горном Крыму создано более 50 различных моделей строения. Однако, все они не отвечают требованиям структурной сбалансированности. Интерпретации потенциально нефтегазоносных структур Равнинного Крыма и Азово-Черноморского региона также нуждаются в переосмыслении. В первую очередь, это относится к построениям на основе концепции разломно-блоковой тектоники с многочисленными и противоречиво расположенными субвертикальными разломами, не допускающими палинспастическую реконструкцию.

Сбалансированность структурно-геологических построений является одним из главных критериев их правильности. За рубежом допустимость реставрации структур в доскладчатое положение давно стала главным методом отбора геометрически возможных моделей и правильных геотектонических концепций.

*Основные допущения при построении сбалансированных разрезов* следующие. Сохранение при деформации мощностей компетентных толщ в концентрических складках. В разрезе должны присутствовать толщи с пониженной вязкостью (глины, соли, гипсы, сланцы) между более жесткими слоями (известняки, конгломераты, песчаники, доломиты), а у поверхности выявлены надвиги и приразрывные складки.

**Последовательность построения** сбалансированного разреза, в соответствии с изложением в учебнике Вудварда 1985 г. и других исследователей с нашими дополнениями, в упрощенном виде сводится к следующему (Рис. 4.2).

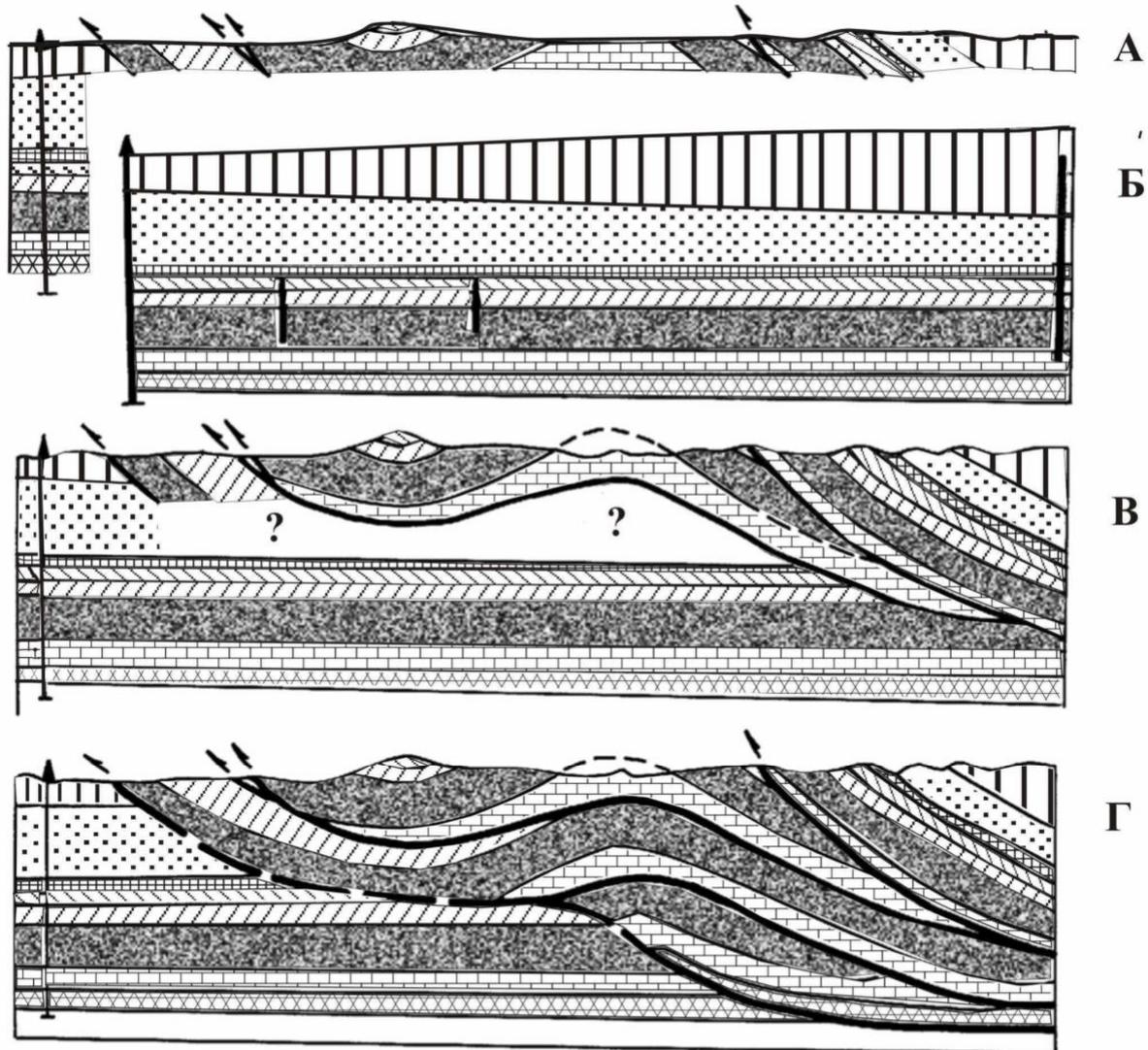


Рис. 4.2. Последовательность составления сбалансированного разреза (по Вудварду и др., 1985, с изменениями), Юдин В. В., 2003

- А - изображение структуры по результатам изучения обнажений и бурению;
- Б - реконструкция палеостратиграфического разреза (толстые линии соответствуют изученным у поверхности стратиграфическим диапозонам);
- В - проецирование структуры на глубину до зоны подошвенного надвига, изученного в регионе сейсморазведкой и бурением;
- Г - “дыры” между подошвенным надвигом и опорными линиями заполняются дополнительными чешуями.

1. В крест простирания структур выбирается наиболее представительный прямолинейный профиль с максимальной геолого-геофизической изученностью и обнаженностью. В полосе вдоль него собирается комплекс всей информации (геологические карты, данные бурения скважин, сейсморазведочные профили и т.д.). Проводится детальное изучение приповерхностных структур (мелких разрывов и складок, точное определение мощностей выделяемых толщ и др.). Вертикальный и горизонтальный масштабы разреза должны быть равны. Топография, элементы залегания пластов и разрывов, скважины и др. информация выносятся на разрез обычно среднего масштаба 1:100 000 (рис 4.2, А).

2. Реконструкция палеостратиграфического разреза (Рис. 4.2, Б). Это вспомогательное построение сводится к идеализированному представлению о разрезе, исходя из обнаженных и разбуренных участков с учетом сейсморазведки. В отличие от восстановленного разреза, оно не учитывает горизонтальное сокращение и реальное строение, а лишь определяет закономерности изменения мощностей между скважинами и изученными у поверхности структурами.

3. Интерпретация глубинного строения (Рис. 4.2, В). Нижним уровнем сбалансированного разреза обычно принимается *детачмент* (главный послыйный срыв в основании осадочного чехла) и кровля автохтона. Он определяется по материалам бурения и сейсморазведки или по подошве наиболее древних пород, выходящих во фронтальных частях наиболее высокоамплитудных надвигов. Приповерхностные структуры трассируются на глубину. Для проецирования обычно используется кинк-метод. Удобнее рисовать сначала разрывы, а потом слои и складки от более молодых к древним. Складки и их фрагменты протягиваются до надвигов. Как показывает опыт изучения структур на глубине, послыйные срывы имеют широкое распространение во многих регионах мира и являются скорее правилом, чем исключением в горно-складчатых поясах.

4. Геометрическое балансирование (Рис. 4.2,Г) заключается в “заполнении дыр”, оставшихся после логического проецирования приповерхностной структуры с учетом мощностей. Этот этап требует большого опыта, знаний региональной геологии, морфологии, ранее изученных сбалансированных структур, закономерностей их строения и определенной интуиции. В ином случае неизбежны затраты очень большого количества времени на подбор геометрически возможного варианта.

Основные требования к сбалансированной модели следующие: а)- соответствие длин среза надвигом одних и тех же пластов (отсечек) по обе стороны разрыва в аллохтоне и автохтоне. В случае их неравенства, доскладчатая реконструкция будет невозможна; б)- длины разновозрастных слоев на региональном разрезе должны совпадать. При несовпадении допустимо воздушное продолжение размытых частей структур до положения, допускающего реконструкцию.

Проверка (восстановление) разреза наиболее просто выполняется разрезанием листа с разрезом по линиям разрывов и возвращение фрагментов

в доскладчатое положение. При этом простом тесте сразу выявляются несоответствия того или иного варианта интерпретации. Реконструированная модель прикладывается к сбалансированному структурному разрезу, как подтверждение правильности построений (рис. 4.3). Как видно на рисунке, сокращение зоны осадконакопления за счет складок и надвигов произошло в 2 раза (на 40 км).

При изображении надвиговых систем необходимо показать надвиг подошвы осадочного комплекса (детachment), в который будут утыкаться чешуйчатые надвиги и дуплексы. Как показал опыт изучения, в надвиговых системах существуют закономерности. Во-первых, в них на большом протяжении развиты послойные надвиги (флэты). Они связаны с толщами глин, эвапоритов или с поверхностями несогласий. Поэтому, прежде чем строить разрез через надвиговую систему, надо выяснить модель тектонической расслоенности, проанализировав, наблюдается ли приуроченность надвигов к какому-либо литостратиграфическому подразделению. Во-вторых, надвиги имеют ступенчатую форму и переходят на стратиграфически все более высокие горизонты. Наклон слоев тыловых крыльев антиклиналей равен или положе наклона подстилающего рэмпа (участка надвига, секущего слоистость).

Сбалансированные разрезы наиболее эффективны в нефтегазоносных провинциях (на шельфах Черного и Азовского морей, в Равнинном Крыму, Предкарпатском краевом прогибе, Донбассе и др.), где их внедрение позволит существенно повысить эффективность рудо- и нефтегазопроисследовательских работ. Составление сбалансированных моделей – длительный, сложный творческий процесс, требующий глубоких знаний и опыта в общей и региональной геологии, известных методик, аналогичных структур в сходных по строению областях мира. Однако, это позволяет более объективно отражать глубинное строение и морфологию структур.

В последние годы за рубежом созданы мощные программы для ЭВМ, позволяющие создавать сбалансированные разрезы. Из многочисленных вариантов строения по данным сейсморазведки, геологических исследований и бурения, компьютер выбирает наиболее реальную геометрически возможную модель строения. Одна из программ “Thrustbelt-3” за короткий срок может сделать сбалансированный цветной вариант разреза при 15 стратиграфических подразделениях, 30 различных разрывах, с учетом эродированных структур, топографии, скважин, сейсморазведочных данных и др. (рис. 1.11). Последние программы «LitoTect», «GeoSec» и другие открывают новые возможности в создании объективного представления о глубинном строении районов, что чрезвычайно важно, особенно при поисках структурных ловушек нефти и газа.

Поэтому при чтении геологических карт и составлении учебных геологических разрезов упрощенными методами, студент должен знать и учитывать современный уровень знаний в этом важном вопросе геологии.

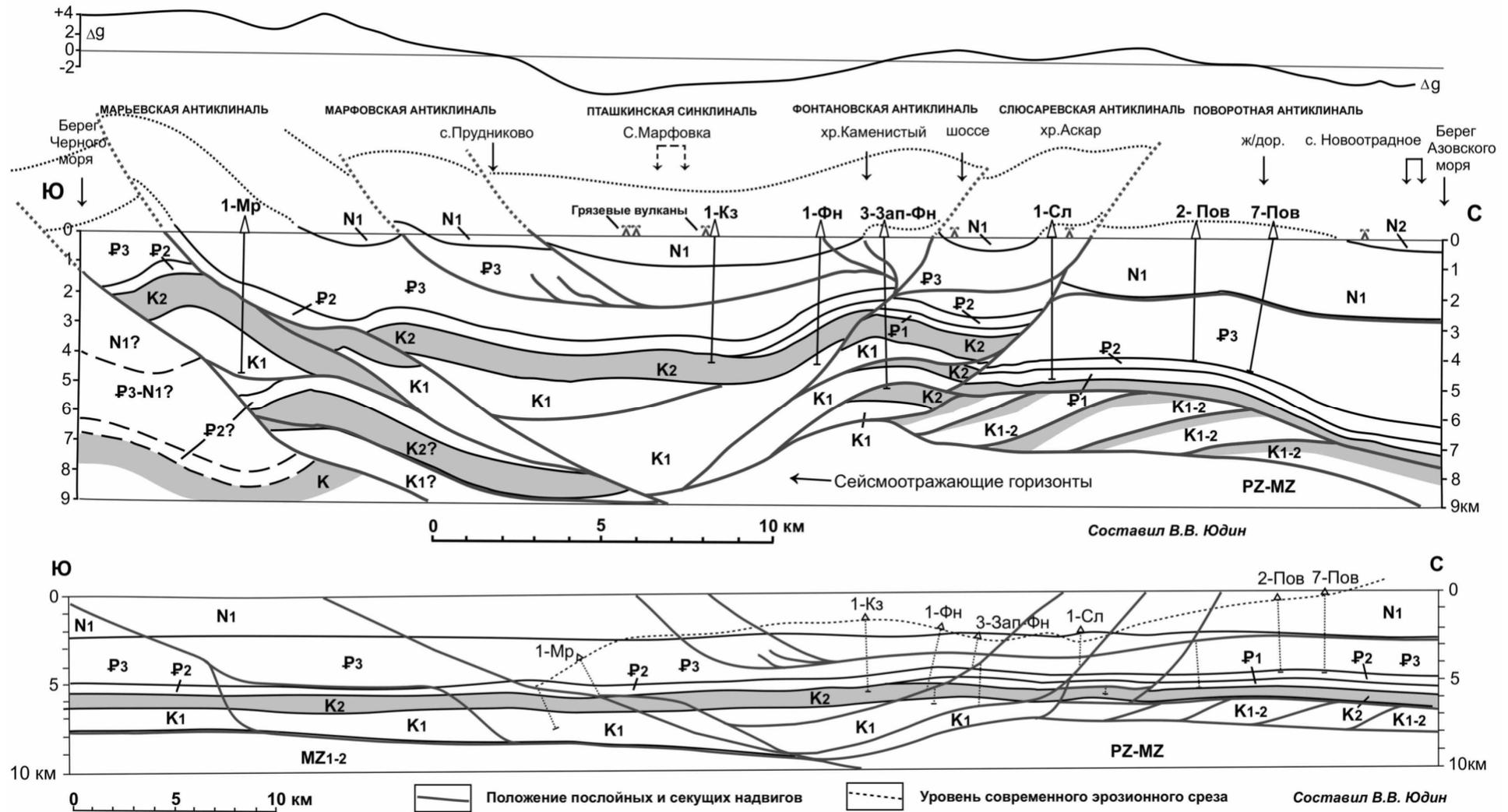


Рис. 4.3. Сбалансированный геолого-геофизический разрез Керченского полуострова по данным бурения и сейсморазведки. Внизу приведено доскладчатое положение толщ после палинспастической реконструкции (в 2 раза меньшем масштабе).

### Рекомендуемая литература

*Иванова М.Ф., Сычева-Михайлова А.М., Чернов В.Г. Руководство по общей геологии с основами палеонтологии беспозвоночных.* Москва, МГУ 1974.- 172с.

*Инструкция по организации и производству геологосъемочных работ и составлению Государственной геологической карты СССР масштаба 1:50000(25000).* Ленинград, Мингео СССР, ВСЕГЕИ, 1987. 243 с.

*Короновский Н.В. Общая геология:учебник.* Москва, МГУ, 2002.448с

*Павлинов В.Н., Кизельватер Д.С., Мельникова К.М. и др. Пособие к лабораторным занятиям по курсу общей геологии. Учебное пособие.* Изд. Второе, перераб и доп. М.Недра, 1974. 184с

*Органзація та проведення геологічного довивчення раніше закартованих площ масштабу 1:200000, складання та підготовка до видання державної геологічної карти України масштабу 1:200000.* Інструкція. Відання офіційне. Геолком України. Київ, 1999. 295 с.

*Стратиграфічний кодекс України.* Національний стратиграфічний комітет України. Київ, 1997. 40 с.

*Типові умовні позначення.* Геологічне картування. Київ, Держкомресурсів України. 2004.105 с.

*Худолей А.К. Геологические структуры (классификация, механизм формирования и изображение в разрезе и на карте). Учебное пособие к курсам «Геокартирование» и «Структурная геология»* Санкт-Петербург, С-ПбГУ, 2005.

*Чарыгин М.М., Васильев Ю.М. Общая и историческая геология.* М., Недра, 1968. 447 с. Михайлов А.Е. Основы структурной геологии и геологического картирования. *Учебное пособие*, издание второе. Москва, Недра, 1967.

*Юдин В.В. Палинспастические реконструкции сложно-дислоцированных областей (на примерах Урала, Приуралья и Пай-Хоя) Серия препринтов “Новые научные методики” Коми научный центр УрО АН СССР.* Сыктывкар, 1990, вып. 33. 24с.

*Юдин В.В. Геология Крыма на основе геодинамики. (Научно-методическое пособие для учебной геологической практики).* Сыктывкар, РАН, Коми НЦ УрО РАН, Сыктывкарский госуниверситет. 2000. 43 с.

*Elliot D. Balanced cross-section, the method and programs: Stage 1, notes for course in thrust tectonics: Baltimore, Johns Hopkins University 1980. 55p.*

*Geometries and Mechanisms of Thrusting, with special reference to the Appalachians. In: Special Paper Geol. Soc. of Amer., № 222, 1988. 236 p.*

*Woodward N.B., Boyer S. E., Suppe J. An outline of balanced section (second edition). 1985. Knoxville, University of Tennessee. Department of Geological Sciences, Studies in Geology. V.11, 170p. (учебник).*

*Woodward N.B., Boyer S.E., Suppe J. Balanced geological cross-section: an essential technique in geological research and exploration. Short course presented at the 28 - th International Geol. Congress // Amer. Geophysical Union Washington . D.S. 1989. 132 p.*

## КРАТКИЙ ТЕРМИНОЛОГИЧЕСКИЙ СЛОВАРЬ

**Антиклиналь** (от греческого - против, вне наклона) – складка, направленная выпуклостью вверх, в ядре которой расположены породы древнее, чем на крыльях.

**Дивергенция** (от англ. *divergent* – расхождение). Процесс расхождения литосферных плит при рифтогенезе и спрединге. Формирует раздвиги, сбросы, рифты, грабены, горсты, сдвиги и в результате - новую кору океанического типа.

**Дислокация** (*dislokatio* – смещение). Любое нарушение формы первичного (горизонтального) залегания пород. Различают разрывные или дизъюнктивные (от *disjunctio* – разъединение) дислокации, сопровождающиеся разрывом сплошности пород, и складчатые или пликативные дислокации.

**Интрузия** (итал. *intrusio* – внедрение). 1. Процесс внедрения магмы в земную кору. 2. Магматическое тело, образованное при застывании магмы на глубине в земной коре. Образовавшиеся при этом породы называют интрузивными.

**Кластолит** (дословно обломанный камень) – глыба в эндогенном микстите (меланже). По контуру обычно имеет следы тектонической переработки. Состав – от вмещающих жестких толщ до экзотических пород, отсутствующих у поверхности в краях разрыва. Размеры кластолитов от дециметров-метров до многих сотен метров.

**Коллизия** (столкновение) – процесс столкновения плит, микроконтинентов, террейнов, островных дуг.

**Конвергенция** – схождение литосферных плит по зоне субдукции, а после столкновения – по зоне коллизии и сутуре. Формирует складки, взбросы, надвиги (флэты и рэмпы), шарьяжи, сдвиги.

**Магма** (от греческого *magma* – тесто, густая мазь). Расплавленное вещество в земных недрах, состоящее из сложного состава минералов, флюидов и газов, при остывании которого образуются магматические горные породы.

**Меланж** (от французского - смесь) – эндогенный хаотический комплекс в сместителе высокоамплитудного надвига, реже сдвига. Состоит из глыб-кластолитов разного состава, размера и возраста, а также из тектонически перетертой массы - матрикса. По составу кластолитов меланжи делятся на мономиктовые (из однотипных по составу глыб), полимиктовые, осадочные, вулканогенные, серпентинитовые и др.

**Микстит** (по Л. Шермерхону, 1966) от слова *mix* - смешивать - хаотический комплекс пород. При осадочно-оползневом (экзогенном) происхождении называется олистостромой, при эндогенно-тектоническом происхождении - меланжем.

**Олистолит** – оползневой массив, обломок прочных пород в составе олистостромы. Размеры олистолитов - от метров до первых километров.

**Олистоплак** – очень крупная пластина жестких пород, сползшая в составе олистоостромы (крупный плоский олистолит, размерами до первых десятков километров)

**Олистоострома** (по Ж. Флоресу, 1955) – от греческого “ползти, накапливаться, скользкая подстилка”. Хаотическое скопление чужеродных несортированных обломков и отдельных массивов во вмещающей массе (матрикс) осадочного происхождения. При оползании матрикс часто также дезинтегрирован в условиях низких температур и давлений. Состав и возраст олистолитов обычно одинаковый, соответствующий строению корневого (неоползшего) массива.

**Плита литосферная.** В современном понимании – очень крупные, в сотни и тысячи километров, участки континентальной и океанической коры, ограниченные глобальными сейсмически активными зонами дивергенции или конвергенции (раздвигов или надвигов). Древние плиты, микроплиты, террейны ограничены сутурами и обычно имеют существенно разное строение и историю развития. В предшествующей терминологии геосинклинального учения плитой называли часть платформы с повышенной мощностью осадочного чехла.

**Ретронадвиг** – надвиг с падением сместителя обратным по сравнению с главными, основными. Обычно приурочен к тыловой зоне фронтальной части шарьяжей.

**Сбалансированные модели** – геологические карты и разрезы, допускающие приведение смятых и разорванных толщ в первоначальное доскладчатое положение. Разрезы и карты, не допускающие такую реконструкцию, считаются геометрически невозможными и отбраковываются при выборе вероятного варианта строения.

**Синклиналь** (от греческого син, клино – внутрь наклоняю). Складка вогнутой вниз формы. В ядре находятся более молодые породы, чем на периферии (крыльях).

**Спрединг** (от англ. расстилать, растекать) – раздвижение и наращивание океанической коры с заполнением высвобождающегося пространства магмой основного состава.

**Субдукция** – погружение и поглощение более плотной океанической коры одной плиты под менее плотную континентальную или океаническую часть другой плиты. Субдукция вызвана нисходящим движением конвекционного тока мантии.

**Сутура коллизионная** (от английского- шов) – в современном геодинамическом понимании – зона столкновения двух литосферных плит, микроплит, островных дуг или террейнов. Сутуры выражены надрегиональными глубинными надвигами (точнее поддвигами) с мощной зоной динамометаморфизма высоких давлений, низких температур и с локальными фрагментами в меланжах остатков океанической коры – офиолитами (ультрабазиты, радиоляриты, базиты). На лежащем крыле сутуры расположены молассы одновозрастного краевого прогиба. В прилегающей

части висячего крыла развиты термальный метаморфизм, граниты, а на расстоянии 50–300 км – параллельная полоса андезитового вулканизма.

**Террейн** – экзотический фрагмент микроконтинента, континента или островной дуги в десятки-сотни километров, окруженный океанической корой, а после коллизии – сутурами. Имеет специфические особенности строения, состава формаций и расположения согласно палеомагнитной реконструкции (“бесплатный пассажир на подножке океанической плиты”).

**Эффузивы** (от итальянского *effuzio* – излияние). Застывшие магматические горные породы, образованные при излиянии магмы на поверхности земли или дна океанов.