

ФЕДЕРАЛЬНОЕ АГЕНТСТВО ПО ОБРАЗОВАНИЮ
Государственное образовательное учреждение высшего профессионального образования
«ТОМСКИЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»

**ЦЕНТР ПРОФЕССИОНАЛЬНОЙ ПЕРЕПОДГОТОВКИ
СПЕЦИАЛИСТОВ НЕФТЕГАЗОВОГО ДЕЛА**

С.К. Кныш

СТРУКТУРНАЯ ГЕОЛОГИЯ

Учебное пособие

Издательство
Томского политехнического университета
2008

УДК 551.243(075.8)
ББК 26.324 я73
К53

Кныш С.К.

К53

Структурная геология: учебное пособие / С.К. Кныш. – Томск: Изд-во Томского политехнического университета, 2008. – 242 с.

ISBN 5-98298-350-0

В учебном пособии приводятся общие сведения о формах залегания осадочных, магматических, метаморфических горных пород, складчатых и разрывных нарушений и геологических картах. Кратко охарактеризованы главные тектонические структуры литосферы и тектоническое строение территории России.

Пособие разработано в рамках реализации Инновационной образовательной программы ТПУ по направлению «Рациональное природопользование, экологически безопасные технологии разработки месторождений, транспортировки, переработки нефти и газа» и предназначено для слушателей магистерской программы «Геолого-геофизические проблемы освоения месторождений нефти и газа» направления 130500 «Нефтегазовое дело». Может быть использовано в качестве учебного пособия студентами нефтяных и геологических специальностей.

УДК 551.243(075.8)
ББК 26.324я73

Рекомендовано к печати Редакционно-издательским советом
Томского политехнического университета

Рецензент

Доктор геолого-минералогических наук, профессор ТГУ
В.П. Парначёв

Заместитель заведующего отделом Физики пласта
ОАО «ТомскНИПИнефть ВНК»
Ю.Я. Ненахов

ISBN 5-98298-350-0 © Кныш С.К., 2008
© Томский политехнический университет, 2008
© Оформление. Издательство Томского
политехнического университета, 2008

Предисловие

К настоящему времени большинство месторождений полезных ископаемых, залегающих в приповерхностных частях земной коры, в том числе и углеводородов, разведаны и активно разрабатываются. Поэтому перед геологами ставится задача поисков месторождений на более глубоких горизонтах. В нефтяной отрасли все больше внимания обращается на структуры фундамента, в породах которого открыто более 200 нефтяных и газовых месторождений, среди которых встречаются и гигантские. В то же время, современная концепция тектоники литосферных плит указывает на возрастающую роль в аккумуляции нефти кристаллических и прежде всего магматических пород. Это подтверждается открытием более сотни месторождений нефти и газа в магматических, эффузивных и метаморфических породах. Так, например, в штате Невада выявлено 7 месторождений нефти, связанных с интрузивными породами, которые представлены гранитами и гранодиоритами. Считается, что образование коллекторов в гранитоидах обусловлено активной гидротермальной деятельностью [8]. В России известно несколько десятков нефтяных и газовых месторождений, открытых в породах фундамента, в том числе и в гранитоидных породах. Практически все эти месторождения находятся в Западной Сибири. Первая залежь нефти в Западной Сибири была открыта в породах фундамента в 1952 г. Колпашевской опорной скважиной. В 1953–1963 гг. были открыты месторождения в гранитах, гнейсах и их корах выветривания в Березовском районе Тюменской области. Эти факты обязывают рассматривать структуры фундамента и кристаллические породы как новый вид пород – коллекторов, с которыми может быть связан огромный углеводородный потенциал.

Структурная геология является частью геотектоники – науки о строении, движении и развитии земной коры. Объектом изучения структурной геологии являются различные типы структурных элементов литосферы мелкого и среднего масштаба. Поэтому данная дисциплина является базовой в общей геологической подготовке специалистов геологического профиля. Учитывая ограниченный объем пособия, автором изложены только теоретические и практические основы структурной геологии. При написании пособия использованы последние достижения геологической науки, учтены новые отечественные данные по геологии Мирового океана, изучения земных недр из космоса, бурения сверхглубоких скважин. В основу объяснения глобальных тектонических событий положена концепция тектоники литосферных плит. С позиции мобилизма освещены проблемы развития Земли и литосферы.

Учебное пособие – Структурная геология подготовлено на кафедре общей геологии Института геологии и нефтегазового дела ТПУ. При его написании использованы материалы лекционных курсов преподавателей

кафедры, а также все известные учебные издания как отечественных, так и зарубежных авторов.

Предлагаемый список литературы включает основные источники, которыми пользовался автор, эта же литература позволит студентам самостоятельно ознакомиться с решением многих практических задач по структурной геологии и более детально ознакомиться с геологическим строением территории России. Учебное пособие предназначено для слушателей магистерской программы «Геолого-геофизические проблемы освоения месторождений нефти и газа» направления 130500 «Нефтегазовое дело». Может быть использовано в качестве учебного пособия студентами нефтяных и других геологических специальностей.

ЦЕЛЬ ПОСОБИЯ

Основной целью данного пособия является, выяснение истории развития и происхождение структур земной коры, которые представляют практический интерес как резервуары не только для нефтяных и газовых углеводородов, но и для других полезных ископаемых.

ЗАДАЧИ КУРСА

В задачи дисциплины входит ознакомления читателя с многообразием форм залегания горных пород и выяснение морфологии структурных форм земной коры, времени, условий и механизмов их образования, а также моделирование процессов, при которых они образованы. Ознакомившись с данным курсом, студент должен приобрести следующие теоретические знания и практические навыки:

1. Знать формы залегания геологических тел и уметь их изображать на геологических картах и разрезах.
2. Ознакомиться с основными методами определения их возраста и условиями образования.
3. Четко представлять условия формирования структурных форм разного порядка и восстанавливать историю их геологического развития.
4. Познакомиться с закономерностями пространственного и временного размещения тел полезных ископаемых
5. Получить общие представления о закономерностях развития земной коры и тектонического строения территории РФ.
6. Овладеть навыками построения и анализа геолого-структурных карт, разрезов и стратиграфических колонок.

1. ВВЕДЕНИЕ

1.1. Предмет структурной геологии

Структурная геология, (structural geology) – раздел тектоники, изучающий морфологию, закономерности размещения и пространственного положения структурных форм в земной коре, а также деформационные процессы, приведшие к этим соотношениям. Земная кора сложена горными породами, образующими тела разной формы и размера. Предмет изучения структурной геологии – **структурные формы**: слои, складки, трещины, разрывные нарушения со смещением по ним, тела магматического генезиса, седиментационные и гравитационные структуры и пр. В таблице 1 приведена схема иерархии геологических тел (по П.В. Флоренскому) с изменениями и упрощениями. Время их формирования может быть моментальным, а может достигать геологических эпох.

Структурная геология зародилась в XIX веке в Канаде и США (Ч.Р. Ван Хайз, Ч.Лиэз, Б. и Р. Уиллисы). В России вопросами структурной геологии занимались Н.А. Головкинский, А.П. Карпинский, В.А. Обручев, в Зап. Европе – А. Гейм, М. Бертран, Э. Арган. Значительный вклад в развитие структурной геологии внесли советские геологи Н.С. Шатский, А.Л. Яншин, И.М. Губкин, В.В. Белоусов, А.В. Пейве, В.Е. Хайн и др.[12].

1.2. Структурная геология и ее связь с науками о Земле

Структурная геология, по С.С. Смирнову, является прикладной наукой. Она служит фундаментом геологического картирования, дешифрирования аэро- и космоснимков и решения многих теоретических и практических задач поиска, разведки и добычи полезных ископаемых. Геологические особенности строения земной коры получают правильную оценку тогда, когда учитывается не только форма залегания, но также условия и время образования пород, отличительные черты их состава и т.д. Поэтому структурная геология, кроме анализа чисто геометрических форм залегания горных пород, опирается на обширные данные минералогии, петрографии, палеонтологии, исторической геологии, литологии, геоморфологии и других наук (рис. 1).

Структурная геология как учебная дисциплина сама служит основой для изучения:

- геотектоники;
- учения о полезных ископаемых (особенно она важна для прогноза, поисков и разведки залежей нефти и газа, формирование и размещение большей части которых прямо или косвенно предопределяется структурными соотношениями вмещающих их толщ горных пород);
- геоинформатики;

Таблица 1

Иерархия геологических объектов [12]

	Линейный размер	Масштаб изображения	Примеры объектов			Анализируемые материалы	Тектонические науки, изучающие объекты
			Вещественные		Временные		
			Латеральные	Вертикальные			
Глобальный	10000 км	1:10000000	Поверхность планеты	Стратисфера	История планеты, литосферы	Изображения планеты и карты континентов и океанов	Планетология, геодинамика, общая тектоника
Континентальный	1000 км	1:2500000	Платформа, складчатая область	Эратема, структурные этажи	Эра	Космоснимки, геофизические и структурные карты	Региональная тектоника, структурная геология
Региональный	100 км	1:1000000	Щит, антиклиза, синеклиза, авлакоген, батолит	Система, свита	Период	Космические снимки, геофизические и структурные карты	Региональная тектоника, структурная геология
Локальный	10 км	1:200 000	Вал, свод силл, разлом, формация	Отдел пачка	Эпоха	Аэро-и космоснимки, геолого-геофизические и структурные карты	Структурная геология, экспериментальная тектоника
			Региональное несогласие				
Детальный	1 км	1:50000	Шток, складка, разрыв, фация,	Ярус, пачка	Век	Аэро- и космоснимки, структурные, геологические карты, данные детальной сейсморазведки	Структурная геология, экспериментальная тектоника
			Локальные несогласия				
Макроуровень	100–10м	1:1000	Дайка, складка, разрыв	Слоистость и ритмичность	Эпоха	Описание разрезов и результаты ГИС	Структурная геология, экспериментальная тектоника, петротектоника
Мезоуровень	10м–1 см	1:1	Слои, трещина, жила	Слой, поверхность напластования	Век	Описание обнажений и образцов керн, данные ГИС	Структурная геология, петротектоника
Микроуровень	1 см и менее	1:1 ⁻²⁰⁰	Структура и текстура горных пород			Описание шлифов	Петрография, петротектоника

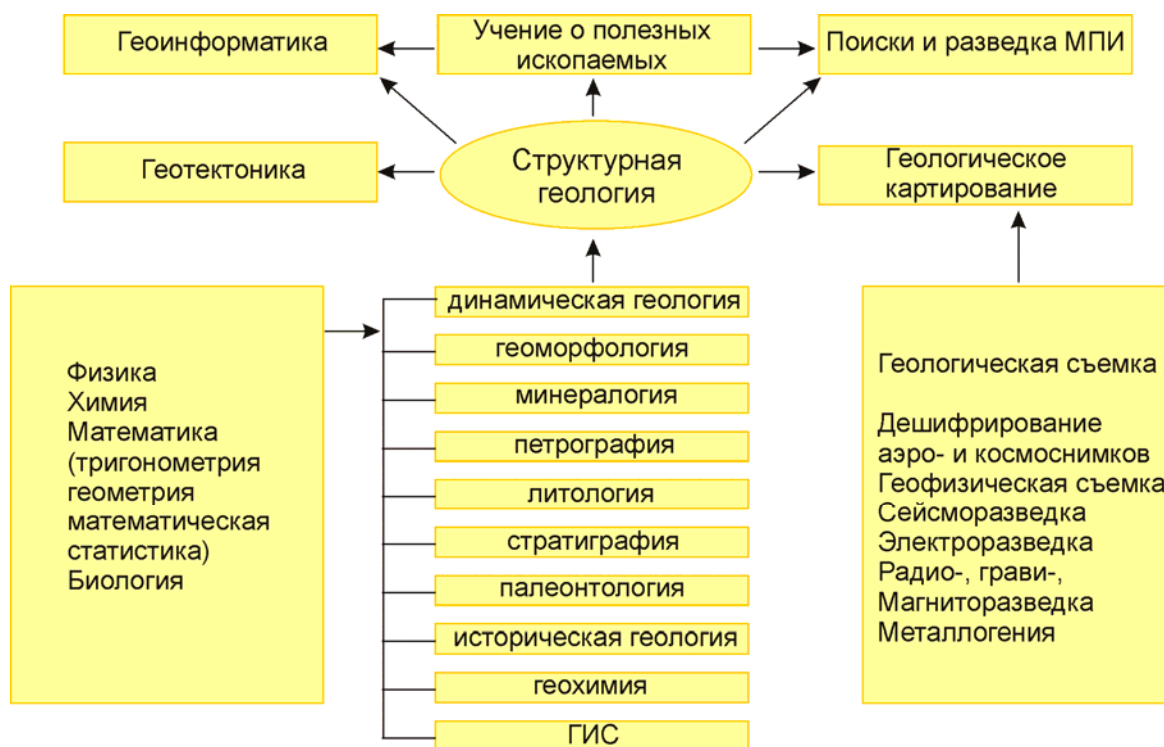


Рис. 1. Связь структурной геологии с науками о Земле

– прикладных наук, занимающихся подсчетом запасов и оценкой ресурсов полезных ископаемых.

Тесная связь структурной геологии с геофизикой, геохимией, минералогией, петрографией, исторической геологией и стратиграфией, геоморфологией и многими другими науками заключается в том, что она:

– пользуется в своих моделях фактами и закономерностями, установленными этими науками;

– изучает фактический геологический материал и на основе его создает теоретические модели;

– пользуется их методами и сама разрабатывает для них методы. Особенно тесно структурная геология связана с геологической картографией, геологической съемкой, геометризацией недр, а также с геологическим дешифрированием материалов аэро- и космических съемок.

Для геологии нефти и газа структурная геология – одна из базовых дисциплин. Наряду с тектоникой, она составляет основу для нефтегазо-геологического районирования, а также служит базой для поисков ловушек в земной коре – структурных форм, в которых могут образовываться скопления углеводородов.

Без знания структурной геологии невозможно изучение таких дисциплин, как геотектоника, региональная геология, гидрогеология и инженерная геология, а также освоение материала учебных и производственных полевых геологических практик.

Вопросы для самопроверки

1. На какие науки опирается структурная геология?
2. Какие науки базируются на структурной геологии?
3. С какими науками связана структурная геология?

2. Методы структурной геологии и геологического картирования

2.1. Методы структурной геологии

В структурной геологии используют различные методы научного анализа, которые можно разделить на общие и специальные. К общенаучным методам относятся методы, разработанные в философии. В структурной геологии чаще всего применяются: *сравнительный, сравнительно-исторический, актуалистический и метод моделирования.*

Сравнительный метод устанавливает сходство и различие объектов исследования.

Сравнительно-исторический метод предполагает изучение всех объектов в природе с позиций их тесной связи, взаимодействия с окружающей средой и исторической последовательности с выяснением их происхождения и последующего развития.

Актуалистический метод на основании изучения современных явлений позволяет создать представление о геологических процессах прошлого, что в определенной степени может заменить эксперимент и моделирование.

Метод моделирования – главный в структурной геологии. Геолог практически никогда полностью не видит те тела, которые он изучает – или они слишком велики, или доступны непосредственному наблюдению фрагментарно, или полностью скрыты в недрах Земли. Кроме того, природные тела имеют очень сложное строение. Поэтому мы чаще всего обобщаем имеющиеся данные об объекте или явлении на основании опыта, господствующих теорий, собственных взглядов и создаем модель геологического тела. Чем детальнее изучен геологический объект, тем более верная и адекватная модель формируется. В структурной геологии наиболее распространены следующие виды моделирования.

1. Графическое моделирование. К графическим моделям относятся разнообразные геологические карты, геологические разрезы, другие чертежи. Поэтому так важно для структурной геологии геологическое картирование – прикладная наука о составлении геологических карт.

2. Физическое моделирование – это замена интересующего нас явления, протекающего в природе, изучением явления на подобной ему модели. Существуют три основных группы физических моделей:

- фрагменты естественных объектов;
- модели, построенные на эквивалентных материалах;
- модели, созданные на оптически активных материалах.

Эквивалентные материалы отличаются по механическим свойствам от свойств изучаемых горных пород пропорционально их отличиям в геометрических размерах. Чем меньше геометрический размер модели, тем мягче должен быть ее материал, быстрее по сравнению с природными процессами должны происходить в ней изменения и т.д. На рис. 2 приведен пример моделирования складчатой зоны (по Н.Б. Лебедевой). Модель составлена из примыкающих разновозрастных блоков, состоящих из канифоли и машинного масла, и разделенных первоначально бумажными перегородками. Блоки имели слоистое строение, в ряде блоков (середина и правая сторона) существовала инверсия плотностей (нижележащие слои легче вышележащих). Особенно большой контраст плотностей был создан в середине модели.

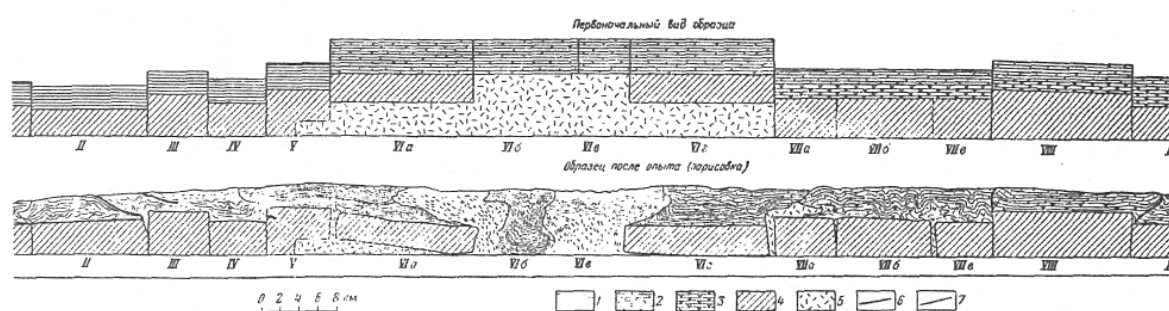


Рис. 2. Модель складчатой зоны. 1 – смесь канифоли и машинного масла плотностью $0,99 \text{ г/см}^3$; 2 – смесь канифоли и машинного масла плотностью $1,06 \text{ г/см}^3$; 3 – смесь канифоли и скипидара плотностью $1,00 \text{ г/см}^3$; 4 – смесь петролатума с песком плотностью $1,8 \text{ г/см}^3$; 5 – смесь канифоли и скипидара с волосками плотностью $1,00 \text{ г/см}^3$; 6 – разрывы; 7 – границы между пачками разных блоков; I–XI – разновысотные блоки (по Н.Б. Лебедевой [12])

Там же мощность легкого материала была максимальной, блок был массивным, неслоистым. Материал имитировал породы в состоянии метаморфизации и гранитизации. Разная высота блоков изображала результат происшедших раньше вертикальных глыбово-волновых движений земной коры. С точки зрения физического подобия эта модель отвечает соотношениям размеров природных складчатых зон. Общая длина модели соответствует ширине складчатой зоны в 150 км , высота наиболее поднятых блоков до начала движений – 5 км . Когда бумажные перегородки между блоками убрали, модель оставили в покое на 48 часов . За это время из-за механической неустойчивости (инверсия плотностей и разная высота блоков) в ней произошли разнообразные движения. Первоначально неровная поверхность стала почти горизонтальной, мощность материала на поднятых блоках уменьшилась, слои удлинились. Это вызвало смятие их в складки и образование надвигов, горизонтальная амплитуда которых соответствует после пересчетов 15 км . Образовалась складчатость, характерная для геосинклинальных систем.

Оптически активные материалы – плексиглазы, желатины. Испытывающая деформации модель из прозрачного эквивалентного материала просвечивается поляризованным светом на установке, подобной поляризационному микроскопу, но с широким рабочим полем. По интерференционному окрашиванию изображения модели на экране определяется относительная и абсолютная величины максимальных касательных напряжений, действующих в различных ее частях. Этот метод позволяет непосредственно наблюдать напряжения при приложении сил. Наиболее широко в настоящее время метод физического моделирования для структурной геологии развивается в лаборатории экспериментальной тектоники на геологическом факультете МГУ им. М.В. Ломоносова и в университете в Упсале (Швеция) [12].

3. Математический метод получил широкое распространение в последнее время в связи с усиливающимися тенденциями формализации и математизации в геологии. С его помощью с большей точностью и высокой производительностью можно исследовать количественную сторону природных явлений. Выделяют три группы математических моделей.

– Моделирование изучаемого объекта по совокупности внешних признаков. Цель такого моделирования – через ограниченное число параметров (констант) установить определенный порядок, закономерности и дать однозначное описание объекта (например, складки). При этом происходит обобщение признаков объекта, отбрасывание случайных параметров и возникает возможность прогнозирования не выявленных его характеристик.

– Моделирование геологических процессов, использующее законы физики и химии. В результате по имеющемуся у наблюдателя геологическому объекту пытаются судить о глубинных процессах, их природе и эволюции Земли. Также изучаются процессы с участием человека. Примером может служить поиск и разведка полезных ископаемых, в том числе – нефти и газа.

– Моделирование параметров процессов, объектов и их интерпретации. Например, спектральный анализ, анализы пористости, минерального, гранулометрического, литологического и других составов. При этом широко используется математическая статистика. Широко применяемый в структурной геологии статистический анализ ориентировки трещиноватости относится к математическому моделированию и интерпретации параметров.

4. Непосредственно формы залегания и пространственные соотношения геологических тел изучаются, главным образом, при геологическом картировании. Цель геологического картирования – составление геологической карты какого-либо участка земной поверхности или ее глубоких горизонтов в том или ином масштабе. Основным методом геологического картирования является:

- **Метод геологической съемки.** При геологической съемке детально изучаются естественные и искусственные обнажения (выходы на поверхность) горных пород с целью определения их состава, возраста, происхождения, форм залегания и изображения их распространения на карте.

Для более полного изучения свойств горных пород, условий их залегания, а также выяснения глубинного строения геологическая съемка сопровождается проходкой шурфов, канав, бурением скважин, изучением материалов аэро – и космосъемок земной поверхности, комплексом геофизических наблюдений (электроразведка, радио–, грави–, магнито– и сейсмометрия).

При определении состава и происхождения горных пород используют минералогический, петрофизический, химический и другие методы изучения, а также палеогеографический и палеонтологический анализы. Для определения возраста горных пород применяют стратиграфический, палеонтологический методы и методы абсолютной геохронологии.

Геологическое картирование лежит в основе многих направлений геологических исследований. С его помощью можно увязывать все геологические объекты в пространстве, выяснять их взаимные связи и генезис. Одновременно устанавливается и перспективность закартированной территории в отношении полезных ископаемых, расположенных как на поверхности, так и на глубине.

- Метод дистанционного изучения заключается в исследовании свойств нашей планеты с летательных аппаратов, самолетов, спутников и станций, находящихся в атмосфере и космическом пространстве. Основная роль отводится фотографированию земной поверхности, а также изучению магнитных и других свойств горных пород.

- Методы структурного анализа, которые заключаются в изучении взаимного положения в пространстве тектонических нарушений – складок, трещин, разрывов со смещением, внедрений магматических и пластических осадочных пород, ориентировки минералов. Исходные данные структурного анализа получают в процессе геологической съемки, изучения ориентировки минералов (микро-или петроструктурный анализ), регионального структурного анализа.

- Геофизические методы. При изучении форм геологических тел, особенно для целей нефтегазовой геологии, повсеместно применяются геофизические и особенно сейсмические методы. Эта область геофизики иногда так и называется – «структурная геофизика».

Последние четыре метода – главные в структурной геологии. Причины возникновения и история развития структурных форм изучаются, главным образом, сравнительно-историческим методом, а также с помощью фациального анализа, анализа мощностей, методами тектонического и математического моделирования. Геометрия структурных форм изучается главным образом с помощью геологического картирования и геологического дешифрирования материалов аэро– и космических съемок. Поля напряжений, сформировавшие структурные формы, изучаются с помощью структурного анализа.

Вопросы для самопроверки

1. Какие методы применяются в структурной геологии?
2. В чем заключается сравнительно-исторический метод применительно к структурной геологии?
3. В чем заключается метод математического моделирования применительно к структурной геологии?
4. Какими методами изучаются формы геологических тел?
5. Какие методы используются при геологической съемке?
6. Какими методами изучаются формы залегания и пространственные соотношения геологических тел?

2.2. Геологическая карта

Геологическая карта – это графическое изображение на топографической основе в определенном масштабе геологического строения какого-либо участка земной коры.

Среди карт принято выделять обязательные и специальные карты. К обязательным картам относятся карты: фактического материала, геологическая карта, закономерностей размещения полезных ископаемых. К специальным картам – тектоническая, геоморфологическая, гидрогеологическая, четвертичных отложений, геохимическая и др.

Специальные карты имеют более узкое назначение по сравнению с основной геологической картой и отражают лишь отдельные черты геологического строения района. Они составляются после проведения специальных съемок, использующих различные методы и технические средства.

Геологическая карта – основная в серии обязательных карт. В комплексе с остальными обязательными картами она служит основой для следующего:

- 1) изображения геологического строения земной поверхности в заданном масштабе;
- 2) установления закономерностей распространения и прогноза полезных ископаемых;
- 3) рационального выбора площадей под геологическую съемку и поиски полезных ископаемых в более крупных масштабах;
- 4) разработки вопросов региональной и инженерной геологии, гидрогеологии и почвоведения;
- 5) составления сводных геологических карт и карт полезных ископаемых более мелких масштабов;
- 6) создания специальных карт (тектонических, металлогенических, гидрогеологических и т. п.).

На геологической карте с помощью специальных условных знаков изображают:

- 1) поля распространения осадочных, магматических и метаморфических пород, расчлененных по возрасту и составу;
- 2) измененные породы;
- 3) основные тела полезных ископаемых, а также вмещающие породы, благоприятные для их локализации;
- 4) границы между геологическими объектами, разделенные по степени их достоверности;
- 5) разрывные нарушения, выделенные по значимости, степени достоверности;
- 6) площади распространения кор выветривания с указанием их возраста и генетического типа;
- 7) площади распространения техногенных пород;
- 8) наиболее важные буровые скважины и горные выработки;
- 9) места выходов ископаемых органических остатков и пункты, для которых имеются определения изотопного возраста пород или минералов.

Геологические карты классифицируются также по масштабу. По этому признаку различают следующие виды карт.

1. Обзорные карты (мельче 1:1000 000), дающие общие представления о геологическом строении больших территорий – материков, государств (например, геологическая карта РФ). Эти карты составляются на географической основе.

2. Мелкомасштабные карты (1: 1 000 000 и 1: 500 000), отражающие в общих чертах геологическое строение крупных регионов (например, геологическая карта Донбасса). Карты этого масштаба служат для определения направления дальнейших более детальных геолого-съёмочных работ и предварительной оценки перспектив районов для постановки поисков полезных ископаемых.

3. Среднемасштабные карты (1:200 000 и 1:100 000) с большой степенью детальности характеризуют основные черты геологического строения средних по площади территорий. Они являются основным видом геологических карт, на базе которых планируются и производятся поиски полезных ископаемых.

4. Крупномасштабные карты (1: 50 000 и 1: 25 000) детально освещают геологическое строение сравнительно небольших по площади территорий. Эти карты становятся основными картами, используемыми для решения прикладных задач.

5. Детальные карты (1:10 000, 1:5 000, 1:2 000 и крупнее) дают подробную геологическую характеристику территорий месторождений полезных ископаемых и рудопроявлений или отражают условия залегания тел полезных ископаемых на действующих горных предприятиях (например, погоризонтные карты-планы рудника или шахты).

2.2.1. Общие требования к оформлению геологических карт

Технические условия по составлению и оформлению геологических карт изложены в инструкциях и методических указаниях по организации и производству геолого-съёмочных работ и составлению геологических карт различного масштаба [6].

Общепринятые условные обозначения являются своеобразной азбукой различных символов, знание которых обязательно для геологов. С помощью этих символов (условных обозначений) однотипные геологические объекты и процессы независимо от территории и специалиста, составляющего карту, изображаются на геологических картах одинаково, что позволяет «читать» карту любому геологу.

К обязательным элементам геологической карты относятся системы условных обозначений, геологические разрезы, стратиграфические колонки. Эти элементы расположены на полях карты и составляют за рамочное оформление. В левом поле карты находится стратиграфическая колонка, в правом – условные обозначения, внизу под картой – геологические разрезы (рис. 3, 3, а).

2.2.2. Условные знаки геологических карт

На геологических картах изображаются стратиграфические, нестратиграфические подразделения и их геологические границы, разрывные нарушения, плоскостные и линейные структурные элементы, отдельные буровые скважины и другие данные.

Любой знак на геологической карте должен быть расшифрован в условных обозначениях. Среди условных знаков различают цветовые, штриховые и индексы (буквенные и цифровые).

Обозначения стратиграфических подразделений

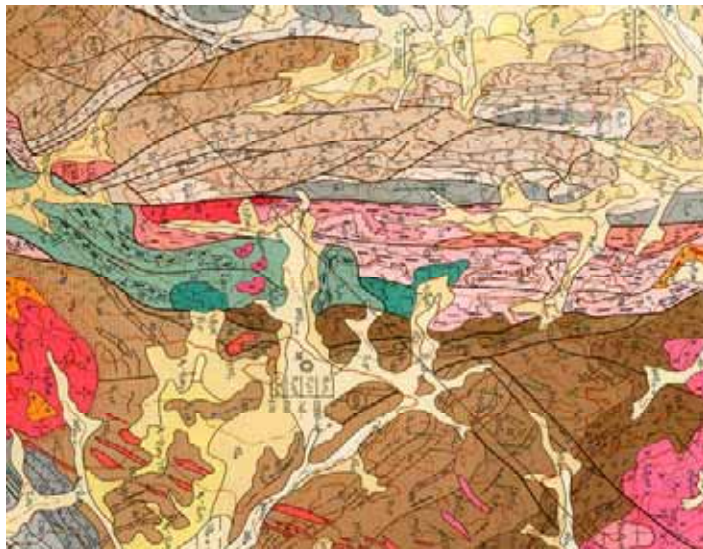
Стратиграфические подразделения показываются с помощью раскраски, индексов, крапа. При этом, возраст стратиграфических подразделений отображается цветом и индексом, состав – крапом. Цветовые обозначения стратифицированных образований должны соответствовать цветам раскраски, принятым для подразделений геохронологической шкалы (табл. 2; приложение 1).

Индексация подразделений геохронологической шкалы осуществляется в соответствии с требованиями «Стратиграфического кодекса СССР». Вначале ставится прописная или прописная и строчная буквы латинизированного названия системы. Отдел обозначается арабской цифрой (за исключением отделов четвертичной системы), помещаемой

ГОСУДАРСТВЕННАЯ ГЕОЛОГИЧЕСКАЯ КАРТА РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

Масштаб 1:50 000

БЕРЕЗОВСКИЙ ГОРНОРУДНЫЙ РАЙОН
Лисенская группа листов (N-55-125-B; N-55-137-A, Б, В, Г)
ГЕОЛОГИЧЕСКАЯ КАРТА
N-55-125-B



У Е Л О В Н Н Ы Е О Б О З Н А Ч Е Н И Я

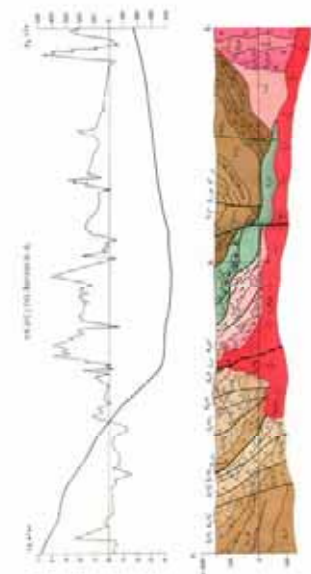


Рис. 3. Образец оформления государственной геологической карты масштаба 1:50000

<i>Таблица 2</i>				
<i>Раскраска и индексы основных стратиграфических подразделений на геологических картах[9].</i>				
Эратема и система	До 1969 г.		После 1969 г.	
	Цвет	Индекс	Цвет	Индекс
Кайнозойская эратема	Желтый	KZ	Желтый	KZ
Системы:				
четвертичная	Светлый зеленовато-и желтовато-серый	Q	Желтовато-серый	Q
неогеновая	Лимонно-желтый	N	Желтый	N
палеогеновая	Желтый	Pg	Оранжево-желтый	Р
Мезозойская эратема		MZ		
Системы:				
меловая	Зеленый	Cr	Зеленый	K
юрская	Синий, голубой	J	Синий	J
триасовая	Лиловый	T	Лиловый	T
Палеозойская эратема		PZ		PZ
Системы:				
пермская	Буро-красный, оранжевый	P	Оранжево-коричневый	P
каменноугольная	Серый	C	Серый	C
девонская	Коричневый	D	Коричневый	D
силурийская	Грязно-зеленый	S	Серо-зеленый	S
ордовикская	Оливково-зеленый	O	Оливковый	O
кембрийская	Фиолетовый	Sm	Сине-зеленый (темный)	Є
Протерозойская эратема	Светло-розовый	Pt	Розовый	PR
Архейская эратема	Темно-розовый	A	Сиренево-розовый	AR

справа внизу индекса системы. Индекс яруса составляется из одной или двух начальных строчных букв сокращенного латинизированного названия яруса.

Части яруса (подъярусы) указываются арабскими цифрами. Пример записи:

индекс системы → $C_1 v_3$ ← индекс яруса

 ↑ ↑

индекс отдела индекс подъяруса

Читается это так: верхний подъярус визейского яруса нижнего отдела каменноугольной системы.

Помимо общепринятых стратиграфических подразделений необходимо вводить вспомогательные (местные – пачка, толща, свита, под-свита), которые должны быть увязаны с общепринятой шкалой.

Полный индекс свиты образуется за счет прибавления справа к символу возраста символа свиты, состоящего из двух курсивных букв ее латинизированного названия (первой и ближайшей к ней согласной). Пример: C_2kl – калмакэмельская свита среднего карбона.

Подсвиты обозначаются при помощи арабских цифр, помещаемых справа внизу от символа свиты, причем нижняя подсвита считается первой. Примеры: C_2kl_3 – верхняя подсвита калмакэмельской свиты среднего карбона; K_1mk_4 – четвертая подсвита макинской свиты нижнего мела.

Пачки, выделяемые в составе подсвит (свит), обозначаются арабскими цифрами, которые помещаются справа вверху от индекса подсвиты (свиты). Пример: $C_2kl^3_3$ – третья пачка верхней подсвиты калмакэмельской свиты среднего карбона.

Индексы выделяемых на карте подразделений четвертичной системы образуются путем прибавления слева к индексу звена буквенного символа, отражающего генетический тип отложений. Примеры: $a Q_1$ – аллювиальные отложения нижнечетвертичного звена. Вещественный состав свит, подсвит и пачек, а также текстурные и структурные особенности слагающих их пород, отображаются с помощью крапа черного цвета.

Обозначения нестратиграфических подразделений. Нестратиграфические подразделения отражаются на карте цветом, индексами и крапом. Цветовую раскраску применяют для отображения подразделений, сложенных магматическими и некоторыми метаморфическими породами. Выбор цвета определяется составом пород, установленным с точностью до петрографической группы. Каждой группе присваивается определенный цвет (табл. 3). Аналогичные по составу разновозрастные подразделения закрашиваются одним цветом различной интенсивности, которая возрастает от более древних к молодым.

Индексация магматических пород по вещественному составу выполняется строчными буквами греческого алфавита (табл. 3).

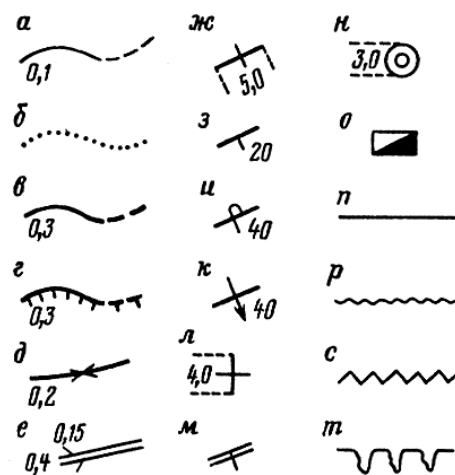
Для указания возраста магматических пород справа рядом с символом состава ставится символ, указывающий на возраст. Пример: γK_1 – раннемеловые граниты. Принадлежность к тому или иному комплексу интрузивных пород обозначается одной или двумя латинскими строчными буквами, расположенными справа от индекса возраста. Пример: γJ_2k – граниты кукульбейского интрузивного комплекса среднеюрского возраста. Последовательность интрузивных фаз в пределах интрузивного комплекса обозначается арабской цифрой, определяющей последовательность данной фазы, помещаемой справа внизу от символа вещественного состава интрузий. Пример: $\gamma_2 J_2k$ – гранит второй интрузивной фазы кукульбейского комплекса среднеюрского возраста.

Нестратиграфические подразделения, представленные мигматитами, породами контактового метаморфизма, метасоматитами, метасоматически измененными породами, породами кор выветривания, обозначаются цветными или черными знаками (крапом). Степень изменений отражается густотой нанесения знаков.

Таблица 3				
<i>Основные условные обозначения для магматических и нестратифицированных вулканогенных* образований</i>				
Группа пород по химическому составу	Породы	Цвет	Индекс	
			буква греческого алфавита	название буквы
Кислые	Гранит	Красный	γ	гамма
	Риолит		λ	лямбда
Средние	Диорит	Темно-малиновый	δ	дельта
	Андезит		α	альфа
Базитовые	Габбро	Темно-зеленый	ν	ню
	Базальт		β	бета
Ультрабазитовые	Перидотит	Темно-фиолетовый	σ	сигма
	Дунит		σ	сигма
	Пикрит		I	йота
	Кимберлит		I	йота
Нормальные, умеренно-щелочные	Сиенит	Красно-оранжевый	ξ	кси
	Граносиенит		$\gamma \xi$	гамма, кси
	Фонолит		ϕ	фи
	Трахит		τ	тау
Щелочные	Фельдшпатоидный сиенит	Оранжевый	η	эта
	Нефелиновый лейцит		χ	каппа

* *Нестратифицированные и новейшие вулканогенные образования раскрашиваются цветом соответствующих им по составу интрузивных пород.*

Рис. 4. Линейные условные знаки на геологических картах: а, б – геологические границы (цифры – толщина линий, мм): а – между разновозрастными образованиями (достоверные – сплошная линия и предполагаемые – пунктирная), б – фациальными и литологическими подразделениями одного и того же возраста; в – тектонические контакты (достоверные – сплошная линия, предполагаемые – пунктирная); г – то же, с указанием направления падения сместителя (бергштрихи); д – разрывы без смещения блоков (трещины); е – линии долгоживущих разломов; элементы залегания слоев (цифры для ж и л обозначают размеры знака, для з, и, к, – углы падения слоев). Залегание: ж – вертикальное, з – наклонное, и – опрокинутое, м – преобладающее наклонное. Геологоразведочные выработки (цифра – размер знака): н – буровые скважины на карте, о – шурфы: п-т – геологические границы на стратиграфических колонках – при различных соотношениях слоев: п – согласном, р – параллельном (стратиграфическом) несогласии, с – угловом несогласии, т – несогласии на неровной поверхности нижнего комплекса (с «карманом»)



Прочие обозначения. К прочим обозначениям относятся немасштабные линейные и штриховые знаки (рис.4). С помощью этих знаков на геологических картах отображаются геологические границы с разделением на достоверные и предполагаемые, границы измененных пород, разрывные нарушения с подразделением их на главные и второстепенные, ориентировка разрывных нарушений, элементы залегания слоистости, гнейсоватости, буровые скважины. Если необходимо отразить петрографический состав пород – используют штриховые знаки (рис. 5).

Осадочные породы	Интрузивные породы	Вулканические породы
 Конгломераты	 Граниты (Г)	 Риолиты (Л)
 Гравелиты	 Гнейсы (ГД)	 Дайциты (Д)
 Алевролиты	 Диориты (Д)	 Андезиты (А)
 Аргиллиты	 Сиениты (С)	 Трациты (Т)
 Песчаники	 Монзониты (МД)	 Базальты (Б)
 Известняки	 Габбро (Г)	 Шисты (Ш)
 Доломиты	 Габбро-диориты (ГД)	Вулканоогенно-осадочные породы
 Мергели	 Перидотиты (П)	 Туфконгломераты
	 Дуниты (Д)	 Туфопесчаники
		 Туфы
		 Туффиты

Рис. 5. Штриховые знаки состава пород и их буквенный индекс

2.2.3. Условные обозначения (легенда)

Условные обозначения помещаются справа от геологической карты. Все геологические подразделения (стратиграфические и не стратиграфические) располагаются в возрастной последовательности. При этом выделяются два вертикальных ряда условных обозначений – левый, в котором показываются стратиграфические подразделения, и правый, где приводятся не стратиграфические подразделения. Слева от знаков стратиграфических и не стратиграфических подразделений приводится необходимая часть геохронологической шкалы и региональной стратиграфической схемы. Условные обозначения не стратиграфических подразделений размещаются в соответствии с положением каждого конкретного подразделения в геохронологической шкале (рис. 6).

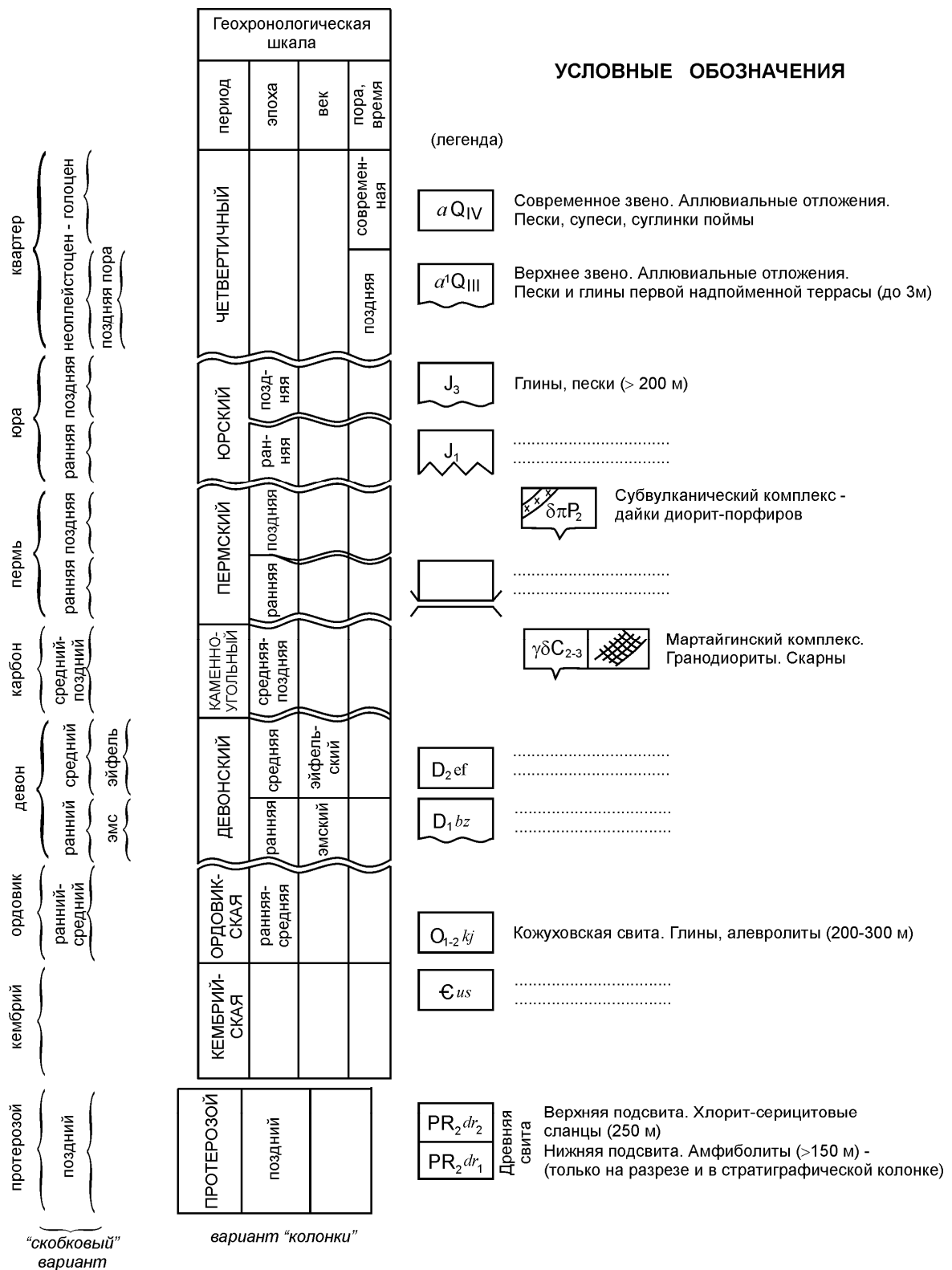


Рис. 6. Условные обозначения к геологической карте

Условные обозначения стратиграфических подразделений (свиты и толщи, расчлененные на мелкие подразделения – подсвиты и пачки) строятся в виде примыкающих прямоугольников, расположенных вертикально. При фациальной изменчивости свиты или различной детальности ее расчленения в разных частях района символ возраста свиты помещается в правой части микроколонки.

Если на одном стратиграфическом интервале в разных структурно-формационных зонах представлены различные свиты, то легенда для данного стратиграфического интервала строится по зональному принципу: для каждой зоны составляется отдельная микроколонка.

Для нестратиграфических подразделений, расчлененных на подкомплексы, также рекомендуется применять условные обозначения в виде микроколонок, которые состояются, как и для стратиграфических подразделений. В микроколонке подкомплексы должны размещаться таким образом, чтобы их порядковые номера возрастали снизу вверх. Они закрашиваются цветом или обозначаются цветовым знаком соответствующей группы пород.

Если комплексы расчленены только на разновозрастные петрографические разности пород, их условные обозначения имеют вид таблицы, которая делится на ряд граф по числу петрографических разновидностей в данном комплексе.

Гидротермально-метасоматические образования, связанные с конкретными фазами магматизма и этапами метаморфизма, показываются в отдельных прямоугольниках, расположенных правее прямоугольников соответствующих под комплексов и фаз.

Характеристика каждой свиты (толщи) и комплекса в тексте условных обозначений должна состоять из перечисления все более дробных подразделений: подсвит, толщ, пачек, маркирующих горизонтов. Здесь же приводятся краткие сведения о литологических особенностях каждого из этих подразделений. Для стратиграфических подразделений указываются их мощности. Принадлежность свит к серии показывается с помощью фигурной скобки, охватывающей условные знаки свит.

Характер контактов между геологическими подразделениями (согласное залегание, стратиграфическое несогласие и т. д.) отражается формой нижней линии, ограничивающей микроколонку или прямоугольник свиты (толщи) в соответствии с условными обозначениями (рис. 1, $p - m$).

Кроме условных обозначений стратиграфических и нестратиграфических подразделений даются прочие условные обозначения (рис. 4, 5).

2.2.4. Стратиграфические колонки

На стратиграфических колонках должны быть показаны в возрастной последовательности все дочетвертичные отложения, известные на изученной площади, как обнажающиеся, так и вскрытые скважинами и горными выработками. На колонках отражаются все выделяемые на геологической карте серии, свиты, подсвиты и горизонты. Слева от колонки в возрастной последовательности показываются общие и региональные подразделения, с которыми сопоставляются местные и вспомогательные подразделения. При этом дробность общей и региональной стратиграфических шкал должна быть такой же, как в условных обозначениях к геологической карте. Стратиграфические подразделения на самих колонках раскрашиваются цветами, использованными на геологической карте. В выделенных подразделениях состав пород отображается горизонтально расположенными черными знаками с детальностью, отражающей общее строение свиты. Характер соотношений между подразделениями изображается специальными знаками (рис. 4, *n,p,c*). Слева от колонки указываются индексы стратиграфических подразделений, справа – приводятся цифры мощности каждого подразделения и названия местных подразделений, состав (рис.7).

СТРАТИГРАФИЧЕСКИЕ КОЛОНКИ

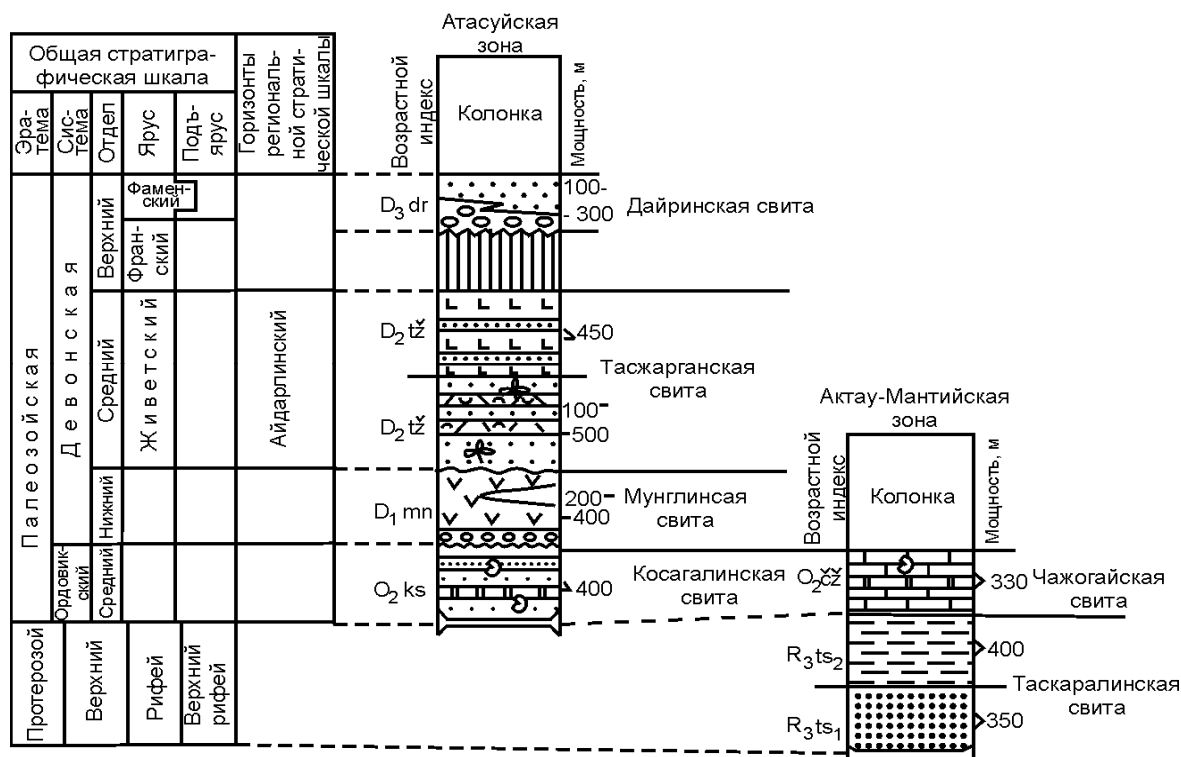


Рис. 7. Пример стратиграфической колонки [10,15,]

Колонки вычерчиваются в определенном масштабе, но он не указывается. Вертикальный масштаб колонки выбирается таким образом, чтобы можно было отразить основные особенности внутреннего строения выделенных подразделений. Колонки строятся по максимальным мощностям отложений. Если из-за большой мощности одного или двух стратиграфических подразделений длина колонки резко увеличивается, то допустимо делать пропуски («разрывы») внутри однородных интервалов разреза. Эти «разрывы» (не более трех) изображаются волнистой двойной тонкой линией с промежутками 2 мм. Если мощности отдельных частей разреза (например, отложений мезозоя и палеозоя) резко различны, разрешается составлять для них колонку в разных масштабах, оговорив это в примечании, помещенном под колонкой.

2.2.5. Геологические разрезы

На геологических картах приводится не менее одного геологического разреза, которые наглядно показывают залегание геологических тел на глубине и особенности тектонической структуры района (рис. 3). Линия разреза может быть прямой или ломаной. На каждом разрезе должны быть показаны гипсометрический профиль местности, линия уровня моря, шкала вертикального масштаба.

Горизонтальный и вертикальный масштабы разрезов должны соответствовать масштабу карты. Для районов с пологим и горизонтальным залеганием пород допускается увеличение вертикального масштаба. Разрезы составляются, раскрашиваются и индексируются в полном соответствии с геологической картой и увязываются с ней по контурам, краскам, крапам, индексам. На разрезах штриховыми линиями можно показывать предполагаемое продолжение геологических границ выше земной поверхности. При необходимости тонкими черными линиями можно отразить стиль мелкой складчатости. Буровые скважины наносятся черными сплошными линиями. Забой скважины ограничивается короткой горизонтальной линией в виде подсечки, около которой представляется глубина скважины.

Геологические разрезы помещают симметрично под картой. Над разрезом делают надпись «Разрез по линии А–Б», под ним указывают численный горизонтальный и вертикальный масштабы.

3. СТРУКТУРНЫЕ ФОРМЫ И СТРУКТУРЫ

На геологических картах изображаются геологические тела, но в структурной геологии принято говорить не о геологических телах, а о структурных формах. Под структурной формой подразумевается не только геологическое тело, но и форма его дислокации. Например, это может быть слой породы как геологическое тело, которое занимает какой-то объем и имеет свои размеры и т.д., или складка – как форма дислокации этого слоя. Таким образом, к структурным формам относятся: слой, складка, дизъюнктив, трещина, блок. Конкретные структурные формы находятся в земной коре в определенных пространственных соотношениях, т. е. образуют определенную структуру. Так, слои осадочных пород образуют слоистую структуру, складки – складчатую и т. д. Изучая многообразие структурных форм и структур, структурная геология ставит своей целью дать их правильную классификацию. В настоящее время общепринятой является классификация, учитывающая, прежде всего, происхождение (генезис) структурных форм. По этому признаку различают:

I. **Первичные** – структуры, которые возникают в процессе образования горных пород.

А. Слоистые (стратиграфические).

Б. Магматические.

В. Метаморфические,

Г. Трещинные (первичная трещиноватость).

II. **Вторичные** – возникающие после образования горных пород и связанные с тектоническими движениями:

А. Структуры, возникающие без разрыва пород:

1 – *складчатые (или пликативные)*.

Б. Структуры, возникающие с разрывом пород:

1 – *дизъюнктивы – разрывы со смещением,*

2 – *тектоническая трещиноватость, кливаж – разрывы без смещения.*

3.1. Слоистые (стратиграфические) структурные формы

Главным признаком этих структур является наличие слоистости.

Слоистость – это первичная неоднородность осадка, выражающаяся чередованием пород различного состава или окраски. Главным элементом слоистости является слой – плитообразное тело, сложенное породой определенного состава, структуры, цвета. Слой ограничен двумя поверхностями наложения, которые отделяют его от выше- и нижележащего слоев. Верхняя поверхность наложения (напластования) называется *кровлей*, а нижняя – *подшивой*. Поверхности раздела между слоями, как и сама слоистость, образуются в результате изменения условия осадконакопления. Если смена ус-

ловий происходит быстро, то границы между слоями четкие и резкие, а если условия меняются медленно, то границы будут нечеткие. Помимо термина *слой* часто употребляется термин *пласт*. Некоторые считают, что пласт синоним слоя, другие понимают под термином пласт – слой, сложенный полезным ископаемым. Например, пласт угля, нефти и т. д. *Пропласток* – это слой или пласт небольшой мощности, залегающий внутри однородного слоя. *Линзой* называется тело, выклинивающееся во всех направлениях внутри слоя. Для характеристики слоистости, косослоистого пласта существует термин *слоек*. Кроме слоистости следует различать (по Н.Б. Вассоевичу) слоеватость. *Слоеватость* – это слоистость без слоев. При этом слоистость нечеткая и определяется по расположению различных включений (галек, конкреций, раковин, обрывков водорослей, лапиллей, вулканических бомб, туфового материала).

Совокупность слоев, сосредоточенных на ограниченной площади, и мало различающихся по возрасту и составу, может объединяться в *пачки, толщи, свиты и серии*. Слои горных пород, которые позволяют расшифровать тектоническую структуру участка земной коры, называются *маркирующими горизонтами*. Маркирующие горизонты прослеживаются на различные расстояния.

Толщина слоя или его *мощность* измеряется по кратчайшему расстоянию между кровлей и подошвой. Измеренная таким образом мощность называется *истинной*. При наклонном залегании слоя различают также *горизонтальную* и *вертикальную* мощности, а ширина выхода слоя на дневную поверхность определяет его *видимую* мощность. Резкое уменьшение мощности слоя, наблюдаемое на небольшом расстоянии, называется *пережимом*, а если уменьшение мощности приводит к исчезновению слоя, то такое явление называется *выклиниванием* слоя.

Классификация пород по мощности слоев

<i>Породы</i>	<i>Мощность слоя, см</i>
1. Микрослоистые	менее 0,2
2. Листоватые	2–0,2
3. Тонкослоистые	10–2
4. Среднеслоистые	50–10
5. Крупнослоистые	100–50
6. Массивно-слоистые	более 100
7. Гигантослоистые	более 1000

В пачках слои различного состава могут иметь одинаковую мощность, или наоборот, самую различную. Часто слои крупнообломочных

пород (конгломераты, гравелиты, песчаники) имеют большую мощность, чем слои тонкообломочных (алевролиты, аргиллиты).

3.1.1. Структурные типы слоистости и их происхождение

По морфологическим особенностям выделяют следующие типы слоистости: параллельную, линзовидную, волнистую, косую.

Параллельная (горизонтальная) слоистость характеризуется тем, что границы слоев располагаются горизонтально и параллельны между собой и по форме близки к плоскости. Форма слоя – правильная плита выдержанной мощности. Слоистость этого типа образуется при отложении осадка в спокойной обстановке (глубокие части моря или озера). Параллельная слоистость может быть простой полосовидной, прерывистой (штриховой), ленточной.

- *Простая полосовидная* слоистость обусловлена различным вещественным составом каждого слоя.

- *Прерывистая* слоистость характеризуется тонкими прерывистыми прослойками иного материала в однородной породе (прослой и линзы чешуек слюды в глинистых породах, прослойки растительного дендрита в алевролитах и песчаниках).

- *Ленточная* слоистость характеризуется правильным ритмичным чередованием тонких прослоев разного состава. Часто ее образование связано с климатическими сезонными колебаниями условий осадконакопления. Встречается в озерных и флювиогляциальных отложениях, а также в прибрежных морских осадках вблизи устьев крупных рек, выносящих большое количество обломочного материала. По ленточной слоистости можно определять скорость накопления осадков и их возраст.

Линзовидная слоистость отличается изменением мощности отдельных слоев по простиранию. При этом слои нередко полностью выклиниваются, что приводит к разобцению слоя на отдельные части или линзы. Такой вид слоистости образуется при быстром и изменчивом движении среды. В песчано-глинистых толщах образование линзочек песчанистого материала объясняется периодическим привнесом более грубозернистого материала в спокойную часть водоема. Очень характерна линзовидная слоистость для песчано-конгломератовых отложений, где она связана с частым размывом ранее отложенного материала и отложением материала в неровностях дна.

Волнистая слоистость характеризуется правильными волнистыми поверхностями напластования. Волнистая слоистость небольшого масштаба часто встречается в мелкозернистых песчаниках и алевролитах, образовавшихся в прибрежно-морских, озерных и речных обстановках в

условиях волнений (симметричной формы) и течений (асимметричной формы) (рис. 8 в).

Косая слоистость характеризуется косым наложением слоев по отношению к основным плоскостям напластования. Основным элементом косой

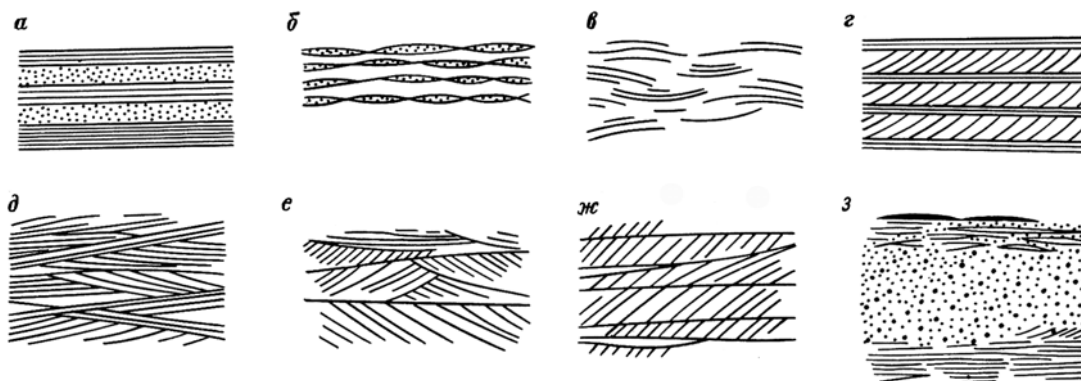


Рис.8. Типы и разновидности слоистости по Е.П. Брунсу: а – горизонтальная, б – линзовидная, в – волнистая, г-з – косая: г – многоэтажная косая речных отложений, д – перекрестная, образовавшаяся при морских течениях, е – клиновидная эоловых отложений, ж – диагональная (отложения временных потоков), з – диагональная дельтовых отложений

слоистости является косая серия первично-наклоненных в одном направлении слоев. По форме слоев различаются следующие виды косой слоистости: прямолинейная; вогнутая (выпуклая); волнистая (рис.8 г-з). По степени параллельности косых слоев в одной серии различают: параллельную и сходящуюся (рис.8 г, е). Постоянство углов наклона и направления косых слоев является решающим признаком для выяснения условий образования осадка. Серии косых слоев, наклоненных в одном направлении образуются обычно при поступательном движении водной или воздушной среды, в которой происходит накопление осадков (рис.8 г). Выделяют несколько типов косой слоистости по происхождению: эоловую; речную; временных водотоков; прибрежно-морскую.

- *Эоловая* косая слоистость хорошо выражена в отложениях дюн. Характеризуется разнонаправленностью косослоистых серий и большим колебанием углов наклона слоев (от 5 до 30° на подветренном склоне). Серии косых слоев часто имеют резко изогнутую форму границ и нередко наклонены. Материал осадков хорошо отсортирован и однороден по составу.

- *Речная* косая слоистость характеризуется сериями косых слоев, наклоненных в одном направлении вниз по течению. Косые серии слоев часто чередуются с горизонтальными прослоями, что придает косой слоистости многоэтажный характер. Между косослоистыми сериями и горизонтальными пропластками часто наблюдается резкое несогласие. Угол наклона косых слоев составляет 16–20°. Форма косых слоев может быть различной, однако чаще прямолинейная и параллельная.

Материал плохо отсортирован (от ила до валунов) и содержит нередко прослойки глин в виде линз и карманов.

- Косая слоистость *временных потоков* характеризуется правильным многоэтажным чередованием небольших круто наклоненных косых и горизонтальных серий. Материал косых серий, соответствующий периодическим ливням, грубее чем материал горизонтальных серий. Косые серии имеют круто наклоненные (до 40°) слойки, обычно прямолинейные и параллельные по форме. Материал плохо отсортирован.

- *Прибрежно-морская* косая слоистость характеризуется разнообразием косых серий (горизонтальных, волнистых, косых), чередующихся в вертикальном направлении. Наклон косых слойков преобладает в сторону берега. Угол наклона слойков не превышает 20° . Границы между сериями неясные и характеризуются постепенным переходом осадков разной крупности зерна. Материал хорошо отсортирован. Прибрежно-морская (*дельтовая*) косая слоистость (рис.8, з) имеет свои отличительные особенности, обусловленные быстрым уменьшением скорости речного потока при впадении его в море или озеро. Она имеет трехъярусное строение: 1 – кровлю из горизонтальных или слабонаклоненных слоев, представленных аллювиальными осадками; 2 – серию косых слойков, соответствующих переднему фронту дельты, круто наклоненных в верхней части серии и выходящих в основании; 3 – почти горизонтальные слои подошвы (морские осадки), сложенные тонкообломочным глинистым материалом.

3.1.2. Первичные особенности поверхности наслоения

Как уже отмечалось, слои горных пород разделены поверхностями напластования, которые могут иметь различное строение и очень часто несут на себе различные следы, позволяющие установить причины и условия слоеобразования. К числу этих особенностей относятся: ископаемые знаки ряби; трещины усыхания; следы жизнедеятельности организмов; отпечатки дождевых капель, кристаллов льда, следов птиц, ползания червей и др. Так, например, наличие трещин усыхания, следов капель дождя свидетельствует о перерыве в осадконакоплении. Изучение особенностей поверхности напластования в случае сложной складчатости и отсутствия окаменелостей, помогает определить последовательность напластования, а также нормальное или опрокинутое залегание горных пород.

Знаки ряби могут быть образованы в результате течения и волнения водной среды и ветра. Они всегда приурочены к верхней поверхности слоя (обычно песчаника) и хорошо сохраняется в ископаемом состоянии. По условиям образования выделяют три типа ряби: а – водную рябь волнения; б – водную рябь течений; в – эоловую рябь.

Рябь волнения наиболее широко распространена и характеризуется симметричным строением и расположением гребней. Изучая направления гребней ряби, можно установить положение древней береговой линии и линии прибоя озерных и морских бассейнов. *Рябь течения* характеризуется не симметричным строением гребней и крупными песчинками во впадинах. Ветровая (*эоловая*) рябь в отличие от ряби течения характеризуется наличием крупных песчинок на гребнях, а также непостоянством углов наклона склонов гребней. Индекс ветровой ряби (отношение длины волны к ее высоте) больше, чем индекс волновой. Гребни ряби могут быть параллельными, пересекаться, ветвиться. По виду знаков ряби можно определить глубину их образования (0,5–15, иногда до 200 м).

Трещины усыхания образуются в засушливом или переменновлажном климате. Поверхность напластования в этом случае имеет форму полигональной сетки. Встречаются на поверхности только иловатых или песчано-глинистых пород.

Ископаемые отпечатки кристаллов льда, каменной соли, гипса, капель дождя и града характерны для красноцветных лагунных, ледниковых отложений.

3.1.3. Генезис слоистой текстуры осадочных толщ

Образование слоистых толщ происходит под воздействием многих факторов, важнейшими из которых являются: 1 – тектонические движения; 2 – изменение климата; 3 – динамический и химический режим водной и воздушной среды.

Тектонические факторы. Вертикальные колебательные движения приводят к перемещению береговой линии и смещению (миграции) фаций.

Фация – совокупность литологических и палеонтологических особенностей осадка, указывающих на физико-географические условия его образования. Непосредственно у берега отлагается грубый материал, который сменяется более мелким, а еще дальше от берега накапливаются глины и карбонатные илы. Неоднократные повышения и понижения участка бассейна приводят к формированию ритмично-слоистых толщ (рис.9). При этом различают: 1 – петрографический горизонт – серия одинаковых по составу, но разновозрастных по времени образования (асинхронных) осадков; 2 – стратиграфический горизонт – разновозрастная группа слоев различного состава, связанная постепенным переходом в горизонтальном направлении. Отдельные слои или пачки стратиграфического горизонта характеризуются разновозрастным, но различным в видовом и родовом отношении комплексами окаменелостей.

В зависимости от направленности тектонических движений формируются ритмично-слоистые трансгрессивные и регрессивные толщи. При трансгрессии (наступлении моря на сушу) равномерное постепенное по-

нижение дна бассейна в результате однонаправленных колебательных движений земной коры приводит к образованию трансгрессивных серий осадочных толщ (рис. 9). Для этих толщ в вертикальном стратиграфическом разрезе характерна закономерная смена грубообломочных пород, залегающих в нижних частях разреза, тонкообломочными и хемогенными осадками в верхней части разреза. В плане развития трансгрессии более молодые осадки всегда занимают большую площадь, чем древние. В центральных частях прогибов (впадин) наблюдается последовательное наложение молодых слоев на древние, а по окраинам прогибов на древнее основание ложатся уже самые молодые породы.

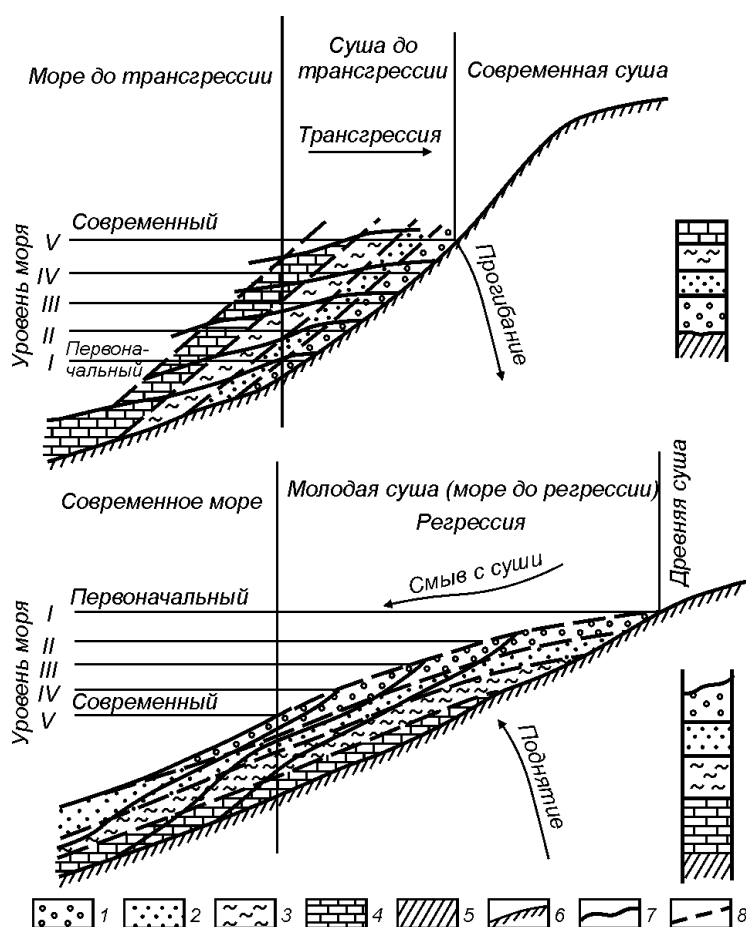


Рис. 9 Схема смещения фациальных зон и образования слоев при трансгрессии и регрессии: 1 – галечник; 2 – пески; 3 – глины; 4 – известняки; 5 – подстилающие породы; 6 – профиль морского дна и поверхности суши; 7 – границы между разновозрастными слоями при различных положениях уровня моря I–V; 8 – границы между слоями одинакового состава[9].

При регрессии (отступления моря с суши) равномерное медленное повышение дна бассейна в связи с вертикальными колебательными движениями приводят к образованию регрессивных серий осадочных толщ (рис. 4). В вертикальном разрезе этих толщ наблюдается обратная последовательность расположения осадков: в низах разреза залегают хемогенные и тонкообломочные породы, а в верхних частях – грубообломочные. В плане наблюдается последовательное сокращение площади, занимаемой более молодыми отложениями. Периодичность колебательных движений (медленное повышение

ние или понижение дна бассейна) приводит к образованию ритмично чередующихся осадочных толщ. В понятие *ритмичности* (по Н.В. Вассоевичу) вкладывается представление о закономерной повторяемости однородных явлений, каждый раз развивающихся в одном направлении. Абстрагируемся и назовем любой слой горной породы, составляющий разрезы осадочных толщ, отвлеченным термином – *элемент*. *Ритм является мерой равномерной повторяемости одноименных элементов (или событий)*.

В случае равномерного порядка следований разноименных элементов (например, песчаник – аргиллит – алевролит) следует говорить о цикличности рассматриваемой последовательности. *Цикл* – это совокупность закономерно следующих друг за другом различных элементов последовательности. Следует иметь в виду, что понятие цикличности подразумевает ту или иную направленность порядка следования событий, а не вовсе многократную повторяемость (виток спирали – это цикл, а шаг спирали – это ритм). Среди циклов различают двунаправленные и однонаправленные, а также завершенные и незавершенные [19].

Физико-географические факторы слоеобразования. К ним относятся: 1 – рельеф в области сноса и области накопления; 2 – климат; 3 – подвижность среды; 4 – деятельность организмов; 5 – физико-химический режим среды (соленость, рН и др.).

В разных физико-географических условиях, определяющих облик образовавшейся горной породы, т. е. ее фацию, формируются различные горные породы. Так, например, осадочные железные марганцевые руды формируются в условиях влажного умеренного или тропического климата, осадки солей чаще образуются в условиях жаркого и засушливого климата, а современные коралловые рифы распространены исключительно в экваториальной области. Слоистые осадки могут возникать и при изменении гидродинамического режима среды. Реки, например, в период паводка транспортируют более крупные частицы, чем в межень, когда преобладает перенос только тонкообломочного материала. Изменение направления морских течений приводит к изменению состава отлагающихся осадков.

Среди факторов, влияющих на образование слоистых структур, большое значение имеют факторы физико-химические и биологические, роль которых широко рассматривается в учебниках об образовании осадков.

2.1.4. Согласное и несогласное залегание горных пород

Накопление осадков является длительным процессом, который происходит на фоне постоянно меняющейся палеогеографической и тектонической обстановки. По особенностям процесса осадконакопления формируются два основных типа соотношения слоев или их совокупности: согласное и несогласное.

Согласное наслоение слоев отражает непрерывность процесса накопления осадков и отсутствия в нем резких и длительных по времени перерывов. При согласном залегании границы слоев параллельны между собой, а изменение состава указывает на постепенное закономерное изменение условий осадконакопления. При этом внутри слоев может наблюдаться непараллельная ориентировка границ отдельных мелких прослоев и слойков (косая, волнистая слоистость). Первичное залегание осадков при согласном залегании может быть горизонтальным, наклонным или складчатым (рис. 10).

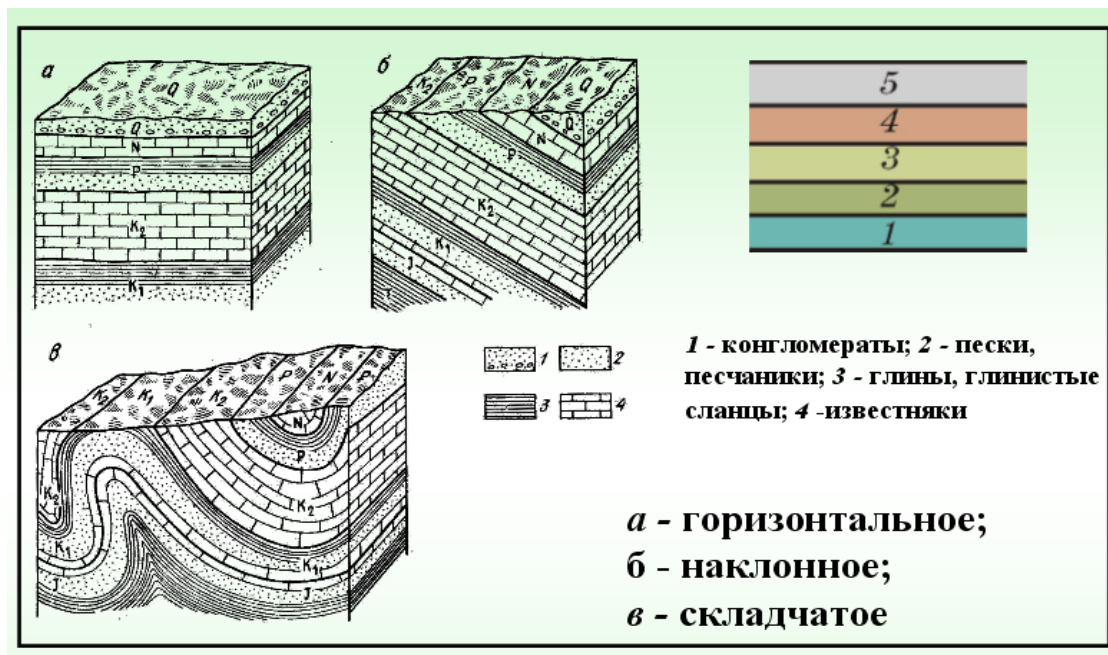


Рис. 10. Согласное залегание осадочных пород

Несогласное залегание отражает перерыв осадконакопления, который фиксируется по резкому изменению состава осадков и изменению первичного их залегания. Перерыв в осадконакоплении нередко сопровождается размывом ранее образовавшихся осадков и формированием поверхности несогласия, представляющей собой поверхность древнего наземного или подводного рельефа. Различают два вида несогласного залегания: параллельное и угловое.

Параллельное несогласие характеризуется параллельной ориентировкой слоев, сформировавшихся до и после перерыва. На поверхности несогласия в основании новой серии осадков залегают, как правило, грубообломочные образования, содержащие обломки пород нижележащей толщи. К такому типу осадков относятся конгломераты и брекчии (рис. 11). Одной из форм параллельного несогласия является скрытое несогласие, для которого характерны отсутствие четко выраженной поверхности несогласия и следов размыва и денудации



Рис. 11. Несогласное залегание осадочных пород

Угловое несогласие проявлено в перерыве осадконакопления между двумя толщами слоев, имеющими различный угол наклона. В этом случае поверхность несогласия под углом пересекает нижние слои (более древние) и располагается параллельно наложению верхней, более молодой толщи. Эти соотношения наблюдаются как на поверхности, так и в вертикальных разрезах (рис. 11, 12).

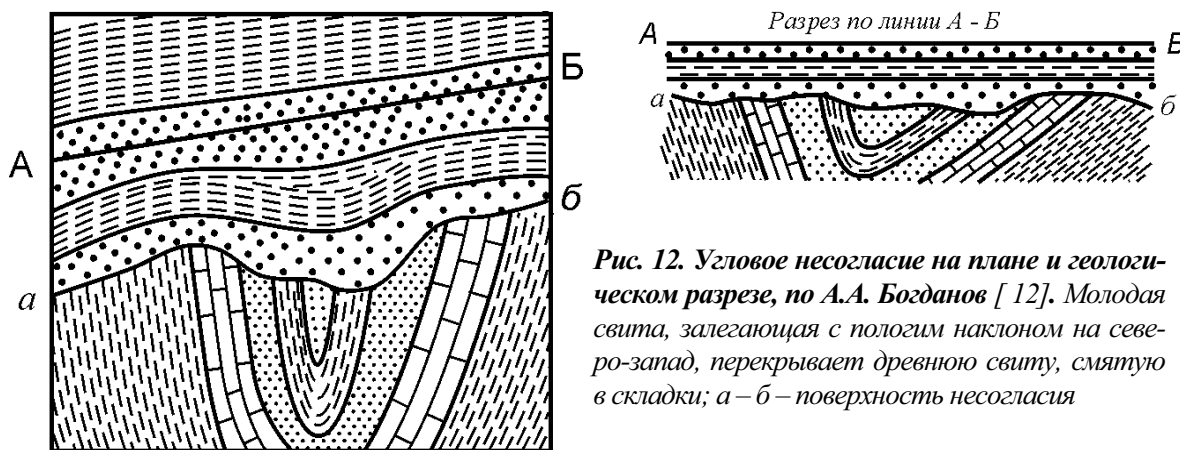


Рис. 12. Угловое несогласие на плане и геологическом разрезе, по А.А. Богданов [12]. Молодая свита, залегающая с пологим наклоном на северо-запад, перекрывает древнюю свиту, смятую в складки; а – б – поверхность несогласия

Величина углов между нижними, более древними слоями, и секущей их поверхностью несогласия может изменяться от 0° в случае параллельного несогласия до 180° на крыле лежачей складки.

Если угол несогласия не превышает 30° , то угловое несогласие называется слабым, если составляет более 30° – резким.

Угловое несогласие может выражаться и в различной ориентировке простираний контактирующих толщ. Разница между азимутами этих направлений дает величину азимутального несогласия. Таким образом, полная характеристика углового несогласия складывается из двух величин: значения угла несогласия и угловой величины азимутального несогласия. Крупные, регионально проявляющиеся угловые несогласия, отражающие важные события в геологической истории земной коры, служат естественными границами структурных этажей. Последние представляют собой комплексы пород, объединенных сходными тектоническими структурами и соответствующих определенным этапам тектонического развития района.

Географическое несогласие – это угловое несогласие с углом менее 2° . В платформенных областях с весьма пологим залеганием осадочных толщ величина угла несогласия незначительна (менее 2°), поэтому ее нельзя измерить в обнажениях при помощи горного компаса. Несогласие называют географическим, потому, что его можно распознать только при картографических построениях, тогда как в обнажениях горных пород оно выглядит, как параллельное. Различия в залегании разделенных несогласием толщ обычно проявляются только на значительных площадях и наиболее отчетливо выражаются на геологических картах мелкого масштаба (рис. 13).

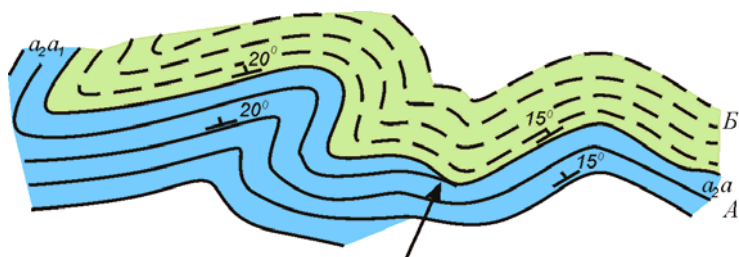


Рис. 13. Географическое несогласие: точка, в которой можно определить наличие такого несогласия, показана стрелкой (по Г.Д. Ажгирею) [2].

Наглядным примером таких соотношений может служить залегание юрских и меловых образований на палеозойских отложениях в центральной части Русской платформы. Таким образом, географическое несогласие служит связующим звеном между угловым и параллельным несогласиями.

По отчетливости выражения поверхности несогласия различают явное несогласие с отчетливо и резко выраженной поверхностью несогласия и скрытое с неопределенным положением поверхности несогласия. Скрытые несогласия характеризуются постепенными переходами между контактирующими толщами и чаще всего наблюдаются в однообразных по литологическому составу толщах. Такие несогласия фиксируются главным образом в результате изучения палеонтологических остатков или другими методами, позволяющими установить или определить возраст пород (рис. 14).

Так, например, в обнажениях к югу от Донецкого каменноугольного бассейна на размытой поверхности докембрийских гранитов непосредственно залегают отложения среднего отдела девонской системы. Граниты

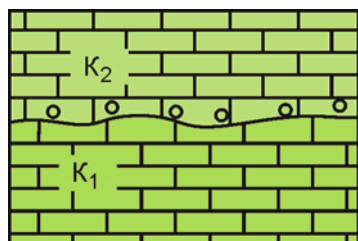


Рис. 14. Скрытое несогласие

сохраняют массивное сложение в основании разреза, а вблизи кровли сильно разрушены и представлены рыхлым элювием. Выше разрушенные граниты постепенно переходят в грубый аркозовый песчаник, который сменяется более тонким, лучше отсортированным песчаником, лишенным внизу слоистости, а сверху со слоистостью.

По площади распространения среди несогласий выделяют *региональные*, захватывающие ог-

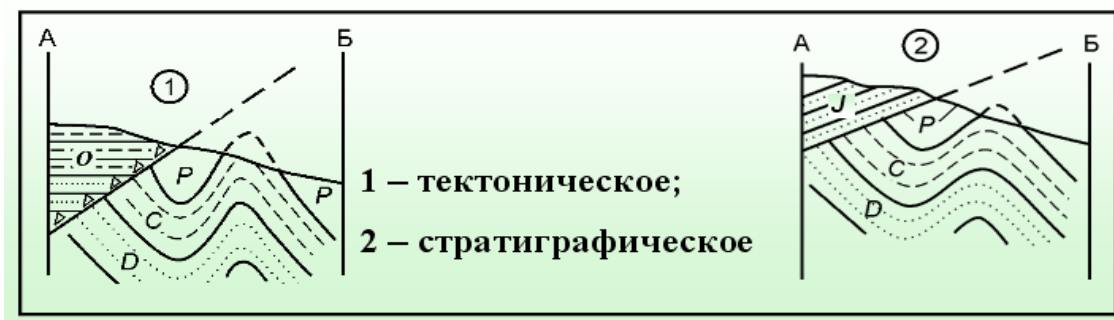


Рис. 15. Тектоническое и стратиграфическое (угловое) несогласия

ромные территории (например, юрское несогласие захватывает всю Русскую платформу), и *локальные* (местные), которые отражают локальные поднятия площадью первые сотни квадратных километров.

Все перечисленные несогласия, образованные после перерыва, денудации и деформации ниже лежащей толщи, называются *истинными* несогласиями. Кроме того, выделяют ложные (внутриформационные) несогласия, образующиеся в результате размыва, одновременного с накоплением осадка, придонными течениями. В обнажениях такие размывы внешне могут иметь все признаки несогласий, но они не отражают переломных моментов в колебательных движениях земной коры и новых циклов осадконакопления.

Часто осадки верхней серии налегают на сравнительно выровненную поверхность несогласия. Однако иногда удается наблюдать под последующими осадками крупные неровности рельефа. В таких случаях нижние слои верхней серии заполняют впадины древнего рельефа, и лишь потом более молодые его слои перекрывают и неровности этого рельефа. Происходит прилегание и облекание слоев. В тех случаях, когда прилегание имеет значительные размеры, его иногда называют краевым несогласием.

Кроме стратиграфических, в структурной геологии выделяются также **тектонические несогласия**. При этих несогласиях нормальная последовательность напластования нарушается разрывом и перемещениями блоков более древних горных пород на молодые (рис. 15). При этом поверхность несогласия представляет собой зону тектонического брекчирования со следами борозд и зеркал скольжения. Слои верхней толщи, как правило, более древние, чем нижележащие, а границы слоев верхней надвинутой толщи не параллельны поверхности несогласия. Классификация несогласий приведена на рисунке 16.

3.1.5. Несогласие как геологическое тело и признаки несогласий

Признаками несогласий в обнажениях горных пород являются:

1. Многочисленные неровности и карманы на поверхности напластования.

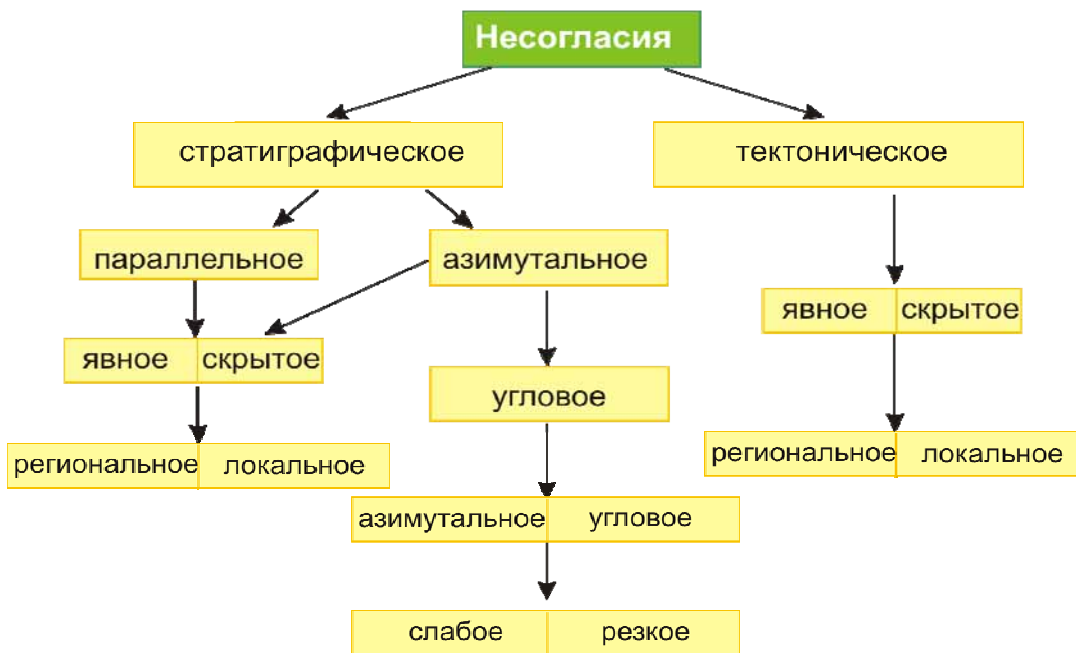


Рис. 16. Классификация несогласий

2. Различные следы выветривания (образование коры выветривания), пустынный загар, окремненная поверхность известняков, ожелезнение по предполагаемой поверхности напластования.

3. Резкий переход от континентальных отложений к морским или от морских к континентальным (нарушение закона Головкинского-Иностранцева-Вальтера).

4. Присутствие базального конгломерата и других обломочных пород, состоящих из обломков нижележащих отложений в вышележащих отложениях (рис. 17).

5. Породы залегают под разными углами выше и ниже поверхности несогласия.

6. Резкий возрастной разрыв между руководящими формами ископаемыми в выше- и нижележащих слоях.

На геологических картах, разрезах и в стратиграфических колонках признаками несогласия будет:

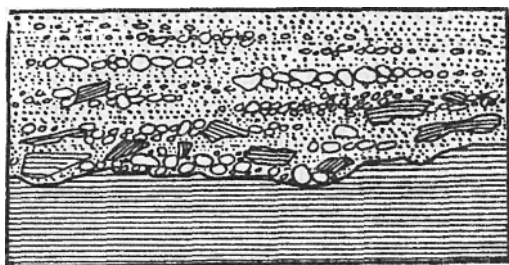


Рис. 17. Признаки несогласий

1. Не параллельность границ напластования молодой и древней толщ;

2. «Утыкание» различных границ слоев древней толщи в подошву несогласия;

3. Выпадение из разреза отдельных стратиграфических подразделений (в случае параллельного несогласия).

4. Волнистая линия между подразделениями в стратиграфической колонке.

Волнистая линия – обозначение несогласного залегания на стратиграфических колонках и есть графическое изображение неровной поверхности несогласия, древнего погребенного рельефа. Размах рельефа поверхности несогласия обычно не превышает десятков метров, но иногда достигает и сотен метров. Например, рифогенные известняки в Предуральском краевом прогибе к моменту перекрытия их отложениями ангидритов кунгурского яруса имели размах рельефа 500–700 м.

Несогласие обычно рассматривают как поверхность, не имеющую толщины, однако, на самом деле, она представляет собой геологическое тело, сложенное измененными породами – окисленными, выветрелыми, обогащенными особыми минералами коры выветривания. Будучи поверхностью древнего рельефа, несогласие в большой степени разбито многочисленными трещинами и часто является коллектором, с которым связаны стратиграфические залежи нефти и газа. Мощность коры выветривания обычно составляет десятки, а иногда и сотни метров. С поверхностями несогласия и корой выветривания нередко связаны месторождения бокситов, каолинов, древних россыпей, в которых могут находиться золото, платина, а также месторождения урана, железной руды, серы, апатитов и других ископаемых.

Вопросы для самопроверки

1. Что такое согласное и несогласное залегание?
2. В каких условиях образуется параллельное несогласие?
3. Что такое угловое несогласие?
4. В каких условиях образуется угловое несогласие?
5. Что такое базальный конгломерат?
6. Что такое региональные, локальные, внутриформационные несогласия?
7. Признаки тектонического несогласия?
8. Признаки несогласий на геологической карте?
9. Что представляет собой несогласие как геологическое тело?
10. Как изображается несогласие в стратиграфической колонке?
11. Какое значение имеет несогласие для геологии полезных ископаемых и нефтегазовой геологии?

3.1.6. Особые виды залегания осадочных горных пород

Представление о слое как о плите с идеально плоской кровлей и подошвой и с постоянной мощностью правильно лишь в некотором приближении или при линейной интерполяции разрозненных данных при геометризации недр. Но иногда даже приблизительно невозможно рассматривать осадочное геологическое тело в виде слоя.

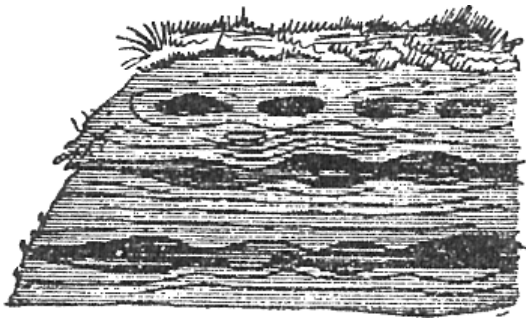


Рис. 18. Пережимы и чечевицеобразное залегание (по И.В. и Д.И. Мушкетовым [12])

1. В слое могут быть *пережимы* – участки с уменьшенной толщиной (рис. 18).

2. Иногда слой быстро выклинивается во все стороны в виде чечевицы – такой слой называется *линза* (англ. *lens, lenticle, lentil*). Чтобы отнести такую форму залегания к линзе, мощность ее должна быть значительно меньше поперечника. Разные авторы называют для линз разное отношение максимальной мощности к поперечнику от 1:100 до 1:5. Линзовидное выклинивание слоев может происходить по разным причинам:

– неравномерное осадконакопление и, возможно, полное прекращение этого процесса, иногда в непосредственной близости от тех территорий, где новые слои или линзы такого же материала могут накапливаться;

- изменение состава накапливающегося осадка;
- последующий размыв накопившегося осадка.

Линзы могут иметь различную форму: двояковыпуклые, полулинзы обращенные вниз (образованные при заполнении осадком впадин), полулинзы обращенные вверх (образованные баровыми телами). В тех случаях, когда накопление осадков происходит при быстром или изменчивом движении водной или воздушной среды (например, в речных потоках, приливно-отливной полосе моря), или при периодическом привносе в водоем более грубого материала, образуется линзовидная слоистость (рис. 19 а).

Линзообразные вытянутые тела чередующихся глинистых и песчаных толщ залегают в погребенном состоянии вдоль континентальных склонов палеоморей. Такие тела называются *клиноформами* (рис. 19 б). Как правило, они выделяются по отражающим горизонтам на сейсмических профилях. В настоящее время клиноформные отложения считаются одними из наиболее перспективных структур для поисков нефти и газа. Например, в Западной Сибири клиноформное строение имеют неокотские отложения мела (рис. 19 б-11).

3. *Шнурок* (англ. *channel deposit, shoe-string deposit*) – осадочное геологическое тело, обладающее значительной протяженностью в одном направлении, а в другом быстро выклинивающееся (рис. 19) В тех случаях, когда шнурок извилистый, его иногда называют рукавом. Шнурки и рукава образуются при заполнении осадками долин палеорек и дельт.

4. В условиях вдоль береговых течений развиваются *бары*, как правило, сложенные хорошо отсортированными песками тела, напоминающие дюны на суше.

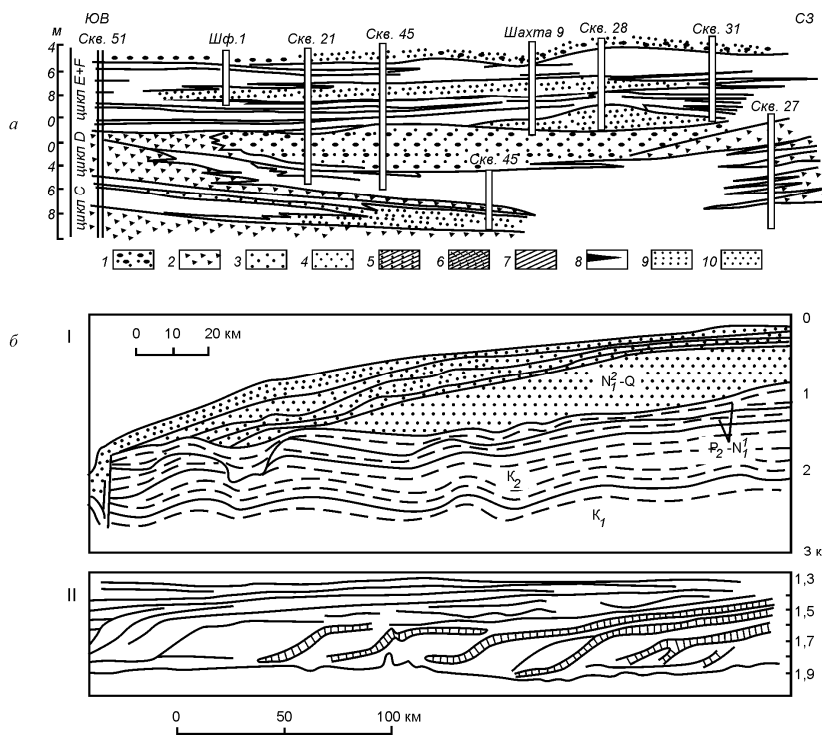


Рис. 19. Линзы (а) и клиноформы(б) в толще, заполняющей тектоническую депрессию (по Е.П. Брунс [2]):
 1 – конгломераты, 2 – брекчи из обломков кремнистых сланцев, 3 – брекчи из обломков хлоритовых сланцев, 4 – песчаники, 5 – алевролиты, 6 – глины, 7 – углистые глины, 8 – уголь блестящий, 9 – уголь матовый, 10 – железистые бобовины.

5. Осадочные геологические тела неправильной формы – языковидные, четковидные и расщепленные (рис. 20).

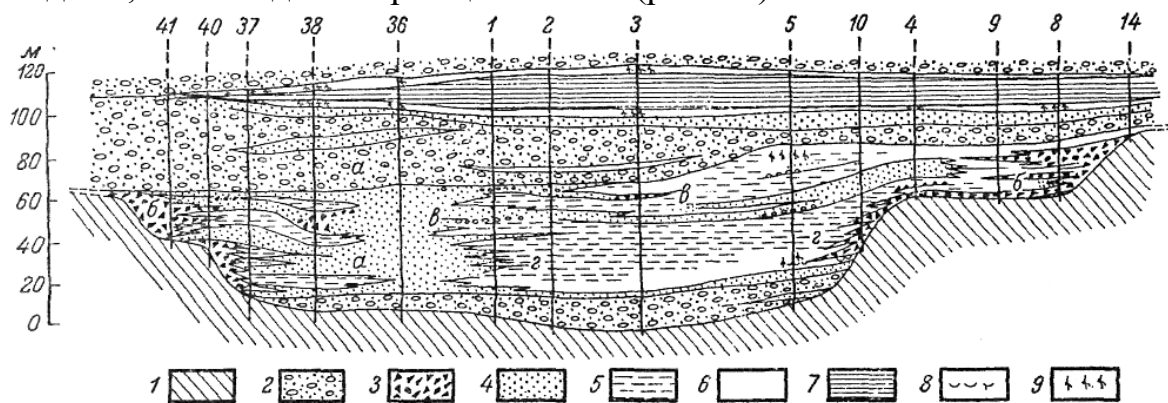


Рис. 20. Ленты и шнурки (а), асимметричные и клиновидные тела (б), языки (в) и расщепленные слои (г) (по Е.П. Брунс [2].): 1 – палеозойские отложения, 2 – конгломераты и гравелиты, 3 – брекчи, 4 – песчаники, 5 – переслаивание песчаников, алевролитов и глин, 6 – глины, 7 – угли, 8 – остатки пелеципод, 9 – остатки корневых систем растений (вертикальные линии с номерами – детально изученные опорные разрезы)

6. Биогермы – постройки, созданные в результате жизнедеятельности живых организмов. В практике геологов это, чаще всего, устричные банки, коралловые и водорослевые рифы. Форма рифов весьма разнообразна. Это могут быть барьерные – вытянутые тела, протягивающиеся на значительные расстояния, и округлые рифы, в том числе и имеющие форму атоллов

(рис. 21). Рифы могут встречаться поодиночке и в виде ассоциаций. Хотя в целом в строении земной коры биогермы играют незначительную роль, в них сосредоточена значительная часть разведенных запасов углеводородов.

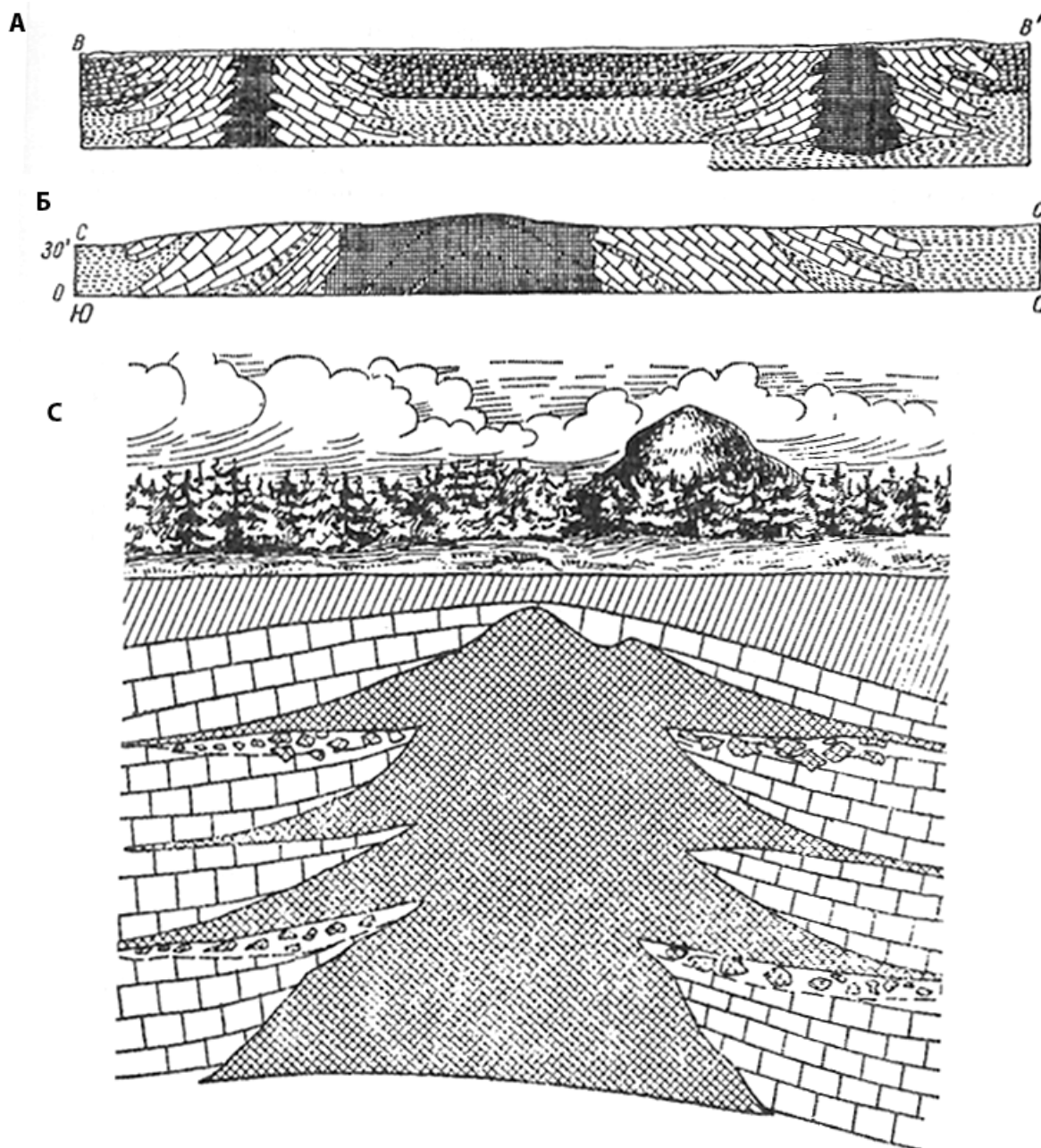


Рис. 21. Рифы (биогермы), штат Индиана. А – разрезы двух рифов диаметром около 600 м., Б – риф, на склонах которого переслаиваются глины и известняки. Длина этого разреза около 270 м, поперечник ядра – 75 м (по Ф. Лахи). С – Схема соотношения погребенного биогерма с вмещающими породами. На горизонте виден отпрепарированный денудацией рифовый массив (по В.А. Апродову) [12]

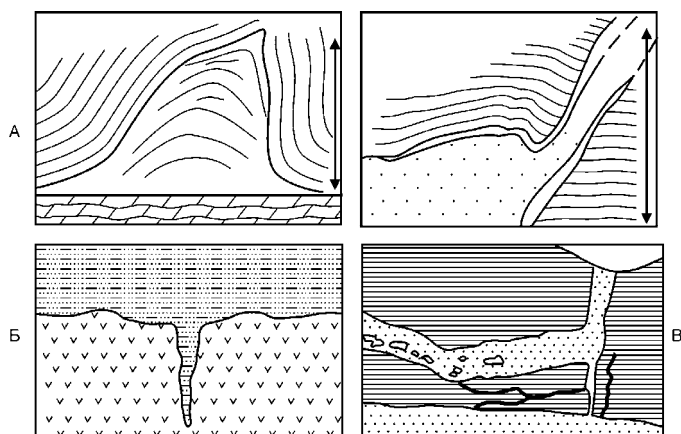


Рис. 22. Нептунические дайки. А (иттриховка) – Среднее Поволжье, датские песчаники (точки) внедрились в нижнесызранские опоки (по В.Б. Бронгулеву). Б - кластическая дайка, выполненная обломочным материалом, поступившим сверху (по Ф. Лахи), В - дайки битуминозного песчаника (точки) в миоценовом сланце (заиттриховано). Высота разреза примерно 150 м (по Ф. Лахи)

7. *Кластические (нептунические) дайки* (англ, lode, vein) – редкие, но чрезвычайно эффектные геологические образования, впервые описаны А.П.Павловым в Среднем Поволжье. Они представляют собой плитообразные тела, сложенные осадочными породами (рис. 22). Ширина их колеблется от нескольких миллиметров до нескольких метров, а длина и глубина проникновения в земную кору – от нескольких метров до нескольких километров. Чаще всего, кластические дайки сложены песчаниками, реже – конгломератами, аргиллитами и глинами, известняками или мергелями. Вмещающими породами для даек могут служить граниты, гранито-гнейсы, базальты, андезиты или осадочные породы – кремнистые глины, опоки, диатомиты – породы, образующие крупные зияющие трещины. Реже нептунические дайки встречаются в песках, доломитах, каменных углях.

Возраст пород, вмещающих кластические дайки, колеблется от архея до кайнозоя, но чаще всего они встречаются в породах кайнозоя и в верхах мезозоя.

Кластические дайки делятся на *инъекционные и нептунические*. Механизм их образования заключается в заполнении трещин в земной коре инородным материалом. Если более пластичный материал нагнетается снизу, такие дайки называются инъекционными, если затекает сверху, из более молодых отложений – нептуническими. Часто породы, слагающие кластические дайки, более крепкие, чем вмещающие, меньше подвержены процессам денудации и на поверхности часто имеют вид сильно разрушенных стен.

4. ФОРМЫ ЗАЛЕГАНИЯ ГОРНЫХ ПОРОД

4.1. Горизонтальное залегание осадочных горных пород

При горизонтальном залегании слоев поверхности наслаения приблизительно параллельны друг другу и горизонтальны. Идеальные горизонтальные поверхности наслаения в земной коре встречаются очень редко. Уже в процессе осадконакопления образующиеся слои приобретают некоторый наклон. К горизонтальному залеганию слоев условно относят такое залегание, когда углы наклона слоев не превышают 1° .

Горизонтальное залегание отложений типично для верхних частей осадочной оболочки Земли. Четвертичные и в меньшей степени неогеновые образования во многих регионах лежат горизонтально. Горизонтальное залегание свойственно также более древним породам, слагающим осадочный чехол платформ (Русская, Сибирская). В крупных структурах платформенного чехла наклоны слоев настолько малы, что на большей его части породы залегают практически горизонтально.

4.1.1. Изображение горизонтально залегающих слоев

на геологической карте, разрезе и измерение мощности слоя

При горизонтальном залегании слоя кровля, как и подошва, должна иметь одинаковые высотные отметки. Отсюда следует, что границы между слоями, нанесенные на топографическую карту (основу), будут располагаться параллельно горизонталям рельефа или совпадать с ними. При горизонтальном залегании слой, располагающийся гипсометрически выше другого, имеет более молодой возраст. Ширина выхода слоя на поверхности зависит от мощности слоя и рельефа. При одном и том же рельефе у слоя с большей мощностью выход на поверхность будет шире. При одинаковой мощности слоя и пологом рельефе ширина его выхода будет больше, чем при крутом рельефе. Если рельеф представляет собой вертикальный обрыв, то ширина выхода слоя на карте практически превращается в линию. Отсюда следует, что при изображении горизонтально залегающих слоев на карте в пределах участков с более крутым рельефом ширина выхода слоев будет сокращаться, а с более пологим – расширяться.

На карте без горизонталей рельефа слои изображаются в виде линий, повторяющих очертания рельефа. При слабой расчлененности рельефа горизонтально залегающие слои будут выглядеть на карте либо как сплошное поле, либо как широкие полосы; при значительной расчлененности рельефа слои будут иметь вид полос, вытянутых вдоль склонов долин, при этом более молодые слои будут залегать на высоких элементах рельефа, а вниз по течению будут обнажаться все более древние слои.

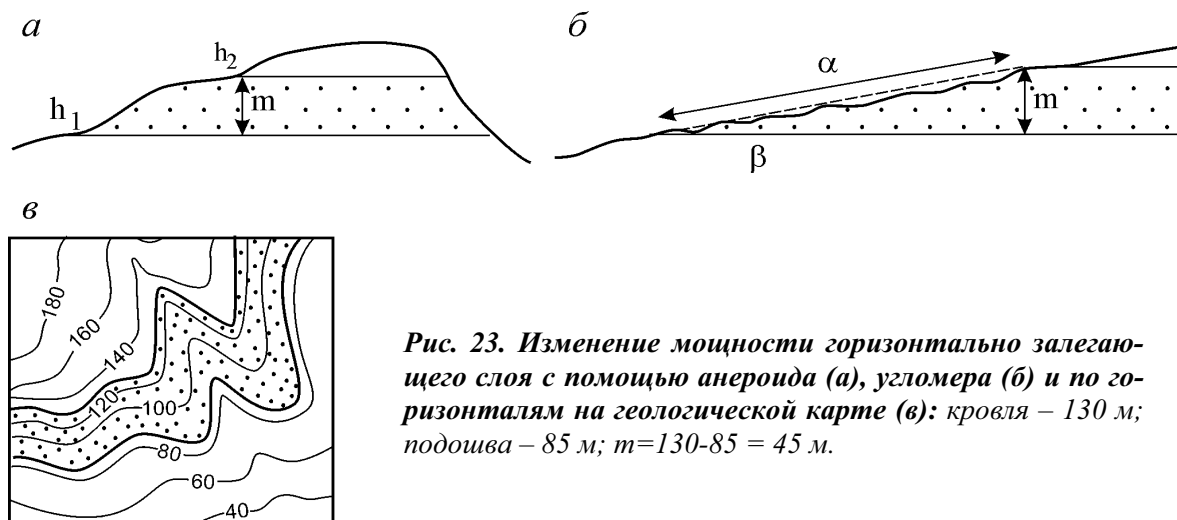


Рис. 23. Изменение мощности горизонтально залегающего слоя с помощью анероида (а), угломера (б) и по горизонталям на геологической карте (в): кровля – 130 м; подошва – 85 м; $m = 130 - 85 = 45$ м.

Измерение мощности горизонтального слоя на местности производится несколькими способами.

1. С помощью анероида. Разница в абсолютных (гипсометрических) отметках у подошвы h_1 и кровли h_2 слоя даст его истинную мощность: $m = h_2 - h_1$ (рис. 23 а).

2. С помощью угломера (на компасе). Измерив, угол склона, и вычислав расстояние по склону от подошвы до кровли слоя (шагами, рулеткой, веревкой) определяют истинную мощность: $m = a \sin \beta$ (рис. 23 б).

3. По геологической карте, на которой рельеф изображен с помощью горизонталей, истинную мощность слоя легко определить, зная сечение горизонталей (рис. 23 в).

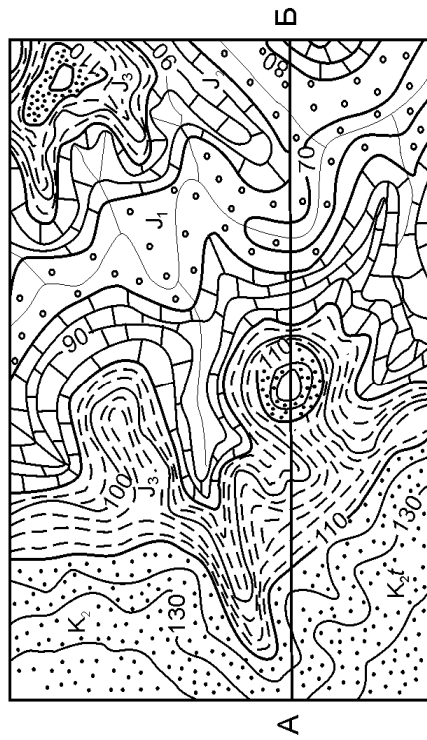
4. При помощи геофизических методов. Эти способы применяют для установления положения поверхностей, залегающих на значительных глубинах.

5. По данным бурения скважин.

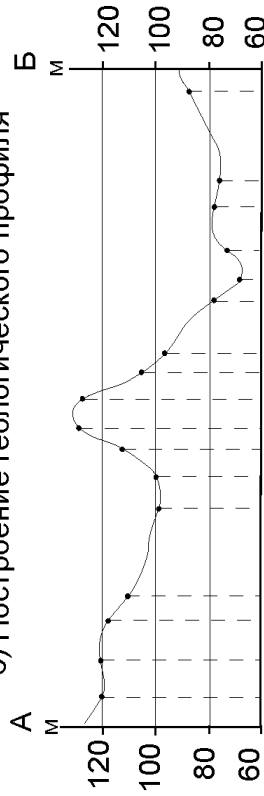
4.1.2. Составление геологических карт, разрезов и стратиграфических колонок

Геологические карты для участков земной коры с горизонтальным залеганием отложений составляют следующим образом. Прежде всего, необходимо знать стратиграфию отложений, т. е. возраст и их мощности. Далее определяют абсолютные отметки кровли или подошвы хотя бы одного стратиграфического подразделения. Затем к отметке кровли (или подошвы) последовательно прибавляют мощность вышележащих отложений или вычитают из отметки подошвы мощность нижележащих отложений. По полученным отметкам на топооснове проводят границы выходов между стратиграфическими подразделениями.

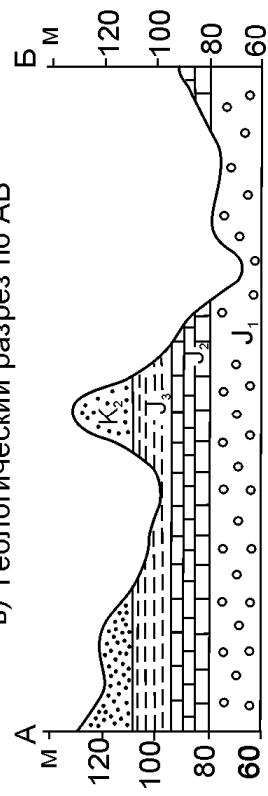
а) Геологическая карта М 1:1000



б) Построение геологического профиля



в) Геологический разрез по АБ



Масштабы: гор. 1:1000, верт. 1:2000

г) Стратиграфическая колонка М 1:1000

Система	Отдел	Индекс	Мощность	Характеристика пород
Юрская	Нижний	J ₁	> 20	Конгломераты
	Средний	J ₂	15	Известняки
	Верхний	J ₃	15	Аргиллиты
Меловая	Верхний	K ₂	< 40	Песчаники

Рис. 24 Пример оформления геологической карты, разреза и стратиграфической колонки

Карту с горизонтальным залеганием можно построить по данным буровых скважин. Для этого скважины наносят на топооснову, вычитают из отметки устья скважины мощности слоев, получают отметки их кровли или подошвы и по ним проводят границы между слоями.

При горизонтальном залегании слоев наиболее рациональным направлением геологического разреза будет линия, проходящая через самую высокую и самую низкую точки рельефа. Глубина разреза ниже поверхности Земли определяется конкретными данными о мощностях и залегании пород, не обнажающихся на поверхности. Сначала проводят одну или несколько линий разрезов, которые могут пересекаться. Затем выбирают горизонтальный и вертикальный масштабы. Горизонтальный масштаб разреза обычно соответствует масштабу карты. Вертикальный масштаб разреза следует принимать равным масштабу карты. Однако при небольших мощностях слоев допускается увеличение вертикального масштаба по сравнению с горизонтальным, но не более чем в 20 раз. Увеличение вертикального масштаба приводит к сильному увеличению крутизны склонов земной поверхности и появлению заметных углов наклона геологических границ.

Построение разреза осуществляется в соответствии с правилами, изложенными в гл.1.

Пример 1. Согласно исходным данным построить на топооснове геологическую карту с горизонтальным залеганием слоев, геологический разрез, стратиграфическую колонку и условные обозначения. Оформить карту в соответствии с основными требованиями инструкции к оформлению карт.

Исходные данные: В районе, изображенном на топографической карте (рис.24а) на абсолютной отметке 80 метров наблюдается выход кровли отложений тоарского яруса нижнего отдела юрской системы, представленных конгломератами мощностью более 20 метров. Выше по разрезу на конгломератах залегают следующие отложения:

Слой 2 – известняки светло-серого цвета, массивные; возраст – средний отдел юрской системы; мощность 15 метров

Слой 3 – аргиллиты черного цвета, тонкоплитчатые; возраст – верхний отдел юрской системы; мощность 15 метров

Слой 4 – песчаники серого цвета, полимиктовые, тонкослоистые; возраст – туронский ярус верхний отдел меловой системы; мощность более 40 метров

Порядок выполнения задания:

1. Построение геологического плана. Для построения плана необходимо знать истинные мощности отложений и абсолютные отметки кровли (или подошвы) хотя бы одного стратиграфического подразделения (слоя).

Затем к отметкам кровли последовательно прибавляется мощность вышележащих отложений:

- кровля конгломератов (J_{1t}): 80 м;
- кровля известняков (J_2): $80+15 = 95$ м;
- кровля аргиллитов (J_3): $95+15 = 110$ м;
- подошва песчаников (K_{2t}), мощность > 40 м.

По полученным отметкам поверхности наложения на топографической основе проводятся границы слоев, которые будут совпадать с горизонталями рельефа или располагаться между ними

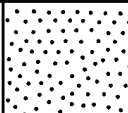
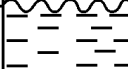

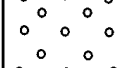
- кровля J_{1t} совпадает с горизонталью 80 м;
- кровля J_2 располагается между горизонталями 90 и 100 м (т. е. 95 м);
- кровля J_3 совпадает с горизонталью 110 м;
- кровля K_{2t} располагается выше отметки 150 м.

Отложения каждого слоя заштриховываются своим знаком или окрашиваются в цвет в соответствии с его возрастом. На каждом слое проставляется его буквенный индекс (рис. 24).

2. Построение стратиграфической колонки.

Стратиграфическая колонка представляет собой условное изображение последовательности, взаимоотношения, мощности и возраста всех стратифицированных толщ района. Колонка располагается слева от геологического плана. Образец оформления стратиграфической колонки представлен на рис. 25.

В начале необходимо выписать на листе бумаги все индексы выделенных стратиграфических подразделений в виде столбика от молодых

Эратема					Горизонты региональной стратиграфической шкалы	Возрастной индекс	колонка	Мощность			
Система	Отдел	Ярус	Подъярус								
Мезозойская	Меловая	Верхний	туронский		— — — — —	K_{2t}		> 40			
		Нижний									
	Юрская	Верхний							J_3		15
		Средний							J_2		15
	Нижний	тоарский			J_{1t}		> 20				

к древним (верху вниз) и поставить рядом с индексами мощности слоев. Затем вычертить стратиграфическую колонку или по образцу рис. 24 или по образцу рис. 25.

Выбрать масштаб колонки, при этом его высота должна быть близкой к длине внешней рамки карты. Сначала в столбце «колонка» необходимо в выбранном масштабе отложить мощности слоев, начиная с молодых и провести границы между страти-

Рис. 25. Стратиграфическая колонка

графическими подразделениями, прямая линия – при согласном залегании толщ; волнистая – при несогласном залегании. В столбце «мощность» указать числовые значения мощностей.

Затем в выделенных интервалах всех столбцов общей стратиграфической шкалы сделать необходимые записи названий систем, отделов, ярусов и т.д. в столбце «колонка» условными штриховыми знаками показать литологический состав пород, а в столбце «характеристика пород» перечисляется их состав.

3. *Построение геологического разреза по карте* рекомендуется строить в следующей последовательности:

- Выбрать на карте направление линии разреза, провести и обозначить ее на концах заглавными буквами русского алфавита (например, «А» и «Б»). При горизонтальном залегании слоев наиболее рациональным направлением геологического разреза будет линия, проходящая через самую высокую и самую низкую точки рельефа.

- Под картой (или на отдельном листе) проводится условная нулевая линия, равная длине разреза на плане.

- Разрез по сторонам ограничивается вертикальными линиями, на которые наносится шкала высот в соответствии с выбранным вертикальным масштабом. Горизонтальный масштаб разреза соответствует масштабу карты, вертикальный масштаб – следует принимать равным масштабу карты. Однако при небольшой мощности слоев допускается увеличение вертикального масштаба по сравнению с горизонтальным, но не более чем в 20 раз.

- По точкам пересечения линии разреза с горизонталями рельефа вычерчивается профиль земной поверхности по линии разреза (рис. 24, б).

- На топографический профиль наносятся точки пересечения линии разреза с геологическими границами слоев. Из полученных точек на разрезе проводятся геологические границы (кровли и подошвы слоев), которые должны располагаться горизонтально в соответствии с их абсолютными отметками.

- Разрез раскрашивается, а все стратиграфические подразделения индексируются (рис. 24, в).

4. *Оформление условных обозначений.*

Вычерчиваются в соответствии с правилами, изложенными в главе 2 и по образцу рис. 3, 3, а.

Условные обозначения состоят из левой и правой частей. В левой части располагается геохронологическая шкала, в которой показываются соответствующие отрезки геологического времени. В нашем простейшем случае это будут период, эпохи, века, в течение которых происходили события, зафиксированные в образовании тех или иных горных пород. Обратите

внимание на особенности показа перерывов в осадконакоплении – разрывы шкалы, ограниченные снизу и сверху двумя параллельными волнистыми линиями. Ширина разрыва зависит от ранга разрыва.

Правее геохронологической шкалы необходимо расположить условные обозначения в виде прямоугольников, обозначающие геологические события, зафиксированные горными породами. Ближе к геохронологической шкале помещается столбец осадочных и эффузивных толщ, а чуть правее – столбец интрузивных комплексов (в нашем случае интрузивные породы отсутствуют). Все прямоугольники должны располагаться строго против того отрезка времени геохронологической шкалы, в течение которого произошло накопление осадочных толщ, внедрялись интрузии и т. д.

Каждый прямоугольник имеет справа наименование стратиграфического ранга толщи и наименование ранга интрузии (если есть), краткие сведения о петрографическом и литологическом составе пород. Для осадочных толщ в скобках указывается мощность. Необходимо помнить, что нижняя сторона прямоугольников стратиграфических подразделений, залегающих на подстилающих породах согласно, показываются прямой линией, например, верхняя, средняя юра (рис. 26). Если толща залегает на подстилающих с параллельным несогласием – верхний мел в нашем примере, то нижняя сторона прямоугольника показывается волнистой линией. Условные знаки стратифицированных толщ раскрашиваются. Еще правее

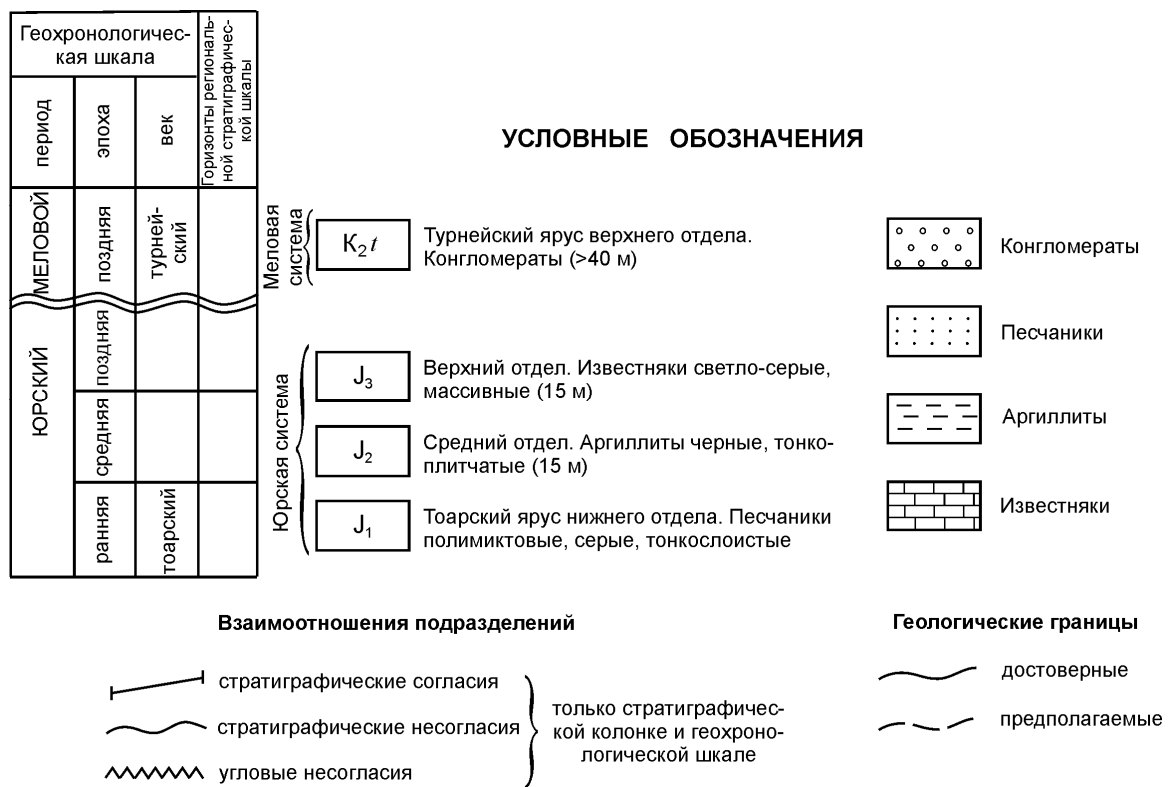


Рис. 26. Геохронологическая шкала и условные обозначения