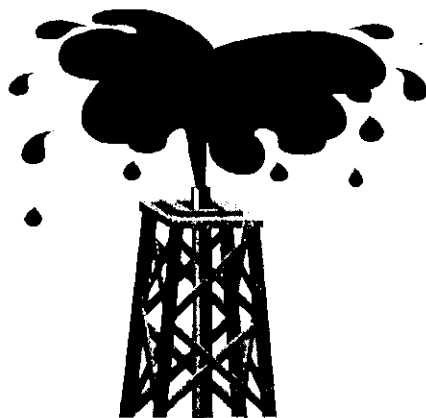


МИНИСТЕРСТВО ВЫСШЕГО И СРЕДНЕГО СПЕЦИАЛЬНОГО
ОБРАЗОВАНИЯ РЕСПУБЛИКИ УЗБЕКИСТАН

Ташкентский государственный технический университет
имени Абу Райхана Беруний

ГЕОЛОГИЯ НЕФТИ И ГАЗА

Учебное пособие
для студентов-бакалавров направления
5540300 - «Нефтегазовое дело» и
5140900 - «Профессиональное образование»
(по отраслям нефти и газа)



Ташкент - 2006

УДК: 553.98

И.Х.Холисматов, И.П.Бурлуцкая, Р.Т.Закиров.
Геология нефти и газа; Учебное пособие. Ташк. гос. техн.
ун-т. Ташкент 2006, 295 с.

Учебное пособие «Геология нефти и газа» составлено для бакалавров-студентов направления 5540300 - «Нефтегазовое дело» и 5140900 - «Профессиональное образование» (по отраслям нефти и газа).

Учебное пособие состоит из двух частей: общегеологической и нефтегазгеологической. В первой части рассматриваются общие сведения о геологии, геологические процессы, строение земной коры и структурные формы залегания горных пород.

Во второй части учебного пособия освещены основные теоретические и практические проблемы геологии нефти и газа, рассматриваются свойства нефти и газа, их происхождение, миграция и закономерности распространения их в земной коре, а также отражено современное состояние методики поисков и разведки залежей нефти и газа различного типа.

В учебном пособии приведены 57 рисунков. Количество использованной литературы составляет 35 наименований.

Кафедра «Поиски и разведка нефтяных и газовых месторождений».

Опубликовано на основании решения научно-методического совета Ташкентского государственного технического университета имени Абу Райхана Беруни.

Рецензенты:

А.А.Садиков, директор Узмал Ойл, к.г.-м.н., доц.

Т.Рауноходжаева, к.г.-м.н., доц. кафедры «ГРННМ»,
ТашГТУ

© Ташкентский государственный технический университет, 2006

Оглавление

Введение.....	6
Часть I. ОБЩАЯ ГЕОЛОГИЯ	
Глава 1. Общие сведения о геологии.....	8
1.1. Геология как наука. Её история и эволюция.....	8
1.2. Геология нефти и газа - составная часть геологической науки.....	9
Глава 2. Общие сведения о строении Земли.....	12
2.1. Земля как часть Солнечной системы.....	12
2.2. Общая характеристика Земли. Форма и размеры Земли.....	13
2.3. Внешние и внутренние оболочки Земли.....	15
2.4. Происхождение Земли.....	20
2.5. Физические свойства Земли и методы изучения состава и физических свойств Земли.....	22
Глава 3. Геологические процессы.....	30
3.1. Вулканизм.....	30
3.2. Гейзеры, термальные и минеральные источники.....	32
3.3. Выветривание.....	33
3.4. Эрозия и суффозия.....	34
3.5. Дефляция и абразия. Трансгрессия и регрессия моря. Золотая деятельность ветра и моря.....	39
3.6. Метаморфические процессы.....	40
3.7. Движения земной коры.....	41
3.8. Землетрясения.....	41
Глава 4. Геологические тела — основные элементы Земной коры.....	43
4.1. Общие понятия.....	43
4.2. Минералы.....	43
4.3. Горные породы.....	51
4.4. Метаморфизм.....	79
4.5. Пояса изменения горных пород, составляющих земную кору.....	83
Глава 5. Структурные формы залегания горных пород.....	86
5.1. Формы залегания магматических пород.....	86
5.2. Формы залегания метаморфических пород.....	88

	5.3. Структурные формы осадочной толщи земли.....	89
	5.4. Органогенные постройки. Стратиграфические и угловые несогласия.....	97
	5.5. Структурные карты.....	102
Глава 6.	Тектонические движения и тектонические структуры Земной коры. Геологическая история формирования Земной коры.....	109
	6.1. Геоструктурные элементы земной коры.....	109
	6.2. Определение времени в геологии.....	124
	6.3. Возникновение жизни на Земле.....	129
	6.4. Геохронологическая таблица.....	132
	6.5. Геологическая история формирования земной коры...	136
	Часть II. НЕФТЕГАЗОВАЯ ГЕОЛОГИЯ	
Глава 7.	Каустобиолиты, нефть и природный газ.....	144
	7.1. Понятие о каустобиолитах.....	144
	7.2. Круговорот углеводорода и условия накопления и преобразования органического вещества в природе...	147
	7.3. Нефть.....	153
	7.4. Природные газы.....	162
	7.5. Конденсаты.....	171
	7.6. Другие углеводородные продукты.....	172
Глава 8.	Коллекторы и флюидоупоры. Природные резервуары.....	176
	8.1. Физические свойства горных пород.....	176
	8.2. Породы коллекторы.....	182
	8.3. Флюидоупоры.....	189
	8.4. Природные резервуары.....	195
Глава 9.	Ловушки, залежи и месторождения нефти и газа.....	200
	9.1. Ловушки нефти и газа.....	200
	9.2. Залежи нефти и газа.....	211
	9.3. Месторождения нефти и газа.....	217
Глава 10	Происхождение нефти и газа.....	222
	10.1. Гипотезы происхождения нефти и газа.....	222
	10.2. Накопление органических веществ в природе и дальнейшее их преобразование в УВ.....	225
	10.3. Генезис нефти и газа.....	228

	<i>10.4 Нефтегазоматеринские отложения и регионально-нефтегазоносные комплексы.....</i>	230
Глава 11	Миграция и аккумуляция УВ. Разрушение залежей нефти и газа.....	241
	<i>11.1. Понятие о миграции. Факторы миграции и физическое состояние УВ.....</i>	241
	<i>11.2. Масштабы, направление и скорость миграции.....</i>	246
	<i>11.3. Формирование скоплений нефти и газа.....</i>	249
	<i>11.4. Разрушение залежей нефти и газа.....</i>	252
Глава 12	Закономерности размещения скоплений нефти и газа в земной коре и основные принципы районирования нефтегазоносных территорий.....	254
	<i>12.1. Осадочные и нефтегазоносные бассейны.....</i>	254
	<i>12.2. Зональность в распределении нефти и газа.....</i>	257
	<i>12.3. Основные принципы районирования нефтегазоносных территорий.....</i>	262
	<i>12.4. Основные элементы районирования нефтегазоносных территорий.....</i>	263
	<i>12.5. Субпровинции, нефтегазоносные области, районы.....</i>	269
	<i>12.6. Пояса и зоны нефтегазонакопления.....</i>	270
Глава 13	Методологические основы поисков и разведки залежей нефти и газа.....	273
	<i>13.1. Основные положения.....</i>	273
	<i>13.2. Геологоразведочный процесс и задачи геологического изучения недр.....</i>	275
	<i>13.3. Этапы и цели геологоразведочных работ.....</i>	283
	<i>13.4. Геолого-экономическая оценка геологоразведочных работ на нефть и газ.....</i>	287
	<i>13.5. Подсчет и оценка ресурсов и запасов УВ.....</i>	290
	Список использованной литературы.....	294

ВВЕДЕНИЕ

Нефть с древности известна у многих народов Востока и Центральной Америки, где найдены её выходы на поверхность.

Ещё основоположник Центральноазиатской медицинской школы Авиценна рекомендовал использование нефти (нефа) в качестве составляющей целебных мазей при болезнях суставов и внутренних органов. Индейцы Центральной Америки использовали мази на нефтяной основе для лечения ран, полученных в войнах.

Многие народы Центральной Азии и Ближнего Востока использовали нефть и нефтепродукты в быту, заправляя ими светильники, или используя их в печах для отопления. Однако широкое использование нефти и нефтепродуктов в экономике началось в 70-х годах XIX века с появлением двигателей внутреннего сгорания.

Сегодня нефть и газ являются основными энергоносителями и источниками сырья для многих отраслей промышленности, в первую очередь для нефтехимического комплекса. Независимость государства зависит от его энерговооружённости, поэтому проблема поисков и разведки месторождений нефти и газа, разработки уже открытых залежей является общегосударственной задачей. Успешное решение этой задачи возможно на основе всестороннего геологического изучения недр и совершенствования технологии разработки месторождений с использованием достижений смежных отраслей естественных наук.

Геологическое изучение условий залегания нефти и газа в недрах создаёт предпосылки для снижения затрат на поиски и разведку, а также на разработку залежей, так как в этом случае становится возможным выбор наиболее эффективных технологий. Таким образом, основополагающим элементом в проведении любых работ на нефть и газ является знание геологической обстановки в районе работ.

Предмет «Геология нефти и газа» является дисциплиной, цель которой дать студентам в сконцентрированной и компактной форме наиболее важный материал по общегеологическим вопросам и современным фундаментальным проблемам геологии нефти и газа, поискам и разведке их скоплений, методологии изучения залежей углеводородов, как сложно построенных природных

систем на разных стадиях их существования (прогноз, выявление, подготовка, поиск, разведка, эксплуатация, консервации в связи с истощением залежи). Этот курс связан с дисциплинами, изучающими другие аспекты условий образования, залегания, извлечения углеводородов (геотектоника, литология, петрофизика, геофизика, гидрогеология, гидродинамика и др.).

Часть I. ОБЩАЯ ГЕОЛОГИЯ

Глава I. ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ О ГЕОЛОГИИ.

1.1. Геология как наука. Её история и эволюция.

Изучение поверхности Земли, состава и свойств пород, её слагающих, начато человеком в глубокой древности, начиная с того момента, как человекообразная обезьяна (прообраз будущего человека), впервые взяла в руки орудие труда, представлявшее собой обломок камня, лежащего у неё на пути.

Сравнивая свойства различных камней, первобытный человек эмпирическим путём установил, что одни камни пригодны как орудие охоты, другие - как инструмент для обработки дерева, третьи - как материал для строительства укрытия от дождя, снега или врагов, четвёртые - как украшения. Одновременно с этим человек стал искать места скопления камней, обладающих конкретными свойствами, применительно к его потребностям в текущий момент. Этот период можно считать началом накопления человечеством знаний в области геологии.

Продолжительность периода накопления знаний была весьма значительной, так как геология как наука сформировалась только в XVIII столетии, выделившись в самостоятельную область человеческих знаний из землеведения. Землеведение долгое время было наукой, объединявшей все направления области естественных знаний, связанных с изучением Земли.

В XVIII веке начался интенсивный рост промышленного производства в связи с переходом от феодальных отношений к капиталистическим.

Возникла потребность в увеличении объёмов сырья, использовавшегося для производства, и, как следствие, начался бурный рост геологии, как науки, обеспечивающей высокую эффективность при поисках источников этого сырья.

В рамках землеведения новой науке стало тесно. Кроме того, выяснилось, что новая наука испытывает потребность в части знаний, принадлежавших ранее астрономии, физике, гидрологии, алхимии, биологии. Поэтому новая наука стала называться геологией, то есть наукой о Земле, её происхождении и развитии, с

зарождении и развитии животного и растительного мира на ней, о строении её каменной оболочки.

На современном этапе геология – «это наука, изучающая вещественный состав литосферы, её строение и процессы, происходящие в ней, на её поверхности, причины и закономерности возникновения и развития этих процессов, а также состав, строение и закономерности развития Земли в целом» (А.Бакиров, 1990 г).

1.2. Геология нефти и газа - составная часть геологической науки.

Геология нефти и газа - это прикладная геологическая наука, изучающая условия распространения в земных недрах нефти и газа, поисках их промышленных скоплений, подготовке последних к разработке с подсчетом запасов в них как на суше, так и на акваториях шельфов и континентальных бассейнов.

Исторически она возникла более 100 лет назад со времени первого промышленного бурения на нефть. На начальном этапе геология нефти и газ являлась описательной, основной задачей ее было накопление и обобщение опыта поисковых работ.

В 1961-1965гг. Хантом была создана антиклинальная теория размещения скоплений углеводородов и с этого момента геология нефти и газа начала обогащаться теоретическими положениями.

Как известно, нефть и газ - важнейшие полезные ископаемые, относятся к группе горючих (каустобиолитов) и в отличие от твердых (угли, сланцы), характеризуются исключительной подвижностью. Их образование, распространение и аккумуляция в промышленные скопления (залежи, месторождения) полностью контролируются геологическим строением и геологической историей исследуемой территории. Отсюда, естественно, вытекает вывод о том, что геология нефти и газа должна быть тесно связана со следующими геологическими дисциплинами:

- стратиграфией и палеонтологией, изучающими возрастное соотношение горных пород и способы определения их возраста, а также основные классификационные признаки и возрастные индикаторы;

- литологией, изучающей вещественный состав и условия образования осадочных горных пород;

-тектонической, изучающей условия образования структурных форм залегания горных пород;

-учением о фациях и формациях, изучающими фациальные условия осадконакопления, тектонические и географические условия, смена которых приводит к появлению новых комплексов горных пород;

-гидрогеологией, изучающей происхождение, условия залегания, законы движения, физические и химические свойства подземных вод;

-динамической геологией, изучающей процессы, под действием которых происходит изменение земной коры;

-исторической геологией, изучающей закономерности развития земной коры во времени и пространстве с момента ее образования до наших дней;

-геохимией, изучающей химические процессы, протекающие в земной коре, результатом которых являются образование, разрушение горных пород, а также образование полезных ископаемых, в том числе и углеводородов: химические свойства флюидов, содержащихся в горных породах и т.д;

-физикой пласта, изучающей физические свойства горных пород и флюидов, насыщающих горные породы;

-геофизикой, изучающей изменение определенных физических параметров в зависимости от физических свойств горных пород, которые в свою очередь, являются функцией их вещественного состава.

-теоретической физикой, термодинамикой, прикладной механикой и гидродинамикой, изучающими физические процессы, проходящие в недрах Земли и на ее поверхности (радиоактивность, движение блоков Земли, движение в недрах жидкостей и газов и т.д.);

-геоморфологией, структурной геологией с основами геологического картирования, изучающими поверхность Земли в разные геологические эпохи, а также закономерности в размещении месторождений полезных ископаемых в определенных структурах и комплексах геологических образований.

В настоящее время в эпоху усложнившихся условий поисков (высокая степень разведанности и разработанности недр,

увеличение средней глубины поисково-разведочного бурения, увеличение доли объектов, представленных сложным типом ловушек и сложным строением пород - коллекторов) роль геологии нефти и газа возросла, так как эффективность геологоразведочных работ на нефть и газ зависит от того, насколько решены для данного региона такие проблемы, как установление закономерностей пространственного размещения, формирования залежей углеводородов и происхождения нефти и газа. Решение этих проблем возможно с помощью геологии нефти и газа, которая является научной базой геолого-разведочных работ на нефть и газ и на основе которой разрабатывается методика геологоразведочных работ.

Контрольные вопросы

1. Какую роль играют нефть и газ в экономике государства?
2. Почему нефть и газ относятся к энергоносителям?
3. Для чего необходимо изучение недр?
4. Что изучает геология?
5. Какие науки являются смежными с геологией?
6. Что изучает геология нефти и газа?
7. Как геология нефти и газа связана с другими науками о Земле и точными науками?

Глава 2. ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ О СТРОЕНИИ ЗЕМЛИ.

2.1. Земля как часть Солнечной системы

Солнечная система состоит из звезды - Солнца, девяти планет (со своими спутниками), астероидов, и газов. Главной особенностью Солнечной системы является то, что ее силовое поле определяется центральным телом - Солнцем, вокруг которого обращаются все планеты со своими спутниками и другие тела этой системы. Средний радиус Солнца 686000 км, масса- $1,2 \cdot 10^{33}$ г., плотность- $1,4 \text{ г/см}^3$, t^0 поверхности около 6000 К.

Планеты располагаются в следующем порядке по направлению от Солнца: Меркурий, Венера, Земля, Марс, Юпитер, Сатурн, Уран, Нептун, Плутон. Все они обращаются вокруг Солнца, по почти круговым орбитам, практически в одной плоскости. Наибольшие отклонения от этой плоскости наблюдаются у крайних планет - Меркурия и Плутона, обладающих, кроме того, заметно более вытянутыми, эллиптическими орбитами.

По массе плотности и др. параметрам планеты обычно делят на две группы: 1) внутренние - Меркурий, Венера, Земля, Марс (планеты Земной группы), имеющие небольшие размеры, высокую плотность, незначительную скорость вращения вокруг осей, небольшую массу; 2) внешние - Юпитер, Сатурн, Уран, Нептун, Плутон (планеты гиганты), характеризующиеся огромными размерами, низкой плотностью, значительной массой, высокими скоростями вращения вокруг своих осей, обуславливающими их сильное сжатие у полюсов (рис 2.1).

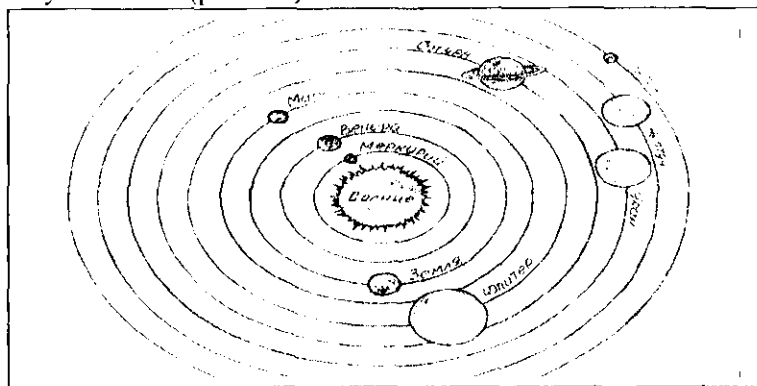


Рис 2.1. Строение Солнечной системы

2.2. Общая характеристика Земли. Форма и размеры Земли.

Земля - третья планета Солнечной системы. Обращается вокруг Солнца по орбите с эксцентриситетом 0.01167 на расстоянии $149.5 \cdot 10^6$ км с периодом 365.2564 звездных суток; скорость движения по орбите 29.76 км/с, собственное вращение прямое с периодом 23 ч. 56^m 4,0,905^s. Ось вращения составляет с пло-скостью эклиптики угол в 66°33' (эклиптика - это большой круг небесной сферы, по которому происходит видимое годовичное движение Солнца). Плоскость эклиптики наклонена к плоскости небесного экватора под углом 23°27', пересекая его в двух точках (точки весеннего и осеннего равноденствия), что определяет смену времен года.

Все частицы массы Земли, при вращении ее с некоторой угловой скоростью вокруг своей оси, взаимно притягивались одна к другой, согласно закону Ньютона о взаимном притяжении тел. Таким образом, каждая частица вращающейся земли находилась под действием двух сил: силы взаимного притяжения и центробежной силы. В итоге, каждая из частиц вещества Земли находилась под действием равнодействующей обеих названных сил. Эта равнодействующая носит название **силы тяжести** и выражается в ускорении, которое приобретает каждое тело, находящееся вблизи поверхности Земли.

И.Ньютон (1643-1727) первый определил форму **вращающейся** Земли, которая имеет сложную форму **эллипсоида** вращения, или сфероида, геоида, т.е. шара, сжатого у полюсов.

Вопросом определения формы Земли в бывшем Советском Союзе и большая работа по анализу всех фактических данных была выполнена в тридцатых годах Ф.П. Красовским и А.А. Изотовым. Согласно их определению:

- площадь поверхности Земли ≈ 510 млн.м²;
- объем около 1×10^{12} км³;
- длина меридиана 40008,6 км;
- длина экватора 40075,7 км;
- длина дуги одного градуса на широте $\varphi = 45^\circ$ - 111109,713 м;
- масса Земли 6×10^{24} кг.

В настоящее время употребляются: эллипсоид Красовского (1942 г.), параметры которого наиболее приближены к геоиду,

международный (1924 г.) и международный Астрономический (1964 г.) эллипсоиды.

Основные параметры Земли по эллипсоиду Красовского:

-радиус экватора 6378,245 км;

-полярный радиус 6356,863 км;

-сжатие $\alpha=1/298,3$;

-средний радиус Земли 6371,110 км;

-момент инерции Земли относительно оси вращения $8104 \cdot 10^{43} \text{ г/см}^2$.

Имеются данные (Гейсканен, 1957) об асимметрии эллипсоидов для северного и Южного полушарий.

Приведенные выше рассуждения и вычисления основаны на представлении о Земле как сфероиде (или двусном эллипсоиде). В первом приближении это верно, но все же в действительности реальная поверхность Земли гораздо сложнее, нежели математически правильная поверхность сфероида. Поэтому, развивая проблему определения фигуры тела, ближе всякого другого подходящего по виду и размерам к действительной Земле, установим, что такое тело - геоид.

Геоид - некоторая воображаемая уровненная поверхность, которая определяется тем, что направление силы тяжести к ней всюду перпендикулярно. Геоид несколько ближе к истинной фигуре Земли, со всеми ее возвышенностями и впадинами, чем сфероид. На площади акватории океанов геоид совпадает с поверхностью воды, на суше он отходит в ту или иную сторону от реальной поверхности Земли; геоид и сфероид вследствие неправильности в распределении масс Земли и появляющихся из-за этого аномалий силы тяжести практически нигде не совпадают, расходясь местами на величину до 15 м.

В заключение заметим, что **скорость вращения Земли** вокруг своей оси, как выяснено в последние годы, не остается постоянной. Наблюдаются изменения в величине угловой скорости трех типов: 1) вековое замедление; 2) нерегулярные скачкообразные изменения и 3) периодические колебания.

Вековое замедление вращения Земли обычно приписывается действию лунных и солнечных приливов. Н.Н. Нарийский показал, что имеется также некоторое, меньшее по величине, вековое

ускорение, которое объясняется скорее всего перераспределением масс внутри Земли.

Периодические изменения угловой скорости происходят через промежутки времени от 10 до 30 и более лет, достигают величины порядка $4,0 \times 10^{-8}$ с. (в 1898, 1922 г. и др.). Эти изменения невозможно объяснить процессами, происходящими на поверхности Земли или в космическом пространстве. Достаточно указать, что для подобного изменения угловой скорости понадобилось бы либо падение на Землю, касательно к ее поверхности на экваторе, более миллиона метеоритов с массой в миллион тонн каждый, либо сплющивание до уровня моря плоскогорья масштаба Тибетского. Следовательно, и в данном случае приходится полагать, что причина заложена в глубине Земли. Достаточно изменения плотности (в результате кристаллизации или каких-либо иных процессов) на $0,1 \text{ г/см}^3$ на глубине в 80 км в слое, толщиной всего в 180 м, чтобы дать нужный эффект.

Наконец, **периодические** колебания, с годичным и полугодовым периодом, заключаются в том, что в августе Земля вращается быстрее всего, а весной медленнее; разница в продолжительности суток в августе и марте составляет приблизительно 0,0025 с. (что соответствует $\Delta\omega:\omega=2,9 \times 10^{-8}$). Причину этих периодических изменений следует видеть в сезонных изменениях атмосферной циркуляции (по Н.Н. Парийскому).

В целом масштабы подобных изменений определяются тем, что за время с архейской эры, т.е. за $2 \cdot 10^9$ лет, сутки удлинились приблизительно на 4 часа.

Изучение неравномерности вращения Земли вокруг своей оси связано, с одной стороны, с астрономией (проблема измерения времени), а с другой стороны - с геологией.

2.3. Внешние и внутренние оболочки Земли.

Земля состоит из оболочек различной плотности, concentрически располагающихся вокруг центрального ядра.

Внешние оболочки - атмосфера и гидросфера самые лёгкие, они составляют незначительную долю от общей массы планеты.

Внутренние оболочки - земная кора, мантия вместе с ядром составляют основную часть массы планеты.

Существует ещё одна сфера Земли, не имеющая четких границ. Это сфера, населённая живыми организмами, получила название биосферы. Она охватывает часть атмосферы, примыкающую непосредственно к поверхности Земли, всю гидросферу и поверхностные слои земной коры.

К внешним оболочкам относятся газовая и водная оболочки: атмосфера и гидросфера.

Атмосфера. Общая толщина 1300 км, имеет трехчленное строение с диффузионными границами:

- тропосфера (0-18 км на экваторе, 0-10 км у полюсов) содержит 79% от общей массы атмосферы, 80% воздуха всей атмосферы, почти весь атмосферный водяной пар;

- стратосфера (16-80 км, 20% массы атмосферы);

- ионосфера (80-900 км 5% от массы атмосферы), выше ионосфера через пояс диссипации (900-1300 км) переходит в межзвездную среду.

Атмосфера состоит на 78% из азота, 20,95% кислорода, 0,94% аргона, 0,1% углекислоты, доля остальных газов не превышает в сумме 0,01%.

Состав атмосферы на всю ее толщину примерно одинаков, в нижней части (тропосфера) увеличивается содержание воды и пыли. Озон, содержащийся в стратосфере, является мощным поглотителем ультрафиолетового излучения, а ионосфера является поглотителем солнечного и космического излучения и зоной формирования собственного излучения Земли.

Наиболее активным участником всех процессов, изучаемых геологией, является тропосфера, которая характеризуется понижением температуры с высотой $0,65^{\circ}\text{C}/100\text{ м}$ и сильным развитием турбулентности и конвекции с образованием облаков.

Тропосфера, содержащая пары воды, является слоем, пропускающим коротковолновое и задерживающим отраженное от поверхности Земли - длинноволновое излучение, что приводит к нагреванию нижних слоев.

В тропосфере формируются различные типы воздушных масс, возникают фронтальные разделы, развиваются циклоны и антициклоны.

Гидросфера - прерывистая водная оболочка Земли, представляющая собой совокупность вод океанов, морей и поверхностных вод суши.

Гидросфера покрывает 70,8% земной коры. На долю океанов и морей приходится около 94% объема гидросферы, 2% составляют льды и снега (главным образом Арктика, Антарктида и Гренландия), 0,4% приходится на поверхностные воды суши (озера, реки, болота), 4% - на подземные воды. Незначительное количество воды содержится в атмосфере и живых организмах. Объем гидросферы 1360 млн. км³, что составляет 1/800 объема Земли.

Все формы водных масс переходят одна в другую в процессе круговорота воды. Ежегодное количество осадков, выпадающих на земную поверхность, равно количеству воды, испарившемуся в сумме с поверхности суши и океанов.

К внутренним оболочкам земли относятся земная кора, мантия и ядро (рис 2.2).

Земная кора в общем смысле является внешней оболочкой Земли.

Обладает довольно резко изменяющейся мощностью и непостоянным строением. В среднем подошва коры (поверхность Мохоровичича) залегает под континентами на глубине 40 км, а под океанами на глубине 11-12 км.



Рис2.2. Внутреннее строение Земной коры

В земной коре условно выделяются три слоя.

Верхний слой земной коры (осадочный) сложен осадочными породами. Скорость прохождения продольных сейсмических волн в этом слое земной коры менее 4,5 км/с.

Средний слой на континентах получил название гранитного вследствие того, что скорость поперечных и продольных волн в нем примерно отвечает скоростям, экспериментально полученным для образцов гранита. В океанических впадинах этот слой состоит из переслаивания базальтовых лав с уплотненными осадочными породами (скорость распространения продольных волн — 5,5-6,5 км/с).

В нижнем слое континентальных и океанических областей скорость распространения продольных волн повышается от 6,5 до 7 км/с. Такие скорости характерны для базальта. На этом основании нижний слой получил название базальтового.

Земная кора и верхняя часть нижележащей оболочки — мантии, представляющая собой твердое тело, рядом исследователей объединены в одну оболочку, называемую литосферой.

Поводом выделения литосферы послужили геофизические исследования конца 50-х — начала 60-х годов, когда было установлено, что твердая оболочка Земли продолжается и ниже поверхности Мохоровичича, отделяющей, как ранее считалось, твердую оболочку земли, от жидкого вещества мантии.

Этими исследованиями было установлено, что поверхность земли покрывает твердая каменная оболочка — земная кора, имеющая сложное строение.

Затем идет астеносфера — слой пониженной твердости, прочности и вязкости в верхней мантии Земли. Этот слой является основным источником магмы и в нем осуществляются основные перемещения в земной коре.

Поверхность раздела астеносферы и нижележащего субстрата называется поверхностью Мохоровичича (или поверхность Мохо), по имени югославского ученого, определившего ее наличие и основные характеристики.

Астеносфера, залегающая над поверхностью Моха, называется иногда волноводом, т.к. в этом слое происходит резкое изменение скорости прохождения сейсмических волн.

Ниже астеносферы и поверхности Мохы залегает жесткая часть верхней мантии - субстрат, имеющая оливин - пироксеновый состав (по данным изучения ксенолитов).

Толщина литосферы составляет 50-200 км, в том числе: земной коры 30-60 км, нижележащей части 20-150 км (слой «В» мантии).

Мантия Земли включает весь вещественный комплекс, залегающий между поверхностью Моховичича (30-35 км) и границей Вихерта - Гуттенберга (глубина 2900 км - наружная поверхность ядра).

В мантии выделяется три слоя: верхняя мантия (В); средняя мантия (С) и нижняя мантия (Д).

Верхняя мантия (базальтовый слой) - зона между поверхностью Моховичича и границей Голицына. Толщина верхней мантии 350-500 км. Состоит она из силикатов, с примесью Ni, Fe, Mg. Плотность вещества верхней мантии $3.3-3.5 \text{ г/см}^3$, скорости сейсмических волн $V_p=8,0 \text{ км/с}$, $V_s=4,4 \text{ км/с}$.

На глубине ~200 км в верхней мантии проходит астеносфера (волновод), выше которого вещество мантии находится в твердом состоянии, а ниже - в аморфном, вязком.

Как уже было сказано ранее, часть верхней мантии, представленная веществом в твердом состоянии, вместе с земной корой образует литосферу.

Толщина слоя, разделяющего верхнюю мантию на две части (астеносфера), составляет 45-150 км.

На этой границе вещество мантии переходит в расплавленное состояние, температура достигает 1000°C . Вязкость с 4 г/см^3 падает до 3 г/см^3 . Астеносфера - область зарождения глубинных магм и глубокофокусных землетрясений. Скорость продольных волн падает до $7-7,8 \text{ км/с}$, поперечных - до $4-4,3 \text{ км/с}$.

Средняя мантия (перидотитовый слой) - толщина ее около 600 км. Состоит в основном из железистых силикатов, никеля. Вещество находится в кристаллическом виде в результате фазовых превращений под действием температуры и давления. До глубины 700 км встречаются очаги землетрясений, механизм которых носит коровый характер. Эта часть мантии неоднородна и неізотропна.

Нижняя мантия толщиной 1700 км характеризуется замедленным темпом роста $V_p=13,6\text{ км/с}$, $V_s=7,3\text{ км/с}$ вследствие роста давления. Состоит из железоникелевых соединений. Называется рудной.

Нижняя часть мантии, судя по повышенной вязкости, является упругой средой.

Химический состав всей мантии - тяжелые минералы, богатые кремнием, магнием и железом.

На границе мантии и ядра давление достигает $10 \cdot 10^7$ атм., а температура $\sim 3000^\circ\text{C}$.

Ядро это центральная геосфера Земли радиусом $\sim 3470\text{ км}$.

Теоретически установлено, что ядро слагают породы, в основном содержащие Fe-Ni соединения.

Вследствие того, что вещество ядра не пропускает поперечные волны, считается, что ядро имеет внешнюю оболочку, вероятно жидкую, и твердое ядро, состоящее из железа и его окислов, под действием T^0 и $P_{\text{ата}}$, перешедших в кристаллическое состояние.

В ядре происходят термоядерные реакции, которые вызывают разломы и конвекционные течения в мантии, результатом которых становятся излияния магмы, землетрясения и другие катаклизмы на поверхности Земли. В то же время в процессе этих катаклизмов происходит образование, преобразование, разрушение горных пород, появление новых, изменение поверхности Земли. Температура в ядре $\sim 10000^\circ\text{C}$, давление $\sim 10 \cdot 10^{10}$ атм.

2.4. Происхождение Земли.

Несмотря на то, что геология не занимается таким вопросом как происхождение Земли в полном объеме, тем не менее, для познания геологических явлений и их прогноза очень важно, какая версия о происхождении Земли будет принята.

Возраст Земли, как планеты, определяется примерно в 4-5 млрд. лет.

Внутреннее строение Земли известно в общих чертах, т.к. непосредственному изучению доступны только самые поверхностные слои (до 10-15 км). Данные прямого изучения Земли и косвенные данные наблюдения за гравитационным полем и

прохождением сейсмических волн, геотермические и другие наблюдения являются основной для прогноза внутреннего строения Земли и определения типа процессов, происходящих в недрах и их влияния на изменение верхней оболочки Земли, в пределах которой осуществляется жизнь и деятельность человека. При этом существенную роль играет знание о происхождении Земли, так как позволяет определить внутренний потенциал Земли.

О происхождении Земли в настоящее время (из всех существовавших ранее) прочно заняли место три гипотезы.

1. Гипотеза О.Ю. Шмидта, согласно которой Солнце, двигаясь в Галактике, прошло через пылевое облако и захватило его притяжением. Пылинки облака стали конденсироваться в сгустки, которые увеличивались, уплотнялись и превратились в планеты, а затем начался процесс разогревания планет.

2. Гипотеза В.Г.Фесункова, согласно которой планеты Солнечной системы образовались из газопылевого облака, окружавшего ранее Солнце, и превращение облака в планеты сопровождалось разогреванием его, так что в момент образования каждая из планет была раскаленным шаром.

3. Гипотеза о том, что Солнце и все планеты Солнечной системы образовались в результате взрыва огромной сверхновой звезды (рис.2.3).

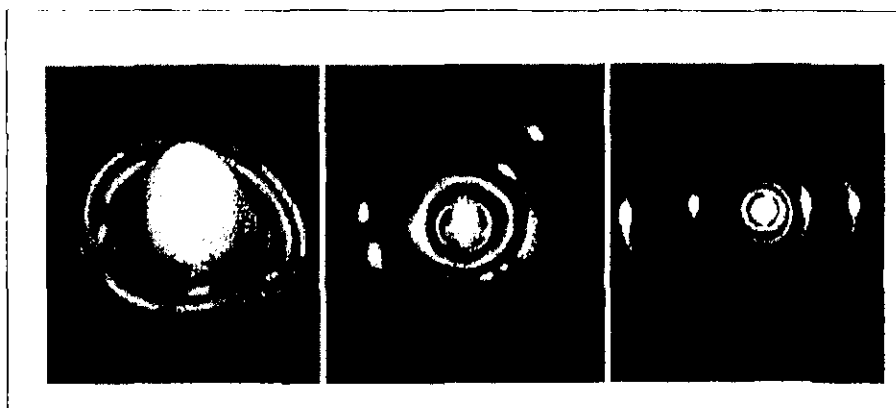


Рис.2.3. Образование Солнечной системы в результате взрыва.

Принципиальная разница этих гипотез в том, что первая гипотеза представляет Землю как остывающую планету, срок жизни которой близится к финалу, вторая гипотеза несколько продлевает ее жизнь, а по третьей - Земля очень молодая планета.

Естественно, что исходя из приоритета той или иной гипотезы, меняется и представление о внутренних процессах и строении Земли, и следовательно, база для прогноза процессов на поверхности Земли. Поэтому существует несколько версий об истории развития Земли, закономерностях распределения в ее недрах и на поверхности элементов, минералов, изменения внешнего лика Земли вследствие влияния глубинных процессов, основанных на различных гипотезах происхождения Земли.

Очевидно, что при изучении геологической науки, необходимо иметь представление о происхождении нашей и всех остальных планет Солнечной системы.

2.5. Физические свойства Земли и методы изучения состава и физических свойств Земли.

В курсе общей физики понятие «масса» формируется как количество вещества, содержащегося в данном объеме и представленного в принятых единицах измерения.

Плотность - это количество вещества, содержащегося в единице объема, поэтому плотность и масса тесно связаны функциональной зависимостью.

Масса Земли $5,975 \cdot 10^{24}$ кг, она составляет $\frac{U_{\text{расчет}}}{U_{\text{ср}}}$ массы Солнца и приблизительно стабильна. Объем Земли составляет около $U_1 = \sigma_1 \cdot g \text{ м}^3$. Средняя плотность Земли при этом составит $5,52 \text{ г/см}^3$.

Разные оболочки имеют разную плотность.

Плотность земной коры изменяется от $1,8$ до $3,4 \text{ г/см}^3$, в среднем составляя $2,7 \text{ г/см}^3$.

Плотность слоя астеносферы падает до $2,5 \text{ г/см}^3$, а плотность верхней мантии - базального слоя «В» составляет 3 г/см^3 .

Слой «С» имеет плотность от $3,4 \text{ г/см}^3$ в верхней части до 4 г/см^3 в нижней.

Рудный слой «Д» мантии имеет плотность $5,5\text{--}6 \text{ г/см}^3$.

Средняя плотность пород внешней оболочки ядра составляет $2,8 \text{ г/см}^3$. Есть модели, предполагающие плотность внутреннего

ядра 20 г/см^3 . Но основная масса исследователей склоняется к тому, что внутреннее ядро имеет плотность $12-17 \text{ г/см}^3$.

Породы и минералы различной плотности на поверхности и внутри Земли распределены неравномерно, что создает предпосылки для их выявления с помощью гравиметрии. Гравиметрия изучает гравитационное поле Земли, т.е. поле силы тяжести, обусловленное притяжением Земли, вызванной ее суточным вращением, зависит также от притяжения Луны, Солнца и других небесных тел.

Определяя при гравиметрических исследованиях силу тяжести в изучаемой точке и вычитая из измеренной P теоретическую величину, полученную расчетным путем $P_{\text{расчет}} = \sigma_{\text{ср}} \cdot g$, можно определить плотность пород в данной точке.

Величина g является постоянной величиной, называемой гравитационной постоянной и составляет $9,8 \text{ м/с}$ (ускорение свободного падения), т.е. то ускорение, при котором тело удерживается на поверхности Земли.

Изменение плотности веществ, составляющих оболочки Земли, связано с увеличением температуры и давления.

Давление внутри Земли возрастает постепенно.

В земной коре нормальный градиент давления составляет 1 атм./10 м .

В верхней мантии градиент давления составляет $1,1 \text{ атм./10 м}$, в средней $1,2 \text{ атм./10 м}$, в нижней $1,4 \text{ атм./10 м}$. На границе ядра и мантии давление составляет $(1,3-1,4) \cdot 10^5 \text{ атм}$. В центре ядра давление составляет $(5,5-6,0) \cdot 10^5 \text{ атм}$. Исходная сила тяжести в коре и мантии незначительно возрастает с глубиной, достигая максимума ($11,8 \text{ м/с}^2$) на границе ядра. В ядре быстро убывает, в центре равна нулю.

Температурный режим - область наибольших предположений и экстраполяций. Предполагается, что в земной коре и верхней мантии температура увеличивается с градиентом $3-4^\circ\text{C/100 м}$, достигая на глубине 400 км $1700-1800^\circ\text{C}$. В средней и нижней мантии температурный градиент составляет $0,5/100 \text{ м}$ и на границе внешней оболочки температура достигает 3000°C . В ядре предполагается температура до $5000-6000^\circ\text{C}$.

Тепловое поле Земли изучается наукой-геотермикой, предметом которой является тепловое состояние и тепловая история недр.

Существование магнитного поля Земли обусловлено действием постоянных источников, расположенных внутри Земли, и создающих основную компоненту поля (90%), а также переменных источников в ионосфере и магнитосфере.

Магнитное поле Земли характеризуется напряженностью и изучается магнитометрией, геофизическим методом, который позволяет определить распределение в пространстве и изменение во времени магнитного поля Земли и связанные с ним геофизические процессы.

Напряженности Земного магнитного поля проектируются по четырем осям: -горизонтальной (H); -вертикальной (Z); -направленной по географическому меридиану на север (X); -направленной по географической параллели на восток (Y).

Напряженность магнитного поля измеряется в эрстедах и гаммах и в течение истории Земли изменялась.

В современную эпоху на поверхности Земли H изменяется от 0,4 эрстед на магнитном экваторе (Зондские острова) до 0 на магнитных полюсах. Северный магнитный полюс находится в Якутии в районе Оймякона. Магнитные полюса не совпадают с географическими. Z изменяется от 0,6 э на магнитных полюсах до 0 на магнитном экваторе.

Магнитное поле Земли изучается магнитометрией, измеряющей T, X, Y, Z и H. При этом учитывается, что напряженность аномального магнитного поля функционально связана с параметрами возмущающих тел.

Кроме естественного современного магнитного поля изучается палеомагнетизм.

Палеомагнетизм - это свойство горных пород намагничиваться в период своего формирования и сохранять приобретенную намагниченность ($H_{ост}$ остаточную намагниченность) в последующие геологические эпохи.

Палеомагнетизм дает возможность изучать эволюцию геомагнитного поля, определять положение континентов или их крупных плит относительно друг друга и по отношению к полюсам

в прошлые геологические эпохи (например, Индия в конце мезозоя находилась в Южном полушарии), восстанавливать палеогеографические условия и т.п.

Аномальность естественного магнитного поля Земли связана со скоплениями минералов и элементов, а также горных пород, содержащих ферромагнетики, т.е. вещества, способные намагничиваться в магнитном поле, и сохранять её после исчезновения намагничивающего поля. Этот же факт используется и при палеомагнитных исследованиях.

Электрическое поле Земли формируется за счет известного из физики свойства веществ переносить электрические заряды.

Горные породы, слагающие поверхность Земли, заметно дифференцируются по электрическим свойствам.

Напряженность электрического поля Земли E (В/м) характеризует изменчивость пород по электропроводности. При этом используется величина, ей обратная, называемая удельным сопротивлением.

Электрическое поле Земли возникает в коре Земли в результате различных физических и химических процессов.

Наиболее распространенными являются поля, вызванные электрохимическими процессами, фильтрацией вод и диффузией водных растворов.

Диапазон изменения E не велик: от сотых долей мВ до десятков вольт.

Существующие естественные и вызванные электрические поля изучаются электрометрией. Особенно эффективен этот метод при поисках залежей железных и полиметаллических руд, графитизированных сланцев и антрацита, а также других полезных ископаемых, относимых к разряду рудных.

Изменения электромагнитного поля Земли во времени очень сложны и включают широкий спектр частот.

Кроме вариаций наблюдаются коротко периодичные (0,1 с. до 10 мин.) и высокочастотные (до нескольких секунд) изменения (атмосферные шумы). Эти колебания возникают под действием излучения Солнца. Предполагают, что в плазме, окружающей Солнце, поток заряженных частиц возбуждает магнито-дина-

мические волны, которые, достигая ионосферы, превращаются в электрические волны.

Наиболее изученным является сейсмическое поле Земли. Его изучает сейсмология — наука о землетрясениях и связанных с ними явлениях.

При землетрясениях в земной коре, мантии и ядре возникают упругие колебания, разделяющиеся на 2 типа: поверхностные и объемные.

Поверхностные волны обладают наименьшей скоростью. По измеренным параметрам этих волн делается заключение о заложении в недрах Земли очагов землетрясений, наличии преломляющих и отражающих границ, упругих и вязких свойств вещества.

Основными видами объемных волн, регистрируемых сейсмоприёмной аппаратурой, являются продольные и поперечные волны. При прохождении через недра Земли эти волны имеют следующие характеристики.

Земная кора характеризуется $V_{\text{прод}} = (2,6-6,0) \cdot 10^3$ м/с, $V_{\text{попер}} = (1,5-4,0) \cdot 10^3$ м/с.

В зоне астеносферы скорости падают соответственно до $V_{\text{прод}} \approx 4000$ м/с, $V_{\text{попер}} \approx 4000-2500$ м/с.

В верхней мантии скорости возрастают до $V_{\text{прод}} = (8-10) \cdot 10^3$ м/с, $V_{\text{попер}} = (4-5) \cdot 10^3$ м/с.

В нижней мантии на границе с внешним ядром скорости достигают максимальных значений $V_{\text{прод}} = (12-14) \cdot 10^3$ м/с, $V_{\text{попер}} = (6-8) \cdot 10^3$ м/с.

Во внешнем ядре скорости продольных волн падают до 6-8 км/с, а поперечные волны через внешнее ядро не проходят, что позволяет говорить, что оно жидкое.

В ядре скорости продольных волн растут от 8 до 11,8 км/с. Собственно говоря, на основании изменения скоростей продольных и поперечных волн и были сделаны предположения о многослойном строении недр Земли и о том, что вещество этих слоев находится в разных фазовых состояниях.

Кроме естественных сейсмических полей для изучения строения недр Земли создаются сейсмические поля, вызванные искусственным путем (взрывы, невзрывные ударные). Эти искус-

ственные поля изучаются сейсморазведкой - самым распространенным геофизическим методом. В сейсморазведке различают две модификации: метод отраженных волн (МОВ) и метод преломленных волн (МПВ).

Радиоактивный фон Земли состоит из радиоактивного излучения радиоактивных элементов, входящих в состав горных пород и из космического излучения, проникающего на поверхность Земли из космоса через внешние воздушные оболочки, а также ядерных реакций в атмосфере под действием космических лучей и ядерных реакций в результате техногенных процессов.

Радиоактивный распад элементов сопровождается выделением большого объема тепла, поэтому радиоактивность играет большую роль в тепловом балансе Земли.

Распределение радиоактивности по поверхности Земли и в атмосфере неравномерно. Повышенными значениями радиоактивности на поверхности Земли отмечаются зоны развития изверженных и метаморфических пород (зоны современных геосинклиналей и цитов, например Курильские острова, Крольский полуостров, Тянь-Шань, Памир и т.д.).

Наиболее низкими значениями обладают воды океанов, морей, рек и озер. В среднем значения радиационного фона изменяются от 2 микрорентген/ч до 10-12 микрорентген/ч. Радиоактивность Земли изучается радиометрией.

Таким образом, изучение состава и физических свойств Земли, и отдельных элементов, ее составляющих, осуществляется методами, которые условно можно объединить в три группы.

1. Первая группа - это визуальные наблюдения человека, наблюдающего на поверхности или в приповерхностном слое изменение свойств пород, слагающих земную кору и оценивающего основные свойства: цвет, твердость, текстуру, структуру и т.д.

2. Вторая группа - это изучение естественных полей Земли с помощью стационарных приборов (температура, радиационный фон, напряженность электрического и магнитного поля, величина силы тяжести, прохождение естественных сейсмических волн при землетрясениях и т.д.).

3. Третья группа - это изучение искусственно созданных физических полей, когда с помощью специальной аппаратуры воз-

буждается физическое поле (электрическое, магнитное, сейсмическое), а вторым комплектом производится измерения параметров этого поля на определенном расстоянии от источника.

Основными естественными и искусственными физическими полями, изучаемыми с помощью специальной аппаратуры, являются:

- естественное термическое поле Земли и искусственно созданные тепловые поля, а также тепловые поля, возникающие в результате техногенной деятельности человека;

- естественное электрическое и магнитное поля Земли и искусственно создаваемые электрические и магнитные поля, а также электрические и магнитные поля техногенного происхождения (например, поля, возникающие под линиями электропередачи);

- естественное поле силы тяжести Земли;

- естественные и искусственно создаваемые сейсмические поля, а также сейсмические поля техногенного происхождения (в результате промышленных катастроф).

При изучении этих полей, путем использования различных интерпретационных способов решается задача соответствия показаний измеряемых физических параметров составу и физическим свойствам различных оболочек Земли и элементов, их составляющих. Используемые методы называются геохимическими и геофизическими.

К геохимическим методам относятся:

- химический анализ образцов в лаборатории;

- лабораторное определение физических свойств образцов;

- моделирование химических процессов, протекающих в различных оболочках Земли;

- определение геохимических признаков и показателей при визуальном изучении.

- геохимическая съемка;

К геофизическим методам относятся:

- термометрия, изучающая тепловые поля;

- гравиметрия, изучающая изменение силы тяжести Земли;

-электрометрия, изучающая естественные и техногенные поля и электроразведка, изучающая искусственные, электрические поля;

-магнитометрия, изучающая естественные и техногенные и сейсморазведка, изучающая искусственно созданные сейсмические поля;

-радиометрия, изучающая естественный радиационный фон Земли и радиоактивность Земной коры.

Перечисленные выше методы относятся, в основном к второй и третьей группам. Основным средством познания для первой группы служит человек, его эрудиция и профессиональная подготовка.

В целом, все перечисленные методы позволяют изучить строение Земли, свойства и состав ее оболочек и т.д. Геофизические методы иногда называют дистанционными.

Еще одна группа методов, позволяющих проводить изучение Земли, это бурение (глубокое, структурное). Методы этой группы являются комбинацией методов описанных выше трех групп:

-описание отобранных образцов горных пород, отобранных проб пластовых флюидов, визуальные методы (первая группа);

-запись геофизическими приборами естественных и искусственных полей (вторая и третья группы);

-лабораторные исследования отобранных образцов пород и пластовых флюидов (первая и третья группы);

-геохимические методы (вторая и третья группы).

Контрольные вопросы

1. Что представляет собой Солнечная система?
2. Строение земной коры.
3. Какие формы и размеры имеет Земля?
4. Что представляют собой оболочки Земли?
5. Какие естественные физические поля наблюдаются на Земле?
6. Какими методами изучают состав физического свойства Земли?

Глава 3. ГЕОЛОГИЧЕСКИЕ ПРОЦЕССЫ.

Процессы, изменяющие состав, структуру, рельеф и глубинное строение Земли, называют геологическими.

Все геологические процессы подразделяются на экзогенные (извне рожденные) и эндогенные (внутри рожденные).

Экзогенные процессы обусловлены атмосферными явлениями, геологической деятельностью морей, рек, озер, подземных вод, ветра, ледников, животного и растительного мира. Эти процессы протекают на поверхности Земли и распространены на глубину, обычно не превышающую нескольких десятков метров.

В результате экзогенных процессов в приподнятых участках земной коры происходили накопление продуктов их разрушения. Явления разрушения коренных пород происходит наиболее интенсивно в условиях горного, сильно пересеченного рельефа. Общим результатом разрушения и накопления является постепенное выравнивание рельефа, который приводит к ослаблению экзогенных процессов. Выравнивание поверхности земной коры было бы уже полным за прошедшие геологические эпохи, если бы не непрерывные изменения рельефа в результате эндогенных процессов.

Эндогенные процессы обусловлены вертикальными и горизонтальными перемещениями земной коры, землетрясениями, извержениями вулканов, изменениями горных пород под действием высоких давлений и температур на больших глубинах или при изливании огненно-жидкой лавы на поверхность.

Они протекают в глубинных областях земли, большей частью внутри земного шара, и мало зависят от внешних условий. В результате эндогенных процессов существенно изменяются старые и образуются новые горные породы, нарушаются первоначальные залегания горных пород, изменяется форма геологических тел, происходит их перемещение, образуются разрывы и т.д. С эндогенными процессами связано возникновение и развитие материков, океанических впадин и горных возвышений.

3.1. Вулканизм.

Вулканическими явлениями называются процессы поднятия из земных глубин расплавленной магмы, паров и газов.

Наблюдаются случаи, когда расплавленная магма не доходит до поверхности, а внедряется в толщу земной коры. Такое явление называется подземным вулканизмом, а тела, образовавшиеся от внедрения магмы, интрузиями. Процессы, связанные с подземным вулканизмом, называются интрузивными. При извержении магмы на поверхность происходит вулканическое извержение, а процессы, связанные с ним называются эффузивными (рис.3.1).

Эффузивные процессы относятся к экзогенным, а интрузивные - к эндогенным процессам.

Канал, который соединяет поверхность Земли с ее глубинными областями, вместе с возвышением на месте выхода канала, называется вулканом. По времени вулканы делятся на моно- и полигенные.

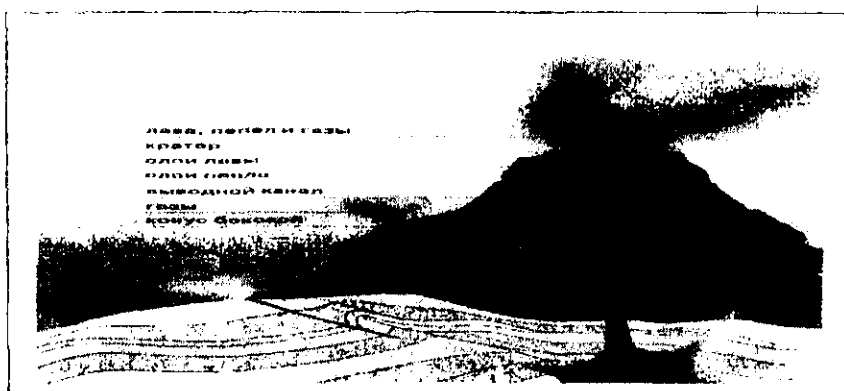


Рис.3.1. Строение вулкана.

Моногенные - это однократные вулканы, образовавшиеся в результате взрыва газа. Они представлены маарами - овалами углубленными, заполненными водой. Каналы этих вулканов заполнены туфом и смесью вулканического пепла с обломками тех пород, которые пересечены этими каналами. Диаметр маар 250-1000м, располагаются они по определенным линиям.

Полигенные - вулканы многократного действия, делятся на 4 типа: тип Везувия, Гавайский тип, тип Пеле, тип трещинный (Исландский).

Тип Везувия образован в результате чередования выброса обломочного материала и излияний лав. Имеет вид насыпного

конуса (Ключевская сопка а.о. 4778 м). Устье жерла такого вулкана называется кратером.

Гавайский тип – пологие купола, построенные, в основном из лавы.

Тип Пеле – вязкая лава закупоривает жерло, газы и пары взрывом разрывают боковую стенку и лава изливается из этого отверстия. Часть лавы выдавливается из жерла и застывает в виде купола или обелиска.

Исландский тип – определенный канал отсутствует, а излияние лавы происходит через трещины и разломы в земной коре. При этом лавой покрываются сотни и тысячи км².

Извержения происходят не только на суше, но и на дне моря (Алеутские Гавайские, Зондские острова и др.), при этом образуются вулканические острова.

Действующие вулканы – все вулканы, проявляющие деятельность в историческое время.

Вулканы, которые в человеческую историю не проявляли себя, называются потухшими.

Если магма не выходит на поверхность, она по трещинам внедряется в земную кору, образуя разнообразные геологические тела и комплексы магматических пород.

3.2. Гейзеры, термальные и минеральные источники.

Термальные источники (термы) – источники, имеющие более высокую температуру, чем средняя годовая $t^{\text{ср}}$ для данной местности.

Минеральные источники – это источники, воды которых, имея нормальную температуру, обогащены минеральными веществами и углекислотой.

Гейзеры – это периодически действующие термальные источники.

Все эти виды источников распространены в областях действующих и потухших вулканов и образуются из ювенильных и вадозных вод.

Ювенильные воды – это воды конденсации паров, выделяющихся из расплавленной магмы при ее остывании.

Вадозные воды – это поверхностные воды, которые по пористым пластам попадают с поверхности на глубину и.

нагреваясь, выходят обратно вверх в виде термальных источников, или (обогащаясь минеральными веществами за счет растворения пород, через которые они проходят) в виде минеральных источников.

Процесс действия гейзеров может быть описан следующим образом.

Вода, скопившаяся в трещине с остывающей магмой, нагревается до 100°C . Вследствие давления водяного столба в нижней части образуется перегретая вода. Каждый раз, когда нагрев верхней части столба воды достигает 100°C , начинается выделение пара и часть воды выбрасывается, снижая давление в нижней части, где также происходит парообразование и начинается выброс воды из этой части водяного столба.

Выброс продолжается практически до полного осушения трещины.

Затем проходит определенное время, пока трещина вновь заполняется водой и процесс продолжается.

Периодичность действия гейзеров зависит от объема трещины и исчисляется минутами, днями, месяцами, годами. Горячие воды гейзеров насыщены SiO_2 , который выпадает из воды вокруг жерла гейзера (гейзерит - белая землистая порода). Источники осуществляют перенос минеральных веществ и их отложение в виде новых минералов, а также растворение горных пород, что приводит к образованию в породах каверн и других пустот.

3.3. Выветривание.

Процессы, происходящие на поверхности Земли, связаны с энергией солнечных лучей. В результате нагревания и охлаждения земной коры происходит **физическое выветривание**.

Главной причиной его является суточное колебание температур, когда быстрое и сильное нагревание лучами солнца поверхности Земли и быстрое охлаждение ее ночью, вызывает быстрое расширение пород днем и сокращение их ночью, вследствие чего нарушается связь поверхностного слоя с частицами.

Физическое выветривание ускоряется, если в трещины попадает вода, которая, замерзая, расширяется, увеличивая трещину.

Разрушение твердой оболочки Земли под действием вод, когда происходит изменение химического состава пород, называется химическим выветриванием.

Кроме физического и химического, имеет место **биологическое выветривание**, когда жизнедеятельность организмов (бактерии, растения, человек) приводит к разрушению поверхностных слоев.

К процессам выветривания можно отнести круговорот воды в природе, когда вода, выпадая на поверхность в виде атмосферных осадков, растворяет химические элементы, входящие в поверхностные слои, а затем переносит их своими потоками в другое место и отлагает в виде новых минералов или перемещает в атмосферу в виде летучих химических соединений.

Геологическая деятельность процессов выветривания играет важную роль в образовании рельефа Земной поверхности, выравнивая ее. Эти процессы называются **денудационными** (денудатио — от лат. обнажение).

3.4. Эрозия и суффозия.

Воды, выпавшие из атмосферы в виде дождя и снега частично испаряются и снова уходят в атмосферу, а частично просачиваются вглубь Земли. Остальная часть их стекает по поверхности в реки и моря.

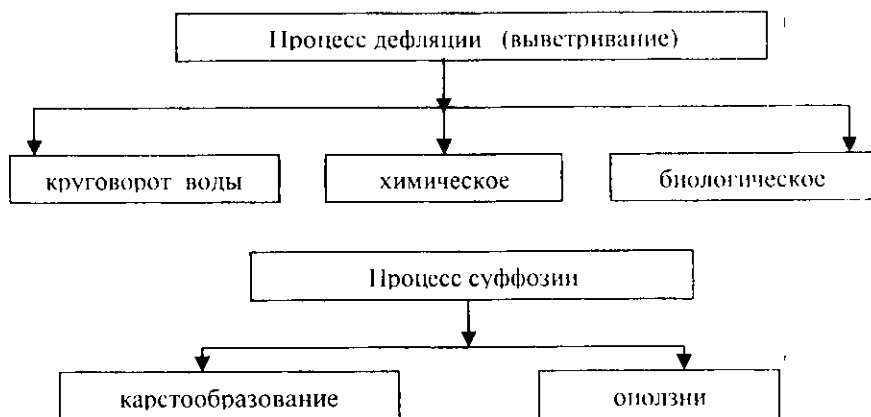


Рис 3.2. Геологические процессы, связанные с деятельностью ветра и воды.

Разрушение земной поверхности текучими водами называется эрозией. Первый вид эрозии - это смывание, когда с поверхности Земли сносятся движущимися потоками воды мелкие частицы, что хорошо наблюдается в дождевых потоках, имеющих мутный вид. Двигаясь в одном направлении потоки разрушают поверхность. Этот процесс называется размыванием.

В результате разрыва небольшие желобки или бороздки от дождевых струй превращаются в рытвины, которыми изборозжены склоны гор. К основанию горы некоторые рытвины разрастаются в овраги.

Крутые берега оврагов обрываются под действием поверхностных вод и овраги превращаются в балку.

Если при развитии оврага в глубину он дойдет до уровня грунтовых вод, то последние будут изливаться на его дне, т.е. возникает постоянно действующий родник. Такие родники дают начало рекам.

В горных странах реки чаще всего берут начало от тающих ледников. Ледники возникают там, где количество выпавшего в течение зимы снега не успевает растаять за лето. Такими областями являются полярные страны и высокие горы. Снег в этих местах под действием лучей солнца превращается в ледяные зерна.

Ледники по способу накопления льда и в зависимости от характера местности делятся на три типа: материковый (гренландский), альпийский и скандинавский.

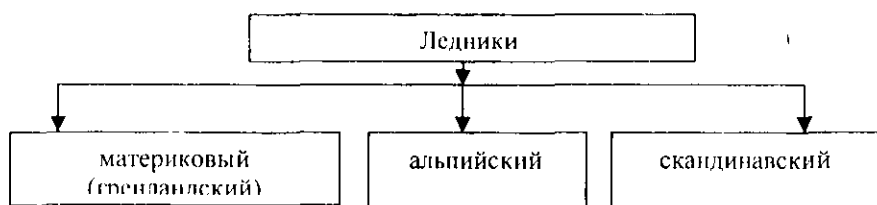


Рис 3.3. Типы ледников

Ледники гренландского типа распространены в полярных странах, где они покрывают материки сплошной массой, толщина которой к центру материка достигает 1900-2000 м. Лед течет от центра материка к берегу и спускается в море, сначала двигаясь по

дну, а затем начинает всплывать и отрываясь отдельными глыбами (айсбергами) уходит в море. Ледники альпийского типа образуются в горах с острыми хребтами. Лед скапливается во впадинах, котловинах, откуда под действием собственного веса выдавливается в долины в виде ледяного потока (языка). При таянии этого языка образуются водные потоки, являющиеся истоками большинства рек.

Ледники скандинавского типа похожи на гренландские, однако в отличие от последних плоский характер имеют не от обилия льда, а от платообразного основания подстилающего их ложа, и спускаются в виде языков.

При своем движении ледники разрушают горные скалы, стирают отдельные горы, вспахивают долины.

На дне ледника имеются щебень, песок, крупные камни, которые полируют ложе (донная морена).

Ледник несет на своих краях обломки скал, щебень, падающие на ледник с окрестных гор (боковая морена).

Река размывает свою долину в разных местах движения по-разному.

Продольное сечение русла реки называется профилем.

Профиль реки развивается последовательно. В верховьях преобладает размывание ложа реки в глубину и унос материала, скорость реки, в силу большого уклона, максимальна. В среднем течении скорость уменьшается, дно реки не углубляется, т.е. наступает равновесие между скоростью течения и прочностью дна с одной стороны, и приносом и уносом материала с другой. Здесь наблюдается перенос материала.

В нижнем течении реки над явлениями размыва преобладает отложение перенесенного материала (рис.3.4). Совершенно ясно, что река не может углублять свое русло ниже уровня того бассейна, куда она впадает. Этот уровень называется базис эрозии реки.

Продольный профиль речной долины, выработавшийся в результате деятельности реки, когда все неровности дна сглаживаются и сопротивление трению со стороны русла потока уравнивается силой текучей воды, называется профилем равновесия.

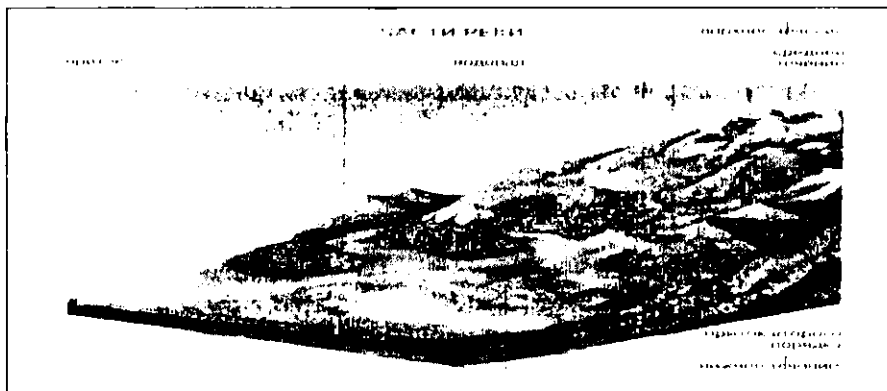


Рис 3.4. Строение реки

Как уже было сказано ранее, от $1/5$ до $1/3$ воды, выпавшей из атмосферы на поверхность суши, просачивается в землю, через проницаемые породы (щебень, пески, галечники, пористые известняки и всякая трещиноватая порода). По водонепроницаемым породам вода проникает вниз, пока не встретит водонепроницаемую породу (глину и т.д.), выше которой вода скапливается в порах водонепроницаемого слоя, образуя скопление грунтовой воды (рис.3.5).

Характерной особенностью грунтовых вод является наличие свободного уровня воды, которая иногда называется зеркалом грунтовых вод.

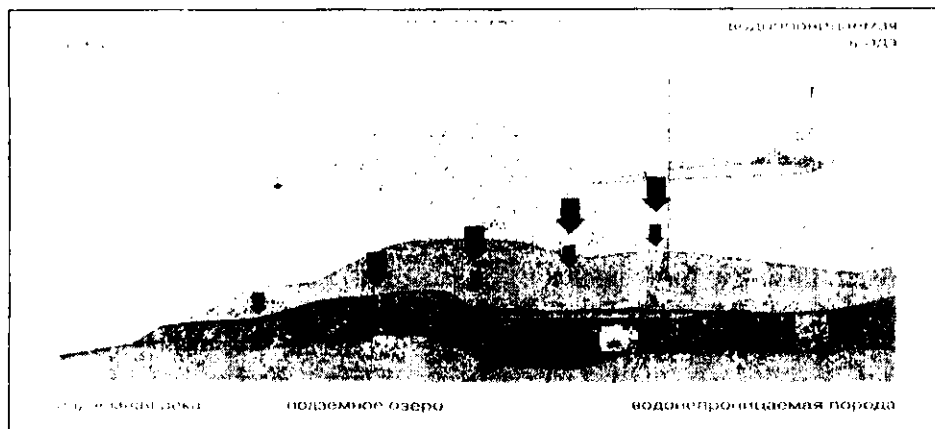


Рис.3.5. Образование подземной реки

Уровень грунтовых вод в сглаженном виде повторяет рельеф местности.

Грунтовые воды всегда находятся в движении. Они медленно движутся в направлении наклона своего уровня. В том случае, когда в рельефе есть впадины, грунтовые воды образуют болота.

Реки питаются грунтовыми водами, уровень которых совпадает с уровнем реки. Когда водопроницаемый слой, имеет уклон и уходит под пласты, непр пропускающие воду, он образует водонапорный пласт, насыщенный вадозными водами.

Пласт имеет область питания - место, где пласт выходит на поверхность и питается атмосферными водами, и область стока - место, где пласт обнажается и из него изливается вода, а также область напора - область прогиба между областями питания и стока.

Линия соединяющая уровень воды в области питания и в области стока, называется пьезометрическим уровнем.

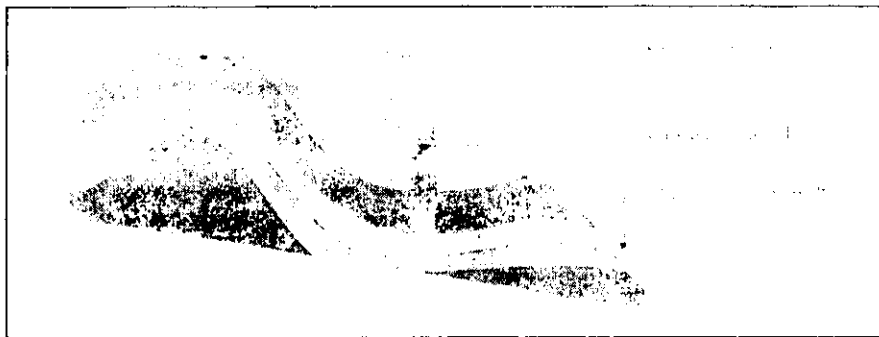


Рис. 3.6. Функционирование артезианского колодца.

Давление в каждой точке пласта определяется глубиной этой точки под линией пьезометрического уровня. В тех случаях, когда поверхность Земли находится ниже пьезометрического уровня, скважины, проведенные до водонапорного пласта, является самоизливающимися (артезианскими), а воды, также **артезианскими** (рис.3.6).

В местах, которые расположены выше пьезометрического уровня, скважины переливаться не будут, уровень воды в них устанавливается на пьезометрической высоте, а воды становятся напорными.

Ключи и источники, которые питаются напорными водами, называются **восходящими**, в отличие от **нисходящих**, питающихся грунтовыми водами.

Воды, проникая в горные породы по трещинам, растворяют их, образуя пустоты (пещеры), своды которых обрушиваются, образуя карсты: впадины провалы с отвесными стенками.

Сильно минерализованные воды, капая с потолка пещер, образуют сталактиты, а навстречу сталактитам со дна пещер поднимаются столбы - сталагмиты. Такие явления характерны для известковых пород. Кроме карстообразования, подземные воды способствуют оползням и обвалам.

Оползни образуются в результате медленного сползания горных масс по склону к пониженным участкам рельефа (крутые берега речных морей и т.д.), и происходят тогда, когда куча сложена суглинком, лежащем на покатом водонепроницаемом слое, а также в тех случаях, когда между верхними водонепроницаемыми породами и нижним водоупорным горизонтом залегает пласт лессовидной песчаной глины, сильно набухающей и размягчающейся от пропитывания ее водой.

Размягченная глина исполняет роль смазки, по которой под действием своего веса сползают вышележащие породы.

Обвалом называются отрыв и быстрое падение больших масс горных пород. Причиной обвала может быть ослабление сцепления горных пород вследствие размягчения их подземными водами, как при оползне, либо вследствие сильных землетрясений.

Таким образом, подземные воды осуществляют разрушение земной коры, проявляющееся в виде карстов, оползней и обвалов. Этот процесс называется суффозией.

3.5. Дефляция и абразия. Трансгрессия и регрессия моря.

Эоловая деятельность ветра и моря.

Разрушение земной поверхности непосредственно ветром, называется **дефляцией**. Ветер разрушает горные породы при помощи песка, которым полирует их.

Песок и другие частицы коры при своем движении переносятся ветром на значительные расстояния (эоловая деятельность ветра), полируя гальки и камни и придавая им вид трехгранных многогранников (эоловые многогранники).

В основании скал ветер выдувает пустоты, которые называются каменными карманами. При продолжительном действии ветра на скалах образуются рисунки из мелких углублений - каменное кружево.

Разрушительная работа ветра сильнее всего сказывается на море, где ветер создает волны, обладающие большим запасом механической энергии, заключающейся в колебательном движении волны.

Волны, ударяя о берег, одновременно приносят к берегу обломки пород, которые тоже наносят удары, разрушают постепенно самые твердые породы.

Разрушение материка морем называется абразией, а поверхность, которая получается в результате абразивной работы, называется абразивной.

Во время вековых колебаний земной поверхности положение береговой линии не может оставаться постоянными. При опускании континента море наступает на него до тех пор, пока он опускается.

Продвижение моря на континент называется морской **трансгрессией**. При медленном поднятии земной поверхности море отступает, происходит **регрессия моря**.

При трансгрессии моря на континент волны приносят с собой остатки живых организмов и донный ил, которые остаются на мелководье и попадают в осадки мелководья.

При регрессии моря волны уносят частицы горных пород, отколовшихся от берега.

Таким образом, морские волны осуществляют перенос и переотложение материала. Такую же роль осуществляет и ветер. Эта деятельность называется **эоловой**.

3.6. Метаморфические процессы.

Воздействие высоких давлений и температур при погружении, контакт с застывающей магмой и лавой изменяют осадки, сформировавшиеся на поверхности земли и погруженные на глубину вследствие влияния различных причин. Эти воздействия могут привести к полному изменению этих осадков и названы метаморфическими процессами (глава 4.4.).

3.7. Движения земной коры.

Земная кора постоянно испытывает поднятия и опускания, которые происходят настолько медленно, что в обыденной жизни остаются незамеченными. Такие движения называются вековыми колебаниями суши.

Эти колебания хорошо видны на морских террасах вдоль морских побережий. Так, на побережье Кавказа в окрестностях Гагр верхняя терраса располагается на высоте 200 м, что свидетельствует о поднятии этого участка. В то же время Голландия, где жители постоянно строят дамбы и плотины, чтобы оградить свою страну от моря, является типичным примером длительного опускания суши. Измеренные скорости вертикальных движений земной коры составляют от 0,07 до 3 мм/год.

Наряду с вертикальным, земная поверхность перемещается и в горизонтальном направлении.

Так, точными геодезическими измерениями установлено, что Гренландия удаляется от Европы со скоростью 36 мм/год. А в Калифорнии наблюдается горизонтальная трещина, по которой происходит горизонтальное перемещение (надвиг) вышележащих пород относительно нижележащих со скоростью 3 см/год.

При движении земной коры поверхность и нижележащие части ее испытывают изменения в своем первоначальном залегании: поднимаются вверх, опускаются вниз, изгибаются в складки, разрываются, напоявая друг на друга. Этими перемещениями (дислокациями) создано большинство горных сооружений земли.

3.8. Землетрясения.

Движения земной коры происходят и в настоящее время. Проявляются они в виде землетрясений. Количество землетрясений на Земле в год превышает 10 тыс, но большинство их очень слабые и фиксируются только приборами. Основные области землетрясений - горные районы и островные дуги океанов.

Причины: сдвиги и перемещения в земной коре и литосфере (тектонические); сопровождающие извержения вулканов (вулканические); из-за обвалов в горах, пещерах и т.д.; из-за нарушения естественного состояния коры при деятельности человека (техногенные). Область, где возникают землетрясения, называется очагом или фокусом. По глубине расположения, тектонические

землетрясения делятся на глубокофокусные, когда очаг¹ расположен на глубинах свыше 200 км в мантии (такие землетрясения называют еще мантийными), и коротко фокусные, когда очаг землетрясения расположен на глубинах до 50 км (такие землетрясения называются коровыми).

Для упрощения расчетов очаг землетрясения называют гипоцентром, а его проекцию на поверхность земли эпицентром.

От гипоцентра волны расходятся в виде шаровых поверхностей, которые называются гомосейсмическими.

Линии, перпендикулярные к гомосейсмическим поверхностям, называются линиями удара, так как по направлению этих линий распространяются упругие волны.

Наибольшее количество энергии на поверхность принесут волны, идущие по вертикали от гипоцентра, так как чем шире делаются гомосейсмические поверхности, тем меньше энергии приходится на каждый квадратный метр.

Упругие волны, достигнув эпицентра, возбуждают поверхностные поперечные волны, которые расходятся кругами по поверхности земли. Землетрясения вызывают повреждение сооружений и пестроек, коммуникаций, оползни, обвалы и т.д.

Если эпицентр землетрясения находится на дне моря, происходит моретрясение, при котором происходит образование гигантских волн - цунами, обрушивающихся на побережье и вызывающих разрушения поверхности суши и сооружений, находящихся в прибрежной зоне.

Контрольные вопросы

1. Какие процессы называются геологическими ?
2. Какие процессы относятся к эндогенным ?
3. Какие процессы относятся к экзогенным ?
4. Каково влияние атмосферы на формирование земной коры ?
5. Какова роль подземных и поверхностных вод ?
6. Что такое суффозия ?
7. Что такое дефляция ?
8. Какова роль ветра ?
9. Что такое трансгрессия и регрессия ?
10. Какие процессы относятся к эрозионным ?
11. Какие осадки относятся к аллювиальным, делювиальным ?

Глава 4. ГЕОЛОГИЧЕСКИЕ ТЕЛА - ОСНОВНЫЕ ЭЛЕМЕНТЫ ЗЕМНОЙ КОРЫ.

4.1. Общие понятия

Минералы представляют собой природные химические соединения или химические элементы и являются либо самостоятельным геологическим телом, либо его составной частью.

Горные породы представляют собой геологические тела, состоящие из минеральных зерен или их обломков. Понятие «геологическое тело» объединяет две разновидности природных соединений:

- минералы, являющиеся продуктом химических процессов, происходящих в земной коре и на ее поверхности;
- горные породы, являющиеся продуктом физических процессов, происходящих в земной коре и на ее поверхности

Таким образом, земная кора состоит преимущественно из горных пород, а горные породы образуются из отдельных минералов.

4.2. Минералы.

По физическому состоянию минералы делятся на жидкие, твердые, газообразные. Всего на земле известно около 2000 минералов, частота распространения которых в земной коре различна.

Породообразующих минералов, т.е. тех, из которых образованы горные породы, составляющие 99,9% всей массы коры, насчитывается около 25. Из них важнейшими является: кварц, полевые шпаты, слюды, амфиболы, оливин, нефелин, анатит, магнетит, змеевик, гипс, соль, известняк, каолин, сера, окислы железа, фосфориты, серный колчедан, газ, нефть, уголь.

Минералы могут быть кристаллическими, т.е. частицы располагаются в строго определенном порядке, и аморфными, которые характеризуются беспорядочным расположением частиц. Форма кристаллов зависит от строения вещества и от его кристаллической решетки. Физические свойства у аморфного вещества во всех направлениях приблизительно одинаковы, тогда как у кристаллического - разные. Все минералы по химическому составу подразделяют на классы.

Сульфиды (около 200) – сернистые соединения металлов, составляют не более 0,25 % массы земной коры и являются породообразующими. Многие сульфиды имеют большое практическое значение как руды.

Галоиды (около 100) - включают в себя хлористые, фтористые, бромистые, йодистые соединения, представляют собой соли галоидоводородных кислот. Доля их в земной коре незначительна. В недрах многих нефтегазоносных районов они образуют толщи огромной мощности (более 500 м).

Сульфаты (около 260) – соли серной кислоты. Состав 0,1% от массы земной коры. Некоторые из них являются породообразующими минералами и встречаются в виде мощных пластов.

Карбонаты (около 80) составляет 1,7% от массы земной коры. Относятся к породообразующим. CaCO_3 , MgCO_3 встречаются в природе большими массами.

Фосфаты (около 350) составляет 0,7% от массы земной коры, обычно рассматриваются вместе с арсенатами и ванадатами (солями мышьяковой и ванадиевой кислот). Наибольшее распространение и значение имеют фосфаты.

Оксиды и гидроксиды (около 200) составляют 17% массы земной коры. Наиболее часто встречается кварц SiO_2 . Его внутреннее строение имеет много общего со строением силикатов.

Силикаты (около 800) составляют 75 % массы земной коры. Многие из них относятся к породообразующим и входят в состав почти всех горных пород. По происхождению связаны с эндо- и особенно с магматическими процессами. Основой всех силикатов является кремнекислородный радикал-анион $[\text{SiO}_4]^{4-}$. В зависимости от того, как связаны между собой радикалы, различают несколько типов (по числу кристаллической решетки) силикатов.

Наиболее распространены группы полевых шпатов (55 % массы земной коры), которые по строению кристаллической решетки близки к кварцу.

Также выделяется еще несколько классов минералов: самородные элементы, органические соединения и др.

Акцессорные минералы (т.е. минеральные примеси) присутствуют в горных породах в виде незначительных примесей (до 5 % от объема).

Физические свойства минералов: спайность, твердость, цвет минерала в куске, цвет черты или порошка минерала, прозрачность, блеск, излом, удельный вес, ковкость, плавкость.

Таблица 4.1

Деление минералов по химическому составу

Класс	Кол-во разновидностей	%-ное содержание в массе земной коры	Минералы	Породообразуют
Сульфиды	200	0,25 %	Пирит, галенит, киноварь, молибден.	Да
Галоиды	100	Незначительна	Галит, сильвин.	Да
Сульфаты	260	0,1%	Гипс, ангидрит.	Да
Карбонаты	80	1,7%	Известняк, доломит, сидерит.	Да
Фосфаты	350	0,7%	Апатит, фосфорит	Да
Оксиды и гидроокислы	200	17%	Железный блеск, магнитный железняк, бурый железняк, кварц.	Да
Силикаты	800	75%	Ортоклаз, микроклин, плагиоклаз, мусковит, флогопит, каолин, оливин, пироксены и др.	Да
Акцессорные		Менее 0,1%		Нет
Самородные элементы	6	0,25%	Золото, серебро, медь, платина, ртуть, сера	Нет
Органич. соединения	10	3%	Газ, нефть, озокерит, асфальтены, битумы	Да

Основные свойства минералов.

Минералы отличаются друг от друга химическим составом. Но большинство минералов можно определить, не прибегая к химическому анализу, а просто по внешнему виду и физическим свойствам

Внешний вид минералов определяется цветом, прозрачностью, блеском, спайностью, изломом и кристаллической формой, в которой минерал чаще всего встречается.

Наиболее характерными и легко определяемыми физическими свойствами минералов являются:

- спайность, т.е. способность минерала раскалываться по определенным плоскостям, соответствующим его граням, плоскость раскола называется плоскостью спайности;

- твердость т.е. сопротивление царапанию острием более твердого вещества; из двух минералов более твердым считается тот, который царапает другой;

- цвет;

- цвет черты или порошка минерала, который часто отличается от цвета минерала в куске (каменный уголь - черный в куске, коричневый в порошке);

- прозрачность встречается у минералов в разной степени (горный хрусталь, алмаз - прозрачны, тяжелый шпат - полупрозрачен, просвечивает - по краям; кремнь, свинцовый блеск - непрозрачны);

- блеск минералов различен и для эталона используется металлический блеск, свойственный рудам металлов, и стеклянный блеск, свойственный прозрачным и полупрозрачным минералам;

- излом дают поверхности, характерные для определенных минералов (ровный у минералов, обладающих спайностью, неровный, раковистый - у минералов с несовершенной спайностью, зернистый у минералов, имеющих зернистое строение);

- удельный вес, изменяющийся от 2 до 23 г/см³;

- ковкость - способность минералов при ударе молотком сплюсываться и закругляться;

- плавкость, способность минералов плавиться; испытывается при помощи паяльной трубки, служащей для повышения температуры пламени.

Отдел геологии, занимающийся изучением минералов, называется минералогией. Она тесно связана с кристаллографией, которая занимается изучением форм кристаллов, в каких встречаются минералы.

Твердость минералов играет важную роль в нефтегазовой геологии, так как определяет твердость пород, знать которую при бурении скважин необходимо.

Существуют 10 минералов, твердость которых принята за эталон и которые образуют шкалу МООСа (шкалу твердости):

Таблица 4.2

Шкала МООСа			
№		Название минералов	Твердость
1.	Тальк	$Mg_3(OH)_2(Si_4O_{10})$	1
2.	Гипс	$CaSO_4 \cdot 2H_2O$	2
3.	Кальцит	$CaCO_3$	3
4.	Флюорит	CaF_2	4
5.	Апатит	$Ca_5(PO_4)_3FCl$	5
6.	Полевой шпат (ортоклаз)	$K(AlSi_3O_8)$	6
7.	Кварц	SiO_2	7
8.	Топаз	$Al_2(FOH)SiO_4$	8
9.	Корунд	Al_2O_3	9
10.	Алмаз	C	10

Породообразующие минералы.

Как уже было сказано ранее, всего существует около 25 минералов, которые составляют 99,9% массы земной коры. Эти минералы либо залегают в виде отдельных скоплений, либо входят в состав более крупных геологических тел - горных пород, о которых подробно будет рассказано ниже.

Основным из породообразующих минералов является кварц (SiO_2).

Группа (Si_mO_n) входит в состав практически всех горных пород и называется *группой силикатов*.

В этой группе выделяются следующие подгруппы:

-алюмосиликаты (полевые шпаты), имеющие общую химическую формулу $(K, Na, Ca) AlSi_{2-3}O_8$;

-слюиды - $XY_{2-3} (OH, F) Si_3 O_{10}$;

-каолины - $H_4AlSi_2O_9$, продукты выветривания полевых шпатов;

-метасиликаты и диметасиликаты - соли метакремниевой кислоты $H_2 SiO_3$, в которой H_2 заменяется Fe, Mg, Ca (приоксиды, ленточные метасиликаты),

-ортосиликаты - соли ортокремниевой кислоты H_4SiO_4 (оливин, циркон, гранаты и т.д.);

К группе силикатов относятся следующие основные породообразующие минералы: ортоклаз, микроклин, плагиоклаз, мусковит, флогопит, каолин, нефелин, оливин, серпентин (змеевик), амфиболы, пироксены.

Следующей группой, входящей в породообразующие минералы, являются соли угольной кислоты.

Эта группа называется *группой карбонатов* (известняк, доломит, сидерит).

Сульфаты в породообразующих минералах представлены гипсом, ангидритом — солями серной кислоты (H_2SO_4).

Фосфаты в группе породообразующих минералов представлены апатитом и фосфоритами.

Галогены представлены каменной и калийной солью, сульфиды — серным колчеданом FeS_2 .

Группа окислов железа представлена железным блеском (Fe_2O_3), магнитным железняком (FeO , Fe_2O_3) и бурым железняком ($2\text{Fe}_2\text{O}_3 \cdot 3\text{H}_2\text{O}$).

Группа самородных элементов представлена самородной серой.

Группа органических соединений представлена газом, нефтью, углем.

Кварц (SiO_2) встречается в виде белых сплоченных масс молочного кварца или кварцита. Иногда встречается в виде прозрачных шестигранных призм, которые оканчиваются шестигранными или трехгранными пирамидами (горный хрусталь). Прозрачный кварц часто окрашен в фиолетовый (аметист), дымчатый (rauchтопаз) цвета.

Непрозрачные скрытокристаллические разновидности кварца называются халцедоном. Твердость кварца 7, удельный вес 2,6.

Образуется при вулканических процессах путем соединения Si и O_2 при высоких давлениях и температурах.

Полевые шпаты составляют приблизительно 50% всей земной коры. По своему химическому составу они являются алюмосиликатными солями щелочных и щелочноземельных металлов. Среди полевых шпатов выделяют калиевые полевые шпаты (содержащие K) и натрово-кальциевые ($\text{Na}+\text{Ca}$) или плагиоклазы. Основные калиевые шпаты ортоклаз и микроклин.

Ортоклаз KAlSi_3O_8 белого, серого, красноватого и зеленого цвета, спайность, совершенная по двум перпендикулярным направлениям (плоскостям); блеск по плоскостям спайности сильный, почти алмазный; твердость 6; удельный вес 2,5-2,6; зеленые разновидности ортоклаза называются амазонским камнем, а прозрачные адуляром. Микроклин от ортоклаза отличается наличием $\text{Na}[(\text{K}, \text{Na})\text{Si}_3\text{O}_8]$. К плагиоклазам относятся альбит и анортит, которые образуют изоморфные смеси.

Альбит $\text{NaAlSi}_3\text{O}_8$, белый, спайность, совершенная по двум плоскостям, но угол между ними отклоняется от прямого, твердость 6-6,5; удельный вес 2,62-2,65 г/см³. **Анортит** $\text{CaAl}_2\text{Si}_2\text{O}_8$ имеет цвет желтоватый, красноватый, сероватый или белый, твердость 6, удельный вес 2,75.

Полевые шпаты составляют до 60 % от общей массы большинства магм.

Каолин (фарфоровая глина) $\text{H}_4\text{Al}_2\text{Si}_2\text{O}_9$ образуется в результате химического выветривания полевых шпатов под действием воды, содержащей H_2CO_3 . Имеет белый цвет, на ощупь жирный, твердость 1, удельный вес 2,2-2,6.

Слюды - большая группа диметасиликатов слоистой структуры с общей химической формулой $\text{XY}_{2-3}(\text{OH}, \text{F})_2\text{SiO}_{10}$, где X-K, Ca-(Ba, Rb, Cs и др.), а Y-Al, Mg, Fe (Mn, Cr, Li, Ti и др.).

Все слюды образованы под действием высоких давлений и температур в эндогенных условиях.

Мусковит (белая слюда) - $\text{KH}_2\text{Al}_3\text{Si}_3\text{O}_{12}$. Спайность совершенная, может раскалываться на тонкие прозрачные листочки. В кислотах не разлагается, жароустойчива.

Биотит (черная слюда, магнезиальная слюда) - $(\text{KH})_2(\text{Mg}, \text{Fe})_2(\text{Al}, \text{Fe})_2\text{Si}_3\text{O}_{12}$. Окрашена в черный, темно-бурый или темно-зеленый цвет. Разлагается под действием концентрированной серной кислоты.

Метасиликаты (пироксены, амфиболы) делятся на безглиноземные, глиноземистые и щелочные, в зависимости от того, входит в состав их Al (глиноземные), или KOH, NaOH (щелочные).

Пироксены (авгит, эгирит и др.) имеют таблитчатую и короткостолбчатую форму, окраска минералов темно-зеленая,

темнобурая и черная. Блеск стеклянный, твердость 5,5-6, удельный вес 2,9-3,5.

Амфиболы (роговая обманка и др.) обычно лучистые или волокнистые, но иногда имеют и короткостолбчатую форму, они бывают зеленоватого и черного цветов.

Оливин имеет характерный оливково-зеленый цвет, относится к ортосиликатам и имеет химическую формулу $(Mg, Fe)_2SiO_4$. Кристаллы либо таблитчатые, либо короткостолбчатые. Твердость 6,5-удельный вес 3,2-3,6.

Серпентин (змеевик) получил свое название от светло-зеленой окраски с пятнышками темно-зеленого цвета, напоминающей кожу змеи. Имеет тонковолокнистое строение. Волокнистые разновидности называются асбестом.

Кальцит ($CaCO_3$)- белый прозрачный минерал. Хорошо прозрачные кристаллы называются исландским шпатом. Кальцит обладает совершенной спайностью по ромбоэдру. Твердость 3, удельный вес 2,6-2,8.

Кислоты даже слабой концентрации разлагают кальцит с выделением CO_2 (шипит).

Доломит $[CaMg(CO_3)_2]$. Твердость 3,5 удельный вес 2,8. Доломит на холоде с разбавленной соляной кислотой HCl «не шипит» т.е. не выделяет CO_2 . Серого, серовато-белого цвета.

Сидерит ($FeCO_3$)- серовато-белый, по виду напоминает доломит; твердость 3,5-4, удельный вес 3,83-3,88.

Гипс ($CaSO_4 \cdot 2H_2O$). Белый, в кристаллах прозрачен, обычно кристаллы имеют табличную форму; спайность весьма совершенная; блеск стеклянный, у некоторых разновидностей шелковистый, твердость 2, удельный вес 2,2. Разновидность гипса, состоящая из параллельно расположенных волокон, называется селенитом.

Ангидрит ($CaSO_4$) - белый или плотный голубоватый минерал; твердость 3-3,5; удельный вес 2,9-2-98.

Апатит $Ca_5(ClF)(PO_4)_3$ - представляет фосфорнокислую соль Ca . Содержание P в апатитах различно и достигает до 42 %. Твердость 5, удельный вес 3,2. Форма кристаллов призматическая, таблитчатая и игольчатая; цвет желтый, зеленый, голубой, фиолетовый или коричневый; блеск стеклянный, иногда жирный.

Фосфориты имеют тот же состав, что и апатит, но отличаются скрытокристаллическим строением.

Каменная соль ($\text{NaCl} + \text{KCl}$) встречается в виде самосадочной соли. Кристаллизуется в виде кубиков, твердость 2, удельный вес 2,2; спайность, совершенная по граням куба; цвет белый, прозрачна.

Органические соединения представлены углеводородами, речь о которых пойдет в следующих лекциях.

4.3. Горные породы.

В соответствии с условиями образования, выделяют три типа горных пород: магматические, осадочные и метаморфические

Осадочные горные породы образуются в поверхностной части земной коры в результате разрушения и пересотложения ранее существовавших горных пород (песчаник, глина) выпадение осадков из водных растворов (соль, гипс) и жизнедеятельности организмов и растений (известняки, уголь).

Магматические горные породы образуются в результате застывания расплавленного вещества - магмы как в недрах земной коры (граниты) так и на ее поверхности (базальты).

Метаморфические - это породы, образованные в недрах земной коры в результате воздействия высоких температур, давлений и химических преобразований на осадочные, магматические и ранее образовавшиеся метаморфические породы.

Порода, состоящая из одного минерала (мрамор, известняк), называется простой горной породой.

Порода, в составе которой имеется несколько минералов, называется сложной горной породой.

Изучением горных пород занимается наука - петрография.

Основными характеристиками горных пород являются хорошо известные физические свойства: агрегатное состояние, запах, крепость, хрупкость, пластичность, жирность, влажность, и т.д. Кроме этих известных характеристик существуют характеристики, используемые только в геологии, к ним относятся текстура, структура и степень цементации горных пород.

Под структурой понимаются особенности внутреннего строения породы, обусловленные степенью кристалличности, количеством, размерами и формой слагающих ее минеральных

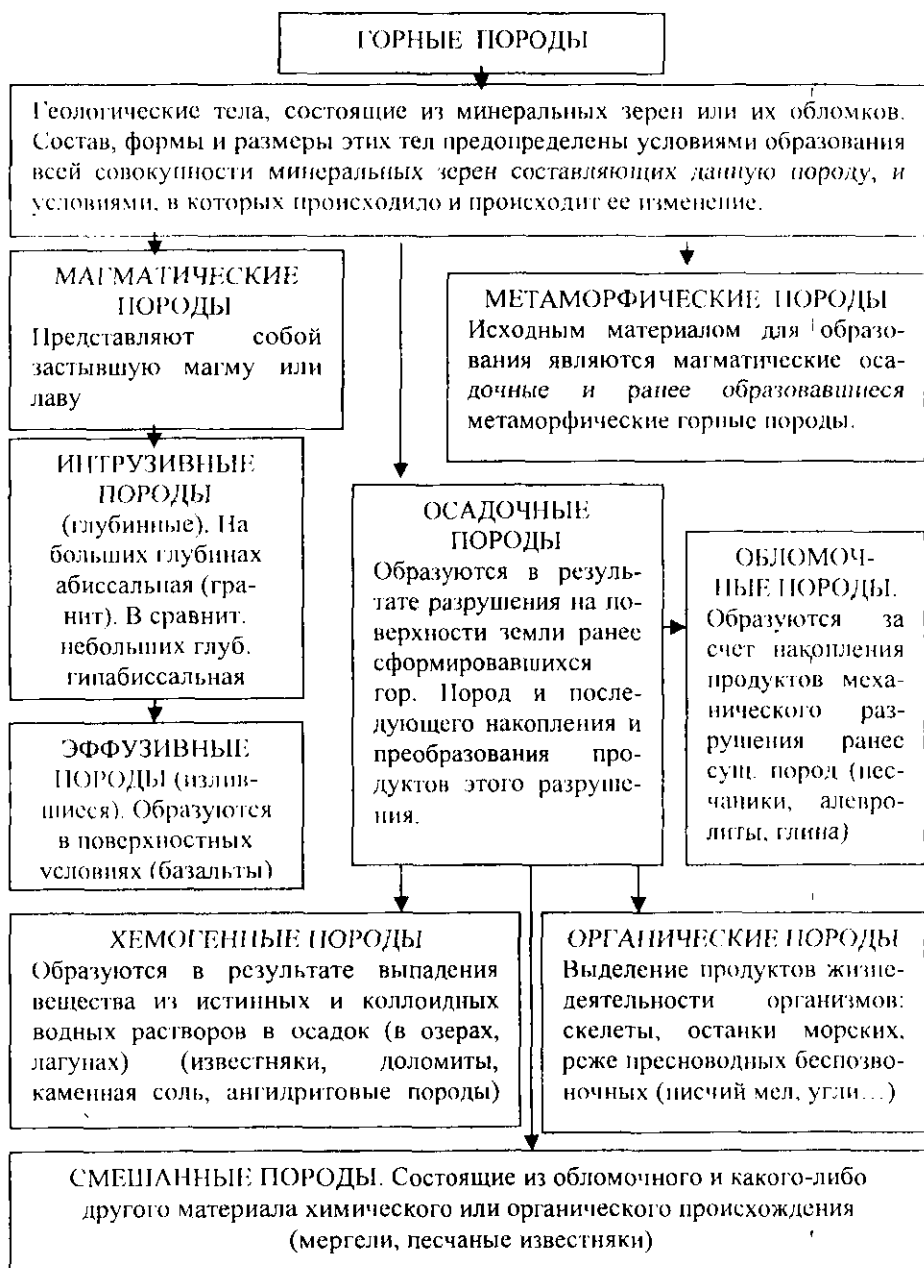


Рис 4.1. Основные признаки горных пород различных типов

зерен, характером их срастания между собой и соотношением зерен с цементом, находящимся в межзерновом пространстве и соединяющим зерна.

Под текстурой понимается распространение и взаимное расположение в пространстве минеральных зерен и участков породы с различными структурами и минералогическими особенностями (крупно и мелкозернистых, обогащенных определенными минералами и др.)

Степень цементации пород характеризует количество цемента, содержащегося в межзерновом пространстве и степень уплотнения породы из-за наличия этого цемента.

Цементом называется любое вещество, находящееся в аморфном виде в межзерновом (межформенном) пространстве горной породы.

Магматические горные породы.

Магматические горные породы бывают двух типов:

Интрузивные (глубинные), образовавшиеся на различной глубине в недрах земной коры, и **эффузивные** (излившиеся), образовавшиеся на поверхности земной коры.

Интрузивные породы образуются при застывании магмы на глубине. На больших глубинах магма остывает медленно, поэтому все минералы успевают выкристаллизоваться полностью.

Порода приобретает полнокристаллическое строение. Причем, зерна всех минералов, из которых состоит порода, имеют почти одинаковые размеры. Такое строение является характерным признаком образования пород на значительной глубине.

В свою очередь интрузивные породы подразделяются на абиссальные (собственно глубинные) и гипабиссальные (полуглубинные).

Все абиссальные породы имеют полнокристаллическую равномерную - зернистую структуру и плотное и компактное строение. Для них характерна массивная текстура.

Кроме массивной у абиссальных пород могут быть пятнистая и другая текстуры.

На сравнительно небольших глубинах образуются гипабиссальные породы.

В этих условиях только часть минералов успевает выкристаллизоваться, основная же масса магмы, внедряясь в более холодные слои земной коры, относительно быстро застывает, не успев хорошо раскристаллизоваться.

Структура этих пород либо порфировидная, когда основная масса породы состоит из кристаллов незначительных размеров и среди них располагаются явно выраженные крупные кристаллы, либо пегматитовая, при которой крупные кристаллы вкраплены в скрыто кристаллическую или стекловатую, аморфную массу.

Эффузивные породы образуются в поверхностных условиях. Остывание и затверждение магмы происходит быстро. В этих условиях могут образоваться только очень мелкие кристаллы, а при застывании вязких магм кристаллизация вещества вообще невозможна.

Для эффузивных пород характерна неполно кристаллическая (скрыто кристаллическая или мелкокристаллическая) структура, при которой кристаллы едва различимы. Для этих пород характерна пористая текстура, обусловленная выделением пара и газа при застывании лавы, иногда флюидальная со следами течения (оси минеральных зерен породы ориентированы в одном направлении).

В основу классификации магматических пород положены их минералогический состав и структура.

По содержанию SiO_2 магматические породы делятся на: кислые (75-65 % SiO_2), средние (65-52 % SiO_2), основные (52-45 % SiO_2), ультраосновные (менее 45 % SiO_2).

Кислые горные породы отличаются от основных более светлой окраской, меньшим удельным весом и более низкой температурой плавления.

Образование из однородной по составу магмы разнообразных горных пород объясняется ее дифференциацией.

Дифференциация магмы происходит следующим образом. При охлаждении магмы сначала выкристаллизовываются тугоплавкие основные минералы и породы, которые, обладая большим удельным весом, тонут в общей массе магмы, в результате чего вверху отстает кислая магма, богатая SiO_2 а в нижних частях - магма, обогащенная основными породами, которые часто содержат

руды металлов. Другим процессом, приводящим к образованию различных магматических пород, является растворение магмой пород, в которые она внедряется. При внедрении в породы магма как бы проплавляет себе дорогу, вбирая в себя расплавленные породы и усложняя свой состав.

По структуре, зависящей от степени кристаллизации, магматические породы делятся на: полнокристаллические (интрузии), скрытокристаллические и полукристаллические (эффузивы).

Полнокристаллические, скрытокристаллические и аморфная структуры эффузивов образуются при застывании магмы в два этапа. На первом этапе магма застывает на глубине и из нее успевают выкристаллизоваться отдельные кристаллы. Затем эта полужастывшая магма извергается на дневную поверхность и та часть ее, что не застыла на глубине, в новых условиях превращается в мелкозернистую или даже в стекловатую массу, среди которой распределены отдельные крупные кристаллы (порфировая структура).

В заключительной стадии остывания магмы, когда успевают выкристаллизоваться остальные минералы в процессе расщепления магмы на отдельные минералы, увеличивается роль паров и газов (хлора, брома, борной кислоты и др.), заключенных в ней.

Пары и газы являются как бы химическими катализаторами, направляя и ускоряя химические реакции, но, не входя в состав образующихся веществ. Эти летучие вещества получили название **минерализаторов**.

При участии минерализаторов образуются пегматитовые жилы. Структура этих жил характеризуется весьма крупными кристаллами полевого шпата, проросшими кварцем в виде клинообразных включений (пегматитовая структура). Среди явно кристаллических пород различают грубозернистые с кристаллами со средним диаметром более 5 мм, среднезернистые с зернами, диаметром 1-5 мм, мелкозернистые с зернами, диаметром менее 1 мм. Каждая глубинная порода имеет аналог среди излившихся.

Интрузивные

Гранит
Сиенит
Диорит
Габбро

Эффузивные

липарит	кислые
трахит	кислые
андезит	основные
базальт	ультраосновные

Гранит складывается, в основном, из минералов кварца, ортоклаза с примесью плагиоклаза и слюды; слюда может быть белая или темная. Структура - полнокристаллическая. Цвет-красный, розовый, серый, белый, желтоватый.

Липарит - полукристаллическая порода, состоящая из кварца, полевого шпата, слюды или роговой обманки.

Сиснит - имеет состав гранита, но не содержит кварца. Структура гранитовая.

Трахит - полукристаллическая порода, состоящая из ортоклаза, слюды или роговой обманки; структура тонкозернистая, цвет светло-серый.

Диорит - складывается из плагиоклаза и роговой обманки. Структура полнокристаллическая. Иногда присутствует магнитный железняк. Диорит окрашен в зеленый или темно-серый цвет.

Андезит-порфирит состоит из роговой обманки, структура - тонкозернистая, иногда порфировая, окраска обычно темная.

Габбро полнокристаллическая равномерно-зернистая порода, состоящая из плагиоклаза, пироксена и магнитного железняка. Габбро, в составе которого имеется оливин, называется оливиновым. Цвет черный, зеленовато-серый.

Базальт - темная, очень тяжелая излившаяся горная порода плотного или мелкозернистого строения. Состоит из плагиоклаза, авгита, магнитного железняка. Встречаются включения самородного и углеродистого железа. Характерной особенностью является столбчатая отдельность.

Основные виды породообразующих минералов магматических пород

Минерал	Физическая характеристика	Разновидности минерала	Окраска	Твердость	Удельный вес, г/см ³
Кварц	Белые сплоченные массы молочного кварца или кварцита. встречается в виде прозрачных 6-гранных призм	Прозрачный Непрозрачный	Фиолетовый, дымчатый	7	2,6
Полые шпаты	Спайност, совершенная по двум плоскостям	Кальцит	Белый, серый, красноватый, зеленоватый	6	2,5-2,6
		Микроклин			
		Альбит	Белый	6-6,5	2,62-2,65
Каолин	Образуется в результате химического выветривания полевых шпатов под действием воды. На ощупь жирный	Анорит	Желтоватый, красноватый, сероватый, белый	6	2,75
			Белый	1	2,2-2,6
Слюда	Образованы под действием высоких Р и Т в эндогенных условиях	Мусковит Биотит	Белый Черный, темнотемно-зеленый	1-3	2,6-2,65
Метасиликаты	Бывают безглиноземные, глиноземистые и щелочные	Пироксин	Темно-зеленая, темно-бурая, черная	5,5-6	2,9-3,5
		Амфиболы	Зеленоватого, черного		

продолжений табл. 4.3.

Оливин	Кристаллы таблитчатые или коротко столбчатые	Оливково-зеленый	6,5	3,2-3,6
Серпентин	Тонковолокнистое строение	Светло-зеленый с пятнышками темно-зеленого цвета		
Кальцит	Совершенная спайность по ромбоэдру	Белый, прозрачный	3	2,6-2,8
Доломит	На холоде с разбавленной соляной кислотой HCl «не шипит»	Серого, серовато-белого	3,5	2,8
Гипс	Кристаллы имеют таблитчатую форму спайность весьма совершенная	Белый	2	2,2
Сидерит		Серовато-белый	3,5-4	3,83-3,88
Ангидрит	Плотный минерал	Белый, голубоватый	3-3,5	2,9-2,98
Апатит	Форма кристаллов призматическая и игольчатая	Желтоватый, зеленый, голубой, фиолетовый, коричневый	5	3,2
Фосфориты	Скрытокристаллическое строение	Желтоватый, зеленый, голубой, фиолетовый, коричневый	5	3,2
Каменная соль	Кристаллизуется в виде кубиков, спайность совершенная по граням куба	Белый, прозрачный	2	2,2

Связь интрузивных и эффузивных пород.

Интрузивные				Эффузивные		
Порода	Структура	Содержание	Цвет	Порода	Структура	Содержание
Гранит	Полнокристаллическая	Кварц, ортоклаз, плагиоклаз, слюда	Красный, розовый, серый, белый, желтоватый	Липарит	Полнокристаллическая	Кварц, полевой шпат, роговая обманка
Снегит	Гранитовая	Гранит, но не содержит кварц		Трахит	Полнокристаллическая тонкозернистая	Ортоклаз, слюда, роговая обманка
Диорит	Полнокристаллическая	Плагиоклаз, роговая обманка	Зеленый, темносерый	Андезит	Тонкозернистая, иногда порфировая	Роговая обманка
Габбро	Полнокристаллическая равномерно зернистая	Плагиоклаз, пироксен, магнитный железняк	Черный, зеленоватосерый	Базальт	Плотная или мелкозернистая	Плагиоклаз, авгит, магнитный железняк

Осадочные горные породы.

Осадочные горные породы играют первостепенную роль в формировании земной коры и занимают почти 80 % поверхности Земли. Кроме того, с образованием их тесно связана одна из основных теорий о происхождении углеводородов (УВ) — органическая.

С осадочными породами связано около 80 % всех месторождений нефти и газа, а запасы УВ по этим месторождениям близки к 90 % от общей величины всех разведанных запасов УВ.

Таким образом, осадочные породы являются основными объектами, с которыми генетически связаны нефть и газ. Поэтому далее будут детально рассмотрены вопросы образования осадков, их формирования в осадочные породы, классификация осадочных пород, будут описаны основные типы осадочных пород, образованных в разных геологических ситуациях и их связь между собой.

Условия образования осадочных пород.

Все осадочные отложения по условиям образования делятся на континентальные и морские.

Континентальные осадочные породы.

К континентальным осадочным породам относятся делювиальные, аллювиальные, ледниковые, озовые, озерные болотные осадки.

Делювиальные осадки — это раздробленные и выветренные породы, захваченные дождевыми и тальными водами и снесенные ими на склон или к подножию гор или поднятий, и отложенные там в виде делювиального шлейфа. У самых круч шлейф сложен грубообломочным материалом, по мере удаления по склону материал становится более мелким, глинистым. Одновременно склон шлейфа выхолаживается и становится почти горизонтальным. В этих местах он сложен смесью глины и песка, имеет буровато-желтый цвет, неслоист и называется делювиальным суглинком.

Аллювиальные осадки образуются реками. В верховьях реки осадки обычно не отлагаются, здесь происходит только истирание, измельчение и унос размельченного материала.

В среднем течении отложение осадков происходит во время половодья, когда река разливается по всей ширине своей долины. По краям долины (боковая часть) отлагаются ил и мелкий песок, а в средней, наиболее глубокой части, где наблюдается самое сильное течение, самый грубообломочный материал. Таким образом, формируются горизонтальные долинные отложения, а в русле реки накапливаются русловые образования, состоящие из крупнозернистого песка с диагональной слоистостью.

Аллювиальные отложения носят временный характер, так как, отложившись при спаде воды, они снова размываются при следующем половодье и, в конечном счете, большая часть речных осадков сносится к устью реки, где пески и ил отлагаются в наклонном положении в виде очень пологого конуса (дельты), при этом более мелкий материал отлагается по периферии дельты. При спаде воды конус выноса прорезается большим количеством радиально направленных речек (рукавов).

Ледниковые осадки представляют собой продукты разрушения горных пород при движении ледника, вбирающихся в его придонную часть (донная морена).

Морена состоит из больших и мелких камней, немного щебня и ила, который образуется в результате трения переносимого ледником материала о ложе ледника.

Под влиянием трения камни превращаются в полуокатанные валуны, бока которых шлифуются и покрываются штрихами и бороздками.

Весь материал сносится ледником ниже снеговой линии (линии таяния льда) и постепенно накапливается в виде вала (конечная морена).

Галые воды, прорывая конечную морену, разливаются и создают многочисленные конусы выносов (зандры). Слагающие эти конусы слоистые пески называются флювиогляциальными. Область холмов из мореного материала, располагающаяся за конечной мореной в направлении отступления ледника, называется холмистым мореным покровом.

Нижняя морена, и холмистый моренный покров состоят из полуокатанных валунов, перемешанных в беспорядке, без следа

слоистости с мелким щебнем, песком и глиной (валунный суглинок).

Доловые осадки образуются из материалов, принесенных ветром. Встречаются в виде песка или пыли, характеризуются хорошей отсортированностью и окатанностью. Образуют барханы - песчаные холмы, возникающие у препятствий (валуны, кустики и др.) при движении песка под действием ветра.

Барханы сливаются в обширное пространство песков - песчаное море. Доловые осадки отлагаются также вдоль побережья морей, озер, рек, где песок, выброшенный на берег, подхватывается ветром и уносится дальше, образуя песчаные бугры - дюны.

Дюны передвигаются со скоростью 2-9 м в год, барханы - до 20 м/сут.

Отложение пыли происходит также в областях, где пустыня переходит в степь и растительный покров препятствует дальнейшему ее развиванию. Дожди способствуют закреплению пыли, прибивая ее к почве и унытия. Постепенно пыль утолщает слой, а засыпанные ею растения, сгнивая, оставляют после себя вертикальные трубки - поры.

Порода, образующаяся из скоплений пыли, называется лессом и представляет собой рыхлую, легко пропускающую сквозь себя атмосферные воды мягкую породу желтого бурого цвета. Слоистость отсутствует.

Лесс является плодородной почвой и его отложения занимают громадные пространства в Узбекистане, а также в странах ближнего зарубежья.

Озерные осадки образуются на дне озер.

Механические озерные осадки образуются так же как русловые. Грубые осадки - валуны, галька отлагаются вдоль крутых и скалистых берегов, где работает прибой.

Песок отлагается более или менее широкой полосой, образуя береговую отмель с небольшим уклоном дна.

Вдали от берегов песчаные осадки переходят в тонкий ил дна озера.

Механические осадки озер называются озерным аллювием.

В случае, когда озеро питается болотной водой или в районах, сложенных соленосными морскими отложениями,

образуются химические осадки (отложение гидрата окиси железа или отложение солей).

В лагунах, питающихся морской водой и расположенных в жарком сухом климате, концентрация солей может достигнуть такой степени, что менее растворимые соли начнут выпадать из раствора (залив Кара-Богаз-Гол на Каспийском море).

Органические осадки озер представлены озерным мелом, сложенным раковинами пресноводных животных и панцирями пресноводных водорослей.

Болотные осадки образуются на дне болот и представлены скоплением на дне болота растительных остатков, которые под водой без доступа O_2 медленно обугливаются (т.е. клетчатка растений обогащается С).

Эти осадки называются торфом. Торф может образовываться и на дне озер.

Торф образуется преимущественно в холодном и умеренном климате, так как в этом климате на болотах развивается богатая растительность.

Цвет торфа коричневый, вид землистый.

Осадочные породы морского происхождения.

К породам морского происхождения относится большинство осадочных горных пород, составляющих земную кору. Все многообразие морских осадков определяется геологическими условиями среды и характером животного мира, населяющего данную область моря.

По геологическим процессам и распределению растительного и животного мира в морях и океанах можно выделить четыре области; область мелкого моря, область материкового склона, область океанических впадин (которые соответствуют изменению глубины залегания суши под толщей воды) и область открытого моря, которая залегает над областями материкового склона и областью океанических впадин (рис.4.2)

1. Область мелкого моря, или перитовая область, простирается до глубины 200м, дно этой области называется континентальной ступенью или шельфом.

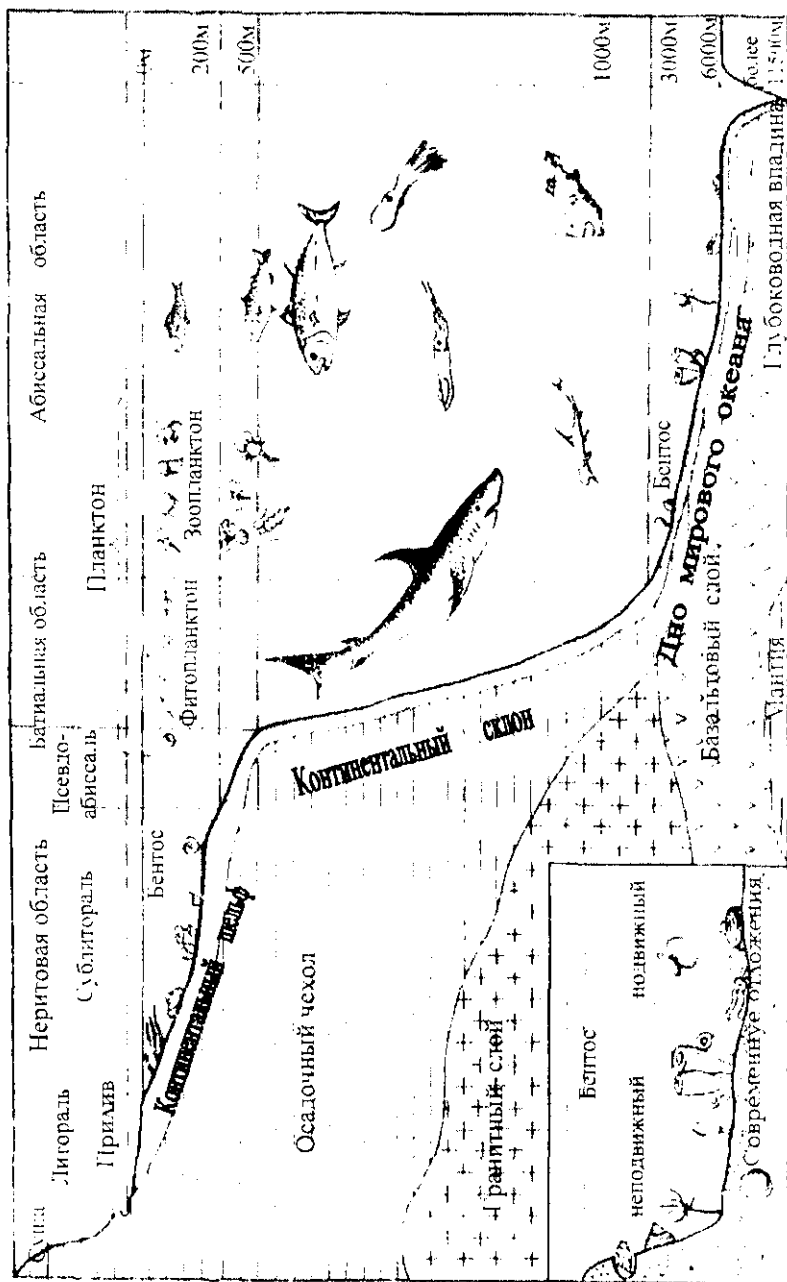


Рис.4.2. Схематическое строение дна океана и биологических зон

Для норитовой области характерно постоянное движение воды, проникновение солнечных лучей и значительные колебания температуры.

Обилие зеленых водорослей в верхних слоях и красных, более глубоких, обеспечивает жизнь животному миру, характеризующемуся большим разнообразием представителей.

В норитовой области отлагаются мелкозернистые пески, которые дальше от берега переслаиваются с илами (глинами).

Постоянное движение воды у дна нивелирует дно, уклон последнего составляет $3-4^{\circ}$.

2. Материковый склон (батиальная область) ограничивается глубинами 200-1000 м, в этой области возможны крайне незначительные движения воды и то только во время сильных бурь. Здесь, в основном, откладываются тонкодисперсные горные породы с частицами размером менее 0,01 мм - терригенный ил.

Отложения в спокойной воде обуславливают уклон $13-15^{\circ}$. Морские течения сказываются по всей глубине. Температура всегда постоянная и на ней не отражается смена времен года.

Свет проникает только в верхний слой, в нижних слоях царит вечная тьма. Высших растений здесь нет, из животных организмов живут только головоногие, раки и рыбы.

3. Абиссальная область (океанических впадин) простирается от 1000 м до 11000 м (Марианская впадина).

В этой области царят полный покой и тьма, если не считать крайне медленного течения, приносящего в океаны тропических стран холодную поясную воду. Температура воды в пучинах для каждой определенной части океана постоянна и приближается к 0° . Животные этой области или слепые, или имеют сильно развитые глаза и снабжены светящимися органами.

На дне океанов осаждается только красная глубоководная глина, причем ее осаждение идет очень медленно.

Верхний слой воды толщиной 100-150 м по всей поверхности океанов и морей заселен свободно и пассивно плавающими организмами и называется областью открытого моря (пелагической областью).

Соленость морской воды составляет 3,4-3,7 г/л. В морской воде растворены различные соли и газы, которые придают ей горько-соленый вкус и своеобразный запах.

Солевой состав морей резко отличают хлориды (88,7 %) и сульфаты (10,8%), а в речной - карбонаты (60,1%) и кремнистые соединения (24,8 %), т.е. в водах океанов преобладают хлористые соединения, а в пресных водах - углекислые.

Малое содержание CaCO_3 и Si в морской воде объясняется тем, что углекислый кальций и кремний из морской воды поглощаются животными для постройки раковин.

Кроме того, в морской воде содержатся J, F, P, Si, B и другие элементы, вплоть до золота.

Животный и растительный мир морей и океанов богаче растительного и животного мира континентов. Растительные и животные формы, связанные с дном, называются **бентосом**.

Различают сидячий бентос - неподвижные животные организмы и бродячие бентос - животные, ползающие по дну.

Плавающие активно животные организмы относятся к **пектону**.

Пассивно плавающие растительные и животные организмы относятся к планктону. Основную часть планктона составляют простейшие одноклеточные растения и животные организмы.

Процессы осадкообразования происходят на всем пространстве морского дна, но в пределах основных морфологических областей они существенно отличаются друг от друга.

Наблюдениями установлено, что мощность осадочных пород, слагающих горные хребты, во много раз больше осадочной толщи на равнинах в центральных частях материков, где мощность осадочных пород составляет 1000-3000 м, а в горных областях свыше 10000м. Это связано с опусканием морского дна по мере накопления осадков.

В результате опускания в пределах континентальной ступени и континентального склона (200-400 км от линии берега 200-1000 м глубиной) происходит быстрое накопление осадков, морское дно наиболее подвижно формируется из сравнительно рыхлых осадочных пород.

В самой удаленной от уреза воды полосы берега, до которой доходит волна, происходит всасывание воды и отливное течение начинается не от границ наступающей волны, а несколько ниже. Поэтому принесенный сюда волной материал остается. Часть принесенного материала, который в конце концов образует здесь гряду из песка, гальки и валунов, называют **береговым валом**.

Отложения пляжной полосы при трансгрессии моря обычно слагаются грубым гравием, галькой, иногда – валунами. При регрессии моря пляжная полоса слагается песком и в некоторых случаях образуется из раковин. При этом бывает характерна диагональная слоистость отложений. К отложениям пляжной полосы относятся и некоторые коралловые рифы.

В тех случаях, когда берег изрезан и имеет много заливчиков и полуостровков, морские прибрежные течения, вызванные ветром, встречаясь со спокойной водой заливов, теряют свою скорость, отлагают песок и образуют на дне **песчаный вал** (песчаный риф), который в процессе своего роста выходит из-под уровня и образует косу или стрелку, отделяя от моря мелкую лагуну.

Мелкие песчанистые частицы, не успевшие отложиться в зоне пляжа, увлекаются в перитовую область, где и отлагаются в виде мелкого песка, иногда в чередовании с илами. В отличие от отложений пляжной полосы песчано-илистые отложения мелкого моря залегают правильными параллельными слоями.

У некоторых животных вырабатывается способность прикрепляться к морскому дну или образовывать толстые и тяжелые раковины. Все эти животные после своей смерти оставляют раковины, которые частично истираются морскими волнами, и, смешиваясь с песчаными частицами, образуют известковистые песчаники или песчанистые известняки. Известковый ил, смешиваясь с глиной, образует мергель. Скопления более или менее чистых известковых скорлупок и раковин образуют известняки.

Коралловые рифы является основным источником образования мощных карбонатных толщ на протяжении всей истории Земли. Поэтому вопросы их формирования и образования из них осадочных пород будут рассмотрены отдельно.

Хлористый магний, находящийся в морской воде, действует на известняк и способствует его преобразованию в минерал доломит, который представляет собой двойную соль угольной кислоты $\text{CaMg}(\text{CO}_3)_2$. Во время доломитизации известняка уменьшается его объем и как следствие этого происходит его растрескивание, поэтому доломиты обычно бывают пористыми.

К глубоководным пелагическим осадкам следует отнести отложения, образовавшиеся вследствие процессов, происходящих в море. Осадки этого типа отлагаются на глубинах свыше 200 м, т.е. в батимальной и абиссальной областях.

Большое значение в составе этих отложений имеют микроскопические планктонные организмы, обитающие в огромном количестве в верхних слоях океана. Подсчитано, что количество извести, находящейся в скорлупе планктонных животных, живущих в пределах 200-метровой зоны, составляет 6000 кг/км^2 .

Отмирая, планктонные организмы, опускаются на морское дно. Их тельца разлагаются, а известковые и кремнистые скорлупки образуют **органический ил**.

Основную массу планктона составляют простейшие животные — корненожки из семейства **глобигерин**, имеющие тонкую известковую раковину.

Корненожки встречаются в верхней части всех морей, поэтому они содержатся во всех мелководных осадках, играя подчиненную роль. В глубоководных осадках они становятся основными, образуя с глубины 600-700 м **глобигериновый ил**.

В свежем состоянии глобигериновый ил желтый, высыхая, он становится белым. После уплотнения и перекристаллизации он превращается в плотный известняк. На глубинах, где глобигериновый ил смешивается в равной пропорции с терригенным илом, образуется мергель.

Глобигерины живут в морях теплого пояса. С глубины 4000-5000 м глобигериновый ил исчезает, потому что при высоких давлениях и низких температурах растворимость CaCO_3 растет за счет повышенного содержания CO_2 и скорлупки глобигерин при погружении на эти глубины растворяются, и не достигают дна. На глубинах 4000-5000 м начинается область **радиоляриевых илов**. В этих илах преобладают скелеты радиолярий, построенных из Si.

Радиоляриевый ил никогда не бывает чистым. В его составе всегда имеется примесь красной глубоководной глины – продукта разложения вулканического пепла и метеорной пыли.

В северных морях и местами в Атлантическом океане планктон состоит из кремния. Эти водоросли образуют **диатомовый** ил, который после окаменения превращается в породу, называемую **треплом**.

Образование осадочных пород из коралловых рифов. Особенно энергичными строителями известняков являются кораллы.

Кораллы представляют собой микроорганизмы, относящиеся к классу гидрополипов, которые при жизни строят свою раковину из CaCO_3 в виде трубочки. После смерти коралла раковина остается и на ней селится новое животное. Кораллы являются колониальными животными. Колония кораллов растет в высоту и в ширину. Отдельные кораллы, соединяясь вместе, образуют колонии самых разнообразных форм, от которых волны отламывают целые куски и, перетирая их, образуют коралловый песок и ил, которые окружают риф широким поясом.

Различают береговые, барьерные рифы и коралловые острова.

Береговые коралловые рифы непосредственно примыкают к суше и тянутся вдоль берега в виде пояса.

При погружении морского дна береговой риф растет вверх и в сторону моря, потому что питание кораллы получают со стороны открытого моря.

Барьерный риф образуется на расстоянии 50-100 км от материка вблизи края континентальной ступени. В этой части моря морские течения теряют свою скорость и терригенный материал (песок) оседает в виде песчаного вала, небольшой высоты, на котором кораллы – рифостроители начинают строить колонию, которая разрастается в сторону открытого моря и в сторону берега.

Если происходит погружение морского дна в пределах неритовой области, то риф растет в сторону берега.

Барьерные рифы растут там, где глубина моря достигает 100-200 м. Если учесть, что кораллы могут жить только до глубины 40-50 м, максимум 90 м, то нахождение их на больших глубинах можно объяснить только постепенным погружением морского дна.

В барьерный риф может перейти береговой риф, который разрастается в сторону моря.

Коралловые острова имеют форму кольца, их называют атоллами.

Образование атоллов происходит следующим образом.

В мелком море располагаются небольшие острова, происхождение которых связано:

- с вулканической деятельностью;
- с образованием песчаных рифов;
- с поднятиями морского дна.

Вокруг такого острова, небольшого по размеру, образуется береговой коралловый риф.

Позднее дно моря может начать опускаться. По мере опускания моря коралловый риф растет в ширину и в высоту. Так как питание кораллы получают со стороны открытого моря, то внутренняя часть рифа не зарастает кораллами.

Затем при подъеме морского дна кольцевой риф поднимается несколько выше уровня воды в виде кольца. Кораллы, оказавшиеся выше водной поверхности, погибают, на них образуется почвенный слой, и появляется растительность.

Диагенез и катагенез, как основные процессы формирования осадочных пород.

Таким образом, образование осадочных пород представляет собой сложный и длительный процесс, связанный со всеми процессами внешней динамики Земли. Можно выделить следующие стадии образования осадочных пород:

1. Образование исходного осадочного материала;
2. Перенос осадочного материала;
3. Накопление осадка (седиментогенез);
4. Преобразование осадка в осадочную породу (диагенез);
5. Изменение осадочной породы до начала метаморфизма или начала выветривания (катагенез).

Литогенез (что означает «рождение породы») - процесс формирования осадочной породы, начиная от образования исходного материала и кончая превращением осадка в породу.

Исходным материалом для формирования осадочных пород являются продукты разрушения магматических, метаморфических

и ранее образовавшихся на поверхности Земли осадочных пород. Разрушение горных пород, и входящих в их состав минералов осуществляется в ходе таких процессов как выветривание, эрозия, абразия, суффозия и т.д.

В дальнейшем, в процессе деятельности поверхностных текущих вод и в меньшей степени ледников и ветра, происходит транспортировка продуктов выветрившихся пород и обломков и их седиментация (осадконакопление). Весь этот материал, находящийся на стадии переноса, при изменении рельефа местности, динамики среды и геохимической обстановки, может перейти в осадок.

Таким образом, процесс образования большинства осадочных пород состоит из следующих стадий: первая стадия - разрушение горных пород, вторая стадия - перенос и третья стадия - образование породы седиментогенез - накопление осадка.

Следует различать осаждение частиц, которое может быть временным и накопление осадка, т.е. окончательное закрепление частиц на дне.

Субаквальные - осадки, накапливаемые в конечных водоемах стока - озерах и, главным образом, в морях.

Субаэральные - осадки, накопленные на участках суши вне водной среды.

На стадии седиментогенеза закладываются такие важные черты осадка, как его химический и минеральный состав, размер и форма слагающих частиц, наличие слоистости и т.п., которые затем наследуются породой.

Следующая стадия - диагенез, которая завершает процесс формирования осадочной породы.

Диагенез - совокупность процессов, преобразующих осадок в осадочную породу.

Основной фактор диагенеза, т.е. главная причина тех процессов, которые протекают в осадке и в ходе которых он превращается в породу, отсутствие физико-химического равновесия между твердыми, жидкими и газообразными компонентами осадка, слагающими его.

Наиболее ранним из этих процессов является уничтожение в осадке свободного кислорода в результате жизнедеятельности

бактерий и разложение органического вещества; затем начинается реакция гидроокислов Fe, Mg, C и сульфатов. Одновременно некоторые минералы, находящиеся в твердой фазе, постепенно растворяются, достигая стадии насыщенных растворов. В ходе этих процессов состав вод, насыщающих осадок, резко меняется. Они обогащаются CO_2 , H_2S , CH_4 , теряют кислород и сульфаты, резко повышают свой щелочной резерв.

Изменение состава вод, насыщающих осадок, даст толчок двум новым процессам:

Первый процесс заключается в том, что между водами бассейна и осадком начинается взаимодействие, своеобразный обмен веществ.

Из осадка в наддонные воды бассейна уходят CO_2 , H_2S , CH_4 и другие соединения, а оттуда поступают O_2 , сульфокатион (SO_4^{-2}) и связанные с ним Ca^{+2} и Mg^{+2} . В результате некоторые компоненты накапливаются в осадке в количествах, гораздо больших, чем были отложены первоначально.

Второй процесс идет непосредственно в осадке и заключается в образовании аутогенных диагенетических минералов. Сочетания некоторых ионов, находящихся в водах осадка, в конечном счете достигают стадии насыщения раствора тем или иным веществом, которое и выделяется в твердую фазу, образуя минералы.

Отличие их от исходных минералов состоит в том, что они являются устойчивыми в среде данного осадка. Пестрота физико-химической обстановки в осадке приводит к тому, что диагенетические минералы, которые вначале распределяются в осадке равномерно, начинают перераспределяться. В процессе диагенетического перераспределения происходит выравнивание геохимической обстановки во всем объеме осадка.

Одновременно происходит уплотнение осадка под действием нагрузки перекрывающих его новых порций осадков, а также в результате образования диагенетических минералов, которые цементируют отдельные частицы.

Интенсивность процессов диагенеза зависит как от состава осадка, так и от условий, в которых он находится. Изложенная схеме диагенеза отвечает преобразованиям, происходящим в

субаквальных осадках. В субаэральных осадках процессы диагенеза имеют несколько иной характер, а интенсивность их в целом значительно ослаблена.

При субаэральном диагенезе преобладают процессы окисления, дегидратации, отсутствие заметного сдавливания и слабость метофикации.

Примером продуктов субаэрального диагенеза являются лесс, морена, известняковые туфы.

Иногда субаэральный диагенез называют стадией выветривания, поскольку он протекает под воздействием тех же факторов, что и формирование коры выветривания и почвообразования.

Далее наступает стадия **катагенеза**, когда породы подвергаются различным изменениям, однако в основных чертах сохраняют свое строение и минеральный состав.

Катагенез - совокупность процессов, изменяющих осадочную породу в период ее существования до начала метаморфизма или выветривания.

В отличие от диагенетических процессов, вызванных внутренней неуравновешенностью осадка, катагенез обусловлен отсутствием равновесия между породой и средой, в которую она попадает в результате пригибания или подъема участков земной коры.

Основными факторами катагенеза являются температура, давление и воздействие подземных вод.

Катагенез пород проявляется повсеместно и постоянно как на платформах, так и в геосинклинальных областях. Направленность и интенсивность катагенеза определяется геологической обстановкой и, в меньшей степени, составом и физическими свойствами самих пород.

В условиях нисходящих тектонических движений земной коры в равной мере появляются все три фактора катагенеза, под действием которых происходит уплотнение и обезвоживание пород, растворение одних минералов и образование других, перекристаллизация минералов. Влияние давления проявляется в уплотнении и обезвоживании пород. Уплотнение на стадии катагенеза носит региональный характер. Оно совершается под

действием гидростатического давления (давления вышележащих толщин), которое возрастает с увеличением глубины залегания пород.

Совместным влиянием давления, температуры и подземных вод обусловлены процессы перекристаллизации, в результате размер слагающих породу кристаллических зерен увеличивается, сокращается количество межзерновых контактов, что ведет к дальнейшему уплотнению породы. В условиях восходящих тектонических движений основным фактором катагенеза является воздействие подземных вод. При подъеме территории появляются дополнительные области разгрузки, в связи с чем усиливается принос и вынос вещества в пластах осадочных пород.

Учитывая различный характер катагенетических преобразований, совершающихся на фоне нисходящих и восходящих тектонических движений, различают прогрессивный и регрессивный катагенез.

Прогрессивный катагенез имеет место при погружении осадочных толщ и сменяется метаморфизмом. Регрессивный катагенез происходит при подъеме осадочных толщ и сменяется выветриванием.

Классификация осадочных пород.

Все осадочные горные породы подразделяются по условиям образования на обломочные, глинистые, хемогенные, органические и смешанные.

Обломочные осадочные горные породы образуются за счет накопления продуктов механического разрушения ранее существующих пород. Состоят из обломков разнообразных пород и минералов. В соответствии с величиной обломков выделяют: *грубообломочные, среднеобломочные, мелкообломочные, тонкообломочные* (табл. 4.5).

Грубообломочные породы (псефиты) состоят из отчетливо видимых невооруженным глазом обломков горных пород и минералов, рыхлых или сцементированных, размером более 10 мм. По характеру и величине обломков, степени цементации, выделяют рыхлые породы, сложенные обломками окатанными (валунник, галечник, гравий) и угловатыми (глыбы, щебень, дресва). Сцементированные скопления угловатых обломков назы-

вают брекчий, а окатанных конгломератом. Накапливаются они вблизи разрушенных массивов горных пород.

Среднеобломочные породы (песчаные или псаммиты). Различают рыхлые (пески) и сцементированные (песчаники), состоящие из обломков минералов и горных пород, размером от 10 до 0,1 мм. По размеру зерна подразделяются на крупнозернистые (1-0,5 мм), среднезернистые (0,5-0,25 мм), мелкозернистые (0,25-0,1 мм). По минеральному составу они могут быть кварцевыми (зерна кварца составляют не менее 95%), аркозовыми (преобладают зерна кварца и полевых шпатов), полимиктовыми (зерна полевых шпатов различных минералов). В качестве цементирующего материала в песчаниках присутствуют соединения Fe (железистый цемент), Si (кремнистый цемент), Ca (известковый цемент), а также глина (глинистый цемент), цвет чаще всего желтоватый, серый, зеленоватый, розовый, фиолетовый.

Мелкообломочные породы (пылеваты или алевроиты) состоят из обломков диаметром от 0,1 до 0,01 мм. К ним относится большая группа пород континентального происхождения — супеси, суглинки, лёсс.

Супеси содержат до 25-30 % мелкопесчаных и до 10-20 % глинистых частиц, а суглинки 20-25 % глинистых и 10-15 % песчаных частиц. Суглинки образуются в результате деятельности атмосферных агентов: рек и ледников.

Лёсс — однородная порода, состоящая из частиц кварца и известки размером 0,05-0,01 мм с примесью глинистых частиц. Лёсс обладает высокой пористостью (до 55 %), в воде он быстро набухает и размокает.

Сцементированные известковым, кремнистым и другими цеменстами алевролитовые породы называют алевролитами.

Тонкообломочные породы (глинистые или пеллиты) состоят из обломков диаметром менее 0,01 мм. К этому типу относятся глины и аргиллиты.

Глинистые породы занимают в происхождении осадочных пород промежуточное положение между чисто химическими и обломочными породами. Образуются путем осаждения вещества из коллоидных растворов.

Таблица 4.5

Основные типы обломочных осадочных пород.

Тип	Наибольшие поперечные размеры обломков, мм.	Породы				
		Рыхлые, сложенные обломками		Сцементированные, сложенные обломками		
		остроугольными и угловатыми	окатанными	остроугольными и угловатыми	окатанными	
Грубообломочные	>100	Глыбы	Валуны	Брекчии	Конгломераты	
	100-10	Щебень	Галечник			
Среднеобломочные	2-0,1	Песок		Песчаник		
Мелкообломочные	0,1-0,001	Алеврит		Алевролит		
Тонкообломочные	< 0,01	Глина				

Глины легко размокают в воде. В сухом состоянии они землисты и растираются в пылеватый порошок, во влажном - пластичны.

Пластичные глины, состоящие из каолина, гидратов окиси алюминия и слюд, называются огнеупорными (не плавятся до $t^0 = 1700^0\text{C}$).

В зависимости от состава, глины делятся на каолиновые, бентонитовые и монтмориллонитовые.

По содержанию примесей глины делятся на:

- тонкие (содержащие терригенную примесь кварца, халцедона и окислов железа);
- жирные (без терригенной примеси).

Аргиллиты представляют собой плотные, неразмокающие глинистые породы.

При обогащении CaCO_3 глины переходят в **мергели**.

Из обломочных и глинистых пород в нефтегазоносных районах наиболее распространены песчаники, алевролиты и глины. Обломочные и глинистые породы являются наиболее распространенными среди осадочных пород.

Органогенные осадочные породы образуются в результате накопления органических остатков после отмирания животных и растений.

Различают несколько типов структур органогенных пород:

1) биоморфную, когда порода состоит из целых, ненарушенных скелетных остатков организмов;

2) биоморфно-детритовую, при которой органогенный материал представлен как целыми, так и раздробленными скелетными остатками;

3) детритусовую, когда порода состоит только из разрушенных скелетных остатков организмов.

Текстура пород может быть массивной или слоистой.

По составу среди органогенных пород выделяют: карбонатные, кремнистые и каустобиолиты.

К группам карбонатных пород относят известняки, образующиеся известняковыми раковинами и внутренними скелетами различных видов животных и растений, и мел, состоящий в основном из мельчайших остатков известняковых водорослей - конколитофорид.

Известняки, содержащие примесь органических (битуминозных) веществ называются **битуминозными**.

К кремнистым породам органогенного происхождения относят диатомит - сцементированная или рыхлая порода, в основной массе состоящая из мельчайших кремниевых скорлупок диатомовых водорослей ($\text{SiO}_2 \cdot \text{H}_2\text{O}$), и трепел, состоящий из мельчайших опаловых скорлупок диатомовых водорослей.

Хемотропные осадочные породы образуются в результате выпадения веществ (солей) из истинных и коллоидных растворов.

Хемотропные осадочные породы, образующиеся вследствие выпадения веществ из истинных растворов, имеют кристаллическую структуру (крупно-, средне-, мелко- и тонкокристаллическую), а из коллоидных – скрытокристаллическую.

Текстура пород в основном слоистая, но может быть и массивной (однородной).

Химические осадочные породы подразделяются на ряд групп:

-**карбонатные** породы химического происхождения известняки (кристаллические, афанитовые, оолитовые, нетечные), известняковые туфы (травертины), доломиты, сидериты;

-**кремнистые** породы химического происхождения (кремнистый туф - твердая, иногда слабо пористая порода различной окраски светлых тонов, образуется путем выпадения аморфного кремнезема (SiO_2 и H_2O) из вод горячих источников);

-**железистые** породы (бурый железняк представляет собой смесь гидро-окисла железа, составляющего более 5 % породы с глинистым материалом; отлагается в морских бассейнах, озерах и болотах);

-**галогидные** породы химического происхождения образуют в результате осаждения солей из перенасыщенных растворов, (каменная соль, состоящая из минералов галита (NaCl), сильвинит, сложенный сильвинитом (KCl) и галитом и др.)

В группе **сульфатных** пород наиболее широко распространены гипсы и ангидриты. Они образуются при выпадении сернокислых солей из водных растворов в бассейнах с повышенной минерализацией вод (мелководных озерах, лагунах).

К **аллитным породам** относят латериты, которые образуются при выветривании алюмосиликатных магматических пород в областях с жарким и влажным климатом, и бокситы, состоящие в основном из гидроокислов алюминия и железа. К **фосфатным породам** принадлежат такие широко распространенные породы, как фосфориты, образующиеся в морях и на континентах, которые сильно обогащены фосфатными минералами. Различают пластовые фосфориты - плотные однородные темно-оранжевые породы, состоящие из мелких зерен (0,01-1,0 мм) слабо кристаллического фосфата, сцементированных фосфатным или фосфатно-карбонатным цементом, желтковые и зернистые фосфориты, представляющие собой песчано-глинистые или глинистокарбонатные породы, содержащие либо мелкие зерна фосфорита (0,1-0,4 мм), либо более крупные фосфоритовые конкреции (0,5 до 5-6 мм), сложенные фосфатным веществом в смеси с глинистым или карбонатным материалом.

Смешанные осадочные породы имеют сложный состав и содержат в различных соотношениях обломочный, органический и

химический материал. К ним относятся известковые песчаники, мергели, опоки и др.

Известковые песчаники состоят из карбонатного материала, органического или химического происхождения и обломочного, песчаного материала. Существуют переходные разновидности от известняковых песчаников к песчаным известнякам.

Мергели представляют собой сильно известковистые глины. В них содержится от 50 до 70 % кальцита. Имеют тонкозернистую структуру и слоистую, ранее массивную (однородную) текстуру. Окраска чаще всего светлая. Образуются в морях и озерах.

Опока - пористая порода белого, серого, темно-серого цвета с раковистым изломом состоящая из глинистого материала и кремнезема или водной окиси кремния (органического или химического происхождения). Порода плотная, прочная, при ударе раскалывается с характерным звенящим звуком.

Каустобиолиты (горючие органические породы) - богатые органическим веществом горные породы, представляют собой продукты преобразования остатков растительности и животных организмов в земной коре. Речь об этих породах пойдет в следующих лекциях.

4.4. Метаморфизм.

Метаморфизм называется преобразование горных пород под воздействием эндогенных процессов, вызывающих изменение физико-химических условий в земной коре.

Преобразованию могут подвергаться любые горные породы. Попадая в физико-химические условия, отличные от тех, в которых она образовалась, порода начинает приспосабливаться к новым условиям путем изменения минерального состава, структуры и текстуры.

Изменение минерального состава при метаморфизме может протекать изохимически, т.е. без изменения общего валового химического состава метаморфизируемой породы и метасоматически, т.е. со значительным изменением состава метаморфизируемой породы в целом за счет приноса и выноса вещества. Изменение структуры и текстуры пород происходит в процессе перекристаллизации вещества. Основными факторами, сопровож-

дающими метаморфизм горных пород, являются температура, давление, химически активные вещества, растворы и газы.

Особенности метаморфических процессов заключены в том, что все они протекают с сохранением твердого состояния системы, без существенного расплавления пород.

Наиболее интенсивно процессы метаморфизма протекают в геосин-клинальных и молодых складчатых областях.

В зависимости от основного фактора, вызывающего метаморфизм горных пород, различают следующие виды метаморфизма:

1) **региональный метаморфизм**, который проявляется на значительных площадях при погружении обширных участков литосферы на глубины. Характеризуется высокими давлениями и температурами. Процессы регионального метаморфизма протекают параллельно внедрению магмы и деформациям горных пород, возникающих при складкообразующих движениях земной коры;

2) **контактовый метаморфизм** - это процесс изменения горных пород на контакте интрузивных тел с вмещающими породами;

3) **катакластический (динамометаморфизм)**, проявляется при различных тектонических процессах.

Региональный метаморфизм. При региональном метаморфизме действуют одностороннее и гидростатическое давление и температура. Этот процесс проявляется на больших пространствах в связи с формированием геосинклинальных (подвижных) поясов Земли и находится вне воздействия процессов, связанных с магматизмом, существуя параллельно с последними.

При региональном метаморфизме осадочные, вулканогенно-осадочные, метаморфические и магматические породы постепенно переходят в зоны все более возрастающих температур и давлений. На больших глубинах действие одностороннего давления угасает, а гидростатического - возрастает.

При региональном метаморфизме наиболее наглядно (через постепенный переход пород) наблюдаются процессы метаморфизма.

Например: песчаники переходят в кварциты, кварциты - в гнейсы; глины переходят в глинистые сланцы (филлиты), а затем в

глинисто-сланцевые сланцы и гнейсы; известняки переходят в мраморизованные известняки и в мраморы. Граниты переходят в гнейсы и т.д., гнейсы распространены в наиболее древних отложениях и являются одной из высших форм метаморфизации пород.

Контактовый метаморфизм наиболее распространен. Различают несколько видов контактового метаморфизма в зависимости от основной причины, его вызывающей. Контактво-термальный метаморфизм наблюдается в толщах горных пород, через которые магма проходит или внедряется в них.

Кроме прямого температурного воздействия раскаленной массы на соприкасающиеся с магмой породы, проявляется в виде их размягчения, оплавления, или полного расплавления, происходит пропитывание пород парами и газами, выходящими из магмы, что химически изменяет горные породы, превращая их в новые минеральные образования.

В результате контактового метаморфизма из известняков образуется мрамор, из каменного угля - графит.

Пневматолитовый метаморфизм выражается в химическом воздействии на горные породы раскаленных паров и газов, выделяемых из магмы и проникающих по трещинам и порам в породы, в результате чего существенно меняется ее химический и минеральный состав.

Остывая, пары и газы осаждаются на стенках трещин и различных пустот и покрывают их корками и сетками кристаллов. В таких случаях образуется пневматолитовые месторождения олова, железа, вольфрама и др. Кроме того, газообразные вещества уменьшают вязкость магмы, образуют летучие смеси и перенос вещества в направлении уменьшения давления, т.е. дифференцирует состав расплавленных и размягченных пород.

В заключительной стадии охлаждения магм при участии этих летучих компонентов образуются пегматитовые жилы, богатые кварцем, полевыми шпатами, людами, апатитом, драгоценными камнями и редкими минералами.

Гидротермальный (метасоматический) метаморфизм представляет собой процесс изменения горных пород под действием горячих, насыщенных различными соединениями вод, образующихся при конденсации паров и газов магмы.

Такие растворы, поднимаясь по трещинам, по мере понижения температуры и давления отлагают различные минералы, создавая на большой глубине гидротермальные месторождения Au, серебра, Cu, Pb, Zn, Fe, на малой глубине - месторождения ртути, сурьмы и др. Спутником руд на больших глубинах является кварц, а на меньших - барит, Ca, $\text{CaMg}(\text{CO}_3)_2$.

Гидротермальный и пневматолитовый метаморфизм иногда называются процессами *скарнообразования*.

Катакластический метаморфизм (динамометаморфизм) проявляется при различных тектонических процессах, обуславливающих возникновение направленного давления. Под действием процессов динамометаморфизма породы приобретают сланцеватость, подвергаются механическому дроблению (катализу) и перетиранию. При этом возникающие породы характеризуются своеобразными тонкослоистыми текстурами.

Процесс дробления и изгибания пород с образованием системы трещин, ориентируемых под определенным углом ($10-90^\circ$) к кровле и подошве пласта и полностью его пересекающих, называется кливажем.

Таким образом, метаморфические породы являются продуктом изменения горных пород под действием температуры, давления, паров и газов магмы, гидротермальных растворов. Поэтому магматические породы лишены окаменелостей, их кристаллически-зернистая структура сходна со структурой изверженных пород, а параллельно-линейное расположение зерен напоминает осадочные породы.

В ряде случаев метаморфические породы сохраняют формы залегания материнской породы, из которой они образовались.

Структура метаморфических пород в большинстве случаев макроскопически различима, кристаллически-зернистая (гнейсы, амфиболы, кварциты и др.). По внешнему виду они трудноотличимы от изверженных пород; главным отличием служит лишь наблюдаемая в метаморфических породах сланцеватость, т.е. свойство породы раскалываться на тонкие параллельные слои.

Относительно слабо измененные метаморфические породы, обладающие неразличимыми плотными макроскопическими тонко-

зернистыми структурами (роговики, филлиты и др.), более сходны с осадочными породами.

Типичным текстурным признаком метаморфизма пород является сланцеватость.

Минералогический состав метаморфических пород в общих чертах сходен с составом пород изверженных, причем различным степеням метаморфизма свойственна своя ассоциация минералов.

Региональный метаморфизм создает группу гнейсов, образовавшихся в результате глубокой метаморфизации осадочных и магматических пород, и группу амфиболитов.

Гнейсы – это метаморфические породы, содержащие в основном, кварц, ортоклаз (или плагиоклаз) и в небольшом количестве ультраосновные минералы, и по составу и структуре близкие к граниту.

Амфиболиты – это метаморфические горные породы, содержащие пироксены и амфиболы с гранобластовой структурой, по составу близкие к ультраосновным изверженным породам (габбро).

При контактном метаморфизме образуются **мраморы** (CaCO_3), а также пегматиты – разноминеральные породы, по составу близкие к изверженным породам, отличающиеся повышенным содержанием слюды и апатита. При динамометаморфизме образуются в основном **сланцы**.

4.5. Пояса изменения горных пород, составляющих земную кору.

По процессам изменения горных пород земную кору можно разделить на пять поясов (сверху вниз).

1.Пояс выветривания. В пределах этого пояса, имеющего толщину первых десятков метров, горные породы под влиянием атмосферных агентов и воды разрушаются, растворяются, окисляются и переносятся на другое место.

2.Пояс цементации располагается ниже пояса выветривания, толщина его составляет до 1000-1500 м. В нем происходит уплотнение осадков, в основном обусловленное давлением и отложением в породах различных минералов. Песок здесь переходит в песчаник в результате отложения в его порах CaCO_3 или аморфного SiO_2 (кремния). Глина под влиянием давления переходит в глинистые сланцы типа аспидных, из которых изготавливают

грифельные доски, известняк и мел превращаются в полукристаллический известняк.

3. Область кристаллических сланцев делится на три глубинных пояса.

Верхний глубинный пояс области кристаллических сланцев залегает на глубинах 2000-2500 м и имеет толщину до 2000-2500 м. Характеризуется температурой 100-150 °С и давлением 100-160 Мпа. Здесь песчаники превращаются в кварциты, глинистые сланцы переходят в глинисто-сланцевые сланцы (филлиты), а полукристаллический известняк переходит в тонкозернистый мрамор.

Средний глубинный пояс залегает на глубинах 2500-4500 м и имеет толщину 2000-3000 м. Характеризуется температурой 200-300 °С, давлением 200-240 Мпа.

Здесь породы претерпевают пластическую деформацию. Образуются сланцы, содержащие полевые шпаты с кристаллической структурой, зерна располагаются в линейно-параллельном порядке.

Кварцит переходит в сланцевый кварцит, филлит - в слюдястый сланец, тонкозернистый мрамор превращается в грубозернистый мрамор.

Нижний глубинный пояс залегает на глубинах от 4500 до 10000 м. Толщина его от 3000 до 10000-15000 м. Характеризуется очень высокой температурой и давлением, под действием которых породы переходят в пластическое состояние. Характерны частые интрузии магмы и термальный метаморфизм. Здесь образуются только безводные минералы (за исключением слюды). Преобладают различные гнейсы и кристаллические сланцы. В этом поясе сланцеватый кварцит перекристаллизовывается. Слюдястый сланец превращается в гнейс, который имеет тот же минералогический состав, что и гранит, т.е. полевые шпаты, кварц и слюда. Зерна кварца и полевых шпатов в гнейсе расположены неправильно, но пластинки слюды располагаются тонкими параллельными прослойками, которые придают гнейсам ясную тонкую сланцеватую структуру.

Контрольные вопросы

1. Какое из геологических тел называется минералом?
2. Какие геологические тела называются горными породами?
3. Какие минералы называются породообразующими?
4. Какие породы называются осадочными? Как они классифицируются?
5. Как образуются терригенные осадочные породы?
6. Как образуются органогенные осадочные породы?
7. Как образуются хемогенные осадочные породы?
8. Какие процессы осадконакопления называют диагенезом?
9. Какие процессы осадконакопления называют катенезом?
10. Какую роль играют осадочные породы в формировании скопелений нефти и газа?
11. Почему осадочные породы считаются основным объектом поисковоразведочных работ на нефть и газ?
12. Какую роль эффузивного и интрузивного магматизма в образовании магматических пород?
13. Как классифицируются магматические породы?
14. Какие процессы называются региональным метаморфизмом?
15. Какие процессы называются контактным метаморфизмом?

Глава 5. СТРУКТУРНЫЕ ФОРМЫ ЗАЛЕГАНИЯ ГОРНЫХ ПОРОД.

5.1. Формы залегания магматических пород.

При извержении магмы на поверхность образуются эффузивные породы, основной формой залегания которых является пластовая.

При внедрении магмы без её излива на поверхность образуются интрузивные породы, основные формы залегания которых приведено в табл. 5.1:

Таблица 5.1

Формы интрузивных массивов

Механизм внедрения	Подтип	Формы залегания
1. Инъекционный (Проникновение магмы под напором в различные трещины).	Согласные инъекций (по плоскостям наслонения)	1. Пластообразные интрузивные залегания или силлы. 2. Лаколиты. 3. Факолиты. 4. Лополиты.
	Несогласные инъекции (по секущим трещинам).	1. Дайки, жерлы (стенообразные). 2. Жерловины или некки (столбообразные) 3. Кольцевые конусовидные тела. 4. Бисмалиты (пробки в жерлах вулканов). 5. Хонолиты (отражающие форму трещины).
2. Глубинные массы.		1. Штоки (полка, ствол). 2. Батолиты.

- батолиты (5.1.рис), то есть большие массы магматических пород с кровлей неправильной формы и крутыми, почти ровными стенками; основание батолитов уходит в глубину на большие глубины; размеры до сотен км²;

- лакколиты (5.1.рис), то есть грибоподобные интрузии, имеющие корень (канал), соединяющий лаколит с очагом магмы; лакколиты имеют подошву из осадочных, магматических, метаморфических пород; обычно лакколиты состоят из кислых пород, богатых SiO₂;

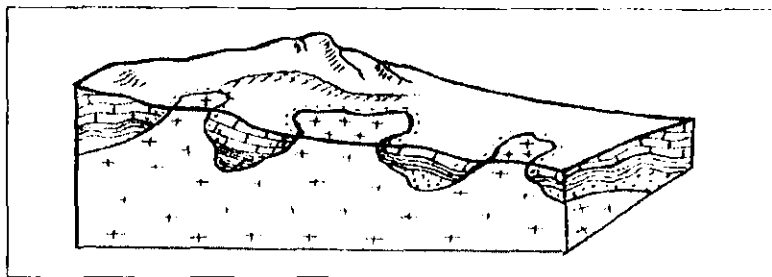


Рис 5.1. Батолиты

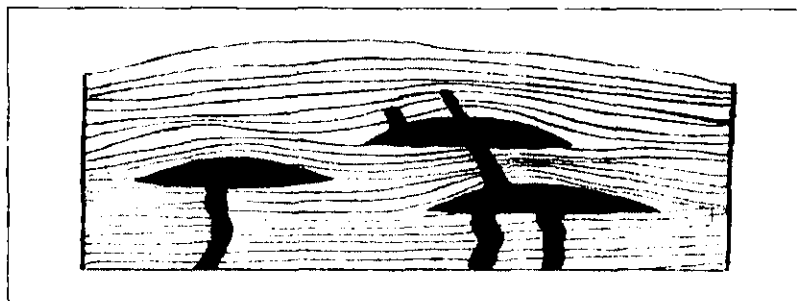


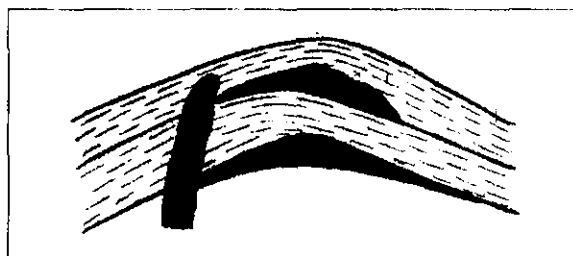
Рис 5.2. Лакколиты

-жилы, терцины, заполненные минеральным веществом;
имеют плито-образную форму;

жилы в виде стенок или дамб называются дайками;

-пластовые интрузии, образованные жидкой базальтовой лавой, богатой основными породами, которые внедряются между двумя пластами, растекаясь ещё в не застывшем состоянии, они выжимаются в перстибы складок, образуя факолиты (чечевицеобразные формы).

Рис 5.3. Факколиты



Большинство изверженных пород рассечено трещинами отдельности, группирующимися в правильные системы, и лишь внутренние участки некоторых массивов лишены этих трещин. Появление многих трещин отдельности связано с первичными текстурами течения магмы. Кроме этих, чаще всего встречаются трещины растяжения, появляющиеся за счёт сокращения объёма породы при остывании. Эти трещины обычно ориентированы перпендикулярно к направлению сокращения. При медленном остывании глубинных пород трещины появляются на окраинах массивов, параллельно контактам с боковыми породами и появляется плитообразная отдельность. Таким образом, при застывании магмы образуются системы различно ориентированных трещин на поверхности магматического тела (интрузива или эффузива). Первичные трещины появляются в последней стадии формирования интрузий.

Текстура интрузивных пород связана с текстурами течения, возникающими при движении магмы, и с характером, строением и расположением трещин отдельности, образующихся в сложных условиях движения и застывания магмы. Текстуры течения бывают линейными и плоскостными.

Первично-полосчатые текстуры течения выражаются в чередовании слоёв пород разного состава и связаны с дифференциацией магмы под действием гравитационных сил.

5.2. Формы залегания метаморфических пород.

Формы залегания метаморфических пород в значительной мере определяются типом метаморфизма и происхождением (осадочным или магматическим) горных пород.

Метаморфические породы, возникшие из осадочных и осадочно-вулканогенных толщ, могут быть интенсивно деформированы, тогда как интрузивные массивы при метаморфизме обычно более или менее сохраняют свою первоначальную форму, которая часто является единственным критерием их выделения (например, при расчленении ортогнейсов, возникших из магматических пород, и паратейсов, возникших из осадочных пород).

При контактовом метаморфизме образуются зоны рэкзо- и эндоконтактовых пород, вытянутые вдоль ограничений магматических тел. В плане - это ореолы метаморфических пород вокруг

интрузий, а в объёме – своеобразные оболочки, окружающие эти тела. Часто наблюдается развитие метаморфических пород на значительном удалении от интрузии вдоль слоистости или тектонических нарушений во вмещающих породах. При региональном метаморфизме формы залегания метаморфических пород в общих чертах повторяют формы залегания первоначальных пород.¹

При динамометаморфизме породы интенсивно деформированы, образуются весьма сложные складки, мощные зоны складчатости и т.д., а также специфические формы: будины, мигматиты, пегматиты.

БУДИНЫ: образуются в слоях хрупких или твёрдых пород, залегающих внутри пластичных. При сдавливании толщи под нагрузкой вышележащих пород, или в результате стресса пластичные породы текут и разрывают включённые в них хрупкие или менее пластичные породы либо на изолированные куски, либо на линзовидные части, часто соединённые тонкими шейками.

МИГМАТИТЫ - породы, состоящие из микрослоёв гнейсов и кристаллических сланцев, чередующихся со слоями гранитоидного кварца – полевошпатового материала.

ПЕГМАТИТЫ – это мигматиты, в которых кварц-полевошпатовые прожилки изгибаются, резко меняют мощность, приобретая несогласное, секущее положение по отношению к общей слоистости.

Метаморфические комплексы являются очень сложными образованиями среди обширного круга геологических объектов. Главная трудность их изучения состоит в правильной расшифровке структурных форм, определении стратиграфической последовательности слоёв в разрезе, выяснении их генезиса.

5.3. Структурные формы осадочной толщи Земли.

Слой, элементы залегания и мощность.

Для осадочных образований первичной формой залегания является **слой** или **пласт** (5.4.рис). В геологии - это тело, сложенное однородной осадочной породой, ограниченное двумя более или менее параллельными поверхностями напластования, имеющее одинаковую мощность и занимающее значительную площадь.

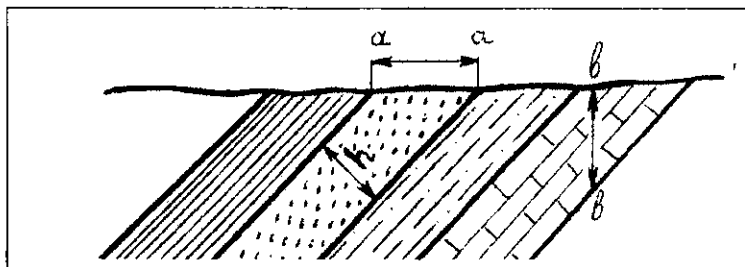


Рис 5.4. Слой: aa , bb – видимая мощность, h – истинная мощность

Название слоям (пластам) дают в зависимости от состава слагающих пород.

Поверхность, ограничивающая слой снизу, называется *подшовой*, сверху - *кровлей*. Каждый слой (пласт) характеризуется мощностью. Различают:

- истинную мощность – краткое расстояние между кровлей и подшовой слоя;

- вертикальную мощность – расстояние по вертикали от любой точки кровли до подошвы слоя (пласта);

- горизонтальную мощность – расстояние по горизонтали от любой точки кровли до подошвы слоя (пласта).

Мощность пластов может быть относительно постоянной (выдержанной) и непостоянной (изменчивой).

Постепенное уменьшение мощности пласта вплоть до полного исчезновения называется выклиниванием.

Наиболее выдержанные пласты морских осадочных толщин, а менее выдержанные - континентальных отложений, для которых характерны линзовидные и гнездообразные формы залегания.

Также различают (рис.5.5):

- линия простирания пласта (слоя) - линия пересечения слоя с горизонтальной плоскостью, положение которой относительно стран света определяется азимутом простираения;

- азимут падения - линию, перпендикулярную к линии простираения и лежащую на пласте, характеризующую направление падения пласта;

- угол падения - вертикальный угол между линией падения и её проекцией на горизонтальную плоскость.

Рис.5.5. Элементы залегания
слоя:

вв - азимут падения;

A diagram of a geological structure, likely a fold. It shows a series of rock layers dipping to the right. A horizontal line labeled 'a' and a vertical line labeled 'b' intersect at a point labeled 'c' within one of the layers. The layers are represented by different patterns: a stippled pattern for the upper layers, a diagonal line pattern for the middle layer, and a brick-like pattern for the lower layers.

Кроме описания, геологические тела изображаются графически. К графическим изображениям геологических тел относятся геологические карты, геологические разрезы и т.д.

Геологические карты - графическое изображение на топографической основе границ распространения на земной поверхности различных по возрасту и составу горных пород. Указание границы представляют собой уменьшенные в масштабе проекции на горизонтальную плоскость линий пересечения поверхностей, разделяющих породы неодинакового возраста (и состава), с земной поверхностью.

Помимо геологических границ на картах обозначаются элементы залегания с условными обозначениями (см. рис.5.6).

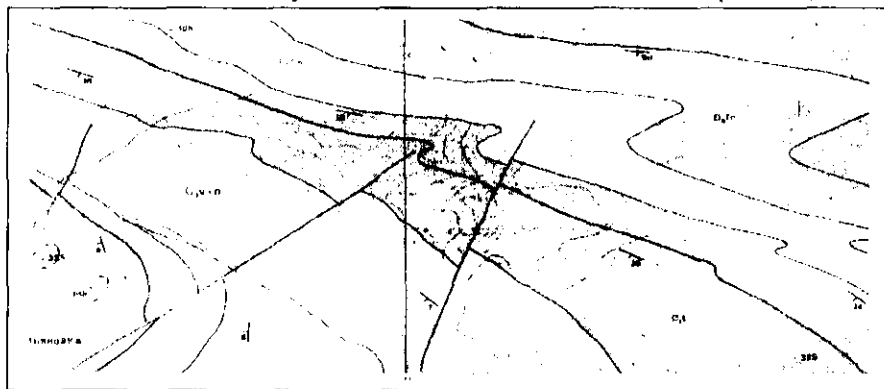


Рис.5.6. Схематическая геологическая карта

Геологические разрезы - изображения в определённом масштабе вертикальных сечений земной коры от её поверхности до определённой глубины (см. рис. 5.7.).

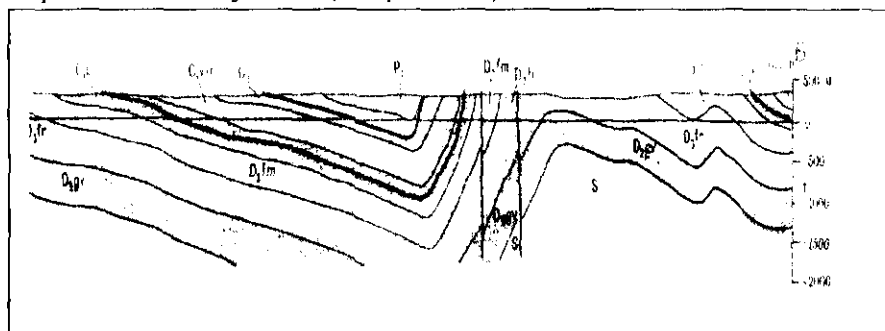


Рис. 5.7. Геологический разрез

По геологическим разрезам можно судить о мощности и последовательности в залегании и образовании горных пород. Разрезы строятся по сечениям вкрест простирания слоёв, т.е. в направлении перпендикулярно к линии простирания.

Структурные карты применяются для изображения форм геологических тел и положения их в пространстве. На них с помощью линий однаковых высот (изогипс) показывается характер залегания геологической поверхности.

Нарушения первоначального залегания пластов

В процессе геологического развития той или иной территории первоначальные формы залегания горных пород не остаются неизменными, а нарушаются под влиянием эндогенных процессов. Всякое отклонение слоёв от первоначального горизонтального залегания называется дислокацией. Различают пликативные и дизъюнктивные дислокации. Пликативные дислокации (складчатые нарушения) – это дислокации, которые происходят без разрыва сплошности пластов горных пород. К ним относят моноклинали, складки, флексуры (см. рис.5.8, 5.9, 5.10).

Моноклинали – толщи пластов, равномерно наклоненные в одну сторону на значительном протяжении (рис.5.8).

Флексурами называют нарушения в форме ступенеобразного перегиба горизонтально или моноклиналию лежащих пластов.

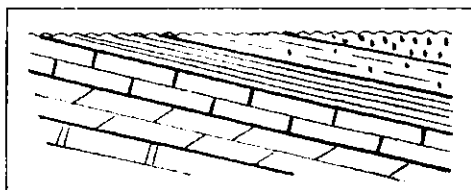


Рис.5.8. Моноклираль

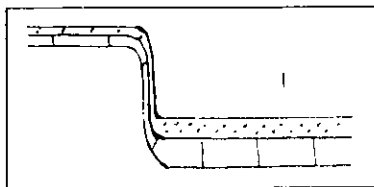


Рис. 5.9. Флексура

Складки - структурные формы с волнообразующими изгибами слоёв. Складки бывают **антиклинальными** - характеризуются тем, что перегиб слоев выпуклостью обращен вверх, в центральных частях располагаются более древние породы, чем на крыльях; и **синклинальными** - складки, в которых пласты падают навстречу друг другу, а в центральных частях располагаются более молодые породы, чем на крыльях (рис.5.10).

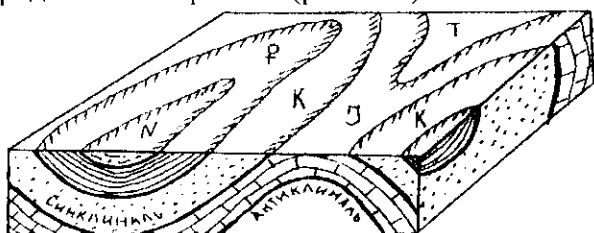


Рис.5.10.
Складки

Складки, состоящие из синклинальных и антиклинальных частей называются полными

Антиклинальные и синклинальные складки имеют следующие элементы: крылья, замок, маркер, ядро, осевую поверхность, ось, ширину, высоту и длину складки (рис.5.11).

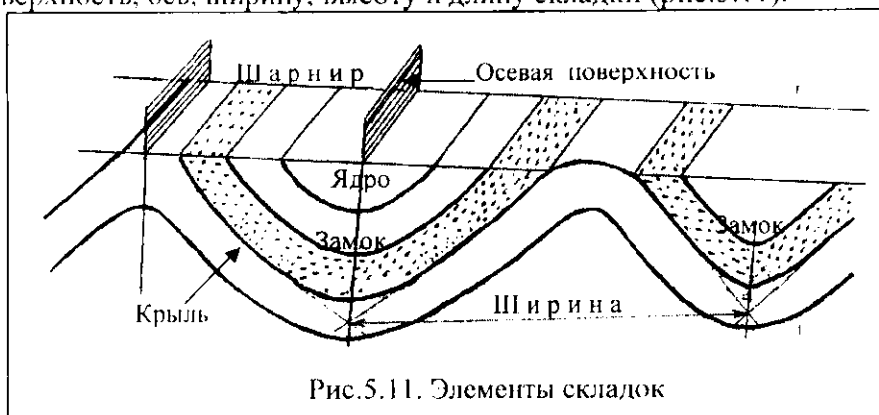


Рис.5.11. Элементы складок

Крылья - боковые части складки.

Маркер — линия, проходящая через точки максимального перегиба любого из пластов образующего складку.

Замок - участок (в обратном направлении от шарнира) складки, на котором происходит перегиб крыльев.

Угол складки - угол между крыльями, мысленно продолженных до их пересечения.

Осевая поверхность — воображаемая поверхность, проходящая через шарниры всех пластов складки.

Ось - линия пересечения осевой поверхности складки с поверхностью земли.

Ядро - толща горных пород, лежащая в перегибе антиклинальных и синклиналиальных складок.

Ширина - расстояние между крыльями складки на уровне среза её поверхностью земли.

Амплитуда складки - вертикальное расстояние от перегиба антиклиналя до перегиба сопряженной синклинали.

Длина складки - расстояние между окончаниями складки.

Замыкание антиклинальной складки называется переклиналью, а замыкание синклиналиальной складки — центриклиналью.

Существует несколько классификаций складок. Наиболее распространённая из них учитывает форму складок и носит название «морфологическая». Согласно этой классификации выделяют (рис.5.12):

- симметричные — осевая поверхность и вертикальные углы наклона крыльев складки одинаковы.

- асимметричные складки имеют либо наклонные, либо горизонтальные осевые поверхности и неодинаковые углы наклона крыльев. Они, в свою очередь, делятся на наклонные (косые), характеризующиеся падением крыльев в противоположные стороны под различными углами, и наклонной осевой поверхностью; опрокинутые — имеющие наклонную осевую поверхность, крылья наклонены в одну сторону; лежащие — обладающие горизонтальными осевыми поверхностями.

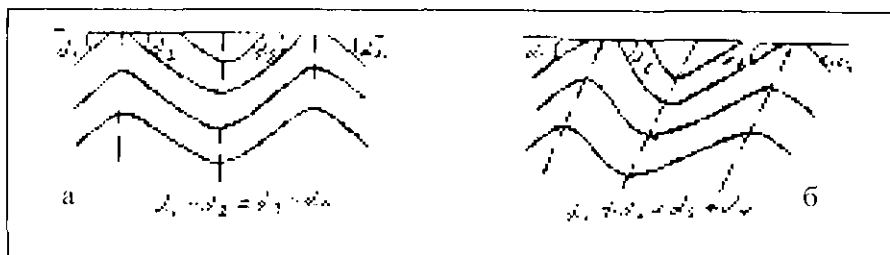


Рис.5.12. Морфологическая классификация складок. (а-симметричные, б-асимметричные складки).

У ныряющих складок осевая поверхность изогнута до обратного падения.

Сундучные складки характеризуются плоским широким сводом и крутыми крыльями.

Дианировые складки – это складки, ядро которых сложено соляным или глиняным телом, которое протыкает антиклинально изогнутые слои.

По отношению длины складки к ширине различают:

- линейные – складки, у которых величина по отношению длины к ширине более трёх;
- брахиформные (брахиантклинали, брахисинклинали) – складки, у которых это отношение меньше.

Антиклинальная складка при приблизительно одинаковой длине и ширине относится к куполовидным, синклиная - к чашевидным.

ДИЗЬЮКТИВНЫЕ нарушения (разрывные дислокации) -- дислокации, которые сопровождаются разрывом сплошности пластов горных пород. В природе существуют различные формы дизъюнктивных дислокаций: сброс, взброс, надвиг, ступенчатые сбросы, грабен, горст.

Участки горных пород, лежащие по обе стороны от поверхности разрыва, могут оказаться смещёнными друг относительно друга.

Смещение слоёв происходит по поверхности, которую условно принимают за плоскость. Эта поверхность называется сместителем или плоскостью смещения, а разорванные и перемещённые участки слоёв, примыкающие к сместителю - крыльями или

блоками. К дислокации со смещением относятся сбросы, взбросы, грабен, горсты, надвиги.

Сбросами называются структуры, в которых поверхность разрыва наклонена в сторону расположения опущенных пород (рис.5.13,1).

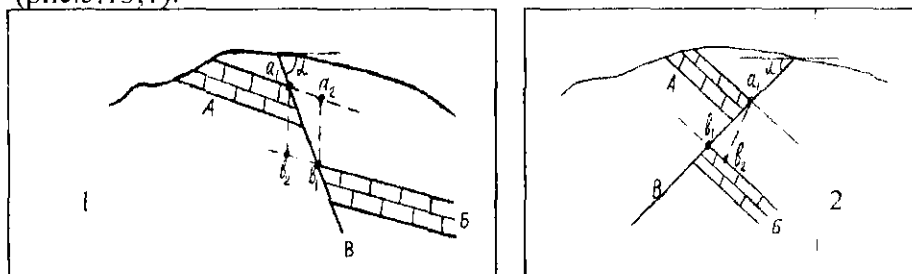


Рис.5.13. Формы дизъюнктивных дислокаций (1- сброс, 2 - взброс)

В сбросах различаются следующие элементы: верхнее (поднятое) крыло А, нижнее крыло (опущенное) Б, сместитель В, угол падения сместителя α , амплитуда по сместителю a_1/b_1 , вертикальная амплитуда a_2/b_1 , горизонтальная амплитуда a_1/a_2 (рис.5.13,1)

Взбросы - это структуры, в которых поверхность разрыва наклонена в сторону расположения приподнятых пород (рис.5.13,2)

При взбросах скважина, пересекая сместитель, повторно вскрывает отложение, которое уже было пройдено. Это отличает взбросы от сбросов, в которых, наоборот, из разрезов скважин выпадает та или иная толща пород.

Надвиги - это взбросы, у которых угол наклона сместителя очень мал. Такие структуры возникают одновременно со складчатостью. (рис.5.14).

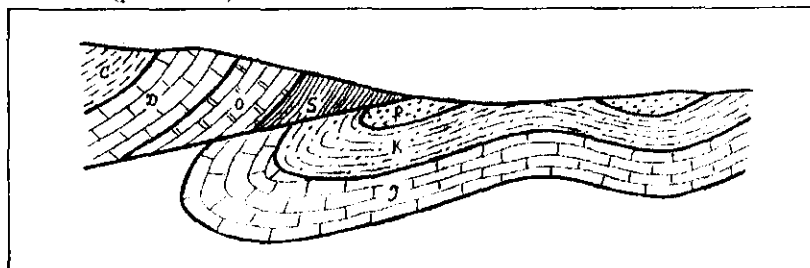
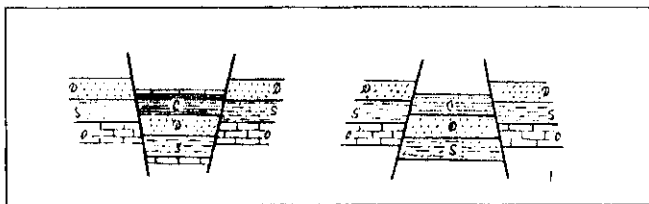


Рис.5.14. Надвиг

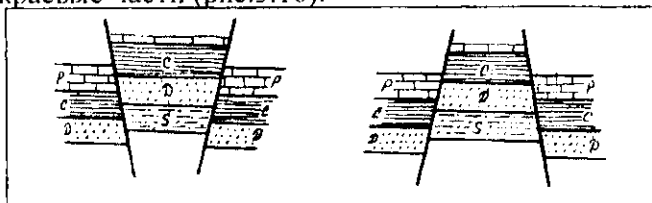
Грабенами называются структуры, образующиеся сбросами и взбросами, центральные части которых на поверхности представлены более молодыми породами, чем породы в их краевых частях (рис.5.15).

Рис.5.15 Грабен



Горсты — структуры, образованные разрывным смещением, центральная часть на поверхности сложена более древними породами, чем их краевые части (рис.5.16).

Рис.5.16. Горст



5.4. Органогенные постройки. Стратиграфические и угловые несогласия.

Описанные выше пикативные и дизъюнктивные дислокации не исчерпывают всего многообразия форм геологических тел и поверхностей в осадочных толщах. Другие осадочные тела, имеющие иную форму, также представляют большой практический интерес, в частности, ископаемые рифы — органогенные геологические тела, создающиеся нарастающими друг на друга растительными и животными (главным образом колониальными) организмами.

Органогенные постройки.

Органогенные постройки — это геологические тела, созданные колониальными животными и растительными организмами. Все они имеют специфическое строение.

Часть органогенной постройки, обращенная к открытому морю, имеет крутые крылья падения и значительную высоту (по сравнению с ниженакапливающимися продуктами разрушения).

Продукты разрушения скапливаются у подножия органогенной постройки, и далее, в сторону открытого моря накапливаются глубоководные осадки (глинистосонпропиевые илы). Породы образуют с органогенной постройкой несогласное залегание.

Со стороны лагуны органогенная постройка также окружена продуктами ее разрушения, смешивающимися с терригенным материалом, приносимым с берега, а далее идет отложение терригенных осадков, продуктов разрушения берега и остатков организмов и растений, населявших лагуну. Эти осадки также образуют несогласное залегание с органогенной постройкой. Склон органогенной постройки, обращенный к лагуне более пологий, чем склон, обращенный к открытому морю, что связано с условиями образования органогенных построек.

В Узбекистане рифовые постройки широко распространены в юрских отложениях. В период с ранней до поздней юры на территории, охватывающей современный Таджикистан, Киргизию, Афганистан, Узбекистан, Туркмению и Западный Казахстан, существовал палеоокеан Тетис, который периодически распадался на ряд внутренних морей и заливов в период регрессий, или объединялся в один бассейн в период мощных трансгрессий. В верхнеюрское время тетис на территории Узбекистана представлял собой громадный Залив или окраинное море, характеризующееся небольшой глубиной, невысокой соленостью, достаточной высокой температурой воды и высокой обогащенностью кислородом, что способствовало бурному развитию органического мира, среди обитателей которого преобладали кораллы и водоросли, являющиеся основными рифостроителями. Поэтому в этот период развивались как барьерный риф, протягивающийся параллельно береговой линии, так и одиночные рифы, располагавшиеся перед фронтом барьерного рифа в виде аполов.

В конце юрского периода в связи с сухой аридизацией климата началась мощная регрессия моря и юрские рифы оказались погребенными под мощной толщей сульфатно-галитных пород, о которых уже было сказано ранее.

Важное значение при изучении осадочных толщ имеют поверхностные стратиграфические несогласия, которые очень часто разделяют эти толщи на структурные этажи. Нижний этаж,

как правило, имеет более сложное строение (более крутые складки, большие разрывных смещений). Выше этой поверхности слои могут залегать почти горизонтально. Поверхностями стратиграфического несогласия осадочные толщи отделяются от нижележащих метаморфических и магматических пород. Эти поверхности несогласий отвечают перерывам в накоплении осадков, когда данный район (регион) был ареной разрушения обнажавшихся на земной поверхности горных пород.

Кроме стратиграфического, существует угловое несогласие залегания пород. Угловое несогласие в отличие от стратиграфического не предполагает наличия возрастного перерыва, а связано с условиями формирования осадков (например, косая слоистость песков в прибрежной прибойно отливной зоне морей, и т.д.)

Согласное залегание пород.

При погружении морского дна береговая линия будет перемещаться вглубь материка и вместе с этим будет наблюдаться общее перемещение осадков соответствующих типов. Песок ляжет на галечник, глина на песок, органический ил на глину, в результате чего в геологическом разрезе получится по вертикали смена осадков различных литологических типов последовательно от мелководных до более глубоководных вверху. В случае регрессии моря береговая линия будет перемещаться в сторону моря, и грубообломочные материалы будут отложены на образовавшиеся прежде пески, пески отложатся на ранее образованные глины и т.д. В конечном счете получится последовательное расположение слоев различного литологического состава, но уже в обратном порядке, т.е. на более глубоководных осадках будут залегать последовательно все более и более мелководные осадки.

Такая последовательность слоев, наблюдаемая в верхней части геологического разреза, указывает на общее поднятие данного участка земной поверхности.

При рассмотрении всего геологического разреза снизу-вверх на одном участке можно наблюдать последовательную смену осадков от конгломератов до известняков, т.е. от мелководных до глубоководных осадков; на другом участке — от известняков до конгломератов, т.е. от глубоководных до мелководных.

Такое распределение осадков свидетельствует, что на первом участке морское дно опускалось, а на втором поднималось. ¹

Анализ распределения отложений, характеризующихся разными условиями образования, является одним из основных методов, используемых в геологии для воссоздания характера движения земной поверхности в исследуемом районе.

Согласное напластование характеризуется отсутствием перерыва в отложении. Это значит, что осадки образовались или только в морской среде (хотя бы при меняющихся глубинах), или только на континенте. Примерами согласного напластования могут служить параллельное залегание пластов, обычно морского происхождения, аллювиальные отложения, дельтовые отложения, золовые отложения.

При согласном напластовании пласты необязательно должны быть горизонтальными или параллельными. Они могут иметь первичное, также наклонное залегание. Кроме того, каждый пласт где-нибудь выклинивается.

Существенной является возможность отличить напластование от наслоения.

Наслоение указывает на условия отложения осадков. Золовые пески и песчаники характеризуются перекрестным наслоением. При регрессии моря образуются береговые валы, нарастающие со стороны моря и образующие диагональную слоистость.

Напластование характеризует смену условий осадконакопления, и плоскость напластования определяют положением пласта в пространстве.

Несогласное залегание пород.

Явное или угловое несогласие характеризуется тем, что, во-первых, между выпележащими осадками и подстилающими толща испытала значительную деформацию. Примером углового несогласия может служить трансгрессивное залегание морских осадков: в самом низу отлагаются валуны, галька, которые выше переходят в более мелкозернистый материал и еще выше в илы.

Скрытое несогласие соответствует значительному континентальному перерыву, хотя пласты подстилающей и более молодой толщи залегают параллельно (рис 5.17).

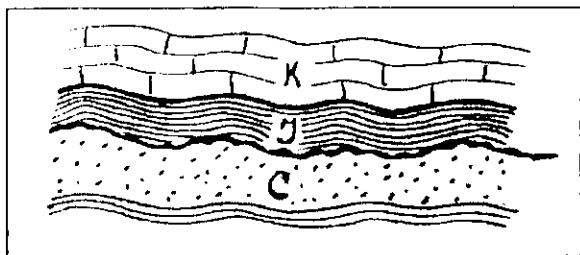


Рис.5.17. Параллельное несогласие

Скрытое несогласие можно установить по наличию размыва в подстилающей толще, когда нарушается традиционный характер напластования, а также по наличию конгломертата или гальки, которые образуются при трансгрессии моря и, наконец, по фауне.

Образовавшуюся при трансгрессии поверхность, часто называют швом несогласия.

Образование сульфатногаложенных толщ и закономерности наложения солей, гипсов и ангидритов.

Реки ежегодно приносят 4,1 млрд. кг различных солей, из которых CaCO_3 и SiO_2 забираются животными организмами для постройки скелетов и раковин. После смерти животных эти соединения выпадают на дно океанов в виде различных известняковых и кремнивых илов.

Выпадение других солей из воды океана, особенно в некоторые периоды жизни земли, происходило в гигантских масштабах путем отложения в замкнутых лагунах, отшнурованных от океана песчаными рифами и стрелками.

В конце юрского периода на территории Западного Узбекистана были громадные заливы, отделенные от океана рифами, сложенными кораллами и другими рифостроительными организмами и продуктами их разрушения, и соединенное с ним очень мелкими и узкими проливами. В таких заливах вода интенсивно испарялась, в результате чего происходило увеличение концентрации солей в водах залива.

В начале раствор достигал полного насыщения солями сернокислого кальция CaCO_3 . Поэтому первым минералом, который начинал откладываться на дне лагуны был гипс. После того как концентрация раствора NaCl у дна лагуны достигала

степени маточного рассола, из воды начинала выпадать каменная соль.

При периодических приносах из океана в лагуну новых порций воды из нее выделялся гипс, который при опускании на дно проходил через маточный раствор, отдавая свою кристаллизационную воду солям раствора, после чего в виде обезвоженного минерала - ангидрита отлагался на дно. Поэтому в толще каменной соли имеются пласты и прослои ангидрита.

Толща соли в Западном Узбекистане, достигает 1000 м, толщина прослоев ангидритов - 50-100 м.

После окончательного отделения лагуны от океана, вследствие продолжающегося испарения, количество воды в лагуне уменьшается настолько, что из маточного рассола начинают выпадать наиболее легко растворимые соли: сернокислый магний, хлористый калий, хлористый магний, двойные соли этих соединений, и затем более редкие бромистые и йодистые соли. Поэтому все эти соли залегают в кровле толщи химических осадков.

5.5. Структурные карты.

Методы изучения пород, правила построения профильных разрезов и структурных карт, методика подсчёта запасов нефти и газа и ряд других данных, необходимых для решения геологических вопросов, возникающих у промыслового геолога в процессе его производственной работы, освещаются нефтепромысловой геологией.

Структурные карты, геологические разрезы являются основным материалом для решения повседневных вопросов бурения и эксплуатации. Поэтому знать, как они строятся и уметь их читать, должны не только геологи, но и технический персонал, занятый в бурении и эксплуатации.

Геологи производят различные виды съёмок, чертят геологические карты, но помимо этого существует главное дополнение к геологической карте – структурная карта.

Имея на карте достаточное количество точек, местоположение которых и альтитуды определяются инструментально топографом, нетрудно провести на карте линии одинаковых расстояний до

пласта от уровня моря и таким образом получить структурную карту.

Точность структурной карты зависит от числа точек наблюдения пласта, но ещё в большей степени - от правильности выделения всегда одного и того же пласта при определении отметок.

Направление горизонтальных линий структурной карты соответствует направлению линий простирания пласта, а прямая, проведённая перпендикулярно к горизонтали структурной карты, показывает линию падения пласта. Таким образом, структурная карта даёт возможность определить не только глубинное залегание пласта, по поверхности которого построена, но также его простирание и величину угла падения.

Структурная карта даёт чёткое представление об условии залегания пород.

При построении структурных карт в нефтегазовой геологии используются результаты вскрытия пластов скважинами.

Скважина - вертикальная горная выработка небольшого диаметра, но значительной глубины. Строительство этой выработки осуществляется с помощью специализированных технических средств.

Задачи скважин - изучение в вертикальной плоскости условий залегания и типов залегающих пород.

Структурная карта представляет собой изображение в горизонталях (изогипсах) рельефа какого-либо стратиграфического раздела. В отличие от топографической карты, показывающей рельеф дневной поверхности, в строении которого могут принимать участие разновозрастные отложения, структурная карта составляется по кровле или подошве какого-либо одного горизонта.

Подобная карта даёт чёткое представление о строении выбранного горизонта, обеспечивает наиболее точное проектирование разведочных и эксплуатационных скважин, облегчает изучение изменения свойств по площади продуктивного горизонта (мощности, пористости, проницаемости), помогает определять границы залежи и распределение давлений и т.д. За базисную поверхность при построении структурных карт обычно принимают уровень моря, от которого производится отсчёт горизонталей (изогипс) глубинного рельефа. Отметки глубин, расположенных

ниже уровня моря, берутся со знаком (-), а перед отметками изогипс, расположенных выше уровня моря, ставится знак (+).

В промысловой практике принимаются обычно два основных способа построения структурных карт: способ треугольников и способ профилей.

Построению структурной карты должны предшествовать:

1) выбор поверхности, по которой намечается построение; эта поверхность должна хорошо прослеживаться в разрезах всех пробуренных скважин и не являться границей размыва;

2) выбор масштаба структурной карты; в зависимости от поставленных задач чаще всего применяют масштабы 1:5 000, 1:10 000, 1:25 000, 1:50 000 и 1:100 000;

3) проверка правильности нанесения положения скважин на план, а также их альтитуд;

4) выбор сечения изогипс в зависимости от требуемой детальности изучения структуры и особенностей её строения.

Способ треугольников.

Построение структурных карт способом треугольников даёт хорошие результаты при изучении сравнительно спокойно построенных структур, не имеющих разрывных нарушений или слабонарушенных. Прежде всего все точки скважин наносятся по координатной сетке на планшет выбранного масштаба. Составляется таблица исходных для построения. Около каждой точки скважины на плане пишут соответствующие номера скважин, и в виде знаменателя дроби - значение приведённых к уровню моря глубин залегания поверхности, по которой строится структурная карта. После этого все точки скважин соединяют между собой треугольниками, в каждой вершине которых должна находиться точка-скважина. Затем между вершинами треугольников (точками скважин), по данным отметкам глубин залегания, проводят интерполяцию в соответствии с выбранными интервалами сечения между изогипсами, и, соединяя одноимённые отметки плавными линиями, строят структурную карту (рис.5.18).

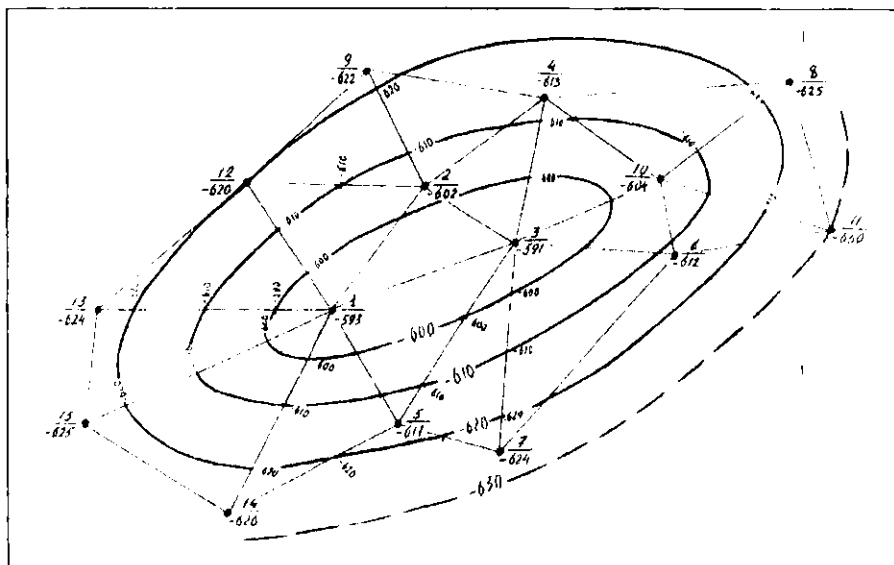


Рис.5.18. Структурная карта по кровле продуктивного горизонта

При построении системы треугольников следует, руководствуясь данными о положении оси складки, проводить длинные стороны треугольников примерно параллельно ей. Не допускается интерполяция между скважинами, находящимися на разных крыльях складки. Для этого предварительно анализируются отметки глубин по скважинам, которые имеют примерно симметричные значения по одну и другую сторону от направления оси поднятия; кроме того, следует учитывать, что вдоль оси складки отмечаются минимальные углы падения пород.

При построении структурной карты наиболее трудоёмкой частью работы является интерполяция между скважинами. Для её облегчения следует пользоваться масштабной клеткой (высотной арфой), состоящей из ряда параллельных линий.

Масштабную сетку вычерчивают на кальке, проводя параллельные линии на расстоянии 1-2 мм друг от друга.

При интерполяции между скважинами значений абсолютных глубин залегания предполагается, что их изменение происходит по линейному закону. При этом условии расстояние от скважин до

пересечения прямой, соединяющей их, искомыми изогипсами можно рассчитать по формуле

$$h_x = h_1 + \frac{h_n - h_1}{D} x \quad (5.1)$$

где h_x - значение искомой изогипсы, м; h_1 - абсолютная глубина залегания кровли горизонта в скв. 1, м; h_n - абсолютная глубина залегания кровли горизонта в последней искомой скважине, м; D - расстояние между скважинами 1 и n, м; x - расстояние от скв. 1 до искомой изогипсы по прямой, соединяющей точки скв. 1 и n, м.

Исходя из формулы (5.1) расстояние от скважины 1 до искомой изогипсы будет равно:

$$X = \frac{(h_x - h_1) D}{h_n - h_1}$$

При применении способа треугольников следует быть осторожным, избегать проведения интерполяции между скважинами, расположенными на значительном расстоянии друг от друга.

При наличии структурного носа (выступа) глубокие (по отметкам) изогипсы как бы оттесняются более мелкими, а при наличии структурной впадины (мульды), наоборот, мелкие изогипсы оттесняют более глубокие.

При структурной террасе изогипсы расходятся (наблюдается местное выположивание пород), а за её пределами, как вверх по восстанию, так и вниз по падению пород, наблюдается более крутое их залегание и изогипсы сближаются.

Способ профилей.

Способ профилей применяют для построения структурных карт по структурам, имеющим сложное тектоническое строение и разбитым разрывными нарушениями. Иногда его применяют совместно со способом треугольников.

Прежде всего по скважинам составляется ряд поперечных, а иногда продольных геологических профилей. На профилях выделяют кровлю опорного горизонта, по которому намечается построить структурную карту. На плане местностей показывается положение линий построенных профилей. В зависимости от сложности тектонического строения площади и желаемой степени детальности построений выбирается сечение изогипс.

Далее, в непосредственной близости от кровли (подонны) опорного горизонта выбирается базисная горизонтальная плоскость, залегающая на глубине, кратной выбранному сечению. На плане за выбранную высотную отметку принимаются линии профилей. После этого линии поворачивают на 90 градусов в плоскость чертежа, принимая эти линии за ось вращения, и под каждой линией профиля изображают строение кровли опорного горизонта в данном профильном сечении. Затем кровля опорного горизонта на каждом профиле пересекается горизонтальными плоскостями, согласно выбранному сечению и масштабу чертежа. След пересечения плоскости профиля горизонтальными плоскостями на чертеже будет проходить параллельно линии профиля. Точки пересечения кровли пласта линиями высотной сетки по перпендикуляру сносятся на линию профиля, где указываются соответствующие им отметки пласта.

Кроме того, на линию профиля также проектируют точки пересечения кровли горизонта поверхностью нарушения и точки её перегибов. Около проекций этих точек записываются абсолютные значения глубин их залегания.

Построение структурной карты следует начинать с проведения горизонтальных проекций следов пересечения кровли опорного горизонта поверхностями нарушений. На чертеже это достигается соединением плавной линией точек ограничивающих соответствующие блоки.

После этого соединения проекции точек перегиба кровли горизонта, проводят оси тектонических структур. Дальнейшее построение структурных карт по каждому блоку ведётся раздельно путём соединения плавными линиями (изогинсами) одноимённых отметок пласта на профилях. Для большей точности построений рекомендуется сочетать профильный способ с интерполяцией между профилями значений глубин точек нарушений и точек перегибов кровли горизонта.

Контрольные вопросы

1. Какие существуют типы земной коры?
2. Из каких слоёв состоит:
 - континентальная кора?

- океаническая кора?
- кора переходных областей?
- 3.Какие существуют формы залегания магматических пород?
- 4.Какие существуют формы залегания метаморфических пород?
- 5.Что такое «слой»?
- 6.Что такое «пласт»?
- 7.Какие существуют основные формы залегания осадочных пород?
- 8.Какие нарушения относятся к пликативным?
- 9.Какие нарушения относятся к дизъюктивным?
- 10.Что представляют собой геологические и структурные карты?
- 11.Какие существуют методы построения структурных карт?
- 12.Что такое органогенные постройки?
- 13.Что представляет собой несогласное залегание осадочных пород?
- 14.Какие виды несогласий существуют?

Глава 6. ТЕКТОНИЧЕСКИЕ ДВИЖЕНИЯ И ТЕКТОНИЧЕСКИЕ СТРУКТУРЫ ЗЕМНОЙ КОРЫ. ГЕОЛОГИЧЕСКАЯ ИСТОРИЯ ФОРМИРОВАНИЯ ЗЕМНОЙ КОРЫ.

6.1. Геоструктурные элементы земной коры

Поверхность Земли можно разделить на два крупных геоструктурных элемента: поверхность суши и поверхность под океанами и морями.

Поверхность суши можно разделить на поверхности: континентов (материков) и островов и архипелагов.

Поверхность под океанами, морями можно разделить на дно мирового океана и дно внутриконтинентальных морей.

Площадь материков составляет 147,8 млн.км², или 29,9% от общей поверхности Земли. Площадь морей и океанов составляет 361 млн. км², или 70,8%.

Поверхность материков можно разделить на поверхности впадин, поднятий, высокогорных массивов и глубоко расположенных межгорных впадин.

В океанах выделяются: срединно-океанические хребты, глубокие впадины и континентальный склон, т.е. часть континента, покрытая небольшим слоем воды. Иногда острова и архипелаги являются верхушками срединно-океанических хребтов (Ирландия, Азорский архипелаг и др.)

Таким образом, как на суше, так и в морях и океанах, строение поверхности земной коры одинаково и состоит из достаточно ровных поверхностей равнин, на которых выделяются впадины и поднятия, и достаточно дифференцируемых поверхностей высоких гор и прилегающих к ним впадин.

Представление о геологическом развитии земной коры.

Прежде чем рассмотреть это вопрос, рассмотрим вопросы, связанные с движением земной коры.

Ранее (гл. 2) мы уже касались этого вопроса, когда рассматривали жизнь земной коры. Тогда мы установили, что движение земной коры осуществляется в двух направлениях: параллельно земной поверхности (горизонтальные) и перпендикулярно (верти-

кальные). Кроме того, по интенсивности проявления этих¹ движений земная кора разделена на две зоны:

- области, где эти движения имеют небольшую интенсивность;
- области, где движения наиболее интенсивны.

Теперь остановимся более детально на этих вопросах, которые изучаются специальной наукой – геотектоникой, в задачи которой входит изучение структуры нашей планеты, и в особенности ее внешней твердой оболочки, а также истории движений, изменяющих эту структуру.

Тектонические структуры – это обособленные участки земной коры, отличающиеся от смежных участков определенными особенностями строения, историей геологического развития и составом слагающих пород.

Движения земной коры и более глубоких оболочек, приводящие к образованию и изменению различных тектонических структур, называют **тектоническими**.

Вертикальные движения земной коры приводят к выгибанию (относительному поднятию) и прогибанию ее на больших территориях.

Основное их свойство состоит в том, что в одном и том же месте поднятия может смениться опусканием и наоборот. Знак движения, таким образом меняется, движение носит колебательный характер.

Особенностью их является непрерывное и повсеместное проявление на протяжении всей геологической истории.

Горизонтальные движения приводят к смятию слоев в складки, поэтому их называют складчатыми или орогеническими. Участок, смятый в складки, не может вернуться к первоначальному состоянию.

Тектонические движения вызываются накоплением тепла в недрах земли в результате радиоактивного распада неустойчивых элементов и дифференциацией по плотности мантийного вещества, что приводит к нарушению равновесия масс горных пород, а также действием силы тяжести, которое стремится сохранить это равновесие.

Самыми крупными тектоническими структурами земной коры являются континенты и океаны. Коренные различия между ними

заключается в отсутствии под океанами гранитного слоя, в уменьшении толщины базальтового слоя и неглубоком залегании поверхности Мохоровича под океанами по сравнению с континентами.

Основные типы тектонических движений

Тектонические движения разделяются на три основных типа: колебательные, волновые и складчатые.

Колебательные движения однозначно и одновременно проявляются на весьма крупных участках поверхности, отражаясь прежде всего в изменении уровня Мирового океана (и связанных с ним морей) относительно материков. Следствием колебательных движений является увеличение или уменьшение общей площади моря по сравнению с общей площадью суши, т.е. трансгрессии и регрессии. Мелкие колебательные движения служат причиной образования слоностости.

Волновые движения имеют первостепенные значения в изменении строения Земли и земной коры. Они непрерывно проявляются на поверхности земного шара и выражаются в поднятии одних участков и опускании других. Зоны поднятия и опускания (погружения) постоянно сопряжены друг с другом и представляют как бы систему стоящих, но находящихся в непрерывном движении волн. Следствием волновых движений является накопление мощных толщ осадочных пород в зонах погружения и размыва более древних осадков, а также вулканических и метаморфических образований в зонах поднятия.

Колебательные и волновые движения обычно объединяются в группу эпейрогенических и они характерны как для платформенных, так и для геосинклинальных областей.

Складчатые движения (горизонтальные) хотя и широко распространены, но все же не являются ни повсеместными, ни непрерывными во времени.

Для каждого района имеются свои эпохи складкообразования. В каждую геологическую эпоху какая-то часть земной коры была охвачена складкообразованием. Складчатые движения заключаются в необратимой пластической деформации слоев, приводящей к их смятию в складки и нарушению их сплошности размывами.

Таким образом, подобно волновым движениям, складчатые движения проявляются в пространстве в двух формах – в плавной и прерывистой (разрывной). В отличие от более крупных форм, созданных волновыми движениями, складки относительно быстро затухают или резко изменяют свою форму с глубиной.

Складчатые движения обнаруживают отчетливую зависимость от режима волновых движений – складкообразование развивается лишь на фоне интенсивных волновых поднятий по их периферии. Напряженность складчатости тем значительнее, чем более интенсивным было погружение данного участка земной коры и чем более мощным было последующее его воздымание.

Наиболее напряженная складчатость, осложненная многочисленными разрывами, приурочена к геосинклинальным областям. Платформенные области обычно характеризуются пологой складчатостью, постепенно затухающей к их центральным, наиболее устойчивым частям.

Во времени складкообразование, проявляясь в эпохи и в районах интенсивных поднятий, непрерывно – прерывистым путем – фазы медленного развития складок, протекающего нередко одновременно с накоплением осадков, завершаются более короткими фазами их усиленного роста и качественной перестройки, известными под названием «фаз складчатости».

Складчатость развивается от центральной части поднятий к их периферии, в конечном счете большей или меньшей степени затрагивая прилегающие прогибы. В каждый данный момент геологического времени складкообразованию подвергается сравнительно узкая полоса, постепенно перемещающаяся от поднятия к прогибам.

Таблица 6.1

Основные типы тектонических движений и их признаки
(по П.Б. Воссоевичу, 1982г.)

Категория, признак	Типы движения		
	Колебательные	Волновые	Складчатые
Характер движения	Смена центростремительных движений центробежными	Волнообразное, иногда осложненное разрывами, коробление земной коры, проникающее на большую глубину (сотни километров)	Пластические деформации с образованием складок, часто осложненных разрывами
Направление движений	Нормальное, к поверхности геонда	Нормальное к поверхности геонда	В основном параллельное или небольшим углом к поверхности геонда
Характер изменения структуры земной коры	Общее опускание и поднятие крупных участков или всей поверхности геонда	Возникновение сопряженных зон поднятий и опусканий	Образование относительно мелких складок и разрывов, затрагивающих ограниченную по мощности толщину слоев
Изменение во времени	Ритмичное	С периодическим ускорением и замедлением	С периодическим ослаблением и повышением интенсивности
Проявление в пространстве. Амплитуда и знак	Повсеместное, с однозначной амплитудой	Повсеместное, с закономерной и волнообразно изменяющейся амплитудой и знаком	Локальное в относительно узких зонах по периферии поднятий, с изменчивой амплитудой, и правильной сменой знака

Отражение осадконакопления	Образование мутационной слоистости, общий характер смены осадков в вертикальном разрезе	Образование миграционной слоистости, изменение состава осадков и мощности в горизонтальном и вертикальном разрезах	Узкие местные изменения состава и мощности осадков, вторичные изменения мощности вследствие пластической деформации
Геоморфологическое выражение, т.е. выражение на поверхности земли	Проявление трансгрессий и регрессий общепланетарного значения, регулярные колебания береговой линии, изменение общего рельефа земной поверхности, образование поверхностей выравнивания	Образование крупных хребтов, плоскогорий, низменностей, котловин, т.е. форм и мега- и макрорельефа земной поверхности	Образование небольших (п*10 км в поперечнике) возвышенностей и равнин рельефа, т.е. форм мезо- и микро- рельефа земной поверхности.

По способу развития во времени можно выделить два вида складок:

Первый вид – прерывистые, развивающиеся длительно, относительно медленно, возникающие в условиях продолжающегося погружения и накопления осадков.

Второй вид – линейные, образующиеся в период наиболее интенсивных поднятий, их формирование занимает небольшие промежутки времени, совпадая в основном с перерывами в отложении осадков. Оно фиксируется благодаря угловым несогласиям между разделенными перерывом слоями.

Рост складок первого типа отражается в уменьшении мощности (вплоть до полного выклинивания) слагающих их слоев от крыльев антиклиналей к сводам и увеличении наклона слоев со стратиграфической глубиной. В складках второго типа, в силу особенно значительного пластического течения вещества слоев,

обычно наблюдается некоторое увеличение мощности в замках складок за счет уменьшения ее на крыльях.

Геосинклинали и платформы.

В пределах континентов и океанов выделяют геосинклинальные области и платформы.

Геосинклинальные области - это территории Земли, которые на начальных стадиях развития характеризуются значительным погружением и накоплением мощных толщин осадков, а на заключительных стадиях - погружение сменяется поднятием, которое завершается горообразованием и складкообразованием.

Платформы отличаются малой амплитудой погружений и поднятий, меньшими мощностями осадков, слабым проявлением складкообразования и пологими формами рельефа.

В строение платформ выделяют **осадочный чехол** с неметаморфизованными, полого залегающими осадочными породами сравнительно небольшой мощности, которые смяты в пологие складки, и **фундамент**, образования которого резко дислоцированы, метаморфизованы, пронизаны интрузивными телами.

Эти основные различия чехла и фундамента обуславливают столь типичное для платформы двухъярусное строение.

Существует резкая граница между верхним ярусом (осадочным чехлом), сложенным слабоуплотненными породами, характеризующимися соответственно низкими сейсмическими скоростями, и нижележащими образованиями фундамента платформы, обычно уплотненными.

В пределах платформ выделяют **щиты** представляющие собой устойчивые участки платформ, на которых отсутствуют осадочные горные породы или мощность незначительна, и **плиты** - площади, покрытые мощным осадочным чехлом, и испытывающие преимущественно нисходящие формы движения.

Очертания платформ изометричны. Геосинклинальные области же характеризуются линейностью, часто длина их превышает ширину в несколько раз.

Термин «геосинклинали» предложен в 1873 году американским геологом Дрэн, который называл этим термином области, где кора характеризуется большой подвижностью. Другой особенностью геосинклинальной области является одновременное наличие в

ней соседних участков, характеризующихся быстрым поднятием (интрагеоантиклиналей) и быстрым прогибанием (интрагеосинклиналей), т.е. тесное расположение участков с резко противоположным режимом давлений.

Таким образом, геосинклиналь можно охарактеризовать как область большой вертикальной подвижности и значительной горизонтальной расчлененности земной коры, т.е. больших амплитуды и градиента волновых движений, а также повышенной проницаемости коры.

В геосинклиналях наблюдается быстрая изменчивость толщины осадков и смена их по условиям образования (фаціальным) от морских к континентальным и наоборот. Вкрест простирания выдержанность по простиранию, присутствие специфических осадков, неизвестных в пределах платформ, интенсивный магматизм, сильная складчатость, часто осложненная значительными разрывами, проявление регионального метаморфизма, повышенная сейсмичность, резкая дифференцируемость гравитационного поля и др.

В пределах геосинклинальных областей волновые движения отличаются значительной интенсивностью (скоростью): волны поднятий и волны погружения тесно сближены друг с другом, обладают большим размахом и нередко разделены разрывами. В геосинклиналях ярче всего обнаруживается обратимость волновых движений — мощное погружение отдельных их участков с течением времени сменяется мощным поднятием и наоборот.

В противоположность геосинклиналям, платформы отличаются замедленным течением волновых движений, крупными размерами основных волн и относительной устойчивостью зон поднятий и погружения, не исключающей однако их обратимости во времени.

Таким образом, платформы являются областями меньшей подвижности земной коры, меньшей расчлененности на поднятия и прогибы, большей устойчивостью последних во времени и меньшей проницаемостью коры.

В то время, как геосинклинальные поднятия и прогибы обладают четко выраженной линейностью, платформенные поднятия и прогибы обладают изометричностью своих очертаний или пред-

ставляют овальные впадины и своды. Оси этих структурных зон могут быть различно ориентированы. На платформе обычно одновременно проявляются 2-3 господствующих простирания, совпадающих с ориентировкой смежных геосинклиналей и границ платформы.

На платформах осадки выдержаны вдоль и вкрест простирания, их мощности мало меняются в плане, больше, чем в геосинклиналях, развиты карбонатные породы небольшие абсолютные значения мощностей осадков (2-3 км за целый этап тектонического развития, тогда как в геосинклиналях – 10-15 км).

На платформах магматизм развит слабо и проявляется в своеобразных формах (граны), кроме того, имеется ограниченно развитая складчатость при отсутствии надвиговых явлений, особый характер региональных разрывов, полное отсутствие динамического и регионального метаморфизма и невысокая степень литификации осадков. Платформы характеризуются монотонностью гравитационного поля, крайне пониженной сейсмичностью и т.д.

Развитие геосинклиналей и платформ в течение геотектонического цикла (этапа) осуществляется по одному сценарию. В начале нарастают, а потом преобладают погружения (трансгрессии), сменяющиеся во второй половине этапа господством поднятий и общей регрессией.

Однако развитие геосинклинальных областей более сложно, чем развитие платформ и в нем выделяют четыре стадии.

Первая стадия этапа выражается в последовательном расширении трансгрессии и увеличении погружения. Накопление осадков первоначально начинается в прогибах, оставшихся от предыдущего цикла геосинклинального развития, но вскоре охватывает и разделяющие их поднятия. Лишь некоторые из поднятий сохраняют свой континентальный режим в течение первой и последующих стадиях этапа поднятия (геоантиклинали) и прогибы (геосинклинали) являются широкими и внутренне слабонапряженными. Темпы прогибания геосинклиналей воздымания геоантиклиналей высоки, вследствие чего идет накопление больших мощностей осадков.

Во внешних, ближайших к платформе прогибах, осадки представлены терригенными, песчано-глинистыми породами, называемыми аспидной формацией.

Во внутренних прогибах, нередко ограниченных размывами, происходят мощные подводные излияния лавы, заполняющие эти прогибы вулканогенными образованиями спилитокератофировой формации, в которую внедряются мелкие основные интрузии пластового типа.

Вторая стадия этапа характеризуется сохранением преобладания погружений и дальнейшим нарастанием трансгрессии.

В это время крупные геоантиклинали, геосинклинали расчленяются на более мелкие прогибы и поднятия.

Как правило, они развиваются в осевой части первичных геосинклиналей, расщепляя их на два краевых прогиба, постепенно мигрирующих в стороны от промежуточного поднятия. Частично поднятия второй стадии этапа являются новообразованными, частично они образуются на месте поднятий конца предыдущего этапа, охваченных погружением в начале данного этапа; последние поднятия называются возрожденными.

Скорость поднятия геоантиклинальных зон и опускания геосинклинальных зон во вторую стадию этапа заметно понижается по сравнению с первой стадией.

Геоантиклинальные зоны геоморфологически проявляются в виде узких цепочек скалистых островов -- кордильер. В составе осадков важнейшее значение получают известняки и вообще карбонатные породы, которыми выполняются в основном внутренние прогибы. Во внешних прогибах накапливаются флишевые (толща осадочных пород, состоящая из серий ритмично повзгорающихся осадков -- грубообломочные, крупнообломочные, средне-, мелко-, тонкообломочные, иногда с прослоями хемогенных и органогенных пород) толщи, посящие терригенно-карбонатный характер.

Возникновение поднятий сопровождается осложнением их складчатостью и мелкими интрузиями среднего и кислого состава. Начинается формирование антиклинориев и синклинориев.

Третья стадия характеризуется переходом к преобладанию поднятий, прежде всего в геосинклинальных (на первой стадии)

зонах. Поднятия, возникшие во второй и, отчасти в первой стадиях, вовлекаются в общее воздымание, превращаются в общие антиклинории. Промежуточные прогибы также вовлекаются в общее, превращаясь в поглощенные прогибы. Затем они охватываются распространяющейся со стороны поднятий складчатостью и преобразуются в синклиории.

В результате общего воздымания антиклинорий и синклиорий формируются мощные передовые и внутренние поднятия, обладающие сложно-складчатым строением (мегаантиклинории).

Обратный процесс происходит в геоантиклинальных зонах первой стадии.

Здесь идет отмирание многочисленных поднятий второй стадии, превращающихся в погребенные остаточные поднятия, и сближение, а затем слияния краевых и промежуточных прогибов в крупные передовые (на границе с платформой) и межгорные прогибы. В этих прогибах начинается отложение плифовой (континентальных грубообломочно-, средне-, мелко-, тонкозернистых красноцветных пород) толщи, представленной песчано-глинистыми породами. К этим образованиям приурочены крупные скопления нефти и газа. Таким образом, к концу третьей стадии завершается инверсия геотектонического режима.

В этот период интенсивность волнового движения относительно слабая, но к концу нарастает. Формированию мощных передовых и внутренних поднятий сопутствует внедрение крупных гранитоидных интрузий батолитового типа.

Четвертая стадия состоит из резкого воздымания передовых и внутренних поднятий, преобразующихся в крупные горные хребты и погружение межгорных и передовых прогибов. Вследствие разрастания передовых поднятий передовые прогибы продвигаются в сторону смежных платформ и постепенно захватывают их окраинные части. В осевых зонах широких поднятий нередко возобновляются опускания, начинающиеся на участках прежних прогибов (интрагеосинклиналей), но захватывающие большую территорию; эти возрожденные прогибы иногда именуются наложенными мульдами или внутренними впадинами; последнее название следует отнести только к тем прогибам, которые ограничены разрывами и представляют собой крупные грабены.

Местами в областях поднятий сохраняются остаточные прогибы. В передовых и межгорных прогибах отлагаются конгломерато-, песчано-глинистые породы прибрежно-морского происхождения. Доля континентальных осадков увеличивается к концу стадии.

В заключительную стадию этапа складчатость охватывает полностью или частично межгорные и передовые прогибы, преобразуя их в метасинклиории. В сводовых частях внутренних и отчасти передовых поднятий отмечаются мощные проявления наземного эффузивного магматизма.

Параллельно с общим поднятием одних участков геосинклинальной области и прекращением осадконакопления на их территории происходит резкое опускание других его участков, превращающиеся в глубоководные внутренние моря типа Черного, Каспийского, Тиренского, Карибского и некоторых других.

Конечным результатом развития геосинклиналей является их превращение через один или несколько этапов в платформу. Процесс этот выражается в том, что поднятия и прогибы конца последнего этапа геосинклинального развития превращаются в свои платформенные аналоги – субгеоантиклинали и субгеосинклинали, - отличающиеся меньшей амплитудой и градиентом волновых движений; нередко происходит объединение более мелких поднятий и прогибов в более крупные.

Погружение и трансгрессия, знаменующие начало нового этапа развития, охватывают платформы с некоторым запозданием по сравнению со смежными геосинклиналями.

Зоны максимального прогибания данной платформы располагаются, как правило, в непосредственной близости и простираются параллельно наиболее активной (т.е. обнаруживающей наибольший размах волновых движений) из смежных геосинклиналей соответствующего времени.

Под влиянием развития соседних геосинклиналей и собственного развития платформы в течение этапа и особенно при переходе от одного этапа к другому происходит перестройка общей структуры платформы, нередко области, охваченные ранее воздыманием, превращаются в прогибы, а прогибы вовлекаются в поднятие, т.е. происходит инверсия тектонического режима, но не

такая полная, как в геосинклиналях. Максимум погружения и трансгрессии на платформе запаздывает по сравнению со смежными геосинклинальными областями и нередко наступает уже тогда, когда в геосинклинальных областях наблюдается переход к преобладанию поднятий. Конец этапа знаменуется полным или почти полным осушением платформы.

Щиты относятся к внутреплатформенным поднятиям, отличающимся устойчивым воздыманием с начала последнего (перед переходом территории в платформу) геосинклинального этапа.

Плиты относятся к внутреплатформенным прогибам, которые испытывали с начала последнего геосинклинального этапа больше погружения, чем воздымания.

Впадины относятся к внутреплатформенным прогибам, которые с начала последнего этапа испытывали устойчивое погружение.

Таким образом, платформы отличаются замедленным течением волновых движений, крупными размерами основных волн и относительной устойчивостью зон поднятий и погружений, не исключающей их обратимости во времени.

Платформы не представляют конечной стадии развития земной коры; в их пределах могут возобновляться более интенсивные движения, приводящие к возникновению возрожденных геосинклиналей (постплатформенный орогенез) типа Тянь-Шаня, Саян и др., однако эти «постплатформенные» геосинклинали качественно отличаются от «доплатформенных» геосинклиналей и характеризуются, в частности, континентальным режимом.

Глубинные разломы.

Глубинные разломы – тектонические структуры особого рода. Часто они служат границами крупных структурных элементов земной коры и равноценны по значению глубинным структурам.

Глубинные разломы разделяют земную кору на глыбы (сегменты) – существенно различные по истории и режиму движения крупных тектонических движений земной коры. Зарождение многих разломов относится к самым ранним стадиям истории земной коры. Глубокие разломы характеризуются большой протяженностью, значительной глубиной проникновения, длительностью и многофазностью развития, нередко с переменой

знака перемещения по разлому смежных глыб земной коры. Движения по глубинным разломам происходят одновременно с формированием осадочных толщ и магматических пород, поэтому разломы нередко оказываются скрытыми под толщами осадков, покровами эффузивов или заполненными интрузиями. На поверхностях проявляется в виде целой зоны разрывных нарушений.

Достоверным признаком, помогающим определить глубинные разломы, являются полосы распространения на земной поверхности основных и ультраосновных пород.

С глубинными разломами генетически связаны глубочайшие длинные и узкие рвы дна океанов, геосинклинальной структуры, краевые (передовые) прогибы – переходные зоны, разделяющие геосинклинальные и платформенные области.

Все вышеописанное относится в основном к континентам и окраинным морям, так как эта территория наиболее доступна изучению. Долгое время строение океанического дна было предметом споров ученых. И только появление морской сейсморазведки морского бурения и других методов позволило начать изучение океанического дна. На сегодняшний день наличие геосинклинальных областей и платформ установлено и на дне океанов и морей. Так, срединно-океанические хребты и глубокие впадины, их окаймляющие, относятся к геосинклинальным областям, а подводные равнины, характеризующиеся относительно плавной изменяющейся поверхностью и абсолютными глубинами до 5-6 км к океаническим платформам.

Периодичность геотектонических процессов.

В предыдущих разделах нами были рассмотрены геосинклинальный этап развития участков земной коры, превращение их в платформы, возникновение постплатформенных орогенических областей и связь этих основных периодов развития земной коры с тектоническими движениями и геологическими причинами, их вызывающими.

Кроме того, было показано, что поверхность Земли никогда не остается в покое. Одни ее участки поднимаются, другие опускаются, третьи перемещаются в горизонтальном направлении (сдвигаются один относительно другого). Эти движения происходят неравномерно, с разными скоростями и размахом.

Периодичность крупных геологических явлений, позволяющая выделить в истории Земли естественные этапы развития, выражается (по мнению большинства геологов) в чередовании эпохи длительного, более или менее спокойного эволюционного развития земной коры с кратковременными периодами, вызывающими общую коренную перестройку лика планеты (Шухерт, 1924).

Это периоды узлового диастрофизма с критическими периодами и характеризуются следующими особенностями:

- широким распространением деформаций земной коры, которые, перемещаясь из одного места в другое, приводят к вздыманию многих далеко отстоящих друг от друга горных систем;
- явно выраженными признаками вымирания ранее господствовавших, процветающих и высоко специализированных организмов;
- явно выраженным развитием новых органических типов из менее крупных и менее специализированных форм, а также развитие множества других видов.

Повторяемость комплекса эндогенных процессов в течение геологической истории считается доказанной (А.А. Богданов, В.В. Белоусов, В.Е. Хаин и др.) и продолжительность циклов составляет:

- на ранней стадии развития земной коры 300-600 млн. лет;
- в период наиболее приближенный к настоящему времени, в пределах 100-150 млн. лет.

В основу циклов положена повторяемость крупнейших вертикальных колебательных движений, фиксируемые наиболее крупными трансгрессиями и регрессиями моря, хорошо наблюдаемыми в обнажениях по смене отложений, условий накопления которых четко выражена в образовавшихся отложениях.

Развитие тектонических теорий в Республике Узбекистан.

В Узбекистане поисково-разведочные работы на нефть и газ долгое время (до середины 80-х годов XX века) базировались на классических принципах нефтегазогеологической науки (А.А. Бакиров, И.О. Брод, Н.Б. Вассоевич, И.В. Высоцкий, Б.А. Соколов и др.), основанных на особенностях тектоники и литогенеза земной коры, обусловленных преимущественно вертикально-колебатель-

ными движениями (А.Г.Бабаев, 1996; А.М.Акрамходжаев, 1987 и др.), т.е. на теории фиксизма.

Начиная с середины 80-х годов в Узбекистане стала складываться школа, представляющая теоретиков мобилизма, которые ведут разработку проблем нефтегазоносности недр на основе тектоники литосферных плит. Руководителем этого направления в нефтегазogeологической науке Узбекистана является доктор г-м наук, профессор А.А.Абидов, который в 1994 году издал монографию «Нефтегазоносность литосферных плит».

6.2. Определение времени в геологии

Геологическое летоисчисление оказалось возможным на основе последовательности образования слоистых горных пород, слагающих верхние горизонты земной коры и объединением их в условные группы по признаку однородности и сходства, встреченных в них остатков вымерших животных и растений.

Каждой группе объединенных таким образом осадочных горных пород соответствует некоторый условный отрезок времени ее образования. Зная последовательность образования групп, можно установить и их относительный возраст, т.е. сказать, какая из них появилась раньше, а какая позже, какая моложе, а какая древнее.

Такое определение возраста горных пород называется относительным геологическим летоисчислением. В настоящее время существуют методы и способы установления возраста горных пород и геологических событий в обычных мерках времени.

Однако методика определения абсолютного возраста сложна и не всегда применима. Поэтому методы определения относительного возраста пород используются в геологии в настоящее время значительно шире, чем методы определения абсолютного возраста. В то же время оба метода применяются параллельно и дополняют друг друга.

Относительная геохронология.

Осадочные горные породы зачастую содержат многочисленные остатки различных вымерших растений и животных.

И особенно много в органогенных осадочных породах (известняках, белом меле, буром и каменном угле и др.). Часто осадки организмов встречаются среди обломочных пород

(песчаников, песков, глин и др.) и значительно реже среди вулканических (туфы и др.). В ископаемом состоянии наиболее часто встречаются твердые скелетные части организмов (кости позвоночных животных, раковины моллюсков, чешуя рыб и др.). Органическое вещество твердых скелетных остатков в большинстве случаев полностью или частично замещается вторичными минеральными образованиями (CaCO_3 , SiO_2 , FeS и др.). При таком замещении происходит окаменение органической ткани и сохраняется ее строение (окаменелость).

Мягкие ткани обычно не сохраняются, а сгнивают. Иногда твердые скелетные части растворяются и образуются полости, заполненные илом и повторяющие форму раковин или внутренних полостей животного.

Часто на горной породе сохраняются отпечатки наружных покровов организмов (створок раковин, листьев растений и др.). Окаменелости имеют различную сохранность. В осадочных породах часто встречаются остатки частей животных и растений (отдельные зубы, иглы губок, членики морских лилий и др.).

Сохранившиеся остатки органической жизни, таким образом, вряд ли способны передать все разнообразие фауны и флоры прошлых геологических эпох, но основные виды животных и растений тем не менее находят в них отражение.

Наибольшее количество следов органической жизни встречается в морских отложениях, где условия для захоронения животных и растений наиболее благоприятны.

На суше для сохранения остатков необходимо наличие условий, препятствующих гниению и растворению твердых скелетных частей. Этими условиями обладают континентальные водоемы (болота, озера и др.), где доступ воздуха сравнительно затруднен. Однако в большинстве случаев континентальные отложения почти не содержат окаменелостей и относятся к «немым» (не охарактеризованной флорой и фауной) отложениям.

По окаменелости устанавливается относительный возраст осадочных и связанных с ними магматических и метаморфических пород, а также физико-географические условия и палеогеографическая обстановка той геологической эпохи, когда происходило накопление осадков, содержащих данную окаменелость.

Палеонтологический метод изучения возраста горных пород.

Изучение осадков показало, что в древних породах встречаются наиболее примитивные низкоорганизованные формы животных и растений, а в более молодых — более высокоорганизованные.

В то же время было установлено, что окаменелости не всех животных и растений имеют одинаковые значения для установления возраста. Изменение в составе органического мира происходило не равномерно. Одни виды животных существовали в течение длительного времени, другие существовали очень короткое время и быстро вымирали.

В разрезах накопившихся осадков окаменелости короткоживущих животных, которые так же имеют небольшое вертикальное и широкое географическое распространение, называют руководящими окаменелостями.

Изучения распределения руководящих окаменелостей в различных толщах земной коры позволило установить последовательную смену одних форм другими и облегчило сопоставление геологических разрезов в районах, удаленных друг от друга.

Руководящие формы позволяют установить одновременность образования осадочных пород и последовательность их формирования. Для установления относительного возраста породы и разделения их на более мелкие возрастные подразделения пользуются не только руководящими формами, но и сравнением комплексов фауны и флоры из различных районов.

Метод сопоставления между собой различных слоев горных пород по содержащимся в них окаменелостям для определения их относительного возраста пород называется палеонтологическим. Этот метод был впервые предложен в конце XVIII века английским ученым В. Смитом.

Палеонтологический метод основан на проведении сравнения между состоянием жизни на данном этапе ее развития и состоянием ее в предыдущий или последующий этапы. Поэтому относительная геохронология не выражает длительности каких-либо событий, а определяет только их последовательность или последовательность этапов геологической истории, идущих один за другим.

Стратиграфический метод

По окаменелостям не всегда можно установить возраст горных пород. Для этого необходимо также изучение самих пластов, их состава, изменений в горизонтальном и вертикальном направлениях, их мощности, состава фауны и флоры, соотношений их между собой, с подстилающими и перекрывающими породами.

В результате устанавливается последовательность образования горных пород. Этот метод называется стратиграфическим и заключается в определении возраста горных пород на основе анализа взаимных соотношений пластов.

Стратиграфический и палеонтологический методы при их совместном использовании позволяют определить возраст не только палеонтологически охарактеризованных пластов, но и «немых» пород, не содержащих органических остатков.

Определение абсолютного возраста горных пород.

Абсолютная геохронология – возраст пород, слагающих земную кору, и геологических событий в их исторической последовательности в обычных единицах времени. Геологические методы абсолютного летоисчисления весьма разнообразны.

Одни из них основаны на изучении продолжительности современных геологических процессов (скорость накопления дельтовых осадков, скорость эрозии и седиментации и др.), другие основываются на изучении теплового состояния земли, некоторые – на изменении эксцентриситета орбиты и т.д.

Годичную периодичность, выражающуюся в наличии несходных по составу летнего и зимнего слоев, можно установить, например, для озерных осадков и по ним составить представление о длительности процесса их накопления. Однако годичная периодичность наблюдается очень редко.

Изучение дельтовых осадков наиболее эффективным оказалось в дельте р. Нила, где сохранились погребенные памятники древней человеческой культуры. Однако при использовании одних и тех же исходных данных исследователи получали трудно сопоставимые цифры, указывающие на несовершенство самого метода.

Таким образом, большая часть методов основана на процессах, протекающих с непостоянными скоростями в разных районах и в разное время. Они дают противоречивые методы и основаны на

неверных предпосылках. Лишь некоторые из них пригодны для определения возраста некоторых толщ в местных условиях.

Методы установления абсолютного возраста по скорости радиоактивного распада элементов основаны на том, что он происходит самопроизвольно и равномерно в определенные промежутки времени и не зависит от изменений окружающей среды и обстановки.

В настоящее время существует несколько методов: свинцовый, гелиевый, аргоновый, стронциевый, радиоуглеродный.

Свинец и гелий являются конечными продуктами распада урана и тория. Методы основаны на количественном учете в породе урана или тория и продуктов их распада (свинца, гелия), по этим данным можно определить возраст породы. Аргоновый метод основан на отношении аргона (Ar^{40}) к изотопу (K^{40}). При распаде минералов, содержащих K^{40} , 12% атомов K^{40} переходит в аргон, а 88% - Ca^{40} .

Стронциевый метод основан на переходе Rb^{87} в стронций Sr^{87} .

Радиоуглеродный метод основан на распаде радиоактивного изотопа C^{14} , входящего в состав органических остатков.

Первые определения абсолютного возраста горных пород по гелиевому и свинцовому методам были сделаны в 1924 г. В.Х. Хлопкин и К.А. Ненадкевичем.

Каждый из перечисленных методов имеет достоинства и недостатки. Свинцовый и гелиевый методы неточны, так как в породах может встречаться свинец и не радиоактивного происхождения, а часть гелия может улетучиться.

Также ненадежен и стронциевый метод из-за широкого распространения стронция различного происхождения.

Радиоуглеродный метод позволяет определить возраст только молодых (50 тыс. лет) образований. Наиболее надежным является аргоновый метод, разработанный Э.К.Геолингом. Потери аргона в минералах (благодаря плотной кристаллической упаковке) практически отсутствуют. Кроме того, этот метод позволяет определить возраст не только радиоактивных минералов, но и других горных пород, взятых с соблюдением особых правил. В настоящее время длительность геологических интервалов времени определяется по

данным радиоактивных методов, а возраст геологического этапа развития Земли составляет около 4,4 млрд. лет.

6.3. Возникновение жизни на Земле.

О возникновении жизни на Земле существует много теорий, которые можно объединить в три группы.

Первая группа – гипотеза утверждает, что жизнь на Земле была всегда, она не появлялась и не исчезала, жизнь вечна, как вечная материя.

Вторая группа – гипотеза утверждает, что жизнь занесена на Землю из Космоса, с поверхности других небесных тел.

Третья группа – гипотеза утверждает, что жизнь возникла на Земле из материи в процессе развития самой материи. Эта идея получила свое развитие после открытия А. Левенгуком в 1871 году микроорганизмов, которые постоянно как бы самозарождаются из неорганизованной мертвой материи. Однако во второй половине XVII века опытами было доказано, что самозарождение невозможно. Тем не менее эта гипотеза господствовала до конца XIX века. Академик А.И. Опарин разработал теорию, которая устанавливает ряд последовательных этапов развития и превращения материи и зарождения жизни на Земле представляется как длительный многостадийный процесс постепенного развития материи.

Первая стадия – возникновение углеводов и их производных, находившихся в горячей первичной атмосфере Земли в газообразном состоянии.

Вторая стадия – выпадение этих веществ из атмосферы вместе с водой в период образования первичного Мирового океана.

Третья стадия – образование в океане высокомолекулярных органических соединений. Эти соединения были рассеяны в воде и не имели надлежащего строения, свойственного живым организмам.

Четвертая стадия – постепенное формирование гелеподобных коллоидных образований.

Пятая стадия – естественный длительный отбор среди этих образований, заканчивающийся появлением белка, наделенного основным качеством жизни – самостоятельным обменом веществ.

Таким образом, возникшие в результате естественного отбора капельки, содержащие белок, представляли живые организмы.

Строение первичных живых существ резко отличалось от современных и ископаемых простейших:

- отсутствие ядра, оболочек и т.д., т.е. они были бесклеточными;

- питание органическими веществами, растворенными в окружающей среде;

- жизнь в бескислородной среде.

Представляли они собой анаэробные существа. Доклеточные организмы дали начало клеточным организмам. В дальнейшем, недостаток пищи для этих организмов привел к необходимости приспособления организмов к самостоятельному образованию органических веществ из углекислоты и воды. Позднее организмы выработали способность поглощать солнечную энергию и создавать органическое вещество за счет углерода.

Таким образом, возникли простейшие растения.

Возникновение фотосинтеза у организмов имело крупнейшее значение в развитии органического мира. Началось выделение и накопление свободного кислорода, что привело к смене анаэробных форм аэробными.

Смена условий вызвала и дальнейшую эволюцию органического мира - появления ветви первичных примитивных животных, остатки которых не сохранились даже в наиболее древних слоях земной коры.

Основные сведения по систематике органического мира.

Органический мир разделяется на следующие группы: беспозвоночные, хордовые (позвоночные) и растения.

Каждая группа делится на типы, классы, отряды, семейства, роды, виды.

Беспозвоночные. В группе выделяются 11 типов:

- простейшие или одноклеточные (фораминиферы, радиолярии и т.д.), имеющие известковый скелет или раковину из аморфного SiO_2 ;

- губки (многоклеточные), имеющие известковый или кремнистый скелет;

- археоприаты, имеющие известковый скелет;

-кишечно-полостные (кораллы, медузы, строматопоры), иногда имеющие известковистую раковину (кораллы);

-черви;

-плеченогие или брахиоподы, имеющие двухстворчатую раковину;

-мшанки, имеющие известковистый скелет;

-моллюски или мягкотелые, имеющие известковистые раковины;

-брюхоногие (улитки);

-иглокожие (морские лилии, морские ежи и др.);

-головоногие (каракатицы, осьминоги);

-членистоногие (раки, пауки и др.);

-полухордовые (грантолиты и грантологие вымершие в конце силура);

В основном все беспозвоночные, жили и развивались в кембрии, ордовике, силуре. Отдельные их представители существуют и в настоящее время. Все они, в основном, морские животные, некоторые из них (насекомые) приспособились к наземному образу жизни.

Хордовые и позвоночные животные разделяются на низшие хордовые и высшие. Низшие хордовые характеризуются наличием внутри тела осевого скелета-хорды, протягивающегося от переднего конца тела к заднему. Другие элементы скелета отсутствовали. Вымерли в прошлые эпохи. В настоящее время из низших хордовых живет только ланцетник. Высшие хордовые характеризуются присутствием позвоночника. Группа позвоночных делится на 6 классов: бесчелюстные (панцирные рыбы и др.); рыбы; земноводные и амфибии; пресмыкающиеся или рептилии; птицы; млекопитающие.

Растения со всем разнообразием растительного мира делятся на 5 основных типов: слоевищные (бактерии, водоросли, грибы); мохообразные; псилофиты (отсутствует дифференциация на листья, стебли и корни), вымерли в девоне; папоротниковообразные (папоротники, хвощи и др.); семенные (подразделяющиеся на голосеменные и покрытосеменные);

6.4. Геохронологическая таблица

На основе палеонтологических и стратиграфических методов удалось расчленить толщу осадочных пород и ассоциирующих с ними метаморфических и магматических пород на ряд стратиграфических подразделений.

Возраст этих подразделений определен по данным радиологических методов. Самыми крупными из них являются группы, представляющие собой наиболее крупные комплексы пород, охарактеризованные различными типами ископаемых органических остатков.

Каждая более молодая группа характеризуется появлением новых типов и классов более высокоорганизованных животных и растений, сменяющих частично или полностью более древних представителей органического мира. Время образования каждой группы пород называют **эрой**.

Название групп и эр приняты Вторым Международным Геологическим конгрессом в 1881г. Название групп отражают появление и состояние развития органической жизни на Земле во время образования этих групп.

Группы подразделяются на системы, характеризующиеся появлением новых классов животных, дальнейшим развитием некоторых ранее живших животных и вымиранием других. Названия систем были определены в основном в первой половине XIX века.

Время, в течение которого была образована каждая система, называется **периодом**. Системы делятся на отделы, характеризующиеся родственными видами окаменелостей. Время, в течение которого образовался отдел, называют **эпохой**.

Отделы делятся на ярусы, ярусы - на подъярусы, подъярусы на горизонты, горизонты - на пачки (зоны) и т.д. Ярусу соответствует по времени - век, пачке - время. Иногда ярусы трудно разделить. Особенно это касается континентальных отложений, представленных «немыми» толщами. В этом случае выделяют группу ярусов, которая называется надъярусом. В меловом периоде выделяют два надъяруса - в нижней части - неокомский, в верхней - сенонский.

В юрской системе выделяют три надъяруса: лейас – соответствующий нижнему отделу, доггер – соответствующий среднему отделу, малм – соответствующий верхнему отделу. На основе выделенных групп, систем, отделов составлена геохронологическая таблица, отражающая стратиграфические подразделения и соответствующий им подразделения времени (таблица 6.2).

Подводя итоги сказанного ранее, можно сделать следующие выводы.

В геологии принято относительное исчисление времени. Время формирования земной коры делится на зоны и эры, самые продолжительные временные отрезки ее истории. Эры делятся на периоды, периоды на эпохи, эпохи на века. Временным отрезкам отвечают определенные объемы пород.

В основе относительного исчисления лежит последовательность развития и изменения органического мира на Земле (табл. 6.2)

Для определения абсолютного возраста пород используется природная радиоактивность минералов. Определение абсолютного возраста пород позволило установить длительность эр, периодов, эпох, веков, а также возраст земной коры (примерно 4-5 млрд. лет).

На основе изучения развития органического мира была разработана **геохронологическая шкала**, каждое подразделение которой соответствует определенным стратиграфическим единицам. Последним отвечает определенная толща пород, выделяемая по совокупности встречающихся в ней ископаемых форм органических остатков. Таким образом, стратиграфические подразделения отражают один из естественных этапов развития земной коры.

Краткие сведения о группах, системах (эрах, периодах) и развитии органического мира

Архейская группа и эра (Ar). Породы архейской эры представлены сильно метаморфизованными и дислоцированными гнейсами, метаморфическими сланцами, магматическими породами. Изучение метаморфических пород показало, что они образованы как из изверженных, так и из осадочных пород.

Таблица 6.2

Последовательность развития и изменения органического мира

Эра	Период (система)	Эпоха (отдел)	Индекс	Колонка	Продолж. периода (млн. лет)	Краткая характеристика органического мира
Кайнозойская (Kz)	Четвертичная Q		Q		0.7-2	Органический мир современного облика. Появление человека.
	Неоген N	Плиоцен Миоцен	N ₂ N ₁		24	Появление соврем. или близких к ним наземных и морских животных.
	Палеоген P	Олигоцен Эоцен Палиоцен	P ₃ P ₂ P ₁		41	Рассвет покрытосеменных растений, примитивных млекопитающих. Морская фауна близка к современной.
Мезозойская (Mz)	Меловой K	Верхний Нижний	K ₂ K ₁		70	Покрытосеменные растения. Пресмыкающиеся, в морях господство моллюсков
	Юрский J	Верхний Средний Нижний	J ₃ J ₂ J ₁		55-58	Рассвет голосеменных раст. На суше гигантские пресмыкающиеся, в море аммониты и белемниты.
	Триасовый T	Верхний Средний Нижний	T ₃ T ₂ T ₁		40-45	Голосеменные раст. Наземная фауна, пресмык., в морях новые группы беспозвоночных, животных
Палеозойская (Pz)	Пермский P	Верхний Нижний	P ₂ P ₁		45	Голосеменные растения. На суше первые пресмыкающиеся.
	Каменно-угольный C	Верхний Средний Нижний	C ₃ C ₂ C ₁		65-70	Рассвет хвойных папоротников. На суше крупные земноводные, в море разнообразные беспозвоночные, появление костных рыб

Архей. Протерозой.	Девонский D	Верхний Средний Нижний	D ₃ D ₂ D ₁	55-60	Пенлофиты, разнообразная морская фауна, беспозвоночные, первое появление гигантов, раков и панцирных рыб
	Силурский S	Верхний Нижний	S ₂ S ₁	35	Пенлофиты, разнообразная фауна, беспозвоночные.
	Ордовик O	Верхний Средний Нижний	O ₃ O ₂ O ₁	60-70	Пенлофиты, в морях разнообраз. фауна, иглокожие, лепанка, кораллы, новые моллюски и др.
	Кембрий C	Верхний Средний Нижний	C ₃ C ₂ C ₁	70-80	Появление примитивных споровых растений. В морях беспозвоночные брахиоподы, трилобиты, кольчатые черви
		Верхний Средний Нижний	PR ₃ PR ₂ PR ₁	2100 ±100	Примитивные беспозвоночные черви, кишечноротовые, широко распространены водоросли
			AR	1800 ±100	Предполагаемое зарождение жизни на земле по примитивной форме белковых соединений.

Присутствие в разрезах архея измененных кристаллических известняков и мраморов позволяет предположить существование в архее морей и океанов.

В архейских отложениях не встречено остатков органической жизни, однако среди отложений археозоя встречаются прослои графита, графитовых сланцев, перекристаллизованные известняки и мраморы, образование которых обычно связывают либо с преобразованием накопленного органического вещества (графит), либо с жизнедеятельностью живых организмов (известняки и мраморы). Отсутствие ясных следов органической жизни в археозое объясняется неблагоприятными условиями для сохранения организмов – интенсивным метаморфизмом осадочных пород и широким развитием магматизма.

Протерозойская эра (Pr). Отложения протерозоя также представлены преимущественно метаморфизованными осадочными породами и магматическими породами, среди которых встречаются и слабо метаморфизованные породы с остатками организмов и следов их жизнедеятельности.

В отложениях протерозоя встречаются ядра корненожек, отпечатки фораминифер, хорды червей, разрозненные остатки панцирей древнейших ракообразных, иглы радиолярий, спиккулы губок и др. Косвенным доказательством развития жизни в протерозое являются различные известняки, залежи мунгита в Карелии, графита и графитовых сланцев и железистых кварцитов, в образовании которых, по мнению отдельных ученых, участвовали бактерии.

В течение археозоя и протерозоя имели место неоднократные крупные горообразные движения, сопровождающиеся интенсивной магматической деятельностью. Археозойскую и протерозойскую группы часто объединяют в докембрий. Верхняя часть протерозоя иногда выделяется в рифей (венд). Возраст докембрия 3800-4000 млн. лет.

Палеозойская группа (эра) (Pz). Отложения палеозоя в отличие от докембрия интенсивно дислоцированы и метаморфизованы в отдельных местах. На значительной территории они залегают почти горизонтально и незначительно метаморфизованы. Магматические породы имеют подчиненное значение. Это говорит о том, что в конце рифея (венда) были образованы первые платформы, на которых палеозойские отложения образуют осадочный чехол. В палеозое встречены все известные типы беспозвоночных животных. Многие из них вымерли к концу палеозоя. Позвоночные животные прошли сложную революцию. Появившись в начале эры в морях в виде примитивных хордовых, в середине палеозоя они составляли большую группу земноводных, а в конце эры появилось много пресмыкающихся.

Флора в начале эры представлена водорослями, в середине палеозоя появились древнейшие наземные растения - псилофиты и споровые (папоротники, хвощи и др.), в конце палеозоя к споровым присоединились голосеменные (хвойные, гинговые, цика-

довые и др.). В палеозое происходили интенсивные горообразовательные движения.

Первая складчатость - каледонская, происходила в конце палеозоя и в среднем палеозое.

Вторая - герцинская - в верхнем палеозое.

Горообразовательные движения вызывали изменение очертания древних материков и морей, а также физико-географической обстановки и климата, что не могло не отражаться и на развитии органического мира.

Большое разнообразие беспозвоночных животных позволило расчленить палеозойскую группу на следующие системы: кембрийскую, ордовикскую (нижний палеозой); силурийскую, девонскую (средний палеозой); карбоновую, пермскую (верхний палеозой).

Отрезки времени, соответствующие этим системам, названы одноименными периодами. Продолжительность палеозойской эры 270 ± 30 млн. лет.

Мезозойская группа и эра (Mz). Представлена главным образом осадочными горными породами с многочисленными остатками фауны и флоры. Магматические и особенно метаморфические породы имеют подчиненное значение. В мезозое большинство палеозойских морских животных исчезает, а вместо них появляются новые более высокоорганизованные.

В мезозое господствовали рептилии, приспособленные к наземному, водному и воздушному образу жизни. В мезозое появились первые карликовые млекопитающие и первые настоящие птицы. Среди растений господствовали голосеменные и лишь в конце эры появились первые представители цветковых. В мезозое также происходили горообразовательные движения, названные киммерийской складчатостью. В районах горообразовательных движений отмечается проявление эффузивной и интрузивной деятельности. В мезозое выделяются три системы: триасовая, юрская, меловая, соответствующие периодам этого же названия. Продолжительность мезозоя 230 ± 10 млн. лет.

Кайнозойская группа и эра (Kz). Отложения кайнозоя представлены преимущественно осадочными породами, среди которых встречаются многочисленные хорошо сохранившиеся остатки фауны и местами - флоры. В некоторых районах имеют

значительное распространение магматические горные породы, главным образом эффузивные, среди которых наиболее развиты базальты. Метаморфические породы в разрезе кайнозойских отложений имеют подчиненное значение. Органическая жизнь в кайнозое достигает высшей стадии развития. В кайнозое получили развитие млекопитающие, птицы, костистые рыбы. На море и на суше господствуют пластинчато-жаберные и брюхоногие моллюски, на всем земном шаре господствуют цветковые растения.

Перешедшие из мезозоя в кайнозой морские и наземные животные быстро размножаются, давая новые виды и роды. После вымирания мезозойских животных в составе наземных и морских представителей появляются формы, близкие к современным.

Длительная эволюция органического мира заканчивается появлением человека. Длительность кайнозойской эры 6713 млн. лет. В ней выделяют три периода: палеогеновый, неогеновый и четвертичный, соответствующий трем одноименным системам кайнозойской группы.

Палеогеновая и неогеновая системы с 1809 г. до 1956 г. входили в третичную систему на правах отделов.

6.5. Геологическая история формирования земной коры.

Существуют несколько схем образования земной коры. По схеме В.Е. Ханна и А.Е. Михайлова (1985г.) в истории земной коры выделяют 6 этапов, а время существования первичной (базальтовой) земной коры, когда Земля еще была лишена водной и газовой оболочек, выделяется ими как самостоятельный догеологический этап (4,6-4млрд. лет назад). На этом этапе первичная кора была сложена продуктами дифференциации мантии и существовала астеносфера (в небольшой глубине). Догеологический этап — время образования кольцевых структур, наблюдаемых ныне из космоса в современной структуре докембрийских щитов. С догеологическим этапом развития земной коры связано формирование основного типа пород — магматических, явившихся продуктами застывания верхней мантии. Геологические этапы земной коры начинаются с архейского и их основной особенностью является наличие сформировавшейся воздушной и водной оболочек, зарождение органического мира и

образование осадочных пород -- продукта деятельности экзогенных процессов и живых организмов.

Раннеархейский этап (4,0-3,5 млрд. лет назад) -- время образования первичных осадочных пород силикатической протокоры, состоящей главным образом, из метаморфических пород гранитного состава, возникших на поверхности Земли или на небольшой глубине. Эти породы (серые гнейсы) обнаружены на всех древних платформах. На этом этапе уже имели место процессы денудации, седиментации.

Позднеархейский этап (3,5-2,6 млрд. лет назад) -- время образования в протоконтинентальной коре протосинклинальных систем (так называемые зеленокаменные пояса). Эти тектонические структуры, сходные по развитию с более молодыми геосинклинальными системами, закладывались в условиях растяжения, существенного уточнения протоконтинентальной коры, мощностью которой к концу архея составляло около 30 км. В конце архея наместились обширные площади континентальной коры, равновеликие современным древним платформам. В это время с региональной, формировалась и вертикальная зональность, которая выражалась в различных степенях метаморфизма горных пород.

Раннепротерозойский этап (2,6-1,7 млрд. лет назад) характеризуется обособлением платформ и протогоеосинклиналей. Очевидно, особенностью этого времени является существование глобальной сети разломов и трещин. Дробление протоконтинентальной коры привело к разделению ее на устойчивые блоки (протоплатформы) и подвижные зоны (протогоеосинклинали).

В отдельных районах протоплатформ (протосинеклизах) происходило накопление континентальных и мелководноморских, местами доломитовых отложений, а также базальтов и более кислых вулканитов. С временными рубежами 1900-1750 млн. лет связаны две наиболее крупные деформации (карельская фаза складчатости), приведших в конечном счете, к становлению основной массы коры современных континентов, на большей части которых с этого времени установился платформенный режим.

Позднепротерозойский этап (рифейский, 1,7-0,6 млрд. лет) характеризуется преимущественно платформенным режимом и зарождением геосинклинальных поясов фанерозоя. В конце

протерозоя по периферии геосинклинальных поясов осадочные породы испытывали складчатость. Протерозойские породы менее метаморфизованы. В них сохраняются скудные остатки органического мира.

Начиная с кембрия (палеозой) в истории Земли различают три основных геотектонических этапа – каледонский (нижний палеозой), герцинский (средний и верхний палеозой), альпийский (мезозой и кайнозой).

В зависимости от возраста складчатости фундамента различают платформы докаледонские, послекаледонские и послегерцинские. Докаледонские платформы называют древними, после герцинские – молодыми. Название геотектонических этапов взяты по названиям горных массивов, где выявлены отложения, соответствующие определенным геологическим периодам развития земной коры, ограниченными трансгрессиями и регрессиями мирового океана. Возрастное распределение этапов произведено по данным радиологического определения абсолютного возраста пород, слагающих эти отложения.

Венд – палеозойский платформенный геосинклинальный этап (0,6-0,2 млрд. лет назад) – в начале этапа (венд – средний ордовик) происходит активное формирование (раскрытие) Северо-Атлантического, Урало-Охотского, Средиземноморского геосинклинальных поясов, а также идет геосинклинальный процесс на окраинах Тихого океана.

Северные платформы испытывают погружение (синеклизия и плитная стадия развития). Переход к орогенезу и отмирание геосинклинального режима на значительном пространстве межконтинентальных поясов и некоторых участков периферии Тихоокеанского пояса датируются концом силура – началом девона. Процесс перехода в платформенный этап развития на остальной части межконтинентальных поясов происходит в пермское время.

К платформенным участкам с докембрийским фундаментом древним эпипротерозойским (докембрийским) платформам относятся: Северо-Американская, Русская или Восточно-Европейская, Сибирская, Южно-Американская, Африкано-Аравийская, Индийская, Восточно-Китайская, Австралийская и др.

Отложения раннего палеозоя содержат многочисленные остатки ископаемых организмов, которые свидетельствуют о том, что органический мир в это время был уже достаточно разнообразный и богатый.

Тектогенез, в результате которого в конце раннего палеозоя отдельные участки земной коры испытывали складчатость, получил название каледонского, а образованные на месте этих участков складчатые сооружения названные **каледонидами**.

Территории, которые начиная с девонского периода развивались по платформенному типу, относят к эпикаледонским платформам. Они характеризуются залеганием на интенсивно дислоцированном фундаменте девонских и более молодых осадочных отложений. Платформы с каледонскими и более молодым фундаментом называются **молодыми**.

Эпоха тектогенеза, в результате которого образуются складчатые сооружения в карбоне и перми, получила название **герцинской**, а складчатые сооружения - **герциниды**.

В **эпигерцинских**, возникших после герцинского тектогенеза, платформенных областях отложения древнее триасовых образуют фундамент, слоен осадочных горных пород - мезозойского и кайнозойского возраста.

О второй половине позднего палеозоя одновременно с образованием герцинид четко обозначались узкие зоны перехода от платформ к геосинклиналям - краевые прогибы.

В мезозой – кайнозойский этап (0,2 млрд. лет назад и до н. в.) происходит образование молодых океанов в пределах Пангеи и возник океанический геосинклинальный пояс, охватывающий Центральную Америку (поздний триас), Атлантику (юра), Северный Ледовитый океан (кайнозой).

Евразия отделяется от Северной Америки в общем южном направлении. В результате столкновения континентальных масс Гондваны и Евразии возникают горы Альпы, Кавказ, Гиндукуш, Памир, Гималаи.

В конце мелового времени начинают формироваться окраинные моря по западной периферии Тихого океана (Индонезия), в Английско-Карибской области, а позже, начиная с олигоцена в Средиземноморском поясе.

Многие участки земной коры в разные эпохи мезозойской эры испытали мезозойский тектогенез и превратились в мезозойские складчатые сооружения — мезозойды.

Изменение органического мира на границе палеозоя и мезозоя прямо связано с коренными преобразованиями структуры земной коры, климата и рельефа земной поверхности вследствие сильнейших тектонических и горообразующих процессов герцинского тектогенеза.

С началом кайнозойской эры отдельные участки земной коры перешли в платформенный этап развития. Территория платформенных областей к началу кайнозоя заметно увеличилась за счет возникновения **эпимезозойских платформ**. В кайнозойское время (палеоген, неоген, антропоген) существовали так называемые Средиземноморская и Тихоокеанская геосинклинали. В течении, главным образом N и Q, в этих геосинклинальных областях возникли эпигеосинклинальные орогены — высокие горные складчатые сооружения, получившие наименование альпид. Альпийский тектогенез сопровождался формированием красных прогибов, протягивающихся узкой полосой вдоль горных сооружений. В этих переходных зонах мощность кайнозойских отложений достигает нескольких километров.

С началом олигоцена континенты и океаны вступили в неотектонический этап: континенты испытывают поднятие, океаны прогибания. Расположение континентов и океанов, а также складчатых горных систем и срединно-океанических хребтов становится близким к современному.

Мощные тектонические движения захватили и территории древних складчатых сооружений в пределах мезозойд, герцинид, каледонид и даже докембрийских платформ. Древние складчатые сооружения испытали омоложение, заключающееся в образовании ряда разрывных нарушений и возникновении новых высоких гор.

Горные сооружения, возникшие в кайнозойское время на месте платформ, называются эпиплатформенными орогенными сооружениями.

Наряду с глыбовыми движениями (движения глыб земной коры, отделенных друг от друга глубинными разломами) на платформах в кайнозое широко проявились медленные колебательные

движения, в результате которых продолжали развиваться старые и возникли новые впадины, сводовые поднятия и другие тектонические структуры.

Мощность кайнозойских отложений на платформах значительно меньше, чем в кайнозойских геосинклинальных областях, однако в некоторых впадинах осадки, сформировавшиеся в кайнозое, достигают мощности в несколько километров.

Современную эпоху исследователи рассматривают как заключительную фазу альпийского тектогенеза.

В таблице 6.2 приведены основные характеристики каждой эры стратиграфической шкалы.

Контрольные вопросы

1. Какие существуют геоструктурные элементы на поверхности Земли?
2. Что общего между поверхностью суши и поверхностью океанского дна?
3. Какие существуют основные типы тектонических движений?
4. Какие характерные черты имеет геосинклинальная область?
5. Какие характерные черты имеет платформенная область?
6. Какие неотектонические структуры называются глубинными разломами?
7. Какая неотектоническая структура называется орогеном или орогенической областью?
8. Какие геоструктурные элементы выделяются в пределах геосинклинальной области? Охарактеризовать каждый.
9. Какие геоструктурные элементы выделяются в пределах платформ? Охарактеризовать каждый.
10. Как развиваются тектонические теории в Республике Узбекистан?
11. В чем заключается условность геологического времени?
12. Что такое относительная геохронология?
13. В чем состоит сущность палеонтологического метода изучения возраста горных пород?
14. В чем заключается стратиграфический метод?
15. Как определяется абсолютный возраст горных пород?
16. Что такое геохронологическая таблица?
17. Какие существовали этапы развития земной коры?

ЧАСТЬ II. НЕФТЕГАЗОВАЯ ГЕОЛОГИЯ

Глава 7. КАУСТОБИОЛИТЫ, НЕФТЬ И ПРИРОДНЫЙ ГАЗ.

7.1. Понятие о каустобиолитах

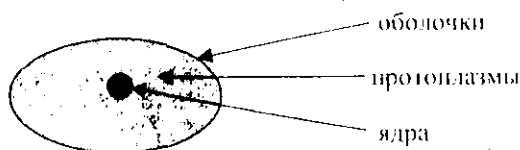
Полезные ископаемые, в основном органического происхождения, имеющие общую основную особенность - признак горючести, называются горючими. Они получили название каустобиолитов, от греческого «каустос» - горение, «биос» - жизнь, «литос» - камень.

Термин впервые был введен немецким палеоботаником Г.Потомье в 1908 году.

К каустобиолитам относятся горные породы и минералы, богатые органическим веществом - продуктом преобразования под воздействием геологических и геохимических факторов, остатков растительных и животных организмов.

Основа термина - признак горючести, сообщает ему технический оттенок, который ощущается в проведении границы между каустобиолитами и рассеянным органическим веществом. (РОВ)

Простейшим организмом является клетка, состоящая из:



Основным объектом, содержащим углерод, является оболочка, состоящая из клетчатки $\{(C_6H_{10}O_5)_n\}$ - целлюлоза, относящейся к классу углеводов. После гибели и разложения организмов клетчатка вместе с минеральными телами участвует в переходе их в осадочные отложения и в образовании каустобиолитов.

По условиям каустобиолиты делятся на две группы: ¹

1. Каустобиолиты угольного ряда (уголь, торф, горючие сланцы, янтарь и др.), сингенетичные с вмещающими их породами.
2. Каустобиолиты нефтяного ряда (нефть, озокериты, асфальт и др.), имеющие миграционную природу.

По фазовому состоянию каустобиолиты делятся на твердые; полутвердые; жидкие; газообразные.

Особняком в группе каустобиолитов стоят горючие сланцы и янтари. Первые представляют собой горные породы, либо пропитанные битумами, либо являющиеся смесью углеводородных веществ, нерастворимых в бензоле, хлороформе, бензине и др. (пиробитумов) с минеральными неорганическими веществами.

Вторые - окаменевшие остатки смолы с включениями органических остатков.

Все каустобиолиты возникли в результате преобразований органического вещества. Начиная с поверхности (или на дне водоемов) и продолжающихся по мере накопления отмерших организмов и их погружения в недра земной коры, происходит постепенное обогащение органического вещества углеродом.

Таблица 7.1

Средний элементарный состав живых организмов и каустобиолитов (по Муратову В.П., 1970).

Вещество	Элементарный состав					
	C	H	N	S	O	SH
Живые организмы:						
Высшие растения	49,7	6,1				
Низкие организмы	50,08	7,32	-	-	44,2	8,4
(планктон)			8,29	1,22	33,09	6,9
Каустобиолиты:						
<i>Угольного ряда</i>						
Горф	57,48	6,14	1,55	0,20	34,63	9,4
Бурый уголь	11,64	5,33	1,57	0,38	19,59	13,4
Каменный уголь	83,71	5,12	1,68	0,52	10,52	16,3
Антрацит	94,37	2,19	0,60	0,25	3,32	45,0
<i>Нефтяного ряда</i>						
Сапропель	59,07	7,84	3,61	2,63	30,55	7,5
Нефти	85,4	12,81	0,22	1,16	0,70	6,6

Органическое вещество в горных породах

Во всех типах горных пород (магматических, осадочных, метаморфизических) присутствует органическое вещество.

В магматических породах органическое вещество присутствует:

- в результате ассимиляции осадочных пород;

-в результате внедрения битуминозных возгонов, возникающих при контактном метаморфизме органического вещества осадочных пород;

-в результате миграции по трещинам нефти и газа;

-в результате заноса органического детрита с инфильтрующимися водами.

В осадочных горных породах органическое вещество присутствует:

-в виде органического детрита (в разной степени разрушенные остатки животного и растительного мира);

-в виде осадков на поверхности пород или минералов на основе сорбционной связи с частицами породы;

-входя в состав вещества (химические связи), например, солей, образование содержащих ион CN^- или NCH .

В метаморфических породах, являющихся продуктом изменения магматических и осадочных пород, органическое вещество присутствует:

-в виде остатков, ранее содержащихся в породе, подверженной метаморфизму;

-в виде битуминозных возгонов при контактном метаморфизме;

-в виде заносов детрита инфильтрационными водами;

-в виде заносов детрита, подверженного метаморфизации;

-в виде сорбционной связи с частицами породы;

-в составе вновь образованных в процессе метаморфизма минералов.

Содержание органического вещества в горных породах обычно невысоко: в магматических - от 0 до 0,01 % ; в осадочных - от 0,01 до 1-2 % ; в метаморфических - от 0 до 1-2 % ;

Таким образом, органическое вещество является нормальным компонентом горных пород, имеющих в подавляющем большинстве, его низкое содержание (от 0 до 1-2 %). Это вещество в породе распределено неравномерно и не образует крупных скоплений, поэтому называется рассеянным органическим веществом.

Оно имеет сингенетичное с породой происхождение и является (из-за низкой концентрации) негорючим.

7.2. Круговорот углерода и условия накопления и преобразования органического вещества в природе.

Первостепенное значение в образовании горючих ископаемых имеет углерод. Концентрация углерода в виде скоплений высокоуглеродистых соединений связано с развитием на Земле разнообразных форм жизни.

Накопление свободного углерода способствовало возникновению на Земле высокоорганизованных форм жизни.

Начиная с архея (3,5 млрд. лет назад) запас углерода в атмосфере и гидросфере пополнялся за счет углерода из мантии. В результате его значительного накопления в «абиогенный» период, чуть более 500 млн. лет назад началось развитие высокоорганизованной жизни - биосферы.

Животные и растительные организмы заимствуют углерод из атмосферы. Растения поглощают углекислоту и выделяют углекислый газ, который, соединяясь с парами воды, образует углекислоту.

Таким образом, биосфера играет важную роль в регулировании содержания углерода в атмосфере и гидросфере, создает органическое вещество и определяет возможные формы его нахождения в земной коре.

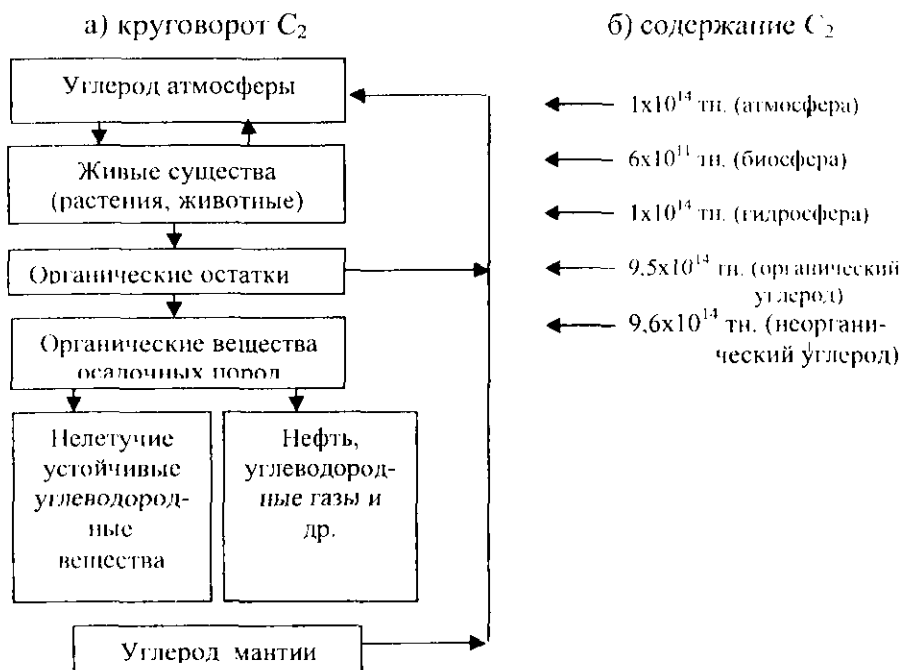
Часть органического вещества после отмирания организмов немедленно подвергается разложению бактериями с выделением при этом углерода в газообразном состоянии в форме CO_2 и CH_4 .

Другая часть органического вещества минерализуется и тогда углерод переходит в состав минеральных соединений, среди которых наиболее распространен CaCO_3 .

Преобразование неорганического вещества углекислого газа и воды в сложные углерод- и водородсодержащие органические соединения и образование живого общества из неживой природы являются одними из важнейшими природными процессами. В образование органического вещества ведущую роль играет фотосинтез.

В свободном состоянии углерод в природе встречается в виде графита и алмаза. Эти два минерала являются продуктами кристаллизации углерода под действием высоких давлений и температур.

Круговорот углерода в природе (по И.О.Броду)



В различных химических соединениях углерод составляет от 95 до 2% от их молекулярной массы.

В органическом веществе углерод составляет 44,44%, водород - 6,17%, кислород - 49,39%.

В связи с тем, что условия накопления и последующее преобразование органического материала в природе весьма различны, образующиеся горючие ископаемые отличаются по условиям накопления и преобразования.

Ещё М.В. Ломоносовым в 1778 году была высказана гипотеза, получившая широкое признание, под названием «Теория превращения». Согласно этой теории торф, бурый уголь и антрацит образовались из одного и того же исходного материала - растительных остатков и представляют собой различные стадии превращения последних.

В вопросе происхождения нефтей и асфальтов нет единого мнения. Если допустить, что исходный материал углей и нефтей один и тот же, то несомненно, что процессы превращения, которым он подвергался, резко различны.

Основными факторами, влиявшими на превращения растительных остатков в угли, является температура и давление, при этом вещество ископаемого угля имеет тесную генетическую связь с химическими соединениями исходного растительного материала, сохраняет его структуру и содержит форменные элементы.

В нефтях не установлен характер изменения химической природы вещества и состава ее основной массы, что не дает указаний на первоначальное материнское вещество нефти.

Возможно, что исходное вещество нефтей и углей не было одним и тем же, или следует предположить, что превращение его в нефть было значительно более сложным и условия ее образования резко отличались от условий образования углей.

Нефть - это продукт, в котором преобразование исходного материнского вещества закончилось.

В табл. 7.2. представлена схема разложения растительного и животного органического вещества, являющегося источником для каустобиолитов гумусового и, возможно, нефтяного ряда.

Вероятность образования каустобиолитов нефтяного ряда связана со следующим: органическое вещество, попадая в условия полного отсутствия кислорода (преимущественно в застойных водоёмах) при своем разложении дает образования, богатые водородом. Ил, образовавшийся в этих условиях, отличается от гумусовых образований и называется гниющим илом (сапропелем). При дальнейшем преобразовании сапропеля образуются соединения, ещё более богатые водородом. Этот процесс называют битуминацией. При этом происходит разложение главным образом жиров и белков и образование жирных кислот (битумов).

Таблица 7.2
Схема разложения растительного органического и животного веществ

Процессы	Отношение к кислороду	Отношение к воде	Сущность процесса	Окончательные продукты
Гниение	Подвержены болотные растения	При свободном доступе O_2	На суше при наличии влаги	Твердых углесодержащих продуктов нет. Остается минеральная зольность и выделяют-ся H_2S и CH_4
Перегнивание		При затрудненном доступе O_2		Перегной, выделение H_2S и CH_4
Опторфяние		Сначала при свободном доступе O_2 , затем без O_2	Сначала на суше при наличии влаги, затем в застойной воде	Торф. Твердые соединения, богатые C_2 (гумусовые вещества)
Гниение	Подвержены водные организмы	Без доступа O_2	В застойной воде	Сапропель. Твердые соединения, богатые H_2

Таким образом, не исключена вероятность единого происхождения нефти и угля, так как нефть, газ, асфальт и озокерит относятся по своему составу к битумам. Битумы присутствуют в угле, а также в смеси с другими минералами. Входя в неорганические минералы, битумы образуют битуминозные породы (битуминозные песчаники, известняки, глины и др.).

Каустобиолиты угольного ряда. К каустобиолитам угольного ряда относятся угли (бурые, каменные, антрациты), горючие сланцы, торф.

Ю.А. Жемчугов процесс формирования их охарактеризовал следующим образом.

На первом этапе происходит превращение растительного вещества в торф. Этот процесс происходит в результате сложного биохимического преобразования растительной массы.

Углефикация торфа происходит под действием температур и давления. Процессу углефикации предшествует стадия образования гумидных кислот, являющихся одним из составляющих органической массы торфа и неизменным компонентом бурых углей, а в каменных углях измидные кислоты переходят в нерастворимые в щелочах измины. Поэтому каустобиолиты угольного ряда называют гумусовыми.

К этим каустобиолитам относятся и горючие сланцы - глинистые органогенные осадочные породы, состоящие из водорослей и некоторых остатков животных организмов. К группе гумусовых они относятся по условиям образования (на дне водоемов отмерший органический материал - фитопланктон, остатки животных организмов и наземных растений подвергался бактериальному разложению без доступа воздуха, смешивался с минеральными веществами и под тяжестью вышележащих слоев уплотнялся и затвердевал).

Развитие угленакопления (по П.И. Степанову) происходило следующим образом (таблица 7.3.):

Таблица 7.3

Развития угленакопления

Система, отдел	Главнейшие эпохи угле-накопления	Процесс развития углеобразо-вания,
Неоген-антропогеновая	-	Образование торфяников
Палеоген, верхний мел	Палеоген-верхнемеловая	Новое возрастание углеобра-зования
Нижний мел, юрская	Юрско-нижнемеловая	Замирение углеобразования в нижнем мелу. В юре возра-стание процессов углеобразо-вания, особенно в нижней юре.
Триасовая	-	Замирение углеобразования
Пермская	Пермская	Вторая эпоха углеобразования
Верхний, средний и нижний карбон	Каменноу-гольная	Первая эпоха углеобразования
Средний и верхний девон	-	Начало образования угля
Нижний девон, силурийская	-	Начало образования горючих сланцев
Кембрийская	-	Неясные следы углеобразова-ния

По содержанию углерода и степени метаморфизации различают: бурые угли, каменные угли, антрациты.

В табл. 7.4. приведены основные характеристики углей.

Таблица 7.4

Характеристика углей

Каустобиолиты уголь-ного ряда	C	H	O(N+S)	C:H
Торф	60	6,3	33,7	9,5
Торф	63,8	6,5	29,7	9,8
Бурый уголь	65,1	6,2	28,7	10,5
Бурый уголь	69,9	6,4	23,7	10,9
Каменный уголь	77,1	5,4	17,5	14,0
Каменный уголь	80	5,0	15,0	16,0
Антрацит	86,4	5,0	8,6	17,3
Антрацит	94,0	1,5	1,0	63

Таким образом, для образования углей необходимы растительный материал, определенные климатические условия (влажный теплый климат), палеогеографические (наличие большой водной поверхности мелководного гидрографического режима — заливы морей, дельты рек, озера, болота и т.д.), геотектонические (движения земной коры, способствующие накоплению растительного материала) и биохимические условия разложения органического (растительного) вещества (доступ воздуха, наличие бактерий и т.д.)

Каустобиолиты нефтяного ряда. К каустобиолитам нефтяного ряда (битумам) относят:

- твёрдые (асфальты, асфальтиты, асфальтовые породы);
- полутвёрдые (озокериты, битумы);
- жидкие (конденсат, нефть);
- газообразные (углеводородные газы).

7.3. Нефть.

Нефть — это достаточно простая по химическому составу жидкость, представляющая собой смесь углеводородов.

Вопрос о происхождении нефти до настоящего времени не решён окончательно. М.В. Ломоносов (1759) высказал мысль о растительном происхождении нефти, заключающуюся в том, что проникающая с поверхности вода, вступая в химические реакции с карбидами металлов, приводит к образованию нефтяных углеводородов, которые поднимаясь к поверхности, в результате изменения температуры и давления образуют в верхней части земной коры скопления. Эта гипотеза была доказана лабораторными опытами.

Одной из первых гипотез органического происхождения является гипотеза Энгле-Гёффера (1888), по которой считается, что нефть возникла из жиров погибших животных.

Кроме этих основных гипотез, существует ещё космическая гипотеза (Н.А.Соколов 1892), согласно которой углеводороды существовали в космическом пространстве, наряду с другими соединениями и элементами. Они сконцентрировались в магме и при дальнейшем охлаждении и уплотнении магмы, заключённые в ней углеводороды выделялись и продолжают выделяться, направляясь по трещинам, возникающим в литосфере, в осадочный

слой земной коры, где конденсируясь, дают основной материал для образования битумов.

Повсеместная приуроченность нефти к осадочным породам, наличие в химическом составе нефти тех же элементов, что и в живом веществе (C,N,S), явились основой для преобладания сторонников органического происхождения нефти. При разработке этой теории, возникли следующие направления:

- образование нефти из растительных остатков;
- образование нефти из животных остатков;
- образование нефти из растительно-животных остатков

(Потонье, 1905; Губкин 1932; Траска 1939 и др).

- по современным представлениям процесс образования осадков сопровождается отложением органического вещества, которое может быть как в рассеянном состоянии, так и сконцентрированном в какой-либо толще.

Отложение исходного органического вещества может происходить не только в глинистых породах, но и в песчаных, алевролитовых и карбонатных.

Причём наиболее благоприятные условия для их накопления создаются в прибрежных частях морских бассейнов, в лагунах, заливах, озёрах и болотах.

Процесс преобразования органического вещества в нефть должен происходить в условиях восстановительной среды, для которой необходима изоляция от кислорода воздуха.

Физические свойства и химический состав нефтей.

Нефть является жидким геологическим телом, принимающим форму вмещающих ее пород.

По внешнему виду нефть представляет собой маслянистую жидкость, обычно темно-коричневого цвета с зеленоватым оттенком, в то же время бывают нефти и более светлые: светло-коричневые, красноватые и даже бесцветные. Цвет нефти меняется от светлых оттенков до темных с увеличением удельного веса. Для всех нефтей характерен специфический запах.

Основными физическими свойствами нефти являются удельный вес, вязкость, поверхностное натяжение, теплоёмкость, температура кипения, застывание, испарение, теплота сгорания, растворимость, электрические и оптические свойства.

Удельный вес - отношение объемного веса нефти при температуре 20⁰С к объемному весу воды, взятой при той же температуре (принято в СНГ), т.е. г, кг, т / см³, м³, л

$$\begin{aligned} \gamma_{\text{н}} (V: 1 \text{ объем.ед.}), \\ \gamma_{\text{в}} (V: 1 \text{ объем.ед.}) = \gamma_{\text{н}}. \end{aligned} \quad (7.1)$$

Плотность нефти - масса в г, кг, т вещества (нефти), занимающего единицу объема (принята в мировой практике):

$$\rho_{\text{н}} = \frac{m}{V} \quad (7.2)$$

$\gamma_{\text{н}}$, $\rho_{\text{н}}$ изменяются от 0,75 до 1, редко встречаются нефти с $\gamma_{\text{н}} > 1$.

Различие удельных весов нефти обусловлено двумя факторами:

- во-первых, различным молекулярным весом углеводородных соединений, содержащихся в нефтях и определяющих их состав;

- во-вторых, количеством растворенного в них газа, чем больше растворенного газа содержится в нефти, тем ниже ее удельный вес и плотность.

Измеряются удельный вес и плотность пикнометром, весами Вестфала и ареометром. По удельному весу (плотности) нефти подразделяются на легкие и тяжелые: легкие: $\gamma_{\text{н}}(\rho_{\text{н}})$ от 0,75 до 0,9; тяжелые: $\gamma_{\text{н}}(\rho_{\text{н}})$ от 0,9 до 1,0.

Вязкость (внутренне трение) - сопротивление перемещению частиц жидкости (нефти) под влиянием действующих на них сил.

Различают три вида вязкости: абсолютную (динамическую), кинематическую и удельную.

Абсолютная вязкость - это сопротивление взаимному перемещению двух слоев жидкости площадью 1см², находящихся друг от друга на расстоянии 1см, если действующая сила вызывает взаимное перемещение их со скоростью 1см/с. Абсолютная вязкость определяется по скорости истечения жидкости из капиллярной трубки. Единица измерения абсолютной вязкости называется (в системе СИ) пуазом и названа по фамилии автора формулы расчета вязкости - Пуазейля. Определяется как вязкость такой гипотетической жидкости, которая оказывает сопротивление силой в 1 *дин* (F) взаимному перемещению 1см²(S),

находящихся друг от друга на расстоянии l см (Δx) и перемещающихся относительно друг от друга со скоростью l см/с (ΔV):

$$1 \text{ пуаз} = 1 \frac{\text{дин} \cdot \text{с}}{\text{см}^2}, \quad \eta_{\text{абс}} = \frac{F(\Delta x)}{S(\Delta V)} \quad (7.3)$$

1 пуаз в переводе на систему СИ равен 0,1 Па·с.

Кинематическая вязкость - отношение абсолютной вязкости нефти к её плотности (удельному весу) при той же температуре. Оно измеряется в стоксе. $1 \text{ стокс} = 10^{-4} \text{ м}^2/\text{с}$ (система СИ):

$$\gamma_{\text{кин}} = \frac{F(\Delta x)}{S(\Delta V)\rho} \quad (7.4)$$

Относительная вязкость (удельная) - это отношение абсолютной вязкости данной жидкости к абсолютной вязкости воды при той же температуре,

$$\lambda_{\text{отн}} = \frac{\lambda_{\text{абс}}}{\lambda_{\text{в. абс}}} \quad (7.5)$$

Текучесть - величина, обратная вязкости.

Вычисление абсолютной вязкости связано с определёнными трудностями. Поэтому в практике используется относительная вязкость.

Для определения удельной вязкости нефти надо знать время истечения из капилляра равных объёмов нефти и воды. Этот процесс можно описать следующим образом:

$$V_{\text{н}} = f(\lambda_{\text{н}}, t_1), \quad (7.6)$$

$$V_{\text{в}} = f(\lambda_{\text{в}}, t_2), \quad (7.7)$$

$$\frac{V_{\text{н}}}{V_{\text{в}}} = f\left(\frac{\lambda_{\text{н}} t_1}{\lambda_{\text{в}} t_2}\right). \quad (7.8)$$

Зная t_1 , t_2 , $\lambda_{\text{в}}$, можно вычислить $\lambda_{\text{н}}$.

Следует указать, что на вязкость жидкостей существенное влияние оказывают давление, температура и их химический состав.

Применяемый для этой цели прибор называется вискозиметром Энглера, в отличие от вискозиметров, применяемых при изучении других физических процессов и основанных на изучении

скорости падения или вращения определённых тел в исследуемой жидкости.

Вязкость жидкости, определённая вискозиметром Энглера, определяется в градусах Энглера и обозначается буквами ВУ (вязкость условная). При этом в индексе указывается температура, при которой выполнены определения: например, ВУ₂₀, ВУ₅₀ и т.д.

Вязкость жидкости зависит от температуры и давления неодинаково. С повышением температуры вязкость уменьшается, а с повышением давления - увеличивается (Броуновское движение). Сопоставление вязкостей различных типов нефтей при одних и тех же условиях ($T=\text{const}$, $P=\text{const}$) показало, что наибольшей вязкостью обладают нафтеновые нефти, содержащие в основном углеводороды нафтенового ряда, далее идут ароматические нефти с высоким содержанием ароматических углеводородов, затем парафиновые нефти и минимальной вязкостью обладают нефти, содержащие в основном непредельные УВ.

Поверхностное натяжение - это сила, с которой жидкость сопротивляется увеличению своей поверхности.

$$\text{Вед. поверхн. натяжения} = \frac{F_{\text{дин}}}{l_{\text{см}}}, \text{ где } l = 1 \text{ см (м, и т.д.)}. \quad (7.9)$$

Поверхностное натяжение - это одна из основных характеристик, используемых в нефтяной геологии, так как она характеризует возможность и степень распространения нефти в породах, а также играет важную роль при использовании нефтяных эмульсий, природных и искусственных нефтяных дистилляторов, смазочных масел и т.д.

Застывание - это свойство нефти загустевать при понижении температуры. В некоторых случаях даже при незначительном понижении температуры нефть становится малоподвижной или совсем неподвижной, т.е. «густой». Переход густой нефти в жидкое состояние называется плавлением. В природных условиях нефть, как правило, встречается в жидком состоянии.

Очевидно, что застывание и плавление нефти напрямую связаны с содержанием в ней парафина, имеющего из всех углеводородов, содержащихся в нефти, самую невысокую температуру застывания ($T_{\text{застывания парафина}} + 10^0\text{C}$), кроме того, здесь су-

ущественную роль играют смолистые вещества, обладающие свойством задерживать выделение парафина. Для нефтей месторождений Узбекистана температура застывания варьирует от -17°C (месторождение Ангора, отложения палеогеновые, нефти парафиновые, удельный вес $0,853 \text{ г/см}^3$ при $+20^{\circ}\text{C}$; месторождение Сев. Уртабулак, юрские карбонатные отложения, нефти беспарафиновые, удельный вес $0,887 \text{ г/см}^3$).

Испарение - это процесс парообразования, происходящий только на поверхности нефти при самых разнообразных температурных условиях.

Кипение - это процесс, при котором вся масса жидкости выделяет пары. Кипению обычной жидкости соответствует определённая температура кипения (точка кипения), зависящая от давления.

Учитывая, что нефть представляет собой гомогенную смесь (раствор) углеводородов различного состава и различных свойств, она не имеет определённой температуры кипения. Различают начальную и конечную температуру кипения, которые определяются процентным содержанием отдельных групп УВ.

Определение начального кипения и конечного кипения, а также процентного содержания отдельных фракций, кипящих в известных пределах, производится путём разгонки.

Наиболее широко используется разгонка по Энглеру, производящаяся до 300°C . Как было сказано выше, чем ниже удельный вес нефти, тем больше она содержит лёгких фракций. Поэтому и закипает такая нефть при более низкой температуре. В Узбекистане в основном распространены нефти удельным весом от $0,801 \text{ г/см}^3$ (месторождение Ходжиосман, Юго-Западный Юлдузак) до $0,943 \text{ г/см}^3$ (месторождение Муллахол, меловые отложения) с температурой кипения соответственно от 125 до 200°C .

Вспышка - это процесс, при котором пары нефти в смеси с воздухом дают при приближении пламени вспышку. Этот процесс характеризуется температурой вспышки.

Воспламенение - это процесс аналогичный вспышке, но при этом происходит не только возгорание паров нефти, но и самой жидкости. Естественно, что этот процесс происходит при более высокой температуре.

Хотя вспышка служит одной из обычных характеристик нефтей и нефтепродуктов, но она является весьма условной, так как на получаемые величины 1° вспышки существенно влияют методика измерения и характеристика используемой аппаратуры.

Теплоёмкость - количество тепла (в калориях), которое необходимо затратить для нагревания 1г нефти на 1° .

Теплоёмкость нефтей в Узбекистане колеблется от 0,4 кал до 0,5 кал и, как правило, уменьшается с повышением удельного веса нефти.

Теплота сгорания нефти (теплотворность) - это количество тепла (в калориях), выделяемое при сгорании 1кг нефти. Теплота сгорания нефтей, распространённых в нефтегазоносных районах республики Узбекистан изменяется от 10300 до 10800 калорий.

Чем меньше удельный вес нефти, тем выше её теплотворность.

Растворимость - это свойство жидких, газообразных и твёрдых веществ растворяться друг в друге. Нефть и её дистилляты в воде растворяются в ничтожно малых количествах. Например, вода растворяет 0,027% керосина, т.е. 1м³ воды может растворить 270г.

Нефть и нефтепродукты хорошо растворяются в органических растворителях: в бензоле, хлороформе, четырёххлористом углероде, сероуглероде, эфире и т.д. На этом свойстве нефти основано определение нефтенасыщенности пород путём получения из них нефтяных вытяжек.

Сами нефти и нефтепродукты являются хорошими растворителями для йода, серы, каучука, многих смол, а также большинства животных и растительных масел. Вода растворяется в нефти не более, чем на 0,005%.

Низкокипящие фракции нефти (бензин и керосин) являются хорошими растворителями для смолистых и асфальтовых веществ.

При определённых $P_{пл}$ (в системе СИ давление измеряется в МПа. $1 \text{ кгс/см}^2 = 10^5 \text{ Па} = 0,1 \text{ МПа}$), $T_{пл}$ нефть может растворяться в газе. Так, для нефтей и нефтяных месторождений Республики Узбекистан этими условиями являются $P_{пл} > 420 \text{ ата}$ (или $P_{пл} > 42,0 \text{ МПа}$), $T_{пл} > 105^\circ\text{C}$ (месторождение Кокдумалак, верхнеюрские карбонаты).

Электрические свойства - это способность тел проводить электрический ток.

Нефть и её производные по отношению к электрическому току являются диэлектриками. Сопротивление, которое они оказывают прохождению электрического тока, велико.

Оптические свойства нефти - это её способность вращать плоскость поляризации света, или иначе говоря, способность к оптической активности.

Химические свойства

Нефть - это смесь различных углеводородных соединений парафинового и ароматического рядов различного молекулярного веса (до 95%) и небольшого количества (до 5%) неуглеводородсодержащих соединений (соединений, содержащих, кроме C и H, O, N и S).

Таблица 7.5

Содержание основных элементов в нефти.

Наименование/ показатели	C	H	S	O	N
1. Содержание в нефти элементов (в %)	84-87%	12-14%	0-2%	1-1,5%	1-1,5%
2. В каком виде встречаются в нефти	Входят в состав углеводородов, образующих собственно нефть	В свободном состоянии и в органических соединениях	Входит в состав нафтенновых кислот	Входит в состав азотосодержащих органических соединений	

Сера в нефтях чаще всего встречается в свободном состоянии, но главным образом в виде органических соединений.

Азот присутствует в виде азотсодержащих органических соединений.

Кислород присутствует, главным образом, в нафтенновых кислотах.

Все углеводороды, смесь которых образует нефть, распределяются в некоторое число рядов, каждый из которых может быть выражен определенной схемой (табл. 7.6.).

Ряды УВ, образующих нефть

Углеводороды	Химическая формула	Физическое состояние углеводородов	Тип нефти
Парафиновые углеводороды (алканы)	C_nH_{2n+2}	C_1H_4 - C_4H_{10} - газообразные C_5H_{12} - $C_{16}H_{34}$ - жидкие $C_{17}H_{36}$ и далее - твердые	Метановая (парафиновая)
Нафтеновые углеводороды (алкены)	C_nH_{2n}	C_2H_4 - C_3H_6 -газ C_4H_8 и выше жидкости	Нафтеновая
Диеновые углеводороды (алкадиены, алкины)	C_nH_{2n-2}	$(C_5H_8)_n$ - твердый, C_4H_6 - жидкость, C_3H_2 - газ	Не определяют тип нефти
Ароматические углеводороды (арены)	C_nH_{2n-6}	C_6H_6 - и выше жидкости	Ароматическая
	C_nH_{2n-8}	Жидкости	Не определяют тип нефти
	C_nH_{2n-10}	Жидкости	То же
	C_nH_{2n-12}	Жидкости	То же
	и.т.д.		

Каждый из приведенных в табл. 7.6 рядов состоит из серии углеводородов. Члены этого ряда называются гомологами и отличаются каждый от предыдущего на группу CH_2 (т.е. увеличением плотности и повышением точки кипения).

В каждом ряду могут быть соединения одинакового элементного состава, но отличающиеся физическими и химическими свойствами, которые называются изомерами.

Гомологи, имеющие одинаковый процентный состав, но различный вес частиц, называются полимерами- $(C_n 2H_{2n}+2)n$.

Нефти классифицируются (табл. 7.7):

- по типу углеводородных соединений;
- по содержанию парафина;
- по содержанию серы;
- по содержанию асфальтенов и смол.

Таблица 7.7

Классификация нефтей

Нефти по типу углеводородных соединений	По содержанию парафина	По содержанию серы	По содержанию асфальтенов и смол
1. Метановое содержание $C_nH_{2n+2} > 50\%$, $H_2 > 80\%$ 2. Нафтенное содержание $C_nH_{2n+2} > 50\%$, $H_2 > 60\%$ 3. Ароматическое (бензольное) содержание $C_{12}H_{2n-6} > 50\%$, $H_2 > 50\%$ 4. Смешанные: метано-нафтенные; бензольно-афтенные и др.	1. Беспарафиновые. Содержание парафина до 1% 2. Слабopарафинистые, содержание парафина 1-2% 3. Парафинистое содержание парафина свыше 2%.	1. Малосернистое содержание S до 0,5%. 2. Высокосернистые, содержание S свыше 0,5%. 3. Бессернистые 4. Следы S	1. Малосмолистые, содержание смол менее 8%. 2. Смолистые, содержание смол 8-28% 3. Сильно смолистые, содержание смол более 28%

Примечание Асфальтены - высокомолекулярные органические соединения, содержащие кроме C и H_2 , S_2 и O_2 . По внешнему виду представляет собой бурые или черные аморфные порошки.

Смолы — полужидкие, иногда почти твердые, тягучие, темно-желтые или темно-коричневые вещества удельного веса несколько выше 1. По своим химическим свойствам напоминают асфальтены.

7.4. Природные газы

Газами принято называть вещества, которые в отсутствии внешних сил (например, силы тяжести) равномерно заполняют представленное им пространство и оказывают давление (называемое также упругостью газа) на оболочку, ограничивающую занимаемое ими пространство.

Газы, выделяющиеся в природных условиях из недр земли или скапливающиеся на глубине в горных породах, называются природными или естественными.

По происхождению природные газы разделяются на:

- ювенильные, связанные генетически с внутренними частями Земли;
- водозные, связанные с породами поверхностных зон земной коры.

Ювенильные газы - это газы, образованные:

- в результате взаимодействия воды с карбидами и другими солями металлов (карбидная теория Менделеева);
- в результате соединения C и других газообразующих элементов с H под действием высоких температур и давлений в недрах Земли при движении магмы из мантии в земную кору;
- в результате биохимического разложения органических и других соединений, содержащих газообразующие элементы, под действием температуры, давления и других факторов, вызывающих эти процессы.

Водозные газы - это газы, образованные в поверхностных зонах земной коры:

- в результате биохимического разложения органических соединений (болотный газ);
- в результате химических реакций между минералами, слагающими верхние слои земной коры и проникшими по трещинам и разломам поверхностными водами, а также конденсационными растворами на водной основе, образовавшимися в процессе остывания магмы;
- в результате воздействия на горные породы высоких температур и давлений при погружении пород с поверхности в более глубокослегающие слои земной коры.

Таким образом, как ювенильные, так водозные газы можно разделить по происхождению на два больших класса: первый, включающий генетические группы газов, образующиеся в земной коре; второй, включающий группы газов миграционного характера.

В связи с условиями образования природные газы имеют весьма разнообразный (по спектру химических элементов и их образующих) химический состав, который можно разделить на основные элементы и сопутствующие.

К основным элементам, образующим природные газы, относятся O_2 , H_2 , C, N, сочетание которых составляют до 95% объема любого природного газа.

Доля остальных элементов не превышает 5%.

Из газов, составляющих незначительное количество (2-5%), основными являются соединения водорода с серой (H_2S), водорода с галогенами (Cl , F , Br и др.), инертные газы, сульфиды, хлориды.

Классификация природных газов

В зависимости от происхождения В.И. Вернадский в 1912 году предложил следующую классификацию:

- 1) газы земной поверхности;
- 2) газы, связанные с высокой температурой;
- 3) газы, проникающие через земную кору (газы атмосферы, газы тектонических струй и газы газовых источников).

Исходя из химического состава газов разного происхождения В.И.Вернадский (по преобладанию того или другого газообразующего элемента) подразделяет их на азотные; углекислые; метановые; водородные; водяные газовые струи.

В последующем эти классификации уточнялись и видоизменялись, однако основой является классификация, предложенная В.И.Вернадским.

Из генетический классификаций наиболее известна классификация В.В. Белоусова и др., дополненная А.Л. Козловым (1950г.), учитывающая не только происхождение газов, но и их химический состав (табл. 7.8)

В.А. Соколов в 1930г. по химическому составу разделил газы на три группы: 1) газы углеводородные; 2) газы углекислые; 3) газы азотистые.

В 1956г. он же предложил новую классификацию, в которой генетические признаки и химический состав газов привязывались к определённым частям земной коры.

1. Газы атмосферы - воздух, характеризующийся более или менее однородным составом до высоты 30-40км, содержащий такие газы как N_2 O_2 и редкие газы, не встречающиеся в других газах.
2. Газы земной поверхности, в составе которых присутствуют газы, образующиеся в результате жизнедеятельности животных и растительных организмов или их распада (CO_2 , CH_4 , CO , N_2O , NH_3 и др.) в смеси с атмосферным воздухом.

Таблица 7.8.

**Классификация природных газов
(по В.В. Белоусова и А.Л. Козлову)**

Группы газов	Условия образования	Химический состав
А. Генетические, образующиеся в земной коре.		
1. Газы биохимического происхождения	Образуются в процессе разложения микроорганизмами органических веществ и минеральных солей	CH_4 , CO_2 , $\text{C}_n\text{H}_{2n+2}$, N_2 , H_2S , H_2 , O_2 , NH_3 и др. ¹
2. Газы природных химических реакций	Образуются в результате обменного разложения органических веществ и минеральных солей	CO_2 , H_2S , NH_3 и др.
3. Газы метаморфического происхождения	Образуются в результате воздействия на горные породы высоких температур и давлений (термометаморфизм и динамометаморфизм)	CO_2 , H_2S , CH_4 , C_nH_{n+2} , CO , N_2 , HCl , HF , NH_3 , $\text{B}(\text{OH})_3$, SO_2 , Cl_2 , H_2 сульфиды, хлориды.
4. Газы радиоактивного происхождения	Образуются при самопроизвольном распаде радиоактивных элементов	He , Ra (Rn) Th , Ar , Xe
5. Газы радиохимического происхождения	Образуются из различных химических соединений под влиянием радиоактивных излучений (α -лучи)	H_2 , O_2 , CH_4 , CO , C_nH_{2n} , CO_2 и др.
6. Газы радиохимического происхождения	Образуются в результате ядерных реакций	Все элементарные газы
Б. Миграционного характера.		
1. Газы космического происхождения	Газы, сохранившиеся со времени образования Земли как планеты	Все инертные газы
2. Газы воздушного происхождения	Образуются в результате проникновения в литосферу атмосферного воздуха	O_2 , N_2 , инертные газы
3. Газы магматические (газы подкорковых глубин).	Диффундируют или приносятся с магмой из внутренних частей Земли	Вероятно те же, что и газы метаморфического происхождения

3. Газы осадочных толщ, в том числе газы нефтяных, угольных и чисто газовых месторождений. Встречаются как в свободном состоянии в горных породах, так и в растворенных в подземных водах и нефтях ($C_{20}H_{42+10}$, CH_4 , NO , CO , CO_2 , N_2O , NH_3).
4. Газы изверженных пород, в составе которых наблюдается повышенное содержание CO_2 , а в вулканических газах отмечается примесь водяных паров, H_2 и других продуктов высокотемпературных реакций.

Углеводородные газы

Наибольший интерес для нефтяной геологии представляют углеводородные газы, которые по классификации Белоусова и др. относятся к газам биохимического, метаморфического и миграционного (газы подкоровых глубин) происхождения, а по классификации В.А.Соколова - к газам осадочных толщ.

Газ чисто газовых скоплений может находиться в недрах земли в огромных количествах и под очень большим давлением (свыше 100 атм.).

В нефтяных скоплениях газ может располагаться под скоплением нефти в свободном состоянии или в растворенном, насыщая нефть.

Химический состав углеводородных газов

Газы нефтяных и газовых скоплений — это газы горючие, основной составной частью которых является метан (CH_4). В виде примеси к последнему обычно присутствуют тяжелые углеводороды, углекислый газ, азот, сероводород, инертные газы (аргон, криптон, ксенон и гелий). Свободный водород и окись углерода, как правило, отсутствуют.

В некоторых газах CO_2 и N_2 могут преобладать над CH_4 , но для всей группы в целом главной составной частью является метан. Поэтому описываемая группа природных газов называется метановой.

Как правило, газы, содержащие в своём составе более 0,4% тяжёлых углеводородов, представленных компонентами тяжелее этана, бывают связаны с нефтяными скоплениями. Содержание углекислоты в углеводородных газах, приуроченных к промыш-

Таблица 7.9.

Классификация углеводородных газов по составу

Показатели	Сухие (белные)	Жирные (богатые, влажные)
Содержание гомологов ряда C_nH_{2n+2}	$CH_4 > 70\%$ $C_2H_6 > 15\%$ $C_3H_8 < 2\%$ $C_4H_{10} < 1\%$ $C_5H_{12} < 1\%$ $C_6H_{14} < 0,4\%$	$CH_4 < 75\%$ $C_2H_6 > 5\%$ $C_3H_8 > 5\%$ $C_4H_{10} > 5\%$ $C_5H_{12} > 5\%$ C_6H_{14} и выше $< 5\%$
Содержание газового бензина (конденсата)	$60-100 \text{ г/м}^3$	$> 100 \text{ г/м}^3$
Содержание H_2	до 1%	Менее 1%
Содержание CO_2 и N_2	до $0,2-0,4\%$	до $0,2-0,4\%$

ленным скоплениям углеводородов, обычно невелико и лишь в отдельных случаях достигает 7-8%. Редко количество глиеислоты может достигать 18-20%.

Для поисков скоплений нефти и газа необходимо знать отличие химического состава углеводородных газов этих скоплений от газов почвы и подпочвы, образующихся в современных условиях, от газов каменноугольных месторождений и от других групп газов, не связанных со скоплениями нефти и газа.

По данным В.А. Соколова (1956) в газах, образующихся в почве, доминируют CO_2 , N_2 . Кроме этого, в них присутствуют различные летучие компоненты (эфир и др.).

Не исключено присутствие CH_4 (особенно в болотных газах, где CH_4 достигает 53% и встречаются тяжелые компоненты до 0,01%).

В газах каменноугольных месторождений преобладают в приповерхностной части CO_2 и N_2 , а в подошвенной части пласта - N_2 , CH_4 и C_2H_6 . Отмечается также присутствие тяжелых УВ.

Основные физические свойства углеводородных газов

Удельный вес газа или газовой смеси определяется отношением веса единицы объема газа по отношению к весу одинакового объема сухого атмосферного воздуха, удельный вес которого принимается равным 1 при $0^\circ C$ и 760 мм рт.ст. Чем больше удельный вес газовой смеси, тем богаче газ тяжелыми углеводородами. Наоборот, небольшой удельный вес указывает на

обилие в газе CH_4 , следовательно, на принадлежность его к сухим газам.

Для каждого газа существуют две границы: тепловая и по давлению.

Тепловая граница - это наивысшая температура, при которой и выше которой газ не переходит в жидкое состояние, как бы невелико было давление.

Предельное давление - это давление, ниже которого газ не переходит в жидкое состояние как бы ни понижалась температура.

Температура, соответствующая тепловой границе, и давление, соответствующее предельному давлению, называются критическими: $T_{кр}$ и $P_{кр}$. При $T \approx T_{кр}$ и $P \approx P_{кр}$ газ имеет возможность переходить из газообразного состояния в жидкое и наоборот.

Знание $T_{кр}$, $P_{кр}$, $T_{кип}$, $T_{плавл}$ УВ позволяет определить их фазовое состояние в пласте.

Учитывая, что в условиях нефтяных и газовых месторождений Узбекистана нефть и газ залегают под давлениями 10-900 атм (1-90 МПа) при температуре 30-150 $^{\circ}\text{C}$ нетрудно заключить, что в газообразном состоянии будут находиться метан, этан, пропан и частично бутан, а остальные УВ будут представлены их парами.

Основанием для таких выводов могут служить данные табл. 7.10

Таблица 7.10

Основные характеристики газов метанового ряда

Газ	Химическая формула	Температура плавления, $^{\circ}\text{C}$	Температура кипения, $^{\circ}\text{C}$ при $P = 760$ мм рт.ст.	Критическая температура, $^{\circ}\text{C}$	Критическое давление, атм	Удельный вес (удельный вес воздуха 1)
Метан	CH_4	-186	-160	-95,5	50,1	0,554
Этан	C_2H_6	-172,1	-84,1	+35	45,3	1,038
Пропан	C_3H_8	-189,9	-44,1	+97	45,0	1,523
Бутан	C_4H_{10}	-135	+0,3	+153	35,5	2,007
Пентан	C_5H_{12}	-131	+36,4	+197,2	33,0	2,491
Гексан	C_6H_{14}	-94	+69,0	+234,5	30,1	2,975
Гептан	C_7H_{16}	-97	+98,4	+266,83	26,9	3,495
Октан	C_8H_{18}	-56,6	+125,5	+296,4	25,2	3,944
Нонан	C_9H_{20}	-51	+150,5	-	-	4,428
Декан	$\text{C}_{10}\text{H}_{22}$	-32	+173,0	-	-	4,912

Теплота сгорания углеводородных газов - это количество тепла, которое выделяется при сгорании 1м³ газа. Теплота сгорания зависит от состава газа (табл.7.11).

Таблица 7.11.

Теплота сгорания углеводородных газов

Газ	Метан	Этан	Пропан	Бутан	Пентан	Гексан
Q _{кал. м.}	8000	15680	22400	29000	35800	54000

Углеводородные газы газовых месторождений Узбекистана характеризуются от 8600-9400кал (месторождение Урга, юрские отложения) до 30000 кал (месторождение Адамташ, юрские отложения), а нефтяных месторождений от 10000 кал (месторождение Муллаход, меловые отложения) до 20000 кал (месторождение Кокдумалак, юрские отложения).

Сокращение и расширение газов основано на подчинении газов закону Менделеева-Клайперона:

$$\frac{PV}{RT} = \frac{m}{M} R = \frac{P_{ct} V_{ct}}{T_{ct}}, \quad (7.10)$$

Согласно которому при $M/m=\text{const}$ объем газа уменьшается на 1/273 его объема при уменьшении температуры на 1⁰С при постоянном давлении. Это означает, что при $T=-273\text{K}$ газ не имел бы своего объема, т.е. эта температура называется абсолютным нулём.

Практически все углеводородные и другие газы превращаются в жидкости или в твердые тела прежде, чем эта температура будет достигнута и тогда они уже не подчиняются законам свойственным газам.

Углеводородные газы растворяется в нефти согласно закону Генри, по которому объем газа, растворенный в единице объема жидкости при постоянной температуре, называется коэффициентом растворимости, величина которого для данного газа и данной жидкости постоянна при $P=\text{const}$ и может изменяться при увеличении $P_{\text{ата}}$.

Растворимость газов в жидкостях зависит от состава газа и состава жидкости, в которой он растворяется.

Например, вода является хорошим растворителем для кислорода, углекислого газа и других газообразных соединений, содержащих кислород, в то же время метан растворяется в воде очень плохо.

В то же время в нефти хорошо растворяются метан и другие углеводородные газы, при этом количество растворённого газа зависит как от характера и свойств нефти, так и от характера самого газа.

Жирный газ более растворим, чем сухой, более легкая нефть, по сравнению с более тяжелой, будет растворять больше газа.

Для залежей УВ в республике Узбекистан характерны следующие показатели коэффициента растворимости (табл. 7.12.)

Таблица 7.12

Показатели растворимости газа в нефти

Месторождения	Возраст продукта	Глубина залегания, м	Давление, МПа	Плотность нефти	Газовый фактор, тыс. м ³ /т
Крук	Верхнеюрские карбонаты	2370	25	0,866	127
Юго-Западный Юлдузак	Меловые терригенные	1100	12	0,776	220
Кокдумалак	Верхнеюрские карбонаты	3000	57,5	0,846	600
Андижан-Бостон	Четвертичные конгломераты	500	6,5	0,860	135
Андижан-Бостон	Палеогеновые	800	10	0,854	120
Хартум	Меловые	4100	44,0	0,836	135
Муллахон	Меловые	1100	12	0,954	2050

Примечание В качестве показателя растворимости обычно используются газовый фактор, характеризующий объемное содержание газа в 1 т. нефти, и пересчетный коэффициент, характеризующий усадку нефти (сокращение ее объема) за счет выделения из нее ранее растворенного газа.

В зависимости от величины давления коэффициент растворимости может подвергаться значительным изменениям.

Так, при давлении до 10 атм (до 1 МПа) коэффициент растворимости C_2H_6 составляет 3, а при 25 атм (2,5 МПа) он приближается к 5. Ещё сильнее от закона Генри отклоняется растворенный C_4H_{10} . При давлении 5-7 атм (0,5-0,7 МПа) его коэффициент растворимости достигает 30-50. Поэтому при контакте газовой смеси с нефтью первыми будут растворяться более жирные газы, а затем по мере увеличения давления более сухие (этан, метан). Уменьшение газового давления вызовет обратный процесс - выделение из раствора сначала мало растворимых газов (азота, метана), а затем более жирных, тяжелых. Эти процессы называются селективной растворимостью и селективным освобождением.

Давление в залежи нефти, при котором весь имеющийся газ полностью растворён в нефти, называется давлением насыщения.

7.5. Конденсаты

Конденсаты - это растворенные в газе легкие компоненты нефти. Конденсаты называют светлыми нефтями. Плотность их 698-840 кг/м³. Они практически полностью выкипают до 300°C и не содержат смолисто-асфальтеновых веществ. Также конденсаты могут перейти в жидкое состояние в пласте, когда снижается давление.

Различают конденсат сырой и стабильный. *Сырой* конденсат представляет собой жидкость, которая выпадает из газа непосредственно в промышленных сепараторах при давлении и температуре сепарации. Он состоит из жидких (при стандартных условиях) УВ, т.е. из пентанов и высших (C_6 +выш.), в которых растворено некоторое количество газообразных УВ - бутанов, пропана и этана, а также H_2S и других газов.

Стабильный конденсат состоит только из жидких УВ - пентана и высших (C_5 +выш.) Его получают из сырого конденсата путем дегазации последнего. Температура выкипания основных компонентов конденсата находится в пределах 40-200°C.

По количеству конденсата газы газоконденсатных месторождений делятся на газы с низким содержанием конденсата (до 150 см³/м³), средним (150-300 см³/м³), высоким (300-600 см³/м³) и очень высоким (более 600 см³/м³).

Переход фракций нефти в газообразное состояние при повышении T^0 и $P_{атм}$ позволяет предположить, что в земной коре на больших глубинах, где $T^0 > 100^\circ\text{C}$, а $P > 200$ атм ($P > 20$ МПа), нефть находится в газообразном состоянии, облегчающим её миграцию.

7.6. Другие углеводородные продукты

Асфальты. Под асфальтами подразумевается довольно большая группа аморфных веществ, состоящих главным образом из углерода и водорода, отличающихся различной степенью плавкости и твердости.

Различают собственно асфальты или горные смолы, асфальтиты, асфальтовые породы. Асфальты или горные смолы образуют обычно на поверхности Земли более или менее обширные скопления в виде вязкой или полувязкой массы. Они образовались в результате испарения легких фракций из нефти с одновременным обогащением остатка смолами и другими высокомолекулярными углеводородными соединениями, образующимися при одновременных процессах их окисления и конденсации. Асфальтиты - отличаются от асфальтов значительной твердостью и блеском и почти не содержат минеральных примесей, являясь таким образом, почти чистыми битумами. Они являются продуктами метаморфизации нефти и, как правило, выполняют трещины в породах. Встречаются в скоплениях в виде жил в твердых (скальных) породах.

Асфальтовые породы - образовались из асфальтов и асфальтитов при смещении последних с минеральными частицами. Доля последних в этой смеси превышает 50%. Асфальтовые породы, известные в мире, это асфальтовые известняки, асфальтовые песчаники и др.

Пиробитумы. Пиробитумами называются породы с ещё более высокой степенью метаморфизации битумов, проявляющие свою битуминозность только при сильном прокаливании, благодаря которому при этом выделяются летучие битуминозные вещества.

К пиробитумам относятся антраксолиты, шунгиты, дальбертиты и т.д. Они представляют собой крайние члены ряда битумов.

По внешнему виду пиробитумы похожи на наиболее метаморфизованные породы угольного ряда (каменный уголь, антрацит) и отличаются от последних составом (антрацит, каменный

уголь содержат от 86 до 94% С и от 1,5 до 5%Н, пиробитумы - от 80 до 86% С и от 5 до 10% Н).

В смеси с минеральными неорганическими веществами пиробитумы образуют пиробитуминозные породы: пиробитуминозные угли (богхеды), различные горючие сланцы и т.д.

Озокериты. Озокериты (горный воск) являются аморфными минералами по твёрдости и пластичности, представленными разностями от мазеобразных до твёрдых и хрупких. Издавна озокериты назывались горными восками из-за сходства с воском, вырабатываемом пчёлами.

Озокериты состоят из смеси высших насыщенных или парафиновых углеводородов ряда C_nH_{2n+2} с большей или меньшей степенью жидких или газообразных углеводородов, а также смол, входящих в состав нефти.

Цвет озокерита изменяется от светло-зелёного до тёмно-коричневого и чёрного в зависимости от содержания в нём асфальтовых веществ и смол.

Удельный вес озокеритов изменяется от 0,910 до 0,97 и в значительной степени зависит от содержания смол. Температура плавления от 60 до 80°C, в редких случаях повышается до 90 - 100°C.

Одними из основных физических свойств, определяющих промышленную значимость озокеритов, являются вязкость, липкость, твёрдость.

Вязкость озокеритов определяется по обычной методике и характеризует сопротивление пластичных мазеобразных веществ, находящихся на расстоянии 1м при действии силы, обеспечивающей перемещение этих слоев друг относительно друга со скоростью 1см/с (абсолютная вязкость).

Липкость озокеритов - это их способность покрывать поверхность твердых тел слоем определенной толщины. Липкость - свойства, доставшиеся озокеритам от жидкостей вследствие их аморфного характера и определяется поверхностным натяжением, свойственным жидкостям. Вязкость и липкость обуславливают очень ценные пластические свойства озокеритов.

Твердость озокеритов - это свойство их сопротивляться проникновению иглы под определенной нагрузкой. Скорость проник-

повення иглы называется пенерацией и для каждого типа озокеритов является величиной постоянной.

Озокериты генетически связаны с парафинистой нефтью. Основным компонентом нефтей этого типа являются парафиновые углеводороды, представленные от низкоплавких (T^0 плавления 24-26 $^{\circ}$ C) до высокоплавких (T^0 плавления свыше 100 $^{\circ}$).

Озокериты в зависимости от условий кристаллизации классифицируются на:

- крупнопластичатые кристаллы, из кристаллического скелета которых довольно легко удаляется некристаллизовавшаяся жидкость, создающая в технологических процессах очистки парафинов эффект «выпотевания»;

- мелкокристаллические массы парафинов, на поверхности кристаллов которых находится значительное количество адсорбированных этой поверхностью масел.

Если первая группа представляет собой собственно парафины, то вторая группа, отличающаяся наличием адсорбированных (по поверхности мелких кристаллов) масел от обычных парафинов, называется церезинами или изопарафинами.

В природе встречаются озокеритовые накопления двух типов: жилные и пластовые.

Жилные скопления озокеритов представляют собой сочетание типичных жил, выполняющих полости сбросовых трещин в толще пород, перекрывающих скопления парафиновой нефти.

Пластовые скопления озокерита представлены равномерным пропитыванием озокеритами песчаных, известковистых или других пород, имеющих структурные пустоты.

Происхождение озокеритов в настоящее время объясняется, в основном, двумя группами гипотез.

Первая группа гипотез связывает образование озокеритов в процессе кристаллизации высокомолекулярных углеводородов при охлаждении нефти.

В свою очередь, процесс охлаждения нефти, может происходить в двух направлениях, что отражено, соответственно, в двух теориях: геотермальной и дегазационной.

Геотермальная гипотеза предполагает охлаждение нефти при ее движении из недр земли к ее поверхности.

Дегазационная теория предполагает расширение нефтяных газов, выделяющихся из нефти при наличии тектонических трендов, по которым эти газы двигаются из места скопления нефти в более верхние зоны земной коры. В последнем случае расширение нефтяных газов будет носить адиабатический характер, предполагающий отсутствие дополнительного притока теплоты в зону охлаждения вследствие плохой теплопроводности горных пород и значительной скорости расширения.

Вторая группа гипотез связывает происхождение озокеритов с самостоятельным их образованием при аккумуляции углеводородов или как продукт остаточных битумов, после выделения из них (в процессе диффузии) более легких разностей.

Контрольные вопросы

1. Что такое «каустобиолиты»?
2. Как образуется уголь?
3. Какие существуют виды углей?
4. Как образуются горючие сланцы?
5. Какие существуют гипотезы о происхождении нефти?
6. Основные положения органической теории.
7. Основные неорганические теории происхождения нефти.
8. Кто был основоположником органической теории в Узбекистане?
9. Сформулируйте понятие «нефть».
10. Какой химический состав имеет нефть?
11. Какие основные физические свойства нефти?
12. Что такое критическое давление и «критическая температура»?
13. Какие газы называются природными?
14. Охарактеризовать углеводородные газы.
15. Химический состав углеводородных газов.
16. Физические свойства углеводородных газов.
17. Образование углеводородных газов.
18. Охарактеризовать конденсаты.
19. Охарактеризовать асфальты.
20. Охарактеризовать ниробитумы.
21. Охарактеризовать озокериты.

Глава 8. КОЛЛЕКТОРЫ И ФЛЮИДОУПОРЫ. ПРИРОДНЫЕ РЕЗЕРВУАРЫ.

8.1. Физические свойства горных пород.

Горные породы, как и все физические тела, имеют ряд общих физических свойств, о которых было сказано в предыдущих лекциях: агрегатные состояния, удельный вес и удельная плотность, твердость, крепость, электропроводность и т.д.

Кроме этих, общих, в нефтегазовой геологии рассматривается ряд свойств, являющихся определяющими при изучении скоплений углеводородов в горных породах, а также возможностей образования таких скоплений и движения нефти и газа в пластах горных пород. Эти свойства названы коллекторскими, от слова "коллектор", которое означает с латинского "собиратель", а в нефтегазовой геологии характеризует свойство горных пород аккумулировать пластовые флюиды.

Основными свойствами горных пород, относимых к коллекторским, являются пористость, проницаемость, остаточная водонасыщенность, газо-, нефтенасыщенность.

Пористость коллекторов. Каждая горная порода имеет пустоты, имеющие различное происхождение. Основной объем пустот связан со структурой горных пород, т.е. с особенностью соединения отдельных минеральных частиц (зерен), слагающих горную породу (рис.8.1.). Эти пустоты присутствуют практически

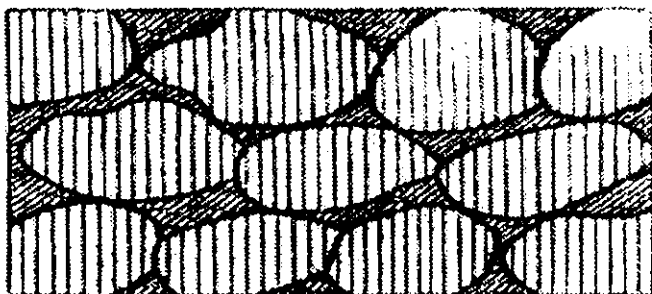


Рис 8.1. Строение пористой среды.

Зерна, слагающие горную породу: Пустоты

во всех горных породах и называются первичной (поровой, гранулированной) пористостью. Величина этих пустот зависит от размера, формы и характера поверхности минеральных зерен и может составлять от 0,01 до 30-40% от общего объема горной породы.

Наибольшей первичной пористостью обладают осадочные породы обломочного и органического происхождения, вследствие того, что первичная пористость обусловлена их происхождением (из обломков горных пород различного размера - обломочные, в результате формирования защитных оболочек в процессе жизнедеятельности животных и растений - органогенные).

Первичная пористость формируется в процессе формирования самой горной породы и является сингенетичной (т.е. одновременно образованной) по отношению к горной породе.

Как в процессе их образования, так и в последующем горные породы продолжают испытывать воздействия давления и температуры при погружении их на глубину, воздействия тектонических движений, а также воздействия растворов различной минерализации и эманаций природных газов, перемещающихся в горных породах.

Вследствие этих воздействий, называемых также вторичными процессами, к первичным пустотам добавляются вторичные, образовавшиеся в результате воздействия вторичных процессов.

Вторичные пустоты в практике работ на нефть и газ получили название вторичной пористости. Из наиболее распространенных разновидностей вторичных пустот выделяются каверны и трещины.

Каверны - это пустоты, образованные в результате растворения проходящими через горную породу растворами и эманациями природных газов минералов, слагаемых горную породу, или образовавшиеся в процессе минералогического изменения под их воздействием исходной горной породы (доломитизация). Процесс кавернообразования может быть как сингенетическим, так и диагнетическим.

Трещины - это пустоты, образованные в горных породах в результате воздействия давлений, возникающих как при погружении пород на глубину при естественном режиме накопления

осадочных толщ, так и при тектонических движениях, наблюдаемых после завершения формирования горных пород. Как и каверны, трещины могут быть как сингенетические, так и диагенетическими.

Степень пористости пород называется коэффициентом пористости.

Коэффициент пористости является количественной характеристикой физического свойства - пористости, т.е. способности породы обрабатывать внутри себя пустоты. Обозначают коэффициент пористости либо K_n , либо буквой m .

Коэффициент пористости показывает, какую долю от общего объема породы составляют пустоты, т.е.

$$K_n(m) = \frac{V_n}{V_m} \quad (9.1)$$

где V_n - общий объем всех пустот, находящихся в образце породы;

V_m - объем образца.

Коэффициент пористости определяется либо в долях единицы по вышеприведенному уравнению, либо в процентах по уравнению

$$K_n(m) = \frac{V_n}{V_m} \cdot 100\% \quad (9.2)$$

Трещины, каверны и структурные поры в совокупности образуют поровое пространство горной породы, в котором и содержатся все флюиды (нефть, природный газ, вода, различные растворы и эманации).

Для всех видов коллекторов по виду различают:

- общую пористость, представленную всеми пустотами, имеющимися в объеме породы;
- открытую пористость, образованную открытыми пустотами, сообщающимися между собой;
- закрытую пористость, образованную изолированными пустотами и порами, не сообщающимися с системой открытых пор;
- эффективную пористость, т.е. тот объем пустот, в котором содержатся и могут перемещаться пластовые флюиды (т.е. объем открытых пор за вычетом из него объема связанной воды);

- первичную пористость, объем которой соответствует объему эпитгенетических межзерновых пор, каверн и трещин;
- вторичную пористость, соответствующую объему эпитгенетических каверн и трещин.

Все виды пористости характеризуются соответствующими коэффициентами пористости.

Общая пористость, как уже было сказано ранее, характеризуется коэффициентом $K_{п(г)}$.

Открытая пористость характеризуется $K_{по}$, равным объему открытых пор, деленных на объем породы.

$$K_{по} = \frac{V_{от}}{V_n} \quad (9.3)$$

Эффективная пористость характеризуется коэффициентом $K_{п.эф}$, равным

$$K_{п.эф} = \frac{V_{эф}}{V} \quad (9.4)$$

где $V_{эф}$ - объем пор, занятых УВ,

V - общий объем породы.

Трещинная пористость характеризуется коэффициентом

$$K_{тр.п} = \frac{V_{тр}}{V} \quad (9.5)$$

где $V_{тр}$ - объем трещин, V - объем породы.

Кавернозная пористость характеризуется коэффициентом, равным

$$K_{п.кав} = \frac{V_{кав}}{V} \quad (9.6)$$

где $V_{кав}$ - объем каверн, V - объем породы

Закрытая пористость (боковая) характеризуется коэффициентом, равным

$$K_{пб} = \frac{V_{пб}}{V} \quad (9.7)$$

где $V_{пб}$ - объем закрытых пор.

Между перечисленными видами пористости существуют следующие соотношения:

$$K_n = K_{по} + K_{пз(б)}, \quad (9.8)$$

$$K_n = K_{нпр} + K_{ннав} + K_{нмз}, \quad (9.9)$$

$$K_{нэф} = K_{по} (1 - K_{во}). \quad (9.10)$$

Проницаемость горных пород. Продвижение жидкостей и газов через горную породу осуществляется путем их перемещения в поровом пространстве горных пород. Этот процесс называется *фильтрацией*.

Непрерывным условием фильтрации является перепад давлений. Отсюда *проницаемость* – это физическое свойство горных пород, заключающееся в их способности пропускать через себя жидкости и газы при существенном перепаде давления. На основании опытов (закон Дарси) было установлено, что проницаемость прямо пропорционально зависит от объема перемещающейся жидкости или газа, их вязкости, расстояния сечения пласта, в котором осуществляется перемещение, и перепада давления. Для газов в эту зависимость входит и отношение барометрического давления к приведенному:

$$\bar{P}_{\text{привед}} = P_6 + \frac{P_1 + P_2}{2}, \quad (9.11)$$

где $\bar{P}_{\text{привед}}$ - приведенное давление;

P_6 - давление атмосферное;

P_1, P_2 - начальное и конечное давления при фильтрации.

Таким образом, проницаемость горных пород может быть численно охарактеризована коэффициентом проницаемости, который определяется по формуле

$$K_{\text{нпр}} = \frac{Q \cdot \mu \cdot L}{S \cdot (P_1 - P_2)} \quad (\text{жидкость}), \quad (9.12)$$

$$K_{\text{нпр}} = \frac{Q \cdot L \cdot \mu \cdot P_6}{P \cdot S \cdot (P_1 - P_2)} \quad (\text{газ}). \quad (9.13)$$

Приведенное среднее давление $\bar{P}$ учитывает расширение газа при его перемещении из области более высокого давления (P_1)

в область более низкого давления (P_2), а отношение барометрического и приведенного давлений учитывают изменение объема газа в связи с перепадом давлений.

Q — это количество жидкости или газа, перемещающееся через пласт с поперечным сечением S на расстояние L под действием перепада давления $\Delta P = P_1 - P_2$, причем $P_1 > P_2$ μ — это вязкость жидкости (газа).

За единицу коэффициента проницаемости величина *дарси* ($1 \text{ дарси} = 1,02 \cdot 10^{-12} \text{ м}^2$) которая определяется расходом 1 см^3 жидкости в секунду вязкостью 1 сантипуаз через поперечное сечение фильтра, равное 1 см^2 при перепаде давления 1 атм. на протяжении 1 см.

Различают абсолютную, эффективную и относительную проницаемость

Абсолютная (физическая) проницаемость характеризует проницаемость пористой среды для газа или однофазной жидкости при отсутствии физико-химического взаимодействия между жидкостью и пористой средой или условия полного заполнения пористой среды газом или жидкостью.

Эффективная (фазовая) проницаемость характеризует движение какого-либо флюида в смеси с другими. Например, проницаемость породы по газу с некоторым количеством воды или нефти.

Эффективная проницаемость — величина переменная и является функцией пористости среды и насыщения этой среды различными флюидами.

Относительная проницаемость породы характеризуется отношением между величинами эффективной и абсолютной ее проницаемости и выражается безразмерной величиной меньше 1 .

Остаточная газо-, нефте- и водонасыщенность. Движение жидкости или газа в пласте определяется наличием в породе более или менее широких сообщающихся пустот (первичные поры, трещины, каверны), образующих так называемые поровые каналы. В то же время эти флюиды, называемые так же пластовыми, могут заполнять тончайшие (капиллярные и субкапиллярные) трещины и пустоты, в которых движение флюидов может быть затруднено или даже невозможно.

Кроме того, в породе могут находиться пустоты (поры), несвязанные (не сообщающиеся) между собой. Жидкость или газ, находящиеся в этих пустотах не вовлечены в движение и не будут в данной ситуации извлечены из породы. Их извлечение возможно только если эти пустоты (вследствие определенных динамических или других воздействий) приобретут связь друг с другом.

Таким образом, в породе, наряду с порами, в которых имеется возможность движения пластовых флюидов, имеются поры, в которых движение этих флюидов невозможно.

Если поры породы, первоначально были заполнены водой, которая впоследствии была вытеснена в процессе фильтрации нефтью или газом, то оставшаяся в несообщающихся, а также субкапиллярных и капиллярных порах вода является остаточной. Доля этой воды характеризует остаточную водонасыщенность пород.

Если субкапиллярные, капиллярные и изолированные поры заполнены нефтью или газом, то доля таких пор в общем объеме порового пространства характеризует, соответственно, остаточную нефте- или газонасыщенность.

Если остаточная газонасыщенность напрямую связана с долей капиллярных, субкапиллярных или изолированных пор, то как остаточная нефтенасыщенность, так и остаточная водонасыщенность связаны как с процессами вытеснения нефти и газа из пор, каверн, трещин и поровых каналов в процессе движения пластовых флюидов, так и с объемом УВ в поровом пространстве пород, так как вследствие поверхностного натяжения жидкости на стенках пор, каверн и трещин может образовываться тонкая пленка воды (гидрофильные породы) или нефти (гидрофобные породы). Это пленочная вода (нефть) вносит свой дополнительный вклад в остаточную водо- (нефте-) насыщенность.

8.2. Породы - коллекторы

Коллектором может быть любая горная порода, обладающая пористостью и проницаемостью, так как коллекторы должны обладать не только емкостью, способной вмещать флюиды, но и

системой каналов, через которые возможно движение этих флюидов при перепадах давления.

Формирование пород-коллекторов определенного минералогического состава и строения зависит от большого количества геологических факторов, не только определяющих образование пород различного генезиса и вещественного состава, но и оказывающих влияние на формирование их структурных и текстурных особенностей.

Типы коллекторов

Как уже было сказано ранее, поровое пространство коллекторов представлено межзерновыми порами, трещинами, кавернами, карстовыми полостями. Во многих случаях поровое пространство представляет собой сложное сочетание различных по размеру и происхождению поровых каналов взаимосвязанных и изолированных. Поэтому по структуре порового пространства коллекторы разделены на следующие группы:

- поровое (гранулярные коллекторы), в которых поровое пространство представлено в основном межзерновыми порами;
- трещинные, в которых поровое пространство представлено трещинами;
- каверновые, в которых поровое пространство представлено кавернами;
- сложного типа, в которых поровое пространство представлено сочетанием вышеперечисленных видов пор (порово-трещинные, порово-каверновые, трещино-каверново-поровые и т.д.).

К первому типу относятся коллекторы, в которых доля межзерновых пор достигает 70-80% от общего объема порового пространства.

Ко второму типу относятся коллекторы, у которых поровое пространство на 80-90% представлено трещинами.

К четвертому типу относятся коллекторы, поровое пространство которых состоит из сочетания межзерновых пор, трещин и каверн. Доля каждого из компонентов может варьировать от 3-5 до 30-50% от общего объема порового пространства. Свое название эти коллекторы получили по сочетаниям основных типов пустот в порядке их возрастания. Так например название "трещино-каверново-поровый коллектор" означает, что преобладающими в этом

тине коллектора являются межзерновые поры, затем по их доле в общем объеме пустот идут каверны и наименьшую долю составляют трещины.

Кроме строения порового пространства важную роль играют условия образования пустот. По этому параметру коллекторы разделяются на:

- коллекторы с первичной (сингенетичной) пористостью;
- коллекторы со вторичной (диагенетичной или эугенетичной) пористостью.

Как правило, к первичной пористости относится межгранулярная (межзерновая) пористость, а к вторичной - каверны и трещины. Однако последние могут быть и сингенетичными.

Первичная пористость может быть межзерновой (обломочные породы) или кристаллической (магматические, хомогенные осадочные) породы.

Вторичная пористость образуется за счет растрескивания, процессов растворения и выщелачивания, характерных особенно для магматических и карбонатных пород.

Пористость зависит не только от плотности укладки зерен породы, но и от их формы, распределения по размерам, наличия глинистого и цементирующего зерна породы материала. Особенно большую роль играет глинистость, которая может "залечить" поры, поэтому по содержанию глинистых частиц в породе и ее поровом пространстве, коллекторы делятся на:

- глинистые, содержащие глинистые частицы (фракции) в скелете породы и в поровом пространстве;
- чистые неглинистые, не содержащие глинистые фракции, коллекторы.

Связь типов коллекторов с основными типами горных пород

В зависимости от размера пор выделяют меганоры, сверхкапиллярные, капиллярные и субкапиллярные поры. Меганоры - это полости среднего радиуса более 10мм; размер сверхкапиллярных пор от 0,1 до 10мм, капиллярных - от 10^{-3} до 0,1 мм и субкапиллярных - менее 1 мкм.

Конфигурация пор тоже весьма разнообразна и зависит от характера укладки зерен: ромбоидальные поры характерны для пород с рыхлой укладкой, тетраэдрические - для пород с плотной

укладкой: целевидные - для пород с трещиноватыми зернами: для пород с жесткой связью характерны ячеистые, каверновые и каналовидные поры и трещины.

Так как характер укладки зерен в горной породе напрямую связан с условиями ее образования, можно сделать вывод, что наблюдается определенная приуроченность формы и размеров пор к породам определенного происхождения, т.е. к определенным типам горных пород (табл. 8.1)

Таблица 8.1

Характеристика порового пространства и метотипов пород

Литологический тип пород	Виды пор		Размеры пор
	первичные	вторичные	
Магматический тип пород	ячеистые, каверновые, каналовидные	каверновые трещинные	мегапоры, сверх капиллярные, субкапиллярные
Осадочные породы	ромбо-эдральные, тетраэдрические	каверновые трещинные	капиллярные, сверхкапиллярные, субкапиллярные
Метаморфические породы	каверновые, каналовидные	каверновые трещинные	мегапоры, сверх капиллярные, субкапиллярные

Магматические породы. Представлены породами двух типов: интрузивным и эффузивным.

Интрузивные породы относятся к породам с жесткой связью и имеют кристаллическое строение, для них характерны ячеистые, каверновые и каналовидные поры.

Эффузивные породы также относятся к породам с жесткой связью, но в отличие от интрузивных они имеют либо стекловидное либо скрытокристаллическое строение. Для них характерны пузырчатые, каверновые и каналовые породы.

Доля первичных пор в этих породах незначительна. Если эти породы становятся коллекторами, то только за счет вторичной пористости каверн, трещин.

Коллекторы, представленные магматическими породами, относятся к порово-каверному, порово-трещиноватому, порово-каверно-трещиноватому и порово-трещино-каверновому типам.

В нефтегазоносных районах Узбекистана такие коллекторы распространены только в породах палеозойских отложений.

Осадочные породы. Осадочные породы представлены как породами с рыхлой, так и породами с плотной, чешуйчатой укладкой зерен. В тоже время есть осадочные породы с жесткой связью. Поэтому для основных литотипов осадочных пород характерны следующие виды первичных пород:

Обломочные породы - конгломераты, гравелиты, песчаники, алевролиты, алевроиты, глины относятся к породам с рыхлой (гравелиты, песчаники, алевролиты), плотной (конгломераты, гравелиты, песчаники, алевролиты), чешуйчатой (алевриты, глины) укладкой зерен.

Для конгломератов, гравелитов, песчаников и алевролитов характерно наличие сверхкапиллярных, капиллярных и субкапиллярных пор с ромбоидальными, тетраэдрическими формами пор.

Трещины и каверны в этих породах встречаются крайне редко.

Коллекторы, приуроченные к этим породам относятся к гранулярному (поровому) типу и являются классическими коллекторами.

В нефтегазоносных районах Узбекистана эти коллекторы широко распространены в породах нижне-средне-верхнеюрской территории толщи, а также в меловых, частично в палеогеновых и неогеновых отложениях.

Для алевролитов и глин, для которых характерна чешуйчатая конфигурация, межзерновые поры близки по форме к щелевидным.

В нефтегазовых районах Узбекистана коллекторы этого типа практически не встречаются за исключением пермо-триасового комплекса, представленного продуктами выветривания палеозойских отложений.

Органогенные породы - известняки органогенного происхождения, относятся к породам с рыхлой (рифогенный комплекс) и плотной укладкой зерен.

Для пород этого типа характерно наличие меганор, сверхкапиллярных и капиллярных пор. Межзерновые поры близки по форме к ромбоидальной и тетраэдрической конфигурациям. Трещины в породах этого типа имеют достаточно ограниченное

распространение, каверны, наоборот, широко распространены в породах этого типа. Поэтому коллекторы этих отложений представлены поровым (гранулированным) и каверново-поровыми типами и в нефтегазоносных районах Узбекистана (Бухаро - Хивинский ППР) широко распространены в верхнеюрской карбонатной формации.

Хемотрогенные породы - известняки, доломиты относятся к породам с жесткой связью и плотной укладкой. Для первых характерно развитие ячеистых пор, каверн и трещин, для вторых - сверхкапиллярных, капиллярных и субкапиллярных пор.

Породы с развитыми ячеистыми порами, кавернами и трещинами образуют группу "сложных" коллекторов (трещинно-поровых, трещинно-каверново-поровых и т.д.) и в Узбекистане широко развиты в палеогеновых (Ферганский ППР, Сурхандарьинская область), верхне-среднеюрских (Бухаро-Хивинский ППР, Юго-Западные отроги Гиссара), палеозойских (Устюртский ППР) отложениях.

Породы, в которых развиты сверх капиллярные и субкапиллярные поры образуют группу тонкопоровых коллекторов и в Узбекистане широко развиты в тех же отложениях, что и описаны выше.

Метаморфические породы. Так как эти породы являются продуктами преобразования магматических, осадочных и ранее образованных метаморфических пород, то они имеют все типы пор, присущие для этих пород. Но преобладают в структуре порового пространства вторичные поры, каверны, трещины, возникающие в ранее сформировавшихся горных породах при воздействии на них высоких температур, давлений и высокотермальных растворов.

Фильтрационно- емкостные свойства коллекторов

Основные свойства коллекторов, обеспечивающие проникновение в породе нефти и газа и возможность их последующего извлечения, а также возможность их аккумуляции в пустотном пространстве пород, объединяются под общим наименованием: фильтрационно-емкостные или "коллекторские" свойства.

К ним относятся пористость (общая, открытая, эффективная, закрытая и т.д.), проницаемость, остаточная водонасыщенность, текущее газо- и нефтенасыщенность пластов.

Из перечисленных свойств, основной является пористость, с которой, например напрямую связана проницаемость, которая возможна только при наличии открытых, т.е. сообщающихся пор.

Ранее мы рассматривали классификацию коллекторов по типу порового пространства. Однако многообразие свойств горных пород, различий порового пространства, коллекторских свойств и т.д. привели к созданию ряда классификационных схем, основанных на различных признаках. Одной из наиболее употребительной в практике работ на нефть и газ является схема, предложенная М.И. Калинко (1957), И.А. Конюхова (1961) и дополнительно А.А. Ханиным (1969).

В основу этой классификации положены фильтрационно-емкостные свойства (ФЕС) пород, согласно изменению которых коллекторы разделены на 5 классов;

- I класс, к нему относятся коллекторы с наиболее высокими ФЕС ($K_{по} > 20\%$, $K_{пр} > 1000 \text{ мдарси}$);
- II класс представлен коллекторами со средними ФЕС ($K_{по} = 15-20\%$, $K_{пр} = 500-1000 \text{ мдарси}$);
- III класс включает коллекторы с невысокими ФЕС ($K_{по} = 10-15\%$, $K_{пр} = 100-500 \text{ мдарси}$);
- IV класс, представлен коллекторами с низкими ФЕС ($K_{по} = 5-10\%$, $K_{пр} = 5-100 \text{ мдарси}$);
- V класс включает коллекторы с ухудшенными ФЕС ($K_{по} = 3-5\%$, $K_{пр} = 1-5 \text{ мдарси}$).

Породы с гранулированной (межзерновой) пористостью меньше 3% и проницаемостью меньше 1мд практически не являются коллекторами.

В табл. 8.2. приведены характеристики обломочных пород по распространению в них коллекторов различных классов.

Таблица 8.2

Характеристика обломочных пород по классам коллекторов

Класс коллектора	Название породы по преобладанию гранулометрической функции	Пористость эффективная, %	Проницаемость по газу, мкм ²	Оценка коллектора по проницаемости и емкости
I	Песчаник среднезернистый	16,5	>1	Очень высокая
	Алеврит мелкозернистый	29		
II	Песчаник среднезернистый	15-16,5	0,5-1	Высокая
	Алеврит мелкозернистый	26,5-29		
III	Песчаник среднезернистый	11-15	0,1-0,5	Средняя
	Алеврит мелкозернистый	20,5-26,5		
IV	Песчаник среднезернистый	5,8-11	0,01-0,1	Пониженная
	Алеврит мелкозернистый	12-20,05		
V	Песчаник среднезернистый	0,5-5,8	0,001-0,01	Низкая
	Алеврит мелкозернистый	3,6-12		
VI	Песчаник среднезернистый	0,5	<0,001	Коллектор не имеет промышленного значения
	Песчаник мелкозернистый	2		
	Алеврит крупнозернистый	3,3		
	Алеврит мелкозернистый	3,6		

Для карбонатных пород такой четкой градации коллекторов по их ФЕС в зависимости от условий их образования не наблюдается.

Однако в общих чертах можно сказать, что коллекторы рифогенного комплекса относятся в основном к I и II классам, а коллекторы хемогенных карбонатов - к IV, V классам.

8.3. Флюидопоры

Как уже было сказано ранее, породы могут быть способны пропускать (осуществлять фильтрацию) пластовые флюиды или не пропускать их.

Породы, в которых осуществляется фильтрация, отнесены к коллекторам и рассмотрены выше.

Породы, в которых фильтрация пластовых флюидов по тем или иным причинам (геологическим, гидродинамическим, физико-химическим и др.) невозможна, отнесены к флюидоупорам.

Флюидоупоры - это породы, препятствующие движению пластовых флюидов. Они также называются непроницаемыми горными породами или покрывками.

Роль флюидоупоров могут выполнять разные породы: глины, аргиллиты, глинистые алевролиты, плотные известняки, глинисто-карбонатные и карбонатно-глинистые разности, соли, гипсы и ангидриты.

Надежность экрана во многом определяется характером флюидов. Наибольшей подвижностью обладают газообразные углеводороды.

Истинные, ложные покрывки и полупокрывки.

По экранирующим свойствам флюидоупоры делятся на истинные покрывки, ложные покрывки и полупокрывки.

Истинные покрывки - это флюидоупоры, проявляющие экранирующие свойства практически во всех ситуациях. К истинным покрывкам относятся толщи глинистых пород и солей.

Сохранение экранирующих свойств этих пород основано на их пластичности, что позволяет им в условиях любых динамических воздействий деформировать без нарушения сплошности, а также на отсутствии проницаемости в связи с низкими диффузионно-адсорбционными свойствами минералов, составляющих эти породы.

Полупокрывки - это породы, проявляющие экранирующие свойства в определенных условиях.

К полупокрывкам можно отнести толщи глинистых и соляно-ангидритовых пород, в которых экранирующие свойства зависят от однородности покрывки.

Так, для глинистых пород присутствие прослоев песчаников и алевролитов ухудшает качество экранирующей толщи.

Аналогичная ситуация наблюдается и для толщ соляно-ангидритовых пород. Увеличение доли хрупких ангидритов в этой толще также ухудшает ее экранирующие свойства, так как в случае возникновения дополнительных нагрузок у ангидритов нарушается

сплюснутость. Такие покрышки перестают быть экранами при определенных перепадах давления.

Таблица 8.3

Классификация покрышек

Классификация покрышек по Ю.А.Бакирову	Признаки подразделения
	По площади распространения
Региональные	Распространены в пределах нефтегазопосной провинции или большей ее части
Субрегиональные	Распространены в пределах нефтегазопосной области или большей ее части
Зональные	Распространены в пределах зоны или района нефтегазонакопления
Локальные	Распространены в пределах отдельных местоскоплений
	По соотношению с этажами нефтегазопосности
Межэтажные	Перекрывают этаж нефтегазопосности в моноэтажных местоскоплениях или разделяет их в полиэтажных местоскоплениях
Внутриэтажные	Разделяют продуктивные горизонты внутри этажа нефтегазопосности
	По литологическому составу
Однородные (глинистые, карбонатные, галогенные)	Состоят из пород одного литологического состава
Неоднородные смешанные	Состоят из пород различного литологического состава, не имеющих четко выраженной слоистости
Неоднородные расслоенные	Состоят из чередования различных литологических разностей пород

К категории полупокрышек можно также отнести толщи плотных глинистых известняков, глинисто-карбонатных пород, известково-сульфатных пород, гипсов, плотных песчаников и алевролитов, а также песчано-алевролитово-глинистых пород, проницаемость которых растет с увеличением содержания алевролитовых примесей и увеличением размеров поровых каналов.

Такие флюидоупоры могут удерживать флюиды только в том случае, когда избыточное давление меньше перепада давлений, при котором начинается фильтрация флюидов через эту покрывку.

Ложные покрывки - это пласты и толщи горных пород различного минерального свойства, залегающие над проницаемыми породами и имеющие по сравнению с ними существенно более низкую (например, на два порядка) проницаемость. У этих пород отличается, в основном, диффузионная проницаемость, поэтому в реальном масштабе времени они могут рассматриваться как флюидоупоры, а в рамках геологического времени таковыми не являются.

К ложным покрывкам могут быть отнесены все низкопроницаемые породы, залегающие в кровле, подошве и внутри коллекторов, которые могут иметь одинаковый минералогический состав с последними, и могут относиться к одному с коллектором типу породы.

Региональные, зональные и локальные покрывки.

По площади распространения различают региональные, зональные и локальные покрывки (табл 8.3)

Региональные покрывки имеют широкое площадное распространение, характеризуются значительной мощностью и литологической выдержанностью.

Зональные покрывки имеют (по сравнению с региональными) меньшую площадь и, как правило, выдержаны по мощности и литологическому составу в пределах ограниченной зоны.

Локальные покрывки имеют ограниченное распространение в пределах одной или группы близко расположенных структур.

Они обуславливают сохранность отдельных скоплений УВ и характер их распределения в разрезе.

Типы покрывшек.

Глинистые покрывки. Глины и глинистые породы разнообразны по своим экранирующим свойствам. У глин каолинового состава наблюдается наибольшая диффузионная и фильтрационная проницаемость, а у глин монтмориллонитового состава - наименьшая. Поэтому наилучшими экранирующими свойствами

обладают толщи, содержащие большое количество монтмориллонитовых частиц.

Разнообразие экраняющих свойств глинистых пород связано с разнообразием их физико-химических, минералогических и гранулометрических свойств.

Присутствие прослоев песчаников и алевролитов ухудшает качество экраняющей толщи.

Гранулометрический состав породы, сортировка, форма обломков, количество цемента определяют строение и размеры поровых пространств, которые, в свою очередь, определяют проницаемость и пористость породы.

Низкая пористость и проницаемость обеспечивают надежность покрышки. Так как размер поровых каналов глинистых пород очень мал, то для фильтрации нефти и газа через систему поровых каналов глинистых пород требуются большое давление.

С ростом плотности глин уменьшается их проницаемость. С увеличением содержания в глинах алевролитовой примеси и увеличением размеров поровых каналов проницаемость возрастает. Чем меньше проницаемость глин, тем больше должен быть перепад давлений для прорыва газа через них.

Так, по данным Г.А.Габриелиянца, для глин-покрышек Амударьинской метасинклинали (в эту территорию входят некоторые нефтегазонасыщенные районы Республики Узбекистан), с абсолютной газопроницаемостью 0,01 мд. ($1 \text{ мд} = 1,02 \cdot 10^{-15} \text{ м}^2$) давление прорыва составляет менее 5 кг/см², с проницаемостью 0,001 мд. - 30 кг/см², 0,0005 мд. - 40 кг/см², 0,0001 мд. - 55 кг/см², 0,00005 мд. - 80 кг/см².

Увеличение мощности покрышки значительно улучшает ее изоляционные свойства.

Соляно-ангидритовые покрышки. Соляные толщи приурочены к определенным стратиграфическим горизонтам и геофизическим поясам и связываются с эпохами затухания наиболее интенсивных движений земной коры. Они имеют значительные мощности и региональное распространение.

Мощность верхнеюрских соляных отложений Амударьинской впадины достигает 1000 м (месторождения Зеварды, Кул-

так и др.), а площадь ее распространения составляет около 150 тыс. км².

Соленостные отложения сопровождаются пачками ангидритов, которые подстилают, покрывают, а иногда переслаиваются с солями.

Ангидриты более хрупкие по сравнению с солью и не являются такими надежными экранами.

Пластичность каменной соли, способность деформироваться без нарушения сплошности делают эту породу надежным изоляционным экраном.

Основным породообразующим минералом соленостных толщ является каменная соль. Нередко в виде включения или прослоев содержатся калийные или другие соли, занимающие подчиненное положение.

Характерной особенностью каменной соли является ее пластичность. Различные механические примеси и даже ничтожное содержание некоторых химических примесей резко снижают пластичность соли. Повторная смена тектонических напряжений расслаблением также снижает пластичность соли. Совокупность перечисленных выше причин может привести к потере солью пластичности и приближению ее свойств к свойствам хрупкого тела.

Значительную роль в прорыве газа через соленостную толщу играют тектонические движения. В зонах региональных разломов порода (благодаря неоднократному и длительному воздействию), подвергаясь периодическому уплотнению и разуплотнению, теряет свои первоначальные пластические свойства, значительно упрочняется, становясь более хрупкой.

Тектонические подвижки в зонах разломов, сопровождающиеся общим напряжением растяжения, вызывают раскрытие систем трещин, по которым становится возможным переток газа из нижележащих отложений. Способствует этому также наличие в солях механических и химических примесей.

Оценка надежности экранирующих свойств соленостных толщ должна базироваться на составе солей, содержащихся в ней примесей, оценке трещиноватости, температурных условий, а также учете глубины залегания солей, региональных геологических

условиях накопления соляных отложений и истории тектонического развития региона.

8.4. Природные резервуары.

Нефть, газ и вода скапливаются в пористых или трещиноватых породах (коллекторах), заключенных в плохо проницаемые породы (флюидоупоры).

И.О. Брод предложил подобное сочетание проницаемых и непроницаемых пород называть **природным резервуаром**.

Природные резервуары - это естественныеместилища для нефти, газа и воды, внутри которых они могут циркулировать, и форма которых обусловлена соотношением коллектора и вмещающих его (коллектор) плохо проницаемыми породами" (И.О.Брод, 1951)

В целом в работах популяризаторов геологии нефти и газа (Б.Б.Бакиров, Г.А.Габриэляни и др.) за основу определения понятия «природный резервуар» принято определение И.О.Брода.

В табл. 8.5 приведены основные определения природного резервуара, которые даны некоторыми исследователями (по А.А. Абидову, 1994).

Не вдаваясь в детали этих различных определений, можно сказать, что в целом, они отвечают определению И.О.Брода, так как во всех этих определениях предусматривается наличие коллектора и ограничивающего его флюидоупора.

Типы природных резервуаров.

Природные резервуары бывают самого различного типа и формы.

И.О. Брод и большинство других исследователей выделяют три основных типа природных резервуаров: пластовые, массивные и литологически ограниченные со всех сторон.

Пластовые резервуары наиболее распространены в природе. Представлены коллектором, в кровле и подошве, ограниченных плохо проницаемыми породами.

Обычно пластовые резервуары хорошо выдержаны на значительной площади. Встречаются пластовые резервуары, коллекторы которых не выдержаны по площади, но сообщаются между собой.

Таблица 8.4

Основные определения природного резервуара

№	Автор, год	Определение термина
1	В. Вильсон, 1934 г. (К. Бека, И. Высоцкий, 1976)	Естественноеместилище для воды, нефти и газа
2	И.О. Брод, 1951 г.	Горная порода, в которой происходит циркуляция подвижных веществ (флюидов) в недрах
3	И.О. Брод, П.А. Гременко, 1953 г.	Естественноеместилище для нефти, газа и воды (внутри его может происходить циркуляция подвижных веществ), форма которого обуславливается соотношением коллектора с вмещающими его (коллектор) породами
4	А. Леворсен, 1970 г.	Часть породы, содержащее промышленное скопление нефти и газа
5	И.И. Нестеров, 1976 г.	Толща, свита, подсвита, пакка, горизонт, пласт, проницаемые породы, в которых гидродинамически связаны между собой
6	А.А. Трофимчук, Ю.Н. Карогодин, 1976 г.	Для гидравлического резервуара прежде всего необходим водоупор, т.е. изолирующая толща снизу, а для нефтегазоподного - экран сверху
7	А.Н. Дмитриевский, 1982 г.	Следует различать элементарный природный резервуар, который включает элементарное осадочное тело коллектора и элементарное осадочное тело флюидоупор, и суммарный природный резервуар, состоящий из нескольких элементарных природных резервуаров

Для пластового резервуара характерна значительно меньшая (по сравнению с длиной и шириной) толщина пласта-коллектора, которая превышает десятки метров.

Массивные резервуары. Представлены толщей проницаемых пород, связанных в единую гидродинамическую систему, и некоторых мощных толщ непроницаемых пород - покрывшек.

Мощность этой толщи может достигать несколько сотен метров (например, месторождение Гумбулак в республике Узбекистан, верхнеюрские карбонатные отложения).

Толща коллекторов различного или одинакового литологического состава может содержать породы разного возраста. В этой толще могут быть непроницаемые прослои.

Массивные резервуары могут быть сложены терригенными, карбонатными, метаморфическими и даже изверженными (месторождение Белая площадь, Вьетнам, месторождение газа в гранитах) породами.

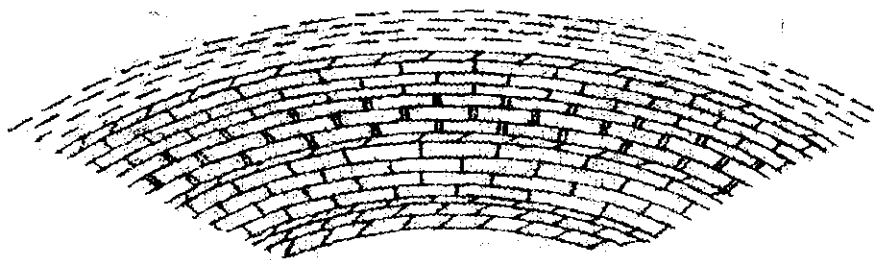


Рис.8.2. Схема однородного массивного резервуара
(по Н.А. Еременко).

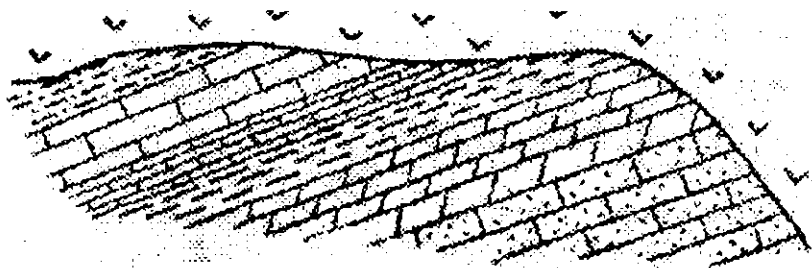


Рис.8.3. Схема неоднородного массивного резервуара
(по Н.А. Еременко)

Очень часто массивные резервуары образуются в зонах тектонических нарушений, когда определенные пластовые резервуары системой вертикальных трещин оказываются связанными между собой. В этом случае создается сложно-пластовый массивный резервуар (рис.8.4).

Единая гидродинамическая система может быть связана, когда пласты-коллекторы в результате стратиграфического срезания перекрываются проницаемыми породами. В этом случае создается сложно-пластовый массивный резервуар (рис.8.5).

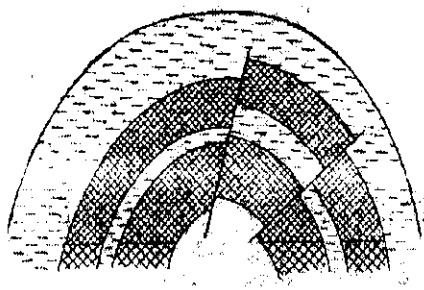


Рис.8.4. Схема сложно-пластового массивного резервуара, где гидродинамическая связь между пластами создается по разломам, соединяющим продуктивные горизонты.

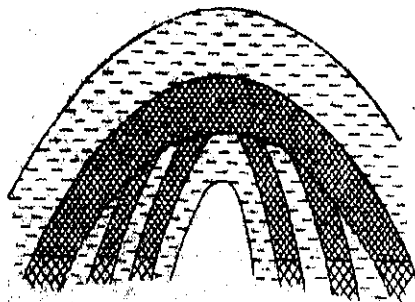


Рис.8.5. Схема сложнопластового массивного резервуара, где гидродинамическая связь создается в результате стратиграфического срезания пластов-коллекторов проницаемыми породами.

Литологически ограниченные природные резервуары - это резервуары, практически со всех сторон ограниченные непроницаемыми породами.

По Н.А. Еременко - это "... природные резервуары всех видов, в которых насыщающие газообразные и жидкие углеводороды окружены со всех сторон непроницаемыми породами."

Такие резервуары образуются либо в результате изменения литологического состава пород (например, линза песчаника в толще глинистых пород, тело рифа в толще плотных пород зарифовых фаций), либо в результате потери части пластов своих фильтрационных свойств (заполнение пор глинистыми частицами).

Эти резервуары обычно неправильной формы и чаще всего полностью заполнены нефтью или газом.

Контрольные вопросы.

1. Что такое пористость пород?
2. Какое свойство горных пород называется проницаемостью?
3. Что понимается под остаточной водонасыщенностью? Остаточной газо- и нефтенасыщенностью?
4. Какая пористость называется гранулярной?
5. Как образуется трещинная пористость и к какому виду пористости она относится?
6. Какая порода называется коллектором?
7. Какие свойства имеют коллекторы?
8. Как классифицируются коллекторы?
9. Какие породы называются флюидоупорами?
10. Как классифицируются флюидоупоры?
11. Какие покрышки относятся к истинным?
12. Какие покрышки относятся к ложным?
13. Что называется природным резервуаром?
14. Как классифицируются природные резервуары?
15. Какие основные типы природных резервуаров?
16. Охарактеризовать пластовые резервуары?
17. Охарактеризовать массивные резервуары?
18. Охарактеризовать литологически ограниченные резервуары?

Глава 9. ЛОВУШКИ, ЗАЛЕЖИ И МЕСТОРОЖДЕНИЯ НЕФТИ И ГАЗА

9.1. Ловушки нефти и газа.

Для образования скопления нефти и газа кроме пород - коллекторов и не проницаемых покрышек над ними необходимо наличие благоприятных структур, строение которых обеспечивало бы скопление и сохранение нефти и газа. Такие структуры в практике работ на нефти и газа называются ловушками.

Под ловушкой нефти и газа понимают часть природного резервуара, "... в которой благодаря структурному, стратиграфическому экранированию, литологическому ограничению или другим препятствиям возможно образование скопления нефти и газа" (Г.А. Габриэлянц, 1972).

Наиболее простым и распространенным способом образования ловушки является смятие пластового резервуара под воздействием складкообразовательных тектонических движений в антиклинальную структуру. Если в изогнутый в виде свода проницаемый пласт (перекрытый не проницаемыми породами) попадут нефть, газ и вода, то (распределяясь по плотности) газ занимает верхнюю свободную часть, нефть будет располагаться ниже и эти флюиды будут изолированы сверху и сбоку не проницаемыми породами, а снизу - водой.

Образование ловушки возможно и тогда, когда проницаемый пласт вверх по возрастанию плотности выклинивается не проницаемыми породами, или когда создаются другие литологические барьеры на путях движения УВ. В природе часты случаи, когда в результате разлива сводовой или крышечной части ранее сформированных складок и последующем отложении новых осадков, коллекторы ранних образований, слагающих сформированную структуру, перекрываются не проницаемыми породами. Такие экраны называются стратиграфическими.

Основные типы ловушек.

Наиболее широко распространенные в природе ловушки по условиям их образования можно разделить на три большие группы.

Первая группа - это ловушки структурных дислокаций, когда образование ловушек связано с тектоническими (складко-

образовательными или разрывными) движениями земной коры и содержащихся в ней горных пород. Эта группа получила общее наименование "Структурные ловушки".

Вторая группа - это ловушки, связанные с литофациальными изменениями, происшедшими с породами. Эти изменения в основном связаны с процессами осадконакопления пород и последующими денудационными и эрозионными процессами.

В пределах Республики Узбекистан распространены ловушки обеих групп. Наиболее ярким представителем первой группы является месторождение Аккум-Парсанкуль с запасами газа свыше 610 млрд. м³ (рис.9.1), залежи газа которого приурочены к структурной (антиклинальной) ловушке, а второй - месторождение Намук, запасы газа которого превышают 100 млрд. м³, а залежь приурочена к ловушке литологического типа (отложения одиночного рифа) (рис. 9.2).

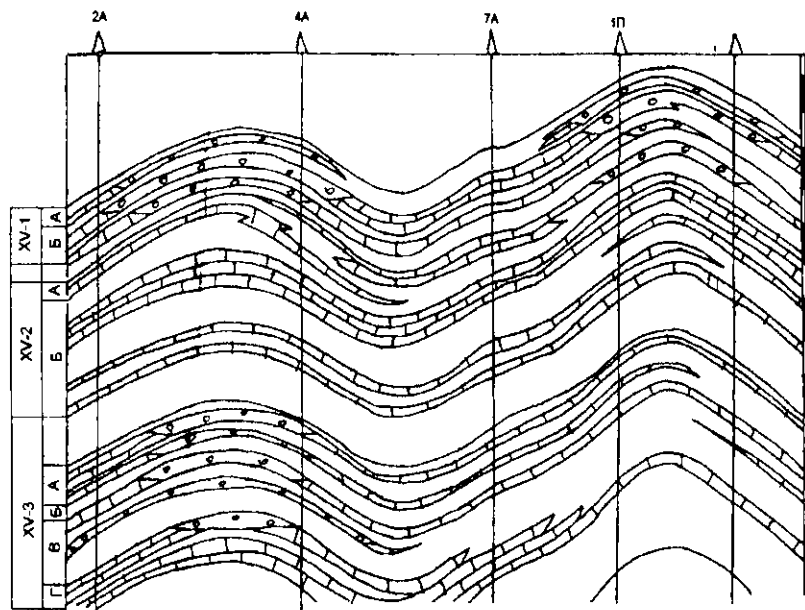


Рис.9.1. Месторождение Аккум-Парсанкуль. Строение продуктивной части разреза (по Соколову В.И., Стороженко Н.И., 1972).

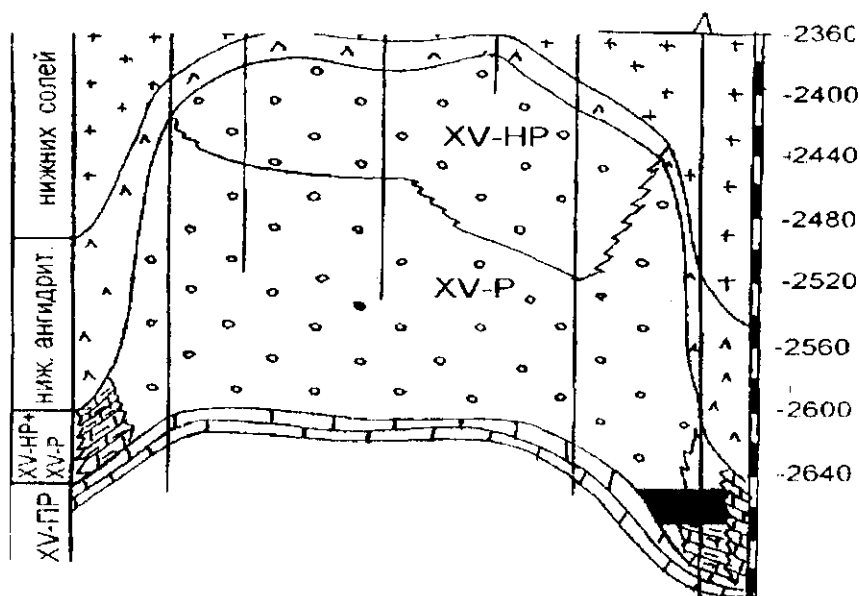


Рис.9.2. Месторождение Намук. Строение продуктивной части разреза (по Забабурину Ю.А., 1993) Нефтяная залежь, Газоконденсатная залежь, Литологический экран глинисто-карбонатная пачка, Известняк

Третья группа - это ловушки комбинированного типа, образования которых связаны как с влиянием структурного, так и с влиянием литолого-стратиграфического фактора.

К этой группе относится достаточно большое количество выявленных ловушек, так как достаточно часто одновременно с формированием литологической ловушки она подвергается тектоническому воздействию.

Эта группа ловушек распространена в областях активного тектогенеза (геосинклинальные области, передовые прогибы, орогенные области). В Узбекистане эта группа ловушек наблюдается в Ферганской впадине, в Сурхандарьинской области и примыкающих к ней районах Республики Таджикистан, в Западном Узбекистане. Примером такого типа ловушек может служить месторождение Гумбулак (Кашкадарьинская область), месторож

дения Денгизкульской группы (Капкадарьинская область) и другие (рис.9.3).

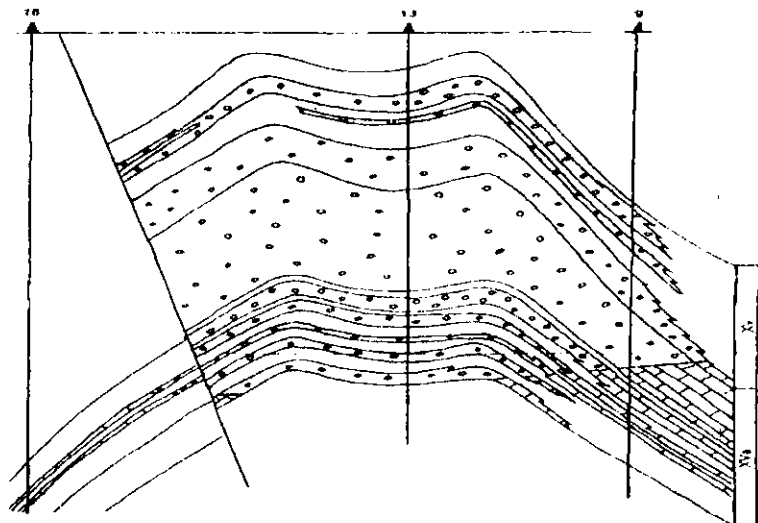


Рис.9.3. Месторождение Гумбулак. Строение продуктивной части разреза (по Меледновой З.Н., 1974). Условные обозначения см. на рис.9.2.

Структурные ловушки.

Группу структурных ловушек можно разделить по типам образованных в результате тектонических движений структурных форм на четыре класса:

1. ловушки, образованные в результате пикативных (складчатых) нарушений горизонтального залегания и сплошности слоев;

2. ловушки, образованные в результате дизъюнктивных (разрывных) нарушений горизонтального залегания и сплошности слоев;

3. ловушки, связанные с куполами различного происхождения;

4. моноклинали, осложненные по падению изменением угла наклона пород, чем обусловлено образование террас и структурных поясов.

Первый класс ловушек - это ловушки, образованные в результате складкообразования и приуроченные к соответствующим

структурным образованиям (антиклиналям, синклиналям, моноклиналям и т.д.). В этих структурных ловушках на сегодняшний день выявлено наибольшее количество скоплений нефти и газа и они обычно охватывают всю толщу осадочных пород.

Типы структур могут быть самые различные: от пологого залегания (пологие купола) до длинных антиклиналей с симметричными и асимметричными крыльями. В Узбекистане примером такой ловушки может служить месторождение Кандым.

Размеры структур также могут быть самыми различными: от нескольких км² до десятков и даже сотен км². Как пример можно привести месторождения Тегермен и Кандым. Они приурочены к ловушкам антиклинальных складок, размеры которых соответственно 0,15 км² и 533 км² (рис.9.4.).

Некоторые складки могут меняться по форме или смещаться с глубиной, в связи с чем наблюдается несовпадение структурных планов на больших и малых глубинах. Например, месторождение Аккум и Парсанкуль по кровле палеогеновых отложений представляют: Аккум - куполовидную складку с очень пологими углами падения ($0^{\circ}20'$ - $0^{\circ}30'$), размерами 9х6км и высотой 12м по замыкающей изогинсе -1800м; Парсанкуль - структурный нос, вытянутый в юго-восточном направлении. По кровле верхнеюрских карбонатных отложений в пределах Аккумской структуры выделяются два купола с прогибом между ними около 10 м; в пределах Парсанкульской структуры также выделяется два купола.

По поверхности фундамента в пределах Аккумской и Парсанкульской структур выделяются две антиклинали, своды которых смещены на восток по отношению к сводам складок верхнеюрских отложений.

Второй класс ловушек - это ловушки, связанные с тектоническими нарушениями. Тектонические нарушения: сбросы, взбросы, надвиги - часто нарушают складки, изменяют их структуры и влияют на условия накопления нефти и газа.

Тектонические нарушения приводят иногда к нарушениям скоплений УВ, иногда к экранированию этих скоплений. Часто наблюдается образование большого числа самостоятельных

скоплений, запечатанных сбросами. Примером таких скоплений УВ в Узбекистане могут служить месторождение Ферганской об-

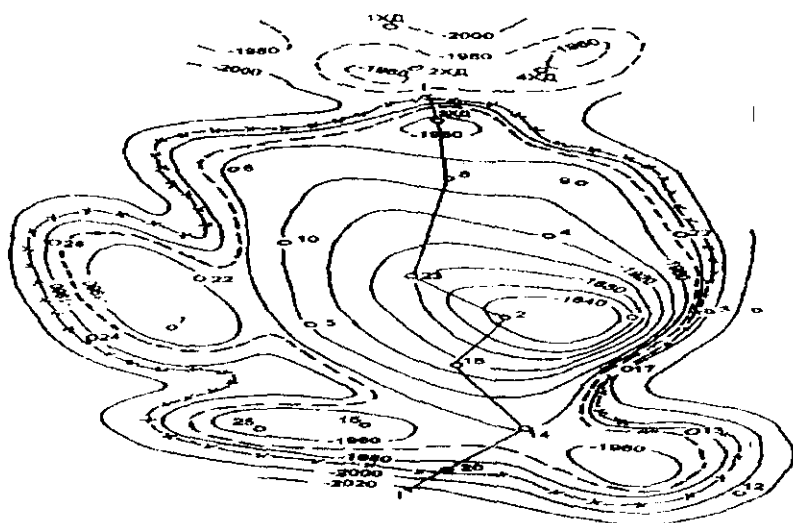
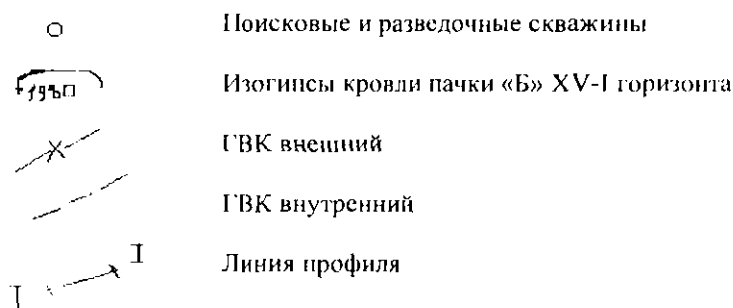


Рис.9.4. Месторождение Кандим. Структурная карта по кровле пачки "Б" XV-I горизонта (по Календареву Б.Я., 1972)



ласти (Южный Аламышик, Хартум, Палванташ и др.) и Юго-Западных отрогов Гиссарского хребта (Адамташ, Гумбулак и др.). Примерами экранированного тектоническими нарушениями ловушек могут служить месторождения Гумбулак и Адамташ.

Третий класс ловушек - это ловушки, связанные с куполами различного происхождения. На территории Узбекистана этот тип ловушек практически не встречается.

В Прикаспийской низменности имеется целый ряд месторождений, связанных с соляными куполами (Доссор, Макал, Кульсары и др.).

Четвертый класс ловушек - это ловушки, сформированные на моноклиналях в виде структурных носов и террас. На территории Узбекистана этот класс ловушек встречается очень редко. Например, месторождение Джалаир, Сурхандарь-инская область (рис.9.5).

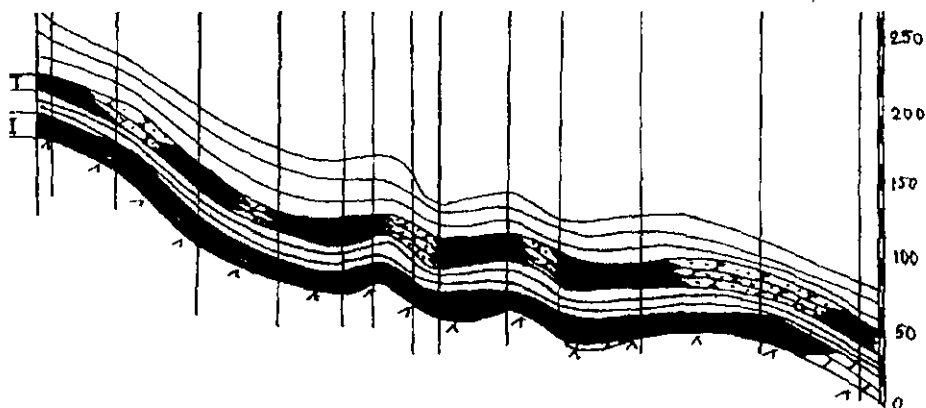


Рис.9.5. Месторождение Джалаир. Геологический разрез залегания I горизонта бухарских слоев палеогена (по Нурматову М.Р., 1993).

■ - Нефтяная залежь

Неструктурные ловушки.

К ловушкам неструктурного типа относятся ловушки, образованные в результате размыва древних пород с перекрытием их непроницаемыми разностями, а также образованные в результате фациального замещения пород.

Группу неструктурных ловушек можно разделить также как и группу структурных ловушек на два класса:

- стратиграфические ловушки, связанные с эродированными поверхностями останков древнего рельефа или с участками стратиграфически несогласного перекрытия слабопроницаемыми породами пластов-коллекторов;

- литологические ловушки, связанные фациальным замещением пород;

-- седиментационные, т.е. ловушки, сформировавшиеся в процессе осадконакопления;

-- денудационные и эрозионные, сформировавшиеся в результате вторичных процессов, протекавших после накопления осадков.

Стратиграфические ловушки можно отнести к денудационным и эрозионным ловушкам.

Литологические ловушки можно отнести к седиментационным ловушкам.

Наиболее полной является разделение ловушек по условиям образования, поэтому мы принимаем в качестве классификатора время формирования ловушки по отношению к геологическим процессам, вызвавшим формирование.

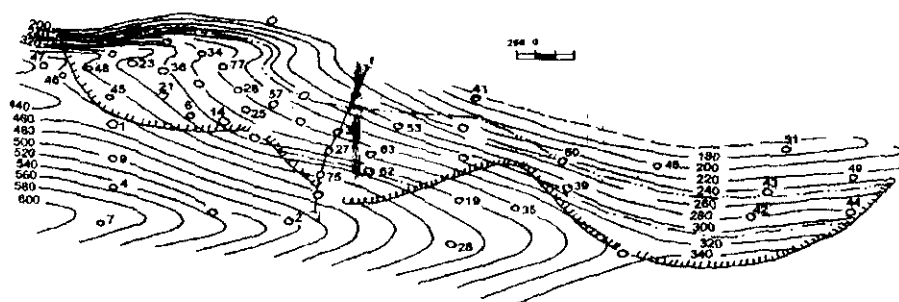
Седиментационные ловушки.

Ловушки этого класса можно разделить на 6 типов: фациальных литологических замещений; дельтовые; баровые; ловушки подводных течений и речные; береговых валов; рифовые.

Выпуклые формы этих ловушек, образовавшихся в процессе осадконакопления, делают возможным сохранение значительных скоплений нефти и газа. Однако последующие тектонические движения могут значительно изменить их строение.

Ловушки фациальных литологических замещений - это ловушки, связанные с литологическим выклиниванием пластов под влиянием фациальных условий осадконакопления. Окончательное формирование подобных ловушек происходит в результате моноклиналиного наклона в сторону выклинивания под воздействием тектонических движений. Образование ловушек фациальных литологических замещений происходит под действием структурно-седиментационных процессов. Наиболее распространенный вид подобной ловушки имеет форму клиновидных включений. Для формирования этого типа ловушек обязательным является воздействие тектонических процессов. В Узбекистане ловушки фациальных литологических замещений широко развиты в Ферганской долине (месторождение Чонгара-Гальян) (рис.9.6).

Рис.9.6 Месторождение Чонгара-Гальяча (участок Гальяча). Структурная карта по кровле IV пласта (по Чебурахину Б., 1963)



Условные обозначения

- Поисковые и разведочные скважины
- Изогипсы кровли IV пласта
- ВНК
- ГНК
- Зона выклинивания песчаников IV пласта
- Линия профиля

Дельтовые ловушки образуются в результате линзообразного накопления песчаных пород в дельтовых протоках палеорек. Эти отложения образовались в дельтах, в платформенных условиях при впадении рек в мелководные бассейны.

В Узбекистане примером такой ловушки являются линзы верхне-среднеюрских песчаников, к которым приурочено месторождение Акчалак (Устюртский нефтегазоносный район).

Баровые ловушки и ловушки береговых валов образуются в устьевых барах крупных рек и береговых валах. Представляют собой линейно вытянутые аккумулятивные ловушки с песчаными коллекторами. Фациальные условия осадконакопления обуславливают выпуклую форму кровли песчаного бара и почти горизон-

гальную поверхность подошвы. Для баров характерны однородная сортировка песков. Отдельные бары имеют вид удлиненных линз.

Примером баровых ловушек могут служить ловушки в нижне-среднеюрских и верхнеюрских отложениях Устюртского региона (Акчалак и др.).

Ловушки подводных течений и рек образуются под воздействием эрозионно-аккумулятивных процессов. Обычно это линейно вытянутые песчаные линзы, образующиеся в результате рек и в ложах подводных течений, и носят название шнурковые.

В разрезе такие песчаные тела имеют форму неправильной трапеции, а в плане - форму узких различно изогнутых полос.

В Узбекистане такие ловушки распространены в терригенной юрской формации, особенно в Устюртском НГР. Примером может служить месторождение Шахпахты.

Рифовые ловушки являются одним из наиболее важных типов неструктурных ловушек.

В Узбекистане с рифами связаны крупнейшие месторождения нефти и газа: Шуртан, Денгизкуль, Уртабулак, Зеварды, Намук, Алан и др. (рис.9.7, 9.8).

Образование рифовых ловушек определяется почти исключительно седиментационными причинами. Рифы обычно не связаны с локальными структурами в подстилающих отложениях.

В отдельных случаях они развиваются на очень слабо выраженных валах. Однако основная форма ловушки формируется за счет жизнедеятельности рифостроящих организмов.

Амплитуда таких ловушек может изменяться от 10 до 300-600 м. Столь же различны и площади этих ловушек. Склоны рифов обычно крутые. Рифовые ловушки обладают весьма своеобразным и сложным строением природного резервуара, для которого характерна большая пестрота в распределении пористых и непроницаемых участков.

Рифовые массивы, образующие такие ловушки, могут состоять либо из обособленных карбонатных тел, либо из их ассоциаций, либо образовывать протяженные барьерные сооружения, формировавшиеся на границе мелкого и глубокого шельфов. Как правило, эти границы и сопровождающие их рифовые сооружения совпадают с бортовыми зонами глубоких прогибов и

впадин, т.е. связаны с достаточно определенными тектоническими элементами.

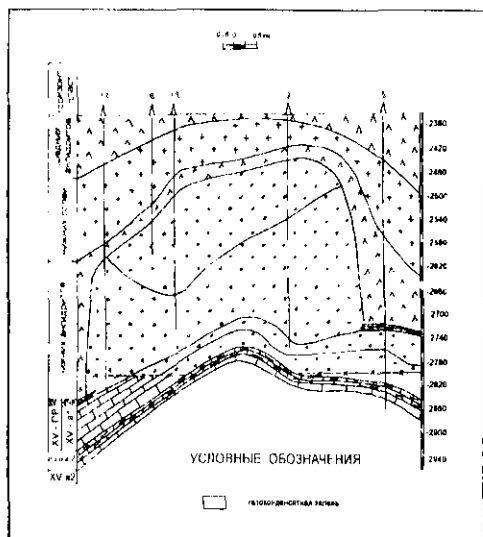


Рис. 9.7. Месторождение Алан. Строение продуктивной части разреза по Забабурну Ю.А

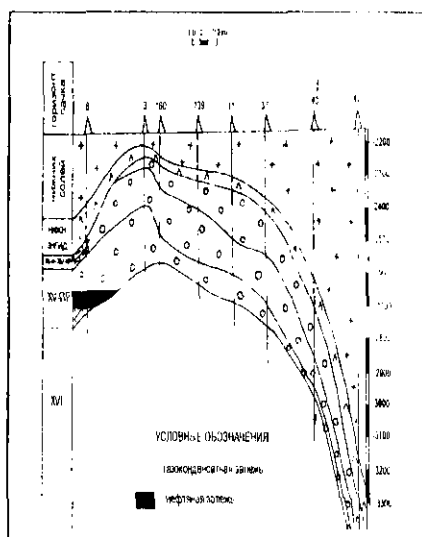


Рис. 9.8. Месторождение Шурган. Строение продуктивной части разреза по Строженко Н.

Денудационные и эрозионные ловушки.

Ловушки, образованные при денудационных процессах можно разделить на два основных типа:

- первый тип характерен тем, что ловушки этого типа образуются только под воздействием различных денудационных процессов;
- второй тип характерен тем, что ловушки этого типа формируются под влиянием денудационных процессов и структурных деформаций.

Эти ловушки по своей природе связаны с погребенными эрозионными выступами проницаемых пород и с песчаными телами дюн, пляжей, баров, речных русел, дельтовых потоков и кор выветривания в понижениях и на склонах древнего рельефа. Часть перечисленных выше ловушек относится к литологическим, их границы четко совпадают с границами природных резервуаров.

но роль тектонического фактора в формировании каждой из них очевидна.

Денудационные ловушки, в свою очередь делятся на эрозионные ловушки и ловушки химического выветривания. При их формировании структурный фактор не контролирует локализацию скоплений нефти и газа.

Кроме того, к этому типу можно отнести **стратиграфические** ловушки, образованные в результате размыва пластов и перекрытие их непроницаемыми породами. При этом, может наблюдаться угловое несогласие между выше- и нижезалегающими породами, а может это несогласие и не наблюдаться. В последнем случае, экраном служит поверхность размыва.

В Узбекистане примером такой ловушки может быть ловушка в нижнемеловых - верхнеюрских отложениях месторождения Учкыр (БХНПР), когда произошел размыв частично меловых, а на отдельных участках верхнеюрских отложений, впоследствии поверхность размыва была перекрыта толщей неокомских глин. Эти глины залегают с угловым и стратиграфическим несогласием на поверхности размыва.

9.2. Залежи нефти и газа

Под залежью нефти и газа понимаются промышленные скопления нефти и газа в проницаемых коллекторах ловушек различного типа. При этом подразумевается, что скопление сосредоточено либо в одной ловушке, либо в нескольких, объединенных структурным, литолого-фациальным или стратиграфическим фактором и имеющих общий контур нефтегазоносности.

Наиболее распространенными типами групповых ловушек являются структурные и рифовые.

Первые представляют собой несколько небольших куполов, приуроченных к единой антиклинальной складке.

Вторые - биогермные тела, породы которых имеют гидродинамическую связь.

Залежи нефти и газа различаются по типу вмещающих их ловушек и степени их заполнения, а также по фазовому состоянию углеводородов, содержащихся в залежи, и размерам.

Сухие (безводные) залежи нефти и газа возникают в плотных

породах (аргиллитах, сланцах, известняках) при зональном развитии в них трещиноватости, вторичной доломитизации.

В природе широко известны залежи нефти, практически всегда содержащие растворенный газ (до 600-700 м³/т нефти) - **нефтяные залежи**.

Размеры залежей нефти и газа принято измерять объемами нефти и газа, которые могут быть извлечены из них на поверхность и называются извлекаемыми запасами.

В мире выявлено около 50 залежей нефти и газа с извлекаемыми запасами, более 1-2 млрд.т нефти или более 1 трлн.м³ газа. Такие залежи известны в странах Ближнего Востока (Бурган-Ахмади-Магва, 5 млрд.т извлекаемых запасов нефти), США (Ист-Тексас, открытое в 1930 г, первоначальные запасы 1 млрд.т нефти извлекаемых, Панхендл-Ньютон 2 трлн.м³ газа), Африки (Хасси-Мессауд, 2 млрд.т нефти извлекаемых), Западной Европы (Слохтенен 1,5 трлн.м³ газа), а также России (Самотлор 2 млрд.т нефти, Уренгойское 3,8 трлн.м³ газа).

На территории Республики Узбекистан такие залежи до настоящего времени не выявлены. Самыми крупными являются газоконденсатная залежь в карбонатных отложениях юрского возраста месторождения Шуртан (636 млрд.м³ газа) и газовые залежи в песчаниках сеноманских отложений месторождения Газли (426 млрд.м³). Из крупных для Республики нефтяных залежей следует назвать нефтяную подгазовую залежь месторождения Кокдумалак, приуроченную к верхнеюрским карбонатным отложениям, с извлекаемыми запасами нефти около 90 млн.т.

Основные характеристики залежей нефти и газа

Газ, нефть и вода располагаются в ловушке как бы слоями. Будучи наиболее легким, газ располагается в кровельной части пласта под крышкой. Обычно такие скопления называются газовой шапкой. Ниже поровое пространство заполняется нефтью, а еще ниже - водой.

По соотношению в ловушке газа, нефти и воды осуществляется классификация залежей.

Если нефтяная часть занимает больший объем, чем газовая залежь, то залежь называется нефтяной с газовой шапкой.

Если нефтяная часть залежи значительно меньше газовой,

залежь называется газовой с нефтяной оторочкой.

Если в залежи отсутствует нефть, залежь называется газовой. Иногда в нефтяной залежи отсутствуют свободные скопления газа.

Поверхности контактов газа и нефти, газа и воды, нефти и воды называются соответственно газонефтяными, газоводяными, водонефтяными контактами.

Залежь нефти или газа иногда может охватывать несколько пластов, если между ними существует гидродинамическая связь (многопластовая залежь).

Основной характеристикой залежи также являются размеры запасов нефти и газа. Различают *геологические* и *извлекаемые* запасы.

Под геологическими запасами нефти и газа понимают полные их количества, находящиеся в залежи. В то же время на поверхность может быть извлечена лишь часть этих запасов, размеры которой зависят от физико-химических свойств нефти, газа и коллекторов, которые их вмещают, а также от способов разработки залежи.

Запасы, которые могут быть извлечены из недр на современном уровне развития техники добычи нефти и газа учитываются в балансе и называются *извлекаемыми*.

Характерные параметры залежи

Температура в продуктивных толщах, также как и в залежах, изменяется в широких пределах, но при этом она на каждой площади меняется с глубиной.

В газонефтеносных районах Узбекистана температура продуктивных отложений меняется от 15-20°C (Ферганская впадина) до 150-180°C (плато Устюрт). Знание температурного и гидродинамического режимов необходимо, так как:

- повышение давления способствует растворимости в нефти углеводородного газа;
- повышение температуры снижает вязкость нефти, повышает растворимость в ней газа и увеличивает её объём в пластовых условиях.

Знание $T_{пл}$ и $P_{пл}$ необходимо для расчета поправок при приведении запасов УВ к атмосферным условиям и для определения размеров добычи нефти, газа и конденсата.

Степень растворения газа в нефти контролируется давлением. Давление, при котором газ перестает растворяться в нефти, называется давлением насыщения.

Еще одной, очень важной характеристикой и в то же время элементом строения залежи, является ее пластовая энергия, которая обеспечивает продвижение нефти и газа к забоям скважин. Источниками этой энергии являются:

- напор краевой (законтурной) или подомышенной воды для газовых и нефтяных залежей;
- давление газа в газовой шапке и растворенного в нефти газа для нефтяной залежи; и др.

Классификация залежей нефти и газа

Основными определяющими факторами классификации залежей нефти и газа являются генетические, т.е. формирующиеся по принципу происхождения залежей; морфологические, т.е. формирующиеся по принципу образования структурных форм (ловушек) и их условиям сохранения, а также по принципу фазового состава углеводородов, образующих залежи и др.

Классификация залежей нефти и газа по фазовому составу УВ

Классификация по фазовому составу УВ предложена в 1966г. В.Г. Васильевым, Н.С. Ерофеевым и другими. В последующем оно уточнено другими исследователями. Согласно этой классификации все залежи УВ по фазовому состоянию делятся на восемь крупных классов.

I класс. Нефтяные залежи мало насыщенные газом ("мертвая" нефть). В таких залежах давление насыщения нефти газом во много раз ниже пластового и иногда близко к атмосферному. Такая залежь содержит только нефтяную и водонефтяную часть.

II класс. Нефтяные залежи, недонасыщенные газом. В таких залежах давление насыщения несколько ниже пластового. Залежь может иметь только нефтяную и водонефтяную части.

III класс. Нефтяные залежи, насыщенные газом. В таких залежах давление насыщения близко к пластовому. Залежь может иметь только нефтяную и водонефтяную части. Снижение давления в залежи в процессе разработки приводит к образованию газовой шапки.

IV класс. Газонефтяная залежь с небольшой газовой шапкой и конденсатом. Имеет газовую, газонефтяную, нефтяную и водонефтяную части.

V класс. Нефтегазовая залежь. В этой залежи газовая часть по объему превышает нефтяную. К нефтегазовым залежам относятся также газовые залежи с нефтяной оторочкой. Имеет газовую, газонефтяную, нефтяную и водонефтяную части.

VI класс. Нефтегазоконденсатная залежь. В этой залежи объемы газовой и нефтяной части примерно равны. Имеет газоконденсатную, газонефтяную, нефтяную, водонефтяную части.

VII класс. Газоконденсатная залежь. Иногда возможно появление конденсата в залежи в жидкой фазе. Залежь имеет только газовую и газоводяную части

VIII класс. Газовая залежь. Содержание конденсата в газе таково, что при добыче газа конденсат полностью выпадает в пласте и на поверхность извлекается практически сухой газ. Залежь имеет газовую и газоводяную части.

Классификация залежей нефти и газа по типу ловушек

Из многочисленных классификаций залежей по условиям возникновения и сохранения ловушек наибольшими преимуществами обладает классификация И.О.Брода (1948). Все последующие классификации так или иначе повторяют положения этой классификации.

В ней выделяются три основные группы залежей нефти и газа в соответствии с типами природного резервуара.

I группа. Пластовые залежи с двумя подтипами: а) пластовые сводовые; б) пластовые экранированные.

II группа. Массивные залежи с тремя подтипами: а) массивные залежи в структурных выступах; б) массивные залежи в эрозионных выступах; в) массивные залежи в биогенных выступах.

III группа. Литологически экранированные залежи: а) литологически ограниченные; б) литологически экранированные.

А.А.Бакиров (1960) по генетическому типу выделил пять классов залежей нефти и газа (рис.9.9-9.12): структурный, рифогенный, литологический, стратиграфический и литолого-стратиг-

рафический. Каждый класс в свою очередь делится на группы, подгруппы и виды.

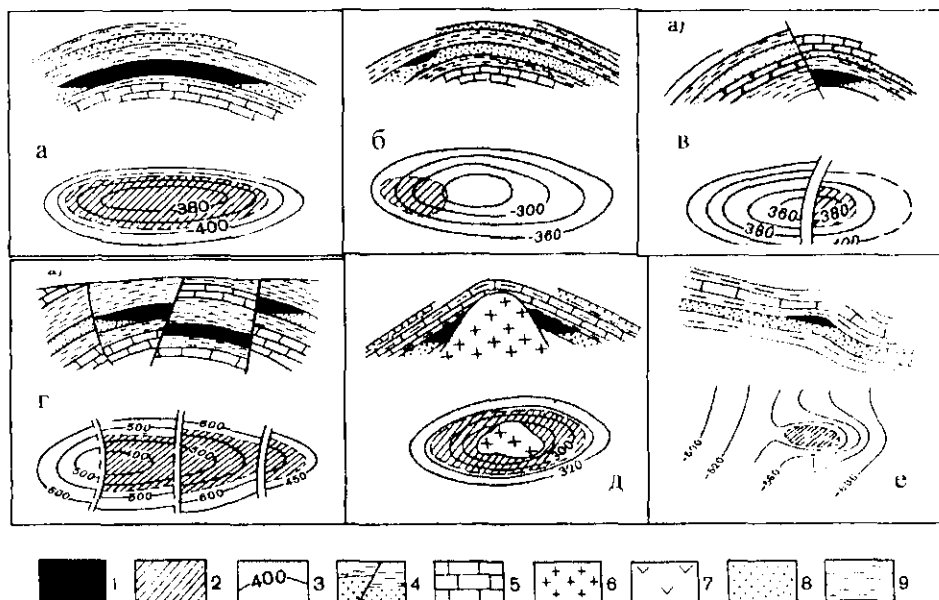


Рис.9.9. Залежи структурного класса. *а* - сводовые; *б* - высечные; *в* - тектонически экранированные; *г* - блоковые; *д* - приконтактные; *е* - моноклинально-экранированные. Условные обозначения: 1-нефть в профиле; 2-нефть в плане; 3-стратонизогипсы по кровле продуктивного пласта; 4-нарушения; 5-известняки; 6-вулканогенные образования; 7-соляной шток; 8-пески; 9-глины.

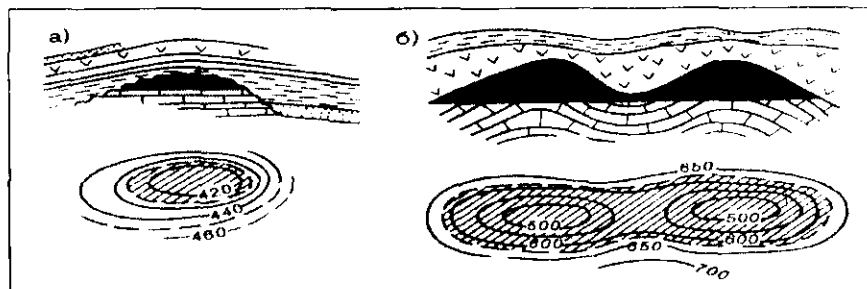


Рис.9.10. Залежи рифогенного класса. *а* - приуроченные к одиночным рифовым массивам; *б* - приуроченные к группе рифовых массивов.

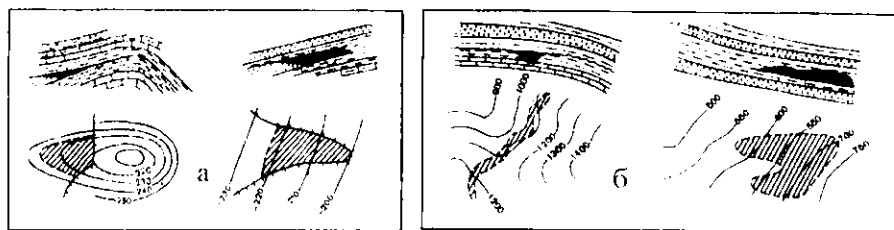


Рис.9.11. Залежи литологического класса.
а - литологически экранированные; *б* - литологически ограниченные

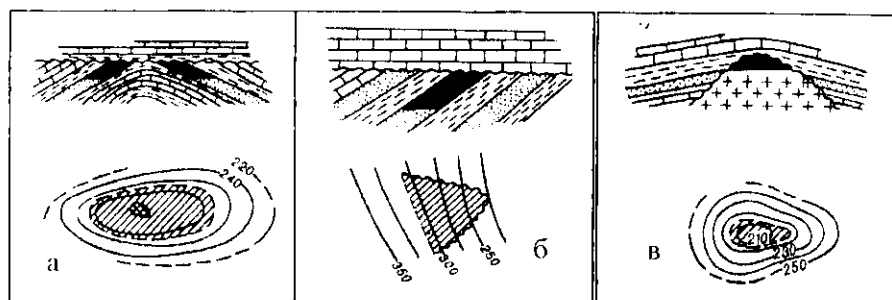


Рис.9.12. Залежи стратиграфического класса. *а* - в пределах локальных структур; *б* - на моноклиналях; *в* - на поверхности погребенных выступов кристаллических пород.

9.3. Местоскопления нефти и газа.

Классификация и основные генетические типы

Залежь нефти или газа представляет собой локальное единичное скопление нефти и газа в проницаемых пористых или трещиноватых породах (с единым контактом нефть-вода или газ-вода).

Залежь может быть связана с одним пластом или группой гидродинамически связанных между собой пластов. **Местоскопление** нефти и газа - это место скоплений (ассоциация) залежей нефти и газа, приуроченных к одной или нескольким естественным ловушкам, расположенным на одной локальной площади. Залежи нефти и газа могут иметь промышленное и непромышленное значение.

Термин «месторождение нефти и газа» не отвечает

действительному смыслу этого слова и не отражает суть процесса образования скоплений залежей нефти и газа. Известно, что месторождения нефти не образуются *in situ*, т. е. на том же месте, где «родились» нефть и газ. Образование их происходит в результате сложных миграционных процессов углеводородов, протекающих в недрах. Поэтому А.А.Бакиров (1959) рекомендовал термин «месторождение», не отвечающий действительному содержанию этого слова, заменить термином «местоскопление нефти и газа».

В природе встречается большое разнообразие залежей и местоскоплений нефти и газа. Их классификация должна отражать главнейшие особенности формирования ловушек, с которыми генетически связано образование соответствующих подразделений залежей и местоскоплений нефти и газа. Такая классификация позволит не только выяснить закономерности нефтегазонакопления в недрах, но и правильно ориентировать поисково-разведочные работы на нефть и газ, избегая бурения излишних поисковых и разведочных дорогостоящих скважин.

Развивая широко известную схему классификации И.М. Губкина, А.А.Бакиров(1960) выделил пять основных классов локальных скоплений нефти и газа.

I.Класс структурного типа. Формирование местоскоплений УВ этого класса обуславливается структурным фактором. Ловушкой для образования скоплений служат локальные структуры различного происхождения, структурные осложнения моноклиналей, а также дизъюнктивные нарушения, экранирующие в определенных условиях скопления нефти и газа (рис.9.13).

II.Класс литологического типа. Здесь в формировании местоскоплений УВ ведущая роль принадлежит литологическому фактору. Характер ловушки для образования скоплений нефти и газа предопределяет условия отложения и последующего преобразования пород, участвующих в строении пород коллектора, в том числе изменения их физических свойств по простиранию, выклинивание вверх по восстановлению, линзовидный характер залегания и др. (рис.9.14).

III.Класс рифогенного типа. В формировании местоскоплений УВ ведущая роль принадлежит рифогенным образо-

ваниям. В состав этого класса входят следующие разновидности местоскоплений, приуроченных: 1) к одиночным рифовым массивам; 2) к группе рифовых массивов. Ловушкой для их образования обычно служат рифовые массивы (рис.9.15).

IV.Класс стратиграфического типа. Формирование местоскоплений УВ этого класса обуславливается фактором стратиграфически не согласного перекрытия коллектора практически нефте- и газонепроницаемыми образованиями более молодого возраста. Ловушкой для образования скоплений служат участки срезания и несогласного перекрытия коллектора слабопроницаемыми или непроницаемыми отложениями (рис.9.16).

V.Класс смешанного типа. Формирование местоскоплений УВ обуславливается тем или иным сочетанием структурного, литологического, стратиграфического и других факторов. По приуроченности к различным типам локальных ловушек выделяются местоскопления нефти и газа: структурного, рифогенного, литологического, стратиграфического и литолого-стратиграфического классов. В составе каждого из перечисленных классов можно выделить различные группы и подгруппы (рис.9.17).

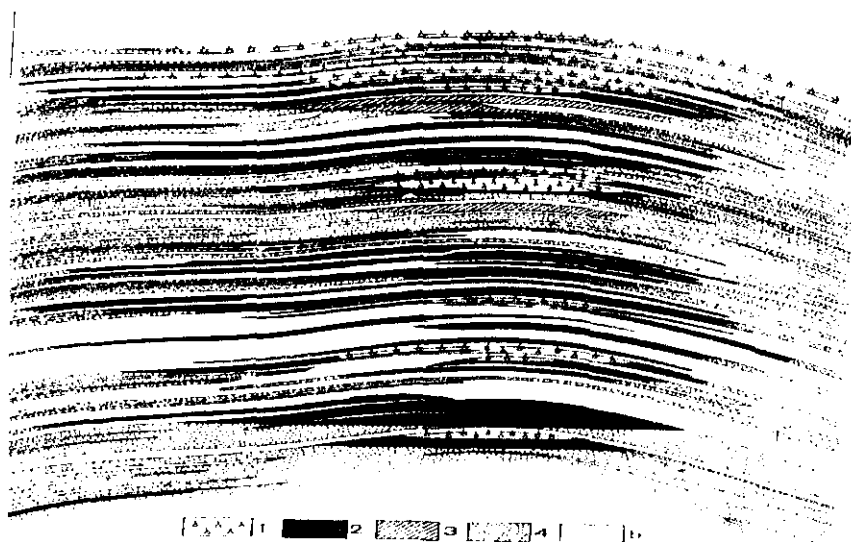


Рис.9.13. Разрез Узеньского месторождения (по В.Е.Аронсону и А.К.Махонину); 1-газ, 2-нефть, 3-предположительный залежь нефти, 4-песчаники водоносные, 5-коллекторы, I-V, VIa, VIб, VII-XIII - горизонты

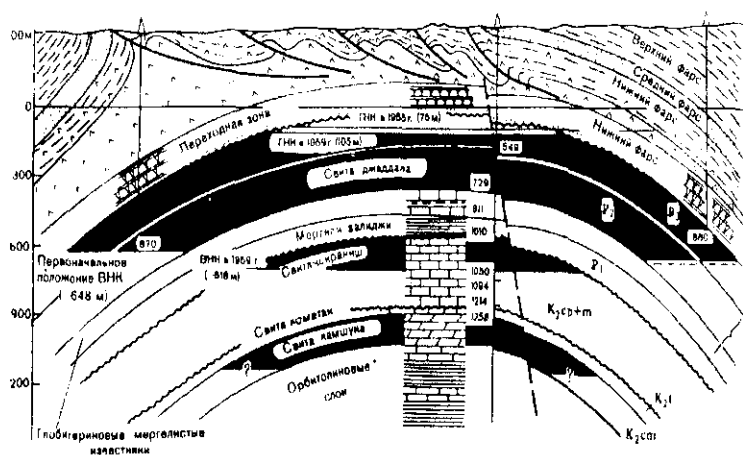


Рис.9.14. Разрез месторождения Киркук (по Брудереру)

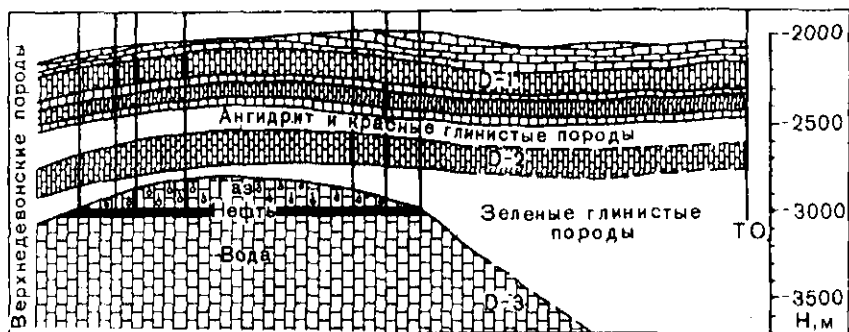


Рис.9.15. Рифогенное местоскопление Ледюк, Канада (по Линку)

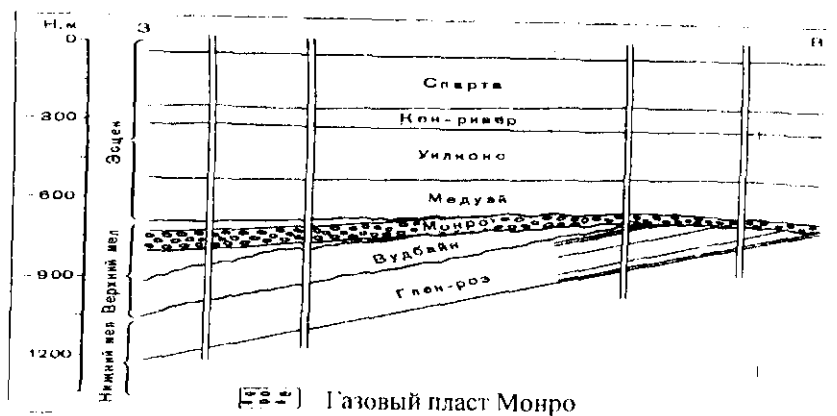


Рис.9.16. Разрез газового местоскопления Монро, штат

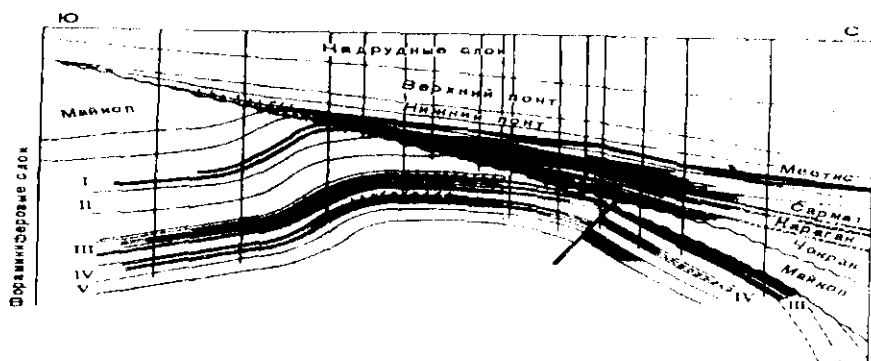


Рис.9.17. Геологический профиль через местоскопление Зыбза, I-V - пласты

Глава 10. ПРОИСХОЖДЕНИЕ НЕФТИ И ГАЗА.

10.1. Гипотезы происхождения нефти и газа

Происхождение (генезис) того или иного полезного ископаемого относится к теоретическим проблемам. И.М.Губкин в своей книге «Учение о нефти» говорит следующее о теоретическом решении вопросов происхождения нефти: «Теоретическое значение вопроса о происхождении нефти состоит в том, что правильное его разрешение даст нам истинное представление о протекавших в земной коре процессах, в результате которых возникла нефть, как минеральное тело, и образовывались в конечном счете ее залежи;...

... , когда мы будем иметь правильное представление о тех процессах, в результате которых возникает нефть, мы будем знать, каким образом в земной коре образуются ее залежи, будем знакомы со всеми структурными формами и литологическими особенностями пластов, благоприятными для скопления нефти, и получим из всей совокупности этих данных надежные указания, в каких местах нам искать нефть и как надлежит наиболее целесообразно организовать ее разведки».

Существует органическая и неорганическая гипотеза происхождения нефти и природных газов. Неорганическая гипотеза образования нефти и природных газов имеет небольшое число сторонников. Основные положения ее были намечаны еще в XIX веке Д.И.Менделеевым и Д.В.Соколовым. Гипотезы органического происхождения нефти своими корнями уходит вглубь столетий, к высказываниям М.В.Ломоносова.

Гипотеза органического происхождения предусматривает образование нефти в толщах осадочных пород. Следовательно, по этой гипотезе залежи нефти следует искать в областях накопления осадочных пород. Сторонники неорганического происхождения нефти связывают ее образование либо с локальными очагами активного проявления основной магмы, либо с подкоровыми явлениями, либо с космическими процессами.

Органическое происхождение нефти и природного газа ныне признается большинством ученых мира. Для обоснования этого положения могут быть приведены геологические, геохимические и химические доводы. Геологические доказательства органического происхождения нефти базируются на условиях залегания нефти и

газа и на закономерностях распространения их в земной коре. Одним из доказательств органического происхождения нефти является то, что 99,9% известных скоплений нефти и газа приурочено к осадочным толщам. Другим доказательством служит неравномерность распространения скоплений нефти и газа в земной коре и преимущественная приуроченность их к определенным литолого-фаціальным комплексам (Н.А.Еременко, 1961).

В конце XX в начале XXI века появляется новая микстгенетическая схема о происхождении нефти и природного газа. Ее основоположником является А.А.Абидов.

По мнению А.А.Абидова, «принцип действия микстгенетической схемы базируется на взаимодействии двух реально существующих компонентов – рассеянного органического вещества (РОВ) осадочных толщ и ювенильных высокотемпературных флюидов, поднимающихся по каналам глубинного тепломассопереноса. Последние представляют собой раздробленные пропиецаемые зоны в точках пересечения глубинных разломов. По ним высокотемпературные ювенильные флюиды водорода, метана, окиси углерода, воды и других соединений поднимаются к поверхности из древних магматических очагов, взаимодействуя на своем пути с РОВ осадочных толщ».

На основании вышеизложенного А.А.Абидовым составлена принципиальная модель микстгенетической схемы природного синтеза углеводородов (рис.10.1), который отображает цикл причинно-следственных связей главных ее элементов: 1) каналы ГТМП (каналы глубинного тепломассопереноса); 2) поднимающиеся по ним глубинные флюиды CO_2 , N_2 , H_2 , H_2O , CO , C_2H_4 , He , Ar и др.; 3) аномальные термобарические зоны над каналами ГТМП; 4) РОВ осадочных толщ; 5) типы химических реакций, отражающих взаимодействие РОВ с ювенильными водородом и метаном, прямую полимеризацию его и прочих УВ; 6) миграцию синтезированных УВ; 7) формирование залежей нефти и газа. Эта цепочка между образованием залежей УВ и каналами ГТМП показывает пространственно-генетическую связь последних с известными зонами крупных скоплений нефти и газа. При этом расположенные над каналами аномальные термобарические зоны

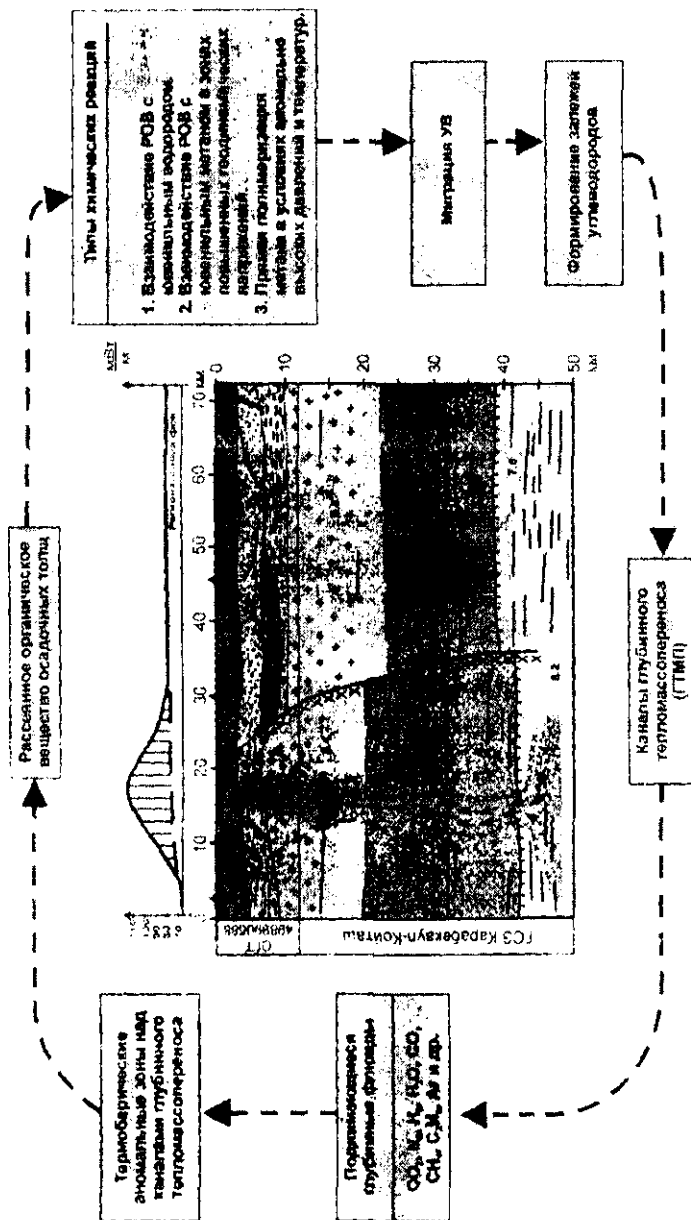


Рис.10.1. Принципиальная модель микстгенетической схемы природного синтеза углеводородов (А.А.Абидов, 2003)

обладают повышенным нефтегазогенерирующим потенциалом и представляют практический интерес для поисков крупных скоплений нефти и газа (А.А.Абидов, 1998, 2003).

Согласно предложенной А.А.Абидовым микстгенетической схеме основными объектами целенаправленных нефтегазогеологических исследований являются многочисленные каналы ГТМП, расположенные в различных нефтегазоносных провинциях мира.

10.2. Накопление органических веществ в природе и дальнейшее их преобразование в УВ

Экспериментальными работами и детальным изучением условий нахождения в природе каустобиолитов установлено, что существовавшее ещё в недалёком прошлом мнение о резком различии составов исходного материала образования углей (углеводороды) и битумов (белки, жиры) неверно. Характер процесса преобразования органического материала зависит от природных условий среды, так как нигде в природе нет строгой изоляции растительного мира от животного.

Наиболее благоприятными участками для накопления органического материала являются лиманы, лагуны, эстуарии, расположенные вдоль морских берегов. В некоторых случаях в континентальных бассейнах в огромных количествах скапливается органический материал, состоящий из водорослей, мелких членистоногих планктона и других организмов, которые разлагаясь анаэробными бактериями при отсутствии кислорода, образуют на дне мощный слой органического ила - «санропеля» («санрос» - гнилой, «гнилос» - ил).

Санропель представляет собой однородную бурую, в тонких слоях полупрозрачную студнеобразную массу, которая при высыхании принимает вид полужатвердевшего столетнего клея. Переход санропеля в санропелитовые сланцы, угли и т.п. происходит путем его обезвоживания и увеличения в нем содержания O_2 и CO_2 .

Органическая масса, содержащаяся в современных и древних морских осадках, состоит, в основном, из азотистых соединений и липидно - гумусового комплекса.

Преобразование этих веществ в газообразные и жидкие УВ может происходить под действием давления, повышенной темпера-

туры, физико-химических процессов при участии катализаторов, радиации, бактерий.

Влияние каждого из факторов на преобразование органического вещества на различных стадиях неодинаково и во многом зависит от общей геологической обстановки. Минимальное давление, которое может влиять на преобразование органического вещества в нефть, отвечает давлению перекрывающей толщи мощностью 900 м.

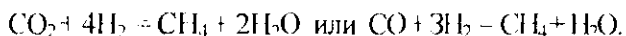
Скорость распада органических веществ увеличивается с повышением температуры. При $T=300-500^{\circ}\text{C}$ большинство органических веществ быстро разлагается с образованием разнообразных продуктов, в том числе углеводородов типа нефтяных, что и было доказано опытами академика Н.Д. Зелинского.

Присутствие в нефтях порфиринов, очень сложных азотистых соединений, распадающихся при таких температурах, доказывает, что большинство нефтей никогда не подвергалось воздействию температуры, превышающей $150-200^{\circ}\text{C}$.

Исходя из анализа геологических условий, П. Абельсон (1963) высказал мнение, что образование многих нефтей происходило при температурах ниже 100°C .

В.А.Соколов (1948) считает, что недостаток температуры компенсируется продолжительностью геологического времени, поскольку время существования осадочных пород исчисляется миллионами лет.

Процесс образования нефти сопровождается гидрогенизацией органических соединений, т.е. обогащением их водородом, без чего органические вещества не могут превратиться в нефтяные углеводороды. При этом реакции могут быть самыми различными. Некоторые из них идут примерно так:



Вопрос об источниках водорода до настоящего времени является спорным.

Условия образования углеводородов по разрезу осадочной толщи неодинаковы. К самой верхней части относятся слои, покрытые водой, а также почва и подпочва. В этой зоне важнейшую роль играют биохимические процессы, происходящие в результате

жизнедеятельности растений, бактерий и других организмов. В составе образующихся здесь газов присутствуют главным образом CO_2 и немного CH_4 и N_2 . По мере накопления и погружения осадочных пород оставшееся органическое вещество подвергается анаэробному разложению с образованием метана. Мощность биохимической зоны около 50м (рис. 10.2).

Ниже располагается переходная зона. В ней интенсивность биохимических процессов по мере углубления снижается, а химические термokatалитические процессы образования газов и углеводородов идут еще очень медленно. Еще ниже, примерно, с глубины 1-2км, начинается термokatалитическая или нефтегазовая зона. Здесь протекают процессы, связанные с химическим изменением органических веществ. По мере углубления интенсивность этих процессов возрастает, и в результате образуются углеводородные газы, нефть и CO_2 , M_2 , H_2S (рис.10.1).

С глубины 6-7км, где температура может достигать 200°C и более, жидкие углеводороды становятся неустойчивыми и равновесие реакций смещается в сторону метана, как наиболее устойчивого. Чем больше мощность осадочных пород, тем больше относительные объемы образования метана.

В наиболее глубоких впадинах при очень большой мощности осадочных пород (12-16 км и более), следует ожидать высокого насыщения метаном всей толщи особенно глубже 6-7 км.

Типичными примерами являются прикаспийская и Южно-

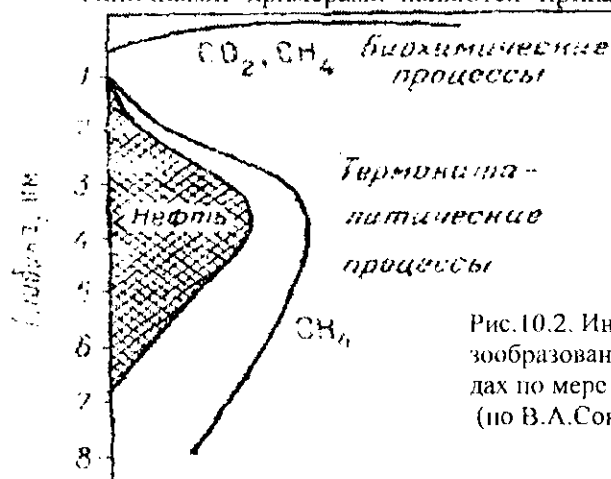


Рис.10.2. Интенсивность нефтегазообразования в осадочных породах по мере их погружения (по В.А.Соколову)

Каспийская впадины, где на Северо-Западе Омбской области под скоплениями соли выявлены крупнейшие газоконденсатные месторождения (Тенгиз и др.).

10.3. Генезис нефти и газа

Учитывая изложенное в главе 7 и в предыдущем разделе, можно сделать вывод, что доминирующим в настоящее время является представление об органическом происхождении нефти. По современным представлениям, с генетической точки зрения нефть является жидким продуктом преобразования в недрах земной коры органических соединений сапропелевого типа, первоисточником которых явились остатки низших организмов.

Нефтеобразование представляет собой длительный многоступенчатый процесс, который органически очень тесно связан с литогенезом в бассейнах, испытавших значительное опускание. Нефть не является одновозрастной, так как состоит из компонентов, образовавшихся в различные отрезки времени. Некоторые химические соединения в ее составе возникли еще в телах живых организмов. Они были унаследованы "юной" микронефтью и сохранились при её "созревании". Такие биохимические реликты в составе нефти (находящейся уже в залежи) в сумме составляют не более нескольких процентов от её веса. О них можно сказать, что если иметь в виду нефть как уже сформировавшуюся систему, они старше нефти, древнее её основной массы.

Следующая генерация компонентов нефти, дающая начало нефти в залежах, рождается на стадии диагенеза в результате микробиаэробной жизни в илах.

Соответствующих биохимических соединений в нефтях (находящихся в залежах) может быть несколько больше, чем реликтов первой генерации, но также относительно мало. Биохимические реликты первой и второй генерации можно датировать возрастом материнских отложений.

Большая же часть нефти образуется значительно позже накопления нефтематеринских слоев.

Генезис углеводородного газа

Углеводородные горючие газы генетически связаны либо с гумусовым (угольным) органическим веществом, либо с сапро-

целевым (нефтяным). По составу угольный (сухой) и нефтяные (жирный) газы существенно отличаются друг от друга: угольный газ состоит в основном (до 98%) из метана и этана, а нефтяной содержит углеводороды от C_3H_8 и выше в количествах от 5-7 до 15-20%.

В случае преобразования гумусового органического вещества, захороненного в рассеянной форме, образуются главным образом газообразные углеводороды и углистое вещество, которое распределено в породах в виде примеси (как правило, не более 5%).

Если гумусовое органическое вещество преобразуется в гомогенных концентрированных массах, то в этом случае газообразные углеводороды (в основном CH_4) являются побочным продуктом процесса карбонатизации органического вещества, а основным - углистое вещество, которое образует в земной коре самостоятельные геологические тела (пласты углей), газ же в этих телах находится в виде примеси, составляя незначительную долю их массы.

Процесс преобразования сапропелевого органического вещества сопровождается на всех стадиях газообразованием. Главным продуктом этого процесса является нефть, которая образуется из рассеянной органики, и горючие сланцы, которые генерируются из концентрированной массы органического вещества. Кроме газа, нефти и горючих сланцев в качестве продуктов преобразования в этом процессе выступает остаточное органическое вещество, находящееся в породах в рассеянном виде (не более 5%, в среднем 0,5%) в осадочных породах нефтегазоносных территорий.

Вертикальная зональность образования углеводородов в осадочных породах.

Как следует из гипотезы органического происхождения нефти, преобразование захороненного в осадке органического вещества в нефтяные углеводороды как газообразные, так и в жидкие, начинается еще в стадии диагенеза осадков и наиболее интенсивно продолжается по мере их погружения в более глубокие зоны. В то же время существует и другая точка зрения, представители которой полагают, что образование нефтяных углеводородов происходит только на глубинах 1 км и более.

При погружении пород на глубины с температурой от 50-60° С и выше процессы изменения органического вещества (углефикация и битуминизация) усиливаются. Эти процессы развиваются в течение длительного отрезка времени. Предполагается, что на определенных глубинах усиливается новообразование углеводородов, генерируются в большом количестве гомологи метана (C_2-C_3) и жидкие лёгкие углеводороды, составляющие бензиновую и керосиновую фракции нефти. Интервалы усиления этих процессов зависят от темпов опускания, перерывов в осадконакоплении вследствие перемены знака движения, геотермической истории бассейна.

В процессе погружения отложений при прохождении ими определенных интервалов глубин (зон) в недрах осадочной оболочки происходит преобразование органического вещества, содержащегося в этих отложениях. В различных зонах в зависимости от исходного органического вещества это преобразование приводит к разным результатам.

Первую графическую схему изменения интенсивности образования углеводородов с глубиной составил В.А.Соколов в 1948г. Согласно его уточненной схеме (1971 г) в толще осадочных пород выделяется четыре зоны (рис.53).

10.4. Нефтегазоматеринские отложения и регионально нефтегазоносные комплексы

В разрезе осадочного чехла выделяются комплексы горных пород, разделяющиеся по возможности генерации УВ; возможности накопления УВ.

Комплексы, генерирующие УВ, называются нефтегазопродуцирующими, нефтегазоматеринскими, а комплексы, аккумулирующие УВ – нефтегазосодержащими.

Нефтегазоматеринские отложения накапливаются в субаквальной среде с анаэробной геохимической обстановкой в условиях относительно устойчивого погружения бассейна седиментации, что способствует мощному и достаточно быстрому осадконакоплению и интенсивному прогреву пород. Нефтегазосодержащие отложения также формируются в условиях накопления мощной толщи осадочных пород и представляют собой ассоциации природных резервуаров и региональной экраняющей, толщи.

характеризующиеся определенными условиями формирования и сохранения нефтяных и газовых залежей. Состав и мощности осадочных толщ нефтегазоматеринских и нефтегазосодержащих комплексов различны. Если для нефтегазоматеринских пород характерно преобладание глинистых и карбонатных пород органического происхождения, то для нефтегазосодержащих пород характерно преобладание грубообломочных пород, а также хемогенных (известняки, доломиты) и органогенных (рифовые известняки) разновидностей.

Формирование этих пород связано с различными тектоническими режимами (геосинклинальным, платформенным) и соответственно, с различными тектоническими структурами.

Фации и формации

Ранее было сказано, что физико-географические условия осадконакопления формируются в зависимости от характера тектонических движений и обусловленных ими геологических процессов, изменяющих состав и облик земли.

Впервые термин - "фа́ция" применил датский ученый П. Стено в XVII веке для обозначения изученных напеч слоев в районе Флоренции. Он происходит от латинского слова «*facies*» и означает облик, лицо. Основоположителем современного понимания термина "фа́ция" является А. Грессли. Он сформировал понятие фации, как структурной части стратиграфического горизонта (или другой стратиграфической единицы), отличающейся какими-либо объективными признаками от смежных одновозрастных пород. Происхождение фаций он связывал с различными условиями образования пород.

Константин Прюво (1837-1838гг.) в понятие "фа́ция" ввел принцип синхронизма, согласно которому есть такие типы отложений, которые не связаны с определенной эпохой, а образуются во все эпохи.

Таким образом понятие "фа́ция" оформилось в двух направлениях:

"фа́ция" - это участки слоя;

- "фа́ция" - это генетическое понятие, определяющее: а) способ образования; б) условия образования; в) отложения; г) условия отложения.

Становление генетического направления связано с М.П. Рензевье (1884г), который предложил генетическую классификацию фаций, и с И.Вальтером, который дал генетическое определение фации. По И.Вальтеру, фация представляет "совокупность первичных признаков осадочной породы" и отражает связь между условиями образования породы с её петрографическими признаками и заключенными остатками организмов. Им установлен закон корреляции фаций, суть которого заключается в следующем: вертикальный ряд фаций повторяет латеральный.

Н.М.Страхов фацией называл "среду отложения пород со всеми её особенностями (рельефом, химическим режимом, органическим миром).

В.Е.Хаин, Ю.А.Жемчужников и др. под понятием "фация" подразумевают определенный тип осадочной породы, возникшей в определенных же физико-географических условиях.

В настоящей работе принято определение, данное Г.Ф.Краснощениковым: "фация - это комплекс отложений, отличающихся составом, и физико-географическими условиями образования от соседних отложений того же стратиграфического среза".

Фациальный анализ или фациальные реконструкции - процедура генетическая, так как по сути является генетическим истолкованием выявленных изменений в составе отложений, т.е. реализуется неразрывность трех сторон понятия фаций: вещества, среды и стратиграфической принадлежности.

Условия накопления осадочных толщ в пределах смежных тектонических структур существенно различны. Особенно это характерно для платформ, геосинклиналей и краевых прогибов. Связано это с тем, что тектонический режим этих структур неодинаков.

Фациальные условия осадконакопления зависят от физико-географической обстановки, которая, в свою очередь, формируется в зависимости от характера тектонических движений и обусловленных ими геологических процессов, изменяющих состав земной коры и её поверхность.

Комплексы пород, образующихся при сходных тектонических режимах, называются формациями (Бакиров А.А., 1990).

В.В.Белоусов определяет формацию, как комплекс фаций, соответствующий определенной стадии геотектонического цикла и определенной геотектонической зоне.

В настоящем курсе принято определение, данное В.В.Белоусовым, и близкое к нему определение А.А. Бакирова.

Формации составляют крупные геологические тела, однородные по составу, обособленные в пространстве (разрезе, плане). Эти тела образуются в определенных тектонических и географических условиях, смена которых приводит к образованию новых формаций. Формации могут быть настолько характерны, что их наличие позволяет однозначно определить тот тектонический режим, при котором они сформировались.

Можно привести несколько типичных примеров таких формаций. Некоторые из формаций генетически связаны с образованием нефти и газа и формировании их залежей.

В геосинклинальных областях на разных стадиях их развития формируются следующие формации, к которым приурочены скопления нефти и газа:

- на первой стадии геосинклинального этапа во внешних, ближайших к платформе прогибах, накапливается нижняя терригенная формация, называемая аспидной; при отсутствии интенсивных метаморфизации и складчатости эта формация нефтеносна;

- на второй стадии идет накопление во внутренних прогибах карбонатной формации, а во внешних - флишевой формации, носящей смешанный карбонатно-терригенный характер. К этим формациям также приурочены скопления нефти и газа;

- на третьей стадии в передовых (на границе с платформой) и в межгорных прогибах начинается отложение нижней молассовой или флишевой формации, сложенной в основном песчано-глинистыми образованиями, к этой формации обычно приурочены крупные залежи нефти и газа;

- на четвертой стадии идет отложение в передовых и межгорных прогибах верхней или собственно молассовой формации, в которой, наряду с песчаными и глинистыми (суглинистыми) породами, видная роль принадлежит галечникам (конгломератам); морские образования чередуются с пресноводно-наземными и лагунными. В восходящем

разреze моласс наблюдается постепенное вытеснение морских осадков континентальными.

Отложения верхней молассовой формации изобилуют породами - коллекторами, при благоприятных структурных условиях содержащими крупные залежи нефти, нередко возникшие в результате миграции из нефтематеринских свит нижней молассовой формации.

На платформах также происходит формирование песчано-глинистых и карбонатных формаций, к которым могут быть приурочены скопления нефти и газа. В орогенных областях скопления нефти и газа связаны с молассовой формацией, состоящей из мощных толщ грубообломочных пород (конгломератов, галечников).

Нефтегазоматеринские отложения

Как уже отмечалось ранее, нефтегазоматеринские отложения содержат органическое вещество в повышенной - 0,5-5% концентрации. Такими породами являются: глинистые осадки; карбонатные (органические) осадки; глинисто- карбонатные осадки.

Глинистые осадки составляют 2/3 всей толщи осадочных пород и широко распространены в земной коре. В них заключено более 80% всей массы органического углерода, в том числе и подвижные битуминозные вещества, близкие по составу к нефти. Глинистые породы обладают способностью претерпевать наибольшее уплотнение и в связи с этим терять огромное количество содержащихся в них подвижных веществ.

Можно считать установленным, что битумообразование происходит в большинстве формаций, в составе которых имеются глинистые (пелитовые) породы, содержащие рассеянное органическое вещество (РОВ), преобразовывавшееся в восстановительных условиях. Этот процесс широко распространен в обычных пелитовых породах, содержащих всего несколько процентов рассеянного органического вещества. При этом нельзя не указать, что подавляющая часть рассеянного органического вещества относится к угольному ряду. Кроме углистых веществ, вместе с ними почти всегда встречаются в значительной степени более подвижные битуминозные вещества, количество которых обычно составляет не более 3% от всего РОВ. Несмотря на столь малое относительное содержание битумов в породе, их общее количество в недрах

превышает 10^{13} т и в пелитовых породах происходит образование все новых и новых порций битумов за счет распада более устойчивых составляющих РОВ.

Глинисто-карбонатные осадки представлены в основном мергелями, в которых присутствует как органическое вещество пелитовых, так и органическое вещество карбонатных (органогенных) осадков. Поэтому мергели такого состава особенно обогащены РОВ и являются одной из основных нефтепродуцирующих толщ.

Все проведенные исследования позволяют рассматривать нефтематеринские фации в качестве фаций, с которыми связано образование битуминозных соединений в связи с накоплением глинистых и многих глинисто-карбонатных осадков в условиях строго восстановительной среды. В тех случаях, когда глинистые и глинисто-карбонатные осадки, содержащие рассеянные битуминозные вещества, переслаиваются с коллекторскими породами, подобные толщи можно назвать нефтегазоматеринскими формациями.

Наиболее благоприятные условия отложения РОВ вместе с тонко-слоистыми осадками в условиях, предохраняющих их от окисления-субаквальная среда (соловодные морские бассейны океанов и пресные или опресненные континентальные бассейны).

Согласно этим условиям в Узбекистане к нефтематеринским формациям относятся:

- терригенная юрская формация, в основном морского происхождения, представленная толщей пелитовых осадков, содержащих пласты и начки гравелитов, песчаников, алевролитов (байос-бат), и содержащая органические вещества;

- юрская карбонатная формация, особенно так называемая начка глинисто-карбонатных пород (гамма-активная начка, ГАП), обогащенная РОВ и залегающая в кровельной части этой формации, а также часть формации, сложенная известняками органогенного происхождения (рифовые фации, органогенные известняки);

- верхняя часть нижнемеловых отложений (апт, нижний альб), представленная глауконитовой формацией (XII горизонт), залегающей среди мощной толщи глин апт-альбского возраста;

- верхнемеловые отложения и перекрывающие их отложения палеогена, представленные в нижней части толщей тонкого переслаивания пелитовых, карбонатных, карбонатно-глинистых осадков с песчаниками, алевролитами, со значительным содержанием РОВ, а в верхней (верхи сеномана, бухарские, сузакские, алайские слои палеогена) - карбонатно-глинистыми осадками, также содержащими РОВ.

Если нижняя терригенная и верхняя карбонатная юрские формации являются, по мнению большинства исследователей Узбекистана, нефтегазопродуцирующими, то роль меловых и палеогенных отложений вызывает достаточно много споров. Тем не менее, по условиям осадконакопления их также можно отнести к нефтегазопродуцирующим.

Нефгесодержащие комплексы.

Характер распределения залежей в пределах мощных литологических толщ во многом определяется наличием покрывшек, их мощностями, выдержанностью по площади, экранирующими свойствами, положением в разрезе, соотношением с пластами-коллекторами, а также развитием различных типов ловушек, гидрогеологической обстановкой и др.

В толщах, представленных карбонатными породами, обычно формируются массивные залежи, а терригенными - сложенные многозалежные месторождения.

Если глинистые пласты и пропластки маломощны и невыдержанны, то залежи нефти и особенно газа концентрируются в верхней части комплекса под региональной покрывшкой. В случае равномерного чередования глинистых покрывшек с пластами коллекторами при наличии благоприятных условий для вертикального перемещения УВ формируются залежи по всему разрезу комплекса. Если в нижней части комплекса выделяется мощная нефтегазоупорная толща, то в этой части разреза залежи встречаются только в низах комплекса, а за пределами развития этой толщи по всему разрезу.

Мощные регионально выдержанные песчаники с высокой проницаемостью редко содержат крупные скопления нефти и газа, обычно они водонасыщены. Это объясняется вытеснением из них

нефти и газа легко продвигающимся по толще потоком пластовых вод. В подобных массивных толщах песчаников крупные скопления УВ становятся возможными в зонах развития прерывистых песчаных пластов, чередующихся с прослоями алевролитов и глин.

В отдельных случаях залежи могут образоваться на месте. Это возможно, если нефтегазоматеринские формации содержат линзы или несвязанные между собой прослои коллекторов, окруженные непроницаемыми породами. Образовавшиеся нефть и газ попадают в изолированные коллекторы и там сохраняются.

Примером такого сохранения скоплений УВ служат в Узбекистане крупные залежи газа и нефти (Зеварды, Памук, Кокдумалак и др.), приуроченные к высокопористым карбонатам рифовых фаций, окруженных непроницаемыми глинисто-карбонатными породами, являющимися к тому же нефтегазопродуцирующими.

Таким образом, **нефтегазосодержащие комплексы** - это формация, или совокупность формаций, в которых сосредоточена основная масса выявленных (в пределах рассматриваемой территории) ресурсов УВ.

А.А. Бакиров разделяет нефтегазосодержащие комплексы на:

- **региональные**, т.е. охватывающие обширную территорию в пределах нескольких структурных элементов,
- **субрегиональные**, охватывающие территорию в пределах одного крупного структурного элемента;
- **зональные**, охватывающие значительную часть крупного структурного элемента;
- **локальные**, содержащие скопления УВ в пределах одного структурного элемента низшего порядка.

В Узбекистане примером регионального нефтегазосодержащего комплекса является терригенная юрская формация, в пределах которой залежи нефти и газа выявлены в Устюртском, Бухарском и Ферганском регионах. Примером субрегионального нефтегазоносного комплекса является верхнеюрская карбонатная формация, в пределах которой сосредоточено подавляющее большинство месторождений нефти и газа в Бухаро-Хивинском регионе. Зональным нефтегазоносным комплексом является

красноцветная терригенная формация нижнего мела, в которой в БХНП выявлены скопления нефти и газа (Учкыр, Гярби, Алат-Кувачи и др).

Примером локального нефтегазонасного комплекса могут служить карбонатные породы карбона (палеозойские отложения), в которых на Каганском поднятии (геоструктурный элемент VI порядка) в БХНП выявлены небольшие нефтяные залежи.

Как правило, нефтегазонасные комплексы являются одновременно литолого-стратиграфическими.

По времени генерации УВ они могут быть:

-**сингенетическими**, когда в них происходили одновременно процессы формирования формации и генерации УВ (верхне-среднеюрская карбонатная формация);

-**эпигенетическими**, т.е. УВ поступали в них из других отложений.

Все нефтегазонасные комплексы характеризуются определенными условиями формирования и сохранения нефтяных и газовых залежей. Зональный (региональный и т.д.) нефтегазонасный комплекс состоит из двух частей. Нижняя часть, содержащая нефть и газ и представленная чередованием песчано-глинистых отложений (или карбонатными отложениями, или переслаиванием глин, песчаников и карбонатных пород), называется **нефтегазосодержащей**. Верхняя часть комплекса, представленная регионально выдержанными глинистыми или соляноангидридовыми толщами, называется **нефтегазупорной**.

Нижняя граница комплекса нефтегазонакопления проводится по подошве нефтегазосодержащей толщи, верхняя - по кровле региональной нефтегазупорной толщи. Региональная покрывка полностью включается в состав комплекса, так как оказывает значительное влияние на характер размещения залежей в подстилающих отложениях. Только тогда покрывка может быть признана региональной, если она выдержана в пределах нескольких геоструктурных элементов.

Возможны случаи сложного взаимоотношения нефтегазонасных комплексов, что объясняется сложным региональным характером перетоков углеводородов, обуславливающим способ-

разное размещение залежей и изменение комплексов на территории.

Возможны прорывы газа и нефти через региональные покрывки в зонах разломов, уменьшения мощности участков опесчанивания и т.д. Это приводит к сообщаемости комплексов на отдельных участках в определенное геологическое время и определяет условия формирования залежей в обоих комплексах.

Многие региональные покрывки, являясь непроницаемыми для нефти, пропускают через себя газ, т.е. не могут быть газоупорами.

Региональные нефтегазоупоры являются и водоупорами, поэтому водоносные горизонты, входящие в состав комплексов, разобщены, что определяет различие их гидродинамических и гидрохимических свойств.

Зональные нефтегазоносные комплексы характеризуются различным химическим составом пластовых вод.

Как известно, формирование залежей УВ происходит в водной среде, причем нефть и газ являются лишь незначительными по объему компонентами пластовых флюидов. Гидрогеологические факторы определяют условия перемещения и накопления УВ.

Изучение динамики пластовых вод позволяет определить условия перемещения УВ и сохранности их скопления. Скорость движения пластовых вод может сделать невозможной аккумуляцию УВ в малоамплитудных ловушках.

Такие факторы, как состав и упругость растворенных газов каждого комплекса, являются важными показателями формирования залежей газа.

Нефтегазоносные комплексы, представленные значительной толщей пород морского, прибрежного, мощного континентального происхождения обычно содержат нефтегазоматеринские толщи, которые обуславливают формирование залежей нефти и газа в данном комплексе. Распределение генерирующих толщ внутри комплексов различно. Продуцирующими могут быть и отдельные пласты и мощные толщи, охватывающие широкий стратиграфический интервал. Зональные нефтегазоносные комплексы, содержащие нефтегазорегенерирующие толщи, выделяются как сингенетично нефтегазоносные.

Комплексы, не содержащие генерирующих толщ, называются эпигенетично нефтегазоносными.

Контрольные вопросы

1. *Как происходит накопление органического вещества в природе?*
2. *Как происходит дальнейшее их преобразование в УВ ?*
3. *Какие наиболее участки благоприятны для накопления органического вещества?*
4. *Что представляет собой процесс нефтеобразования?*
5. *Как происходит образование газа?*
6. *В чем заключается вертикальная зональность образования УВ в осадочных породах?*
7. *Какие комплексы называются нефтегазоматеринскими?*
8. *Какие комплексы называют нефтегазосодержащими?*
9. *Какие ассоциации горных пород называются фациями?*
10. *Какие ассоциации горных пород называются формациями?*
11. *Какие формации относятся к нефтегазопродуцирующим?*
12. *Какие формации относятся к нефтегазосодержащим?*

Глава 11. МИГРАЦИЯ И АККУМУЛЯЦИЯ УВ. РАЗРУШЕНИЕ ЗАЛЕЖЕЙ НЕФТИ И ГАЗА.

11.1. Понятие о миграции.

Факторы миграции и физическое состояние УВ.

Под миграцией нефти или газа понимается перемещение их в осадочной оболочке. Пути миграции нефти и газа являются поры, трещины в горных породах, а также поверхности наслоения разрывных смещений и стратиграфических несогласий, по которым нефть и газ не только мигрируют в земной коре, но и могут выходить на поверхность.

Миграция может происходить в теле одной и той же толщи или пласта, но может иметь и место перемещения УВ из одного пласта в другой. С этой точки зрения различают внутрипластовую и межпластовую миграции. Первая осуществляется главным образом по порам и трещинам внутри пласта, вторая - по поверхностям разрывных смещений и стратиграфических несогласий из одного природного резервуара в другой. И внутрирезервуарная, и внерезервуарная миграции могут иметь боковое направление, идущее по напластованию и вертикально к напластованию. С этой точки зрения различают боковую и вертикальную миграцию.

По характеру движения и в зависимости от физического состояния УВ миграция может быть молекулярной (явления диффузии, движение в растворенном состоянии вместе с водой) и фазовой (в свободном состоянии). В последнем случае УВ могут находиться в жидком (нефть) и газообразном (газ) состоянии, а также в виде "парообразного" газонефтяного.

По отношению к нефтегазоматеринским толщам различают первичную и вторичную миграцию.

Процесс перехода УВ из пород, в которых они образовались (нефтегазопродуктирующие), в коллекторы получил названия первичной миграции. Миграция газа и нефти вне материнских пород называется вторичной миграцией. Созревание нефти происходит в процессе миграции УВ в осадочных породах с момента их первичной десорбции (в нефтематеринских породах) до аккумуляции в ловушках. Поэтому некоторые исследователи под первичной понимают миграцию еще не "созревшей" нефти

("первичной" нефти), а под вторичной - миграцию нефти из залежей ("соосущественно нефти").

Проблема миграции нефти и газа включает три основных вопроса: факторы, ее вызывающие; состояние, в котором флюиды перемещаются; масштабы (расстояния) миграции.

Образовавшиеся в стадию диагенеза нефтяные углеводороды выжимаются вместе с водой из осадков при их уплотнении. С погружением пород они все более прогреваются. Повышение температуры способствует перемещению нефти и газа за счет увеличения их объема. При погружении пород на большие глубины усиливается генерация газа, и первичная нефть выносятся им из материнских пород в виде газового раствора. Миграция нефтяных УВ в виде газового раствора доказана экспериментально. Следует указать на явление диффузии как на реальный фактор первичной миграции газа и газовых растворов нефтяных УВ. Вторичная миграция нефти и газа может быть обусловлена гравитационными, гидравлическими факторами, капиллярными силами и др. При вторичной миграции нефть и газ, попадая в коллектор, заполненный водой, стремятся занять наивысшее положение. Иначе говоря, перемещаются вертикально вверх (рис. 11.1).

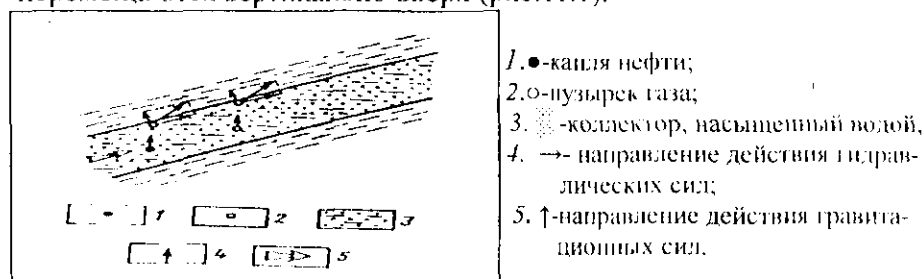


Рис. 11.1. Направления действия гравитационных и гидравлических сил на нефть и газ в водонасыщенном пласте.

Миграция флюидов по пластам-коллекторам в значительных масштабах становится возможной при наличии наклона пласта и перепада давления. Некоторые исследователи, считают что наклон пласта в 1-2м на 1км создает достаточные условия для продвижения нефти и газа под действиями гравитационного фактора, выражающегося во всплывании их в водонасыщенных породах. Некоторые отмечают, что гравитационные силы не

способны преодолеть тормозящие капиллярные силы при малых размерах пор (менее 1 мм) и на этом основании исключают возможность миграции УВ по пласту на значительные расстояния при статических условиях. В то же время они допускают такую возможность при наличии сплошной массы нефти и в особенности газа, которые могут мигрировать в виде струй.

А. Леворсен высказывал сомнения по поводу миграции УВ по коллекторам в свободном состоянии под действием гравитационных сил, но тем не менее допускал миграцию нефти и газа из-за их плавучести. В активной гидродинамической обстановке разделение флюидов и всплывание нефти и газа в водонасыщенной среде значительно облегчается. Кроме того, величина капиллярного давления резко уменьшается при высоких температурах и в присутствии ПАВ (поверхностно-активных веществ), так как в этом случае тормозящее влияние капиллярных сил на всплывание УВ значительно ослабляется. Гидравлический фактор играет важную роль при миграции нефти и газа в земной коре в растворенном виде в составе подземных вод. Действие гидравлического фактора не ограничивается транспортировкой УВ в растворенном состоянии, так как капельки нефти и пузырьки газа в свободном состоянии также увлекаются движущимися подземными водами. Таким образом, активная гидродинамическая обстановка, которая возникает при движении подземных вод, как уже отмечалось, не только значительно облегчает всплывание нефти и газа в водонасыщенной среде, но и способствует перемещению УВ как в растворенном, так и в свободном состоянии.

Движение флюидов (воды, нефти и газа) в пористых породах при различных условиях изучалось Г. Дарси, Л.С. Лебензом, И.А. Чарным, В.П. Щелкачевым и др.

Фильтрация жидкостей, происходит согласно закону Дарси, т. е:

$$Q = KS(P_2 - P_1)/\mu h; \quad (11.1)$$

где: Q - количество воды или нефти (см^3), проходящее в единицу времени через породу-пласт с поперечным сечением S , см^2 ;

K - коэффициент проницаемости породы, 10^{-12}м^3 ;

μ - вязкость нефти или воды, $\text{Па} \cdot \text{с}$;

h - высота слоя на пути в направлении движения, см ;

$(P_2 - P_1)$ - перепад давлений, МПа .

Для фильтрации газов формула Дарси будет иметь вид

$$Q = KS / \mu h \times (P_2^2 - P_1^2) / 2 \quad (11.2)$$

Для газов, в отличие от жидкостей, в формуле, вместо перепада давлений (ΔP) входит разность квадратов давлений, т.е. Q представляет собой объем газа, измеряемый при среднем давлении. Миграция нефти путем фильтрации происходит в случае, если поровое пространство в породе будет полностью заполнено нефтью. Однако в природных условиях нефть в основном перемещается в водонасыщенной среде, поэтому присутствие воды значительно затрудняет фильтрацию нефти. При наличии в пласте-коллекторе воды и нефти их движение зависит от фазовой проницаемости (эффективной), которая, определяется степенью заполнения порового пространства каждым из этих флюидов. В тех случаях, когда водонасыщенность пород-коллекторов превышает 80%, нефть не может перемещаться, так как фазовая проницаемость ее равна 0 (нулю). Если 90% порового пространства занято жидкостью, то фазовая проницаемость для газа также равна нулю. В природных условиях в породах чаще всего присутствуют вода, нефть и газ. И тогда процесс фильтрации флюидов значительно усложняется. Роль гидравлического фактора особенно сильно проявляется в складчатых областях передовых прогибов, где скорость движения подземных вод значительно больше по сравнению с платформенными территориями и достигает в отдельных случаях первых десятков метров в год, хотя чаще она определяется несколькими метрами или несколькими десятками сантиметров в год в зависимости от проницаемости пород. Также в миграции УВ играют большую роль подземные воды не только на малых глубинах, но и на глубинах свыше 3-4 км, где происходит отток вод за счет превращения монтмориллонита в гидрослюда и высвобождения значительных масс связанной (межелосвой) воды, которая обладает наибольшей способностью растворять УВ, так как она характеризуется меньшей минерализацией и особой структурой.

Определенную роль в миграции УВ играют капиллярные силы так как вода лучше чем нефть смачивает породы, силы поверхностного натяжения между породой и водой будут больше, чем между породой и нефтью. Этим объясняется наблюдаемое

явление - вытеснение нефти водой из мелких пор в крупные. Капиллярное давление понижается с увеличением диаметра пор и отсутствует в порах диаметром более 0,6 мм. Поэтому в крупнозернистых породах-коллекторах или породах с трещинами и крупными пустотами разница плотности воды, нефти и газа обеспечивает дифференциальную миграцию флюидов согласно закону гравитации.

Миграция УВ может происходить также под влиянием упругих сил (напряжения) расширения флюидов и заключающих их пород. Как известно, жидкости, и прежде всего воды, обладают способностью сжиматься, хотя в незначительной степени. В случае уменьшения нагрузки вследствие подъема или эрозии пород возможно расширение жидкости, заполняющей резервуары, а следовательно, возможна и миграция нефти и газа. Движение водо-нефтяного контура при эксплуатации залежей нефти и газа, например, приуроченных к ловушкам литологического типа (изолированным песчаным линзам внутри глинистых отложений), доказывает миграцию нефти и газа под влиянием упругих сил расширения воды, вода сжимается значительно меньше, чем нефть, поэтому она будет оказывать давление на нефть и способствовать также растворению в ней газа и понижению вязкости ее и плотности, что в свою очередь увеличивает подвижность нефти и облегчает дифференциацию флюидов под влиянием гравитационного фактора.

Диффузия УВ также может быть причиной миграции их в земной коре. Под диффузией понимают взаимное проникновение одного вещества в другое вследствие разности концентрации и стремления выровнить их. Диффузия происходит по закону Фика, согласно которому количество dQ (см^3), проникающее за время dt (с) через поперечное сечение S (см^2) поверхности, через которую происходит диффузия, пропорционально градиенту концентрации dc/dh .

$$dQ = Ddc/dh \cdot S \cdot dt, \quad (11.3)$$

где D - коэффициент диффузии.

Диффузия УВ всегда происходит в направлении областей меньших концентраций, поэтому наличие диффузионного потока

под скоплениями нефти и газа может привести к разрушению и рассеиванию УВ.

И.О. Брод и Н.А. Еременко допускали миграцию УВ также вследствие изменения объема пор породы, которое может происходить при цементации пород или перекристаллизации минералов, а также по другим причинам. Эти процессы приводят к уменьшению объема пор, в то время как процессы выщелачивания горячими подземными водами и растворения ведут к увеличению объема пор.

Миграция УВ может быть обусловлена также разными коэффициентами расширения пород и заключенных в них флюидов при повышении температуры результатов погружения.

Вертикальная (резервуарная) миграция может происходить также через слабопроницаемые покрывки путем прорыва газа или нефти под влиянием избыточного давления, возникающего вследствие различия плотностей флюидов. Особенно это характерно для зон развития высокоамплитудных ловушек, содержащих скопления газа или легкой нефти, где возникают максимальные избыточные давления ($P_{изб}$) в силу различия плотностей нефти, газа и воды и значительной высоты залежей:

$$P_{изб} = h_z \cdot d_g - d_w / 10; \quad (11.4)$$

где h_z - высота газовой залежи;

d_w и d_g - плотности воды и газа (относительно воды).

В природных условиях миграция УВ, повидимому, обуславливается всем комплексом факторов, которые действуют одновременно или последовательно в зависимости от геологических и термобарических условий.

11.2. Масштабы, направление и скорость миграции.

По масштабам движения миграция делится на:

-региональную, контролируемую соотношениями в пространстве зон нефтегазообразования и зон нефтегазонакопления;

-локальную, контролируемую отдельными структурами и различными осложнениями (разрывными смещениями, литологическими и стратиграфическими экранами и др.).

Расстояние, направления и скорости миграции УВ зависят от их состояния, а также от геологической обстановки формирования залежей.

Скорость миграции УВ в растворенном состоянии соответствует скорости перемещения пластовых вод, в которых они растворены. При этом перемещение происходит в латеральном (по напластованию) направлении от области питания, где наблюдаются высокие пластовые давления, обусловленные напором вод, в область разгрузки. Максимальные расстояния, на которые может мигрировать газ вместе с пластовыми водами, достигает первых сотен км. Примером такой миграции газа могут служить газовые месторождения Амударьинской нефтегазоносной области.

Диффузный массоперенос УВ, который осуществляется во всех направлениях, через трещины водонасыщенных пород, в том числе и глинистых, характеризуется наименьшими скоростями.

Газ, который обладает более высокими диффузионными свойствами, чем нефть, может в результате миграции в диффузионном потоке перемещаться примерно на расстояние около 10 км. При этом расстояние определяется диффузионной проницаемостью пород и временем этого процесса. Гравитационный фактор определяет условие миграции газа и нефти. Газ в свободном состоянии мигрирует преимущественно в вертикальном направлении наибольшего угла восстания пласта. В этом случае миграция газа характеризуется наибольшими скоростями.

Скорость струйной миграции газа и нефти зависит в основном от фазовой проницаемости для газа и нефти, пористости пласта, а также вязкости нефти и газа, угла наклона пласта и разности плотности воды, нефти и газа в пластовых условиях. Расчеты В.Н. Савченко показывают, что площадь струи при этом является наибольшей.

При генерации УВ в самом резервуаре или в подстилающих его нефтегазоматеринских породах в условиях предельного насыщения УВ, находящиеся в свободном состоянии, либо мигрируют в ловушку, либо поступают сначала в природный резервуар, а затем мигрируют в ловушку. Расстояние миграции в этом случае не превышает зоны влияния ловушки. При верти-

кальном (межпластовом) перетоке газа и нефти из нижележащей залежи и латеральной миграции их из одной ловушки в другую расстояние миграции будет контролироваться той геологической обстановкой, в которой осуществляется перемещение струй газа и жидкой нефти. Они будут зависеть от мощности толщи пород, которая разделяет первичную залежь, (нижележащие породы) от вторичной (вышележащие породы), с образованной в результате перетока по вертикали, либо будет определяться расстояниями, отделяющими смежные друг с другом ловушки одного и того же резервуара.

Таким образом, благодаря гравитационному фактору возможно накопление нефти и газа в ловушках.

Гидравлический фактор проявляется в том, что вода при движении в пластах-коллекторах увлекает за собой пузырьки газа и капельки нефти, которые либо находятся непосредственно в воде, либо сорбированы молекулами воды. Это форма миграции наиболее распространена в хорошо проницаемых породах (внутрирезервуарная миграция). Когда в процессе перемещения нефть и газ образуют самостоятельные фазы, дальнейший процесс миграции происходит за счет гравитационного фактора в виде струй по приподнятым частям валлообразных поднятий.

В слабопроницаемых породах (глины, алевролиты) основным фактором миграции являются избыточное давление, возникающее в газонасыщенных толщах, подстилающих эти слабопроницаемые породы, и прорыв их, а также диффузия.

Подводя итоги изложенному в этом разделе, можно сделать вывод, что расстояния, направления и скорости миграции УВ зависят от их состояния и от геологической обстановки формирования залежей. Миграция нефти и газов в растворенном состоянии происходят с той же скоростью и в том же направлении, что и у пластовых вод, в которых они растворены.

По расчетам А.Е. Гуревича скорость миграции нефти и газов в свободном состоянии струй составляет 1м/год на 1° угла наклона.

В.П. Савченко определил, что высота струй при этом не превышает 1м.

Первичная миграция УВ в растворенном в воде состоянии происходит в процессе отжима воды из глинистых, материнских пород. Скорость этой миграции не превышает $10^{-8} \text{ м}^3/\text{м}^2 \cdot \text{год}$.

11.3. Формирование скоплений нефти и газа.

Нефть и газ при миграции в свободной фазе перемещаются в пласте-коллекторе в направлении максимального восстания пласта. В первой же ловушке, встреченной мигрирующими газом и нефтью, будут происходить их аккумуляция и образование скоплений.

Если объёма мигрирующих в свободной фазе УВ достаточно для заполнения целого ряда ловушек, лежащих на пути миграции, то первая ловушка будет заполнена газом, вторая газом или нефтью, а все остальные ловушки, расположенные гипсометрически выше, будут заполнены водой.

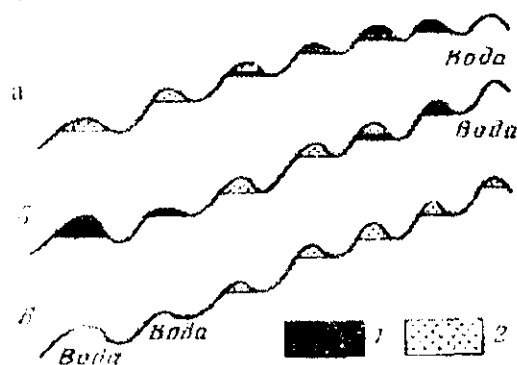


Рис. 11.2. Особенности размещения газовых, нефтяных и газонефтяных залежей в зависимости от состояния мигрирующих углеводородов.
1 - нефть; 2 - газ

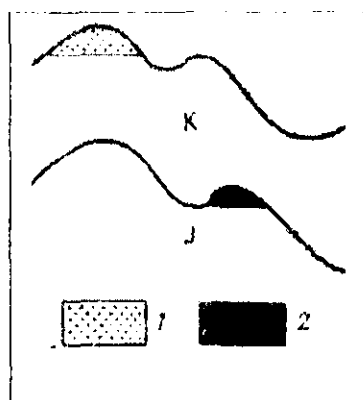


Рис. 11.3. Принципиальная схема размещения газовых и нефтяных залежей в юрских и меловых отложениях в одной из групп месторождений Бухарской зоны нефтегазонакопления. (Джаркак).
1 - газ; 2 - нефть

Такое заполнение ловушек называется дифференциальным улавливанием (В.П. Савченко, С.П. Максимов, В. Гассоу).

Миграция нефти и газа в свободном состоянии может осуществляться не только внутри пласта-коллектора, но и через разрывные смещения, что также приводит к формированию залежей.

Если в пласте-коллекторе происходит движение нефти с растворенным в ней газом, то на больших глубинах ловушки будут заполнены нефтью (и растворенным в ней газом). После заполнения этих ловушек нефть будет мигрировать вверх по восстанию пластов. На участке, где $P_{пл} < P_{нас}$, газ будет выделяться из нефти в свободную фазу и поступать вместе с нефтью в ближайшую ловушку. В этом случае в ближайшей ловушке может образоваться нефтяная залежь с газовой шапкой, а если газа будет много, то нефть будет вытеснена в следующую ловушку. Смежные с ней ловушки расположенные палеометрически выше, будут содержать газо-нефтяные или нефтяные залежи. (рис.11.2.а, б).

Если нефти не хватит для заполнения всех ловушек, то верхние будут заполнены водой (рис.11.2.а, б).

Принцип дифференциального улавливания имеет место при формировании залежей УВ только в тех случаях, когда движение нефти и газа осуществляется в свободной фазе.

При миграции газа в растворенном состоянии в антиклинальных структурах, расположенных на больших глубинах, газовые залежи образоваться не могут. Ловушки окажутся заполненными водой. Выделение газа в свободном состоянии и заполнение им ловушек, расположенных выше, имеет место, если при перемещении пластовых вод вверх по восстанию пласта пластовое давление меньше давления насыщения воды газом (рис.11.2.в)

Следовательно, особенности размещения залежей нефти и газа обуславливаются фазовым состоянием УВ, состоянием, в котором они находятся (растворенные или в свободном виде) и другими геологическими факторами.

Например, в Узбекистане БХНПР наблюдается следующее заполнение ловушек (рис. 11.4).

Для месторождения Джаркак характерно:

-для заполнения ловушек XIII и XV+XVa горизонтов движение нефти с растворенным газом;

-для заполнения ловушки XII горизонта движение свободного газа.

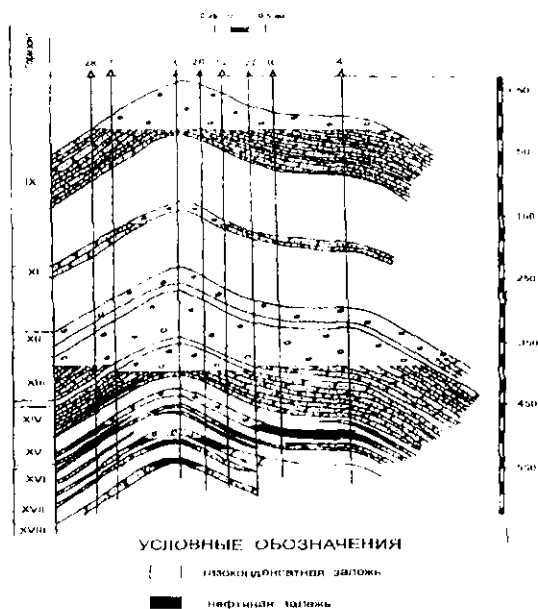
В целом на Бухарской ступени в БХНГР зоны регионального нефтегазонакопления приурочены к юрским отложениям, а газонакопления - к меловым.

Юрские образования являются продуктивными в структурах, занимающих низкое гинсометрическое положение, а меловые - высокое.

Формирование газовых залежей за счет газа, изначально растворенного в воде, а затем выделившегося в свободное состояние в результате восходящих тектонических движений, охвативших данный регион, будет происходить во всех ловушках, расположенных в этом регионе, если $P_{\text{пл}}$ в них окажется меньше P насыщения.

Следовательно, формирование залежей происходит как при латеральной (внутрирезервуарной) миграции газа и нефти, так и при вертикальной (внерезервуарной).

Рис.11.4
Месторождение
Джаркак.
Строение продук-
тивной части раз-
реза



На процессы миграции и аккумуляции нефти и газа существенное влияние оказывает геологическая обстановка формирования залежей.

Распределение нефти и газа в процессе их миграции и аккумуляции в мощных литологических толщах, как уже было сказано в предыдущих главах, наличием покровных, их мощностью и выдержанностью по площади, экранирующей способностью, положением в пространстве, соотношением с пластами-коллекторами, а также развитием различных типов ловушек, их вмещающей способностью, гидрогеологической обстановкой, разрывными смещениями и т.д.

Установлено, что обычно мощные регионально выдержанные песчаники с высокой проницаемостью редко содержат крупные скопления нефти или газа и обычно водонасыщены. Это объясняется вытеснением нефти и газа легко продвигающихся по толще с потоком воды.

В отдельных случаях, когда нефтегазоматеринские формации содержат прослои коллекторов, окруженных непроницаемыми пластами, залежи УВ могут образовываться на месте, так как нефть и газ попадают в эти изолированные коллекторы и там сохраняются.

Примером могут служить залежи нефти и газа в резервуарах, представленных одиночными рифовыми массивами, широко распространенные в БХНР.

11.4. Разрушение залежей нефти и газа.

Скопления УВ, образованные в результате их миграции и аккумуляции в ловушках, могут быть частично или полностью разрушены. Разрушение происходит вследствие влияния тектонических, биохимических, химических и физических процессов.

Тектонические процессы. В результате тектонических движений, происходящих после образования скоплений УВ, могут быть:

- нефтегазосодержащие породы выведены на дневную поверхность и УВ рассеяется;
- вследствие наклона ловушки или образования дизъюнктивного нарушения нефть и газ будут мигрировать в другую ловушку или на поверхность.

Биохимические процессы. При наличии разлагающих углеводороды бактерий могут быть уничтожены скопления нефти и газа.

Химические процессы. При образовании нефти основным условием является преобразование УВ без доступа кислорода. В силу различных обстоятельств (тектонические движения, обогащение подземных вод кислородом и т.д.) залежи нефти, находящиеся на глубине, могут контактировать с обогащенной кислородом средой. Такой же контакт возможен, если залежи нефти перемещаются из глубин в приповерхностную зону и даже на поверхность.

В случае контакта с O_2 происходит окисление нефти и образование асфальтенов, асфальтов и других пород, для которых характерно наличие составляющих, являющихся соединениями углеводородов с кислородом.

Физические процессы. Из физических процессов на разрушение скоплений УВ оказывает влияние соотношение $P_{горн}$ и $P_{пл}$.

Если при тектонических движениях залежи с глубины перемещаются в приповерхностную часть, $P_{пл}$ может превысить $P_{горн}$ и тогда, при наличии неидеальной покрышки возможно нарушение её сплошности и диффузии УВ через покрышку.

Кроме того, диффузионные процессы возможны и внутри резервуара при изменении напора краевых или подошвенных вод.

Изучение процессов формирования и разрушения залежей имеет важное значение при проведении поисковых работ на нефть и газ, а также при проектировании разработки залежей и дальнейшей добыче из них УВ.

Контрольные вопросы

- 1 Что понимается под миграцией УВ?
- 2 Какие виды миграции существуют?
- 3 Что такое внутрипластовая и межпластовая миграция?
- 4 Какие факторы влияют на миграцию?
- 5 Как происходит движение нефти и газа в пластах?
- 6 Как классифицируются миграции по масштабу и скорости?
- 7 Что такое струйная миграция?
- 8 Как осуществляется вертикальная миграция?
- 9 Как формируются скопления нефти и газа?
- 10 Как происходит разрушение залежей УВ?
- 11 Какие процессы влияют на разрушение залежей УВ?

Глава 12. ЗАКОНОМЕРНОСТИ РАЗМЕЩЕНИЯ СКОПЛЕНИЙ НЕФТИ И ГАЗА В ЗЕМНОЙ КОРЕ И ОСНОВНЫЕ ПРИНЦИПЫ РАЙОНИРОВАНИЯ НЕФТЕГАЗОНОСНЫХ ТЕРРИТОРИЙ.

12.1. Осадочные и нефтегазоносные бассейны.

В геоморфологическом отношении бассейны - это часть суши с центростремительной системой склонов и стока. С точки зрения тектоники бассейны - это впадина, имеющая эллиптические или удлинённые очертания и не имеющая сопутствующих примыкающих поднятий.

Учитывая геоморфологический и тектонический аспекты можно сказать, что под «**осадочным бассейном**» следует понимать область крупного и длительного погружения земной коры, в пределах которой происходит накопление осадков определённого генезиса: обломочных, карбонатных, эвалоритовых в последовательности, определённой интенсивностью и продолжительностью прогибания.

Породы в пределах осадочного бассейна обладают центрально-клинальным залеганием с наклоном слоёв в прибрежных частях, имеющих ступенчатое строение в пределах нескольких десятков минут. Как правило, бассейны осложнены сводами и впадинами, а последние – валами и депрессиями.

Достаточно четко намечаются фациальные изменения горных пород и изменения мощностей формации от бортовых частей к осевой части, например, на бортах идет отложение грубообломочных фаций, а в центре – мелкообломочных, на боргах мощность формации достигает первых километров, а в центре десятков километров. Кроме того, в прогнутых частях появляются гинсы и ангидриты.

Приведенная в табл. 12.1 классификация отражает все традиционные фазы и циклы складчатого тектогенеза: от активного геосинклинального режима до платформенного и последующего постплатформенного орогенеза.

Существуют и другие классификационные схемы, основанные на геодинамической теории (Абидов А.А. 1994 и др.).

Таким образом, все классификации осадочных бассейнов базируются на геотектонической истории развития земной коры.

Каждому типу осадочного бассейна характерен свой формационный ряд, т.е. последовательность осадков, накапливающихся в бассейне в процессе его развития. Например, для осадочных бассейнов эоиплатформенного типа характерно развитие мощных толщ карбонатных пород и эвапоритов (соли, ангидриты), а также мелкообломочных осадков прибрежно-морского и лагунного происхождения, а для осадочных бассейнов постплатформенно-орогенного типа — накопление мощных толщ обломочных осадков континентального образования.

Залежи нефти и газа образуют обширные и тесные скопления на вполне обособленных территориях на континентах и акваториях. Площади этих территорий измеряются десятками, сотнями тысяч, а иногда и миллионами км². Каждой из этих территорий присущи свои особенности геологического строения и стратиграфический диапазон нефтегазоносности.

Связь нефтегазоносности с осадочными бассейнами проявляется в том, что каждая из этих территорий так или иначе сопряжена с областью длительного прогибания земной коры в фанерозое, компенсированного осадочными толщами преимущественно морского и субаквального происхождения.

Кроме того, территории, содержащие залежи нефти и газа, характеризуются неравномерным их распределением как по площади, так и по разрезу.

Как показали многочисленные исследования, размещение залежей УВ находится в тесной связи с геологической историей развития определенных геоструктурных элементов (платформы, геосинклинали) и с особенностями строения и состава слагающих их осадочных отложений. Все известные месторождения размещаются группами, зонами, ассоциациями и т. д.

Таким образом, установлено, распространение залежей УВ в земной коре имеет следующие основные особенности:

- региональность и неравномерность нефтегазоносности;
- связь нефтегазоносности с осадочными бассейнами;
- зональность относительного распределения нефти газа, их свойств и ресурсов.

Таблица 12.1

**Классификация осадочных бассейнов
по Е.В.Кучеруку и Е.Р.Алиевой (1983).**

Типы осадочных бассейнов	Примеры
I Внутри континентальные.	
I.1. Эпиplatformенные.	Рейнский, Западно-Сибирский, Амударьинский
I.2. Эпикладчатые.	Лос-Анжелес, Рио-Гранде
II. Межконтинентальные.	Красноморский, Реконкаво
III. Окраины континентов.	
III.1. Периконтинентальные.	
III.2. Периконтинентально-океанические.	Лабрадорский, Кванза-Камерунский, Нижне-Нигерийский
IV Внутриокеанические	Аргентинская котловина,
V Орогенных областей	
V.1. Предгорные	Западно-Канадский
V.2. Межгорные	Ирравадийский
V.3. Пограничные (на границе разновозрастных горных сооружений)	Венский
V.4. На «срединных массивах» окраинных или внутренних морей (реликтовые)	Южно-Каспийский, Черноморский
VI. Эпиplatformенных орогенных областей	
VI.1. Активизированных платформ	
VI.2. Активизированных древних складчатых областей	Бигхорн, Ферганский, Афгано-Таджикский
VII. Сложнопостроенные внутри- и окраинно-континентальные	Центрально-Европейский, Прикаспийский

Исходя из выше изложенного можно сказать, что **нефтегазоносные бассейны** - это территория, содержащая в осадочном выполнении залежи нефти и газа (И.О.Брод, Н.Б.Вассоевич, И.В.Высоцкий, В.Е.Хаин), приуроченная к области длительного прогибания земной коры, т. е. к осадочному бассейну.

Далее мы рассмотрим еще один аспект использования термина "нефтегазоносный бассейн".

С понятием нефтегазоносный бассейн тесно связано понятие "зона нефтегазонакопления".

Зона нефтегазонакопления – это нефтегазоносная территория, объединяющая нефтегазовые месторождения, однотипные по условиям формирования залежей (Г.А. Габриэлянц, 1972).

В природе существует ряд смешанных залежей нефти и газа, точнее, жидких и газообразных углеводородов. Это газонефтяные, газоконденсатные, газоконденсато-нефтяные и др. с различным соотношением жидких и газообразных УВ.

Однако подавляющую часть разведанных в мире ресурсов нефти и газа содержат чисто нефтяные и чисто газовые (газоконденсатные) залежи. При этом скопления нефти и газа образуют достаточно обособленные группы, составляющие зоны, районы и комплексы преимущественного и исключительного газо- или нефтенакпления.

12.2. Зональность в распределении нефти и газа.

Установлено сосуществование различных по составу видов скоплений на одной нефтегазоносной территории с преобладанием тех или иных из них. Однако практически повсюду имеет место дифференцированное или зональное распространение скоплений того или иного состава.

В наиболее общем виде оно выражается в зональности, т.е. в относительно обособленном распределении ресурсов нефти и газа, в "специализации" тех или иных районов, толщ и целых территорий в целом по нефти и газу.

В каждом конкретном случае зональность распределения нефти и газа имеет свои особенности и не всегда можно однозначно определить её природу. Существует целый ряд факторов, влияющих на становление зональности: генетические, миграционные, условия сохранения и др., оказывающих совокупное или последовательное влияние, усложняющее картину первоначального распределения нефти и газа.

Например, преимущественная нефтеносность характерна для территорий, где мощность осадочных толщ не превышает 4-5 км. Обычно это неглубокие синеклизы или впадины платформ (Мичиганский бассейн в США, Парижский во Франции, Припятский на Украине).

Преимущественно газоносными являются территории, связанные с окраинными бассейнами платформ с мощным (более

8-10 км) осадочным выполнением (Дженно-Виллойская, Амударьинская синеклизы).

Различают глубинную и латеральную зональность.

Глубинная зональность выражается в последовательности распределения этажей газоносности и нефтеносности.

Эта последовательность представлена следующим рядом:

- верхний (приповерхностный) этаж является преимущественно газоносным;
- средний (на глубинах до 3-4 км) является преимущественно нефтеносным;
- нижний (глубинный) этаж является преимущественно газоносным.

Причем для нижнего этажа характерно наличие газов сложного состава (углекислота, сероводород, азот) с высоким содержанием конденсата. Этот ряд очень редко представлен всеми элементами в пределах одной территории.

Верхний газоносный этаж в основном расположен в пределах молодых неоген-палеогеновых отложений на окраинах платформ и в слабоконсолидированных отложениях современных континентальных склонов и подножий. Здесь широко распространены газогидратные залежи. Кроме того, он может быть развит в нефтеносных районах под высоко расположенной в разрезе региональной газоупорной толщей. Под ней собираются газы различного генезиса: оторвавшиеся от газовых шапок, выделившиеся из пластовых вод при восходящих тектонических движениях, выделившиеся при дальней латеральной миграции, из глубинной зоны газообразования, если она не отделена надежными экранами.

Чаще верхним оказывается *нефтеносный этаж*. При этом нижняя граница нефтеносности в палеозойских бассейнах, как правило, не опускается ниже 4-4,5 км (Прикаспийский бассейн, впадина Ападарко США и др.). В молодых неоген-палеогеновых бассейнах она понижается до 6-6,5 км (Ферганский бассейн и др.). В одних случаях смена этажей происходит постепенно (Бухаро-Хивинский регион: верхний газоносный этаж - меловые отложения, средний нефтегазоносный этаж - подсолевые верхнеюрские

карбонатные отложения, нижний газоносный этаж — терригенные юрские отложения и доюрский комплекс пород).

В других случаях смена этажей происходит резко через региональные флюидоупоры. Так, в Центрально-Европейском нефтегазоносном бассейне (Северное море) преимущественно газоносен палеоцен-эоценовый комплекс (верхний газоносный этаж), нефтеносен палеоэоценовый юрский и газоносен пермский (нижний газоносный этаж), скрытый под сульфат галогенной толщей верхней перми.

Глубинная зональность в общем соответствует схеме стадийности нефтегазообразования (Н.Б.Вассаевич, С.Т.Перучев и др.), которая осуществляется в осадочной толще по мере её погружения и прохождения через различные зоны катагенеза.

Преимущественная нефтеносность одних нефтегазоносных бассейнов (Припятский, Мичиганский и др.) и высокая степень газоносности других (Амударьинский и др.) отражают по этой схеме достижение осадочными толщами той или иной зоны катагенеза и соответствующей стадии нефте- или газообразования.

Однако в большинстве случаев видимое глубинное распределения нефти и газа в нефтегазоносном бассейне не адекватно катагенетической зональности. Подавляющая часть выявленных в мире ресурсов нефти и газа заключена в относительно узком диапазоне глубин 1000-4000м, что значительно меньше катагенетических зон активного газо- и нефтеобразования.

Латеральная зональность отчетливо наблюдается во многих нефтегазоносных бассейнах. Например, в Западно-Сибирском, в его северной части с наиболее глубоким погружением кристаллического основания вскрытый до 3 км разрез содержит газовые залежи, а ниже появляются нефтяные оторочки и конденсат. Нефтяные ресурсы сосредоточены в менее глубокой южной (Приобской) части.

Волго-Уральский преимущественно нефтеносный и Прикаспийский преимущественно газоносный бассейны связаны между собой последовательной сменой нефтяных залежей газовыми, происходящей уже на юге Урало-Поволжья.

Внутренняя часть Прикаспийского нефтегазоносного бассейна с мощностью осадочного чехла до 20-22 км проявляет себя

во всех структурных этажах как преимущественно газоносная. При этом верхний (надсолевой) этаж содержит залежи сухого газа, а нижний (подсолевой) - газоконденсатные.

Таким образом, в общем латеральном плане зональность размещения залежей нефти и газа и в изменении состава залежей соответствует глубинной зональности: в более погруженных частях бассейна размещаются газовые и газоконденсатные залежи, в более приподнятых - нефтяные, а в прибортовых - газовые.

Иное латеральное распределение нефте- и газоносности наблюдается в Азово-Кубанском и Предкарпатском бассейнах. Их складчатые борта, примыкающие к орогенам, обнаруживают исключительную или преимущественную нефтеносность палеоген-миоценового возраста, а платформенные склоны, примыкающие к Русской платформе - исключительную газоносность (мел, палеоген, миоцен).

При латеральной зональности газоносные районы обычно фиксируют области наиболее глубокого погружения фундамента (10-20км) и наиболее напряженного термического поля, а нефтеносные - периферийные и смежные части бассейнов. Это распределение возникает как естественный результат очень масштабного развития глубинного газообразования в недрах. Оно активизирует процессы региональной миграции в границах сначала глубоких впадин, затем - всего осадочного бассейна.

Происходит перераспределение залежей нефти и газа практически во всем объеме осадочного выполнения бассейна вверх по разрезу (до дневной поверхности) и латеральное с поглощением смежных и так называемых межбассейных областей, в которых могут аккумулироваться крупнейшие запасы нефти и газа.

Латеральный тип зональности распределения нефти и газа возникает на более зрелой стадии развития нефтегазонасного бассейна, которой свойственны глубокие прогибания, инверсии, коллизии, интенсивное глубинное газообразование и существенное расширение вследствие этого границ нефтегазонасности, а также становление преимущественно газовых и нефтяных районов.

Определяющую роль в становлении зональности нефте- и газоносности глубинной, и тем более латеральной, играют глубокие впадины, которые являются обязательными элементами

почти каждого нефтегазоносного бассейна. Эти впадины, являются главными очагами нефтегазообразования, так как именно они содержат в своем разрезе широкий спектр мощных осадочных толщ, претерпевающих опережающие и наиболее радикальные превращения.

По И.В.Высоцкому, в сложных и обширных бассейнах, находящихся в пограничной зоне сочленения орогена и платформ, а также в платформенных бассейнах может быть выделено несколько очагов с различными стадиями нефтегазообразования. Во всех случаях определение положения и состояния главных очагов нефтегазообразования и вероятных ореолов рассеяния продуктов их функционирования один из наиболее обещающих методов прогнозирования нефтегазоносности.

В распределении нефти и газа в недрах также очень большую роль играют качество и распространение флюидоупоров и коллекторов.

Надежные и выдержанные флюидоупоры гарантируют распространение под ними газовых и газоконденсатных залежей независимо от качества коллекторов. Нефть под такими экранами вытесняется газом.

Маломощные и невыдержанные экраны играют роль сепараторов: они задерживают нефть, но пропускают газ, поэтому под ними нет газовых и газоконденсатных залежей независимо от качества коллекторов и следует ожидать скопления нефти.

Коллекторы с низкими коллекторскими свойствами преимущественно аккумулируют газ, который обладает более высокой проникающей способностью, а коллекторы с более высокими ФЕС, как правило, насыщены нефтью. В то же время коллекторы с самыми высокими ФЕС, в большинстве случаев, насыщены водой и не содержат УВ. Таким образом, в природе имеет место избирательность: нефтенакпление происходит в лучших коллекторах независимо от качества флюидоупора, а газонакпление - под надежными регионально выдержанными флюидоупорами независимо от качества коллектора.

Существует множество других физико-геологических и геохимических факторов, влияющих на зональность распределения нефти и газа в недрах. Сочетание этих факторов приводит к тому,

что каждая нефтегазоносная территория имеет свои особенности, а зональность приобретает сложный характер.

При изучении многих нефтеносных и газоносных территорий (особенно глубинных горизонтов или окраин глубоких впадин) выявлены скопления углеводородного газа, в которых обнаружилось возрастающее с глубиной или в определенном направлении содержание гомологов метана, конденсата, H_2S , N , He , CO , паров ртути и т.д. Известны залежи, где преобладают или даже исключительно присутствуют такие компоненты, как He , N , H_2S , CO , которые представляют ценное химическое сырье.

Установлено, что сероводородные газы содержатся преимущественно в карбонатных резервуарах, а в терригенных – лишь при наличии в них сульфатов и сульфидов металлов.

Скопления газов, содержащих высокую концентрацию CO , установлены на глубинах свыше 3 км в терригенных резервуарах, связанных, например, с нижнеюрской терригенной формацией (Йемен).

Повышенное содержание CO не характерно для сульфатно-карбонатных толщ и т. д.

Приведенные примеры подтверждают, что сложный состав газов связан с определенной физико – химической обстановкой их генерации и аккумуляции. Однако на сегодняшний день этот вопрос достаточно не изучен.

12.3. Основные принципы районирования нефтегазоносных территорий.

Выявлению закономерностей распространения нефтегазоносности в земной коре посвящены работы Л.Делоне, Е.Дж.Вудрофа и Е.Р.Лиллея (1913-1923), которые ввели термин "нефтегазоносная провинция", В.А.Вер-Вибе (1930г), И.М.Губкина (1937), И.О.Брода, П.А.Еременко (1980), А. Перродона (1961г), А.А.Бакирова (1964, 1968, 1971, 1990) и др.

Классификация седиментационных бассейнов дана Л.Дж. Уиксом (1958г), В. Е. Хаиным (1954г), Г. Д. Клемме (1971г) и др.

Классификация нефтегазоносных провинций земной коры по геодинамической обстановке дана А.А.Абидовым (2003).

Принципы районирования, используемые разными исследователями, различны. Одни из исследователей в основу районирования закладывают геоструктурные элементы (Л.Делоне и др), другие - геологические провинции (Г.Д.Клемме и др).

Тектонические условия являются главным фактором, определяющим направление региональной миграции в зоны нефтегазонакопления, а главное - тектонические движения создают подавляющее большинство локальных ловушек, в которых происходит накопление промышленных залежей нефти и газа.

Анализ условий размещения месторождений нефти и газа показывает, что наиболее крупные скопления связаны закономерно со следующими тектоническими элементами земной коры:

- 1) с валообразными и сводовыми поднятиями и со склонами молодых и древних платформ, обращенных к прогибам;
- 2) с бортовыми зонами крупных внутригеосинклинальных впадин;
- 3) со склонами краевых прогибов, обращенными в сторону платформенной области, а также протягивающимися параллельно складчатым горным системам.

Для каждой из нефтегазоносных территорий обычно характерна приуроченность крупных скоплений нефти и газа к отложениям определенного возраста. Например, в Западном Узбекистане продуктивными являются меловые и юрские отложения, в Ферганской долине - от четвертичных до палеозоя, на Устюрте - юрские и палеозойские и т. д.

Однако обобщение этой информации по всем месторождениям мира показало, что общей закономерности не наблюдается. Поэтому, мы придерживаемся геотектонического принципа районирования нефтегазоносных территорий и их классификация по этому принципу изложена ниже.

12.4. Основные элементы районирования нефтегазоносных территорий.

Согласно принятой классификации (Н. Ю. Успенская и др.), в пределах нефтегазоносных территорий выделяются следующие геоструктурные и геологические элементы районирования.

Нефтегазоносная провинция - крупная область прогибания, связанная с определенным регионально - структурным эле-

ментом (внутриплатформенная окраинная, межгорная впадина и т. д.) и характеризующаяся определенными чертами строения и геологической истории, а также общими нефтегазоносными комплексами, с которыми связаны месторождения нефти и газа.

Все нефтегазоносные провинции приурочены к региональным тектоническим депрессиям различного типа и происхождения, длительное прогибание которых являлось благоприятным фоном для региональной миграции углеводородов и обусловило их общую направленность.

Эта депрессия имеет сложное строение и включает несколько более мелких впадин и прогибов, разделенных сводовыми поднятиями.

В классификации нефтегазоносных провинций выделяются две основные группы (на основе геоструктурных элементов):

- платформенных областей;
- подвижных областей (геосинклинальных и орогенических).

Нефтегазоносный бассейн - это область длительного прогибания, содержащая в осадочном выполнении залежи нефти и газа.

Понятие нефтегазоносный бассейн и нефтегазоносная провинция имеют много общего, и довольно часто рассматриваются как синонимы.

В то же время их основное различие заключается в том, что провинция является принадлежностью определенного геоструктурного элемента, а бассейн - принадлежностью геологического процесса - осадконакопления.

Ниже мы рассмотрим их классификации, вначале для нефтегазоносных провинций, используя принципы районирования, предложенные Н.Ю. Усенской (табл. 12.2.).

Приведенная классификация основана на статических моделях осадочных бассейнов, и относится к первой группе классификаций (Перродон, 1971; Усенская, 1975 и др.). Вторая группа классификаций основана на динамических моделях осадочных бассейнов (нефтегазоносных провинций).

Типы нефтегазоносных провинций (по. Н.Ю. Успенской)

Группа	Подгруппа	Тип	Примеры зарубежных провинций
1	2	3	4
Провинции платформенных областей (древних и молодых платформ)	Центральные (внутренние) части устойчивых платформ	Внутриплатформенные впадины	Парижская, Восточная внутренняя (США), Восточно - Австралийская, Амазонская
		Внутренние грабеновые впадины	Рейнская, Восточно - Африканская система разломов, Сунляо, Амадеис
	Склоны устойчивых платформ	Окраинные впадины и перикратонные прогибы	Сахарская, Аравийская, Индийская, Восточно - Австралийская, Западно Канадская, Пермская, Арктическая, Верхнеамазонская, Патагонская и др.
		Глубокопогруженные (узловые впадины)	Североморско - Германская, впадины Мексиканского залива
		Платформенные крылья передовых прогибов	Предальпийская, Предкарпатская, Предаппалачская,
		Периокеанические грабеновые впадины	Западная Африка, Австралийское побережье Индийского океана, Атлантическое побережье Бразилии
	Впадины подвижных древних платформ и внутриплатформенных подвижных зон	Те же типы, что и для устойчивых платформ	Ордосская, Снучанская, Вичитская

1	2	3	4
Провинции подвижных поясов (геосинклинальных и орогенических)	Периферические части геосинклинальных складчатых систем	Передовая складчатость и геосинклинальные крылья передовых прогибов	Восточно-Карпатское, Ирано-Иракская, Восточно-Бенгальская, Венесуэльская
		Внутренних и окраинных котловинных морей, наложенных на альпийские орогенные пояса	Адриатическая, Антилес-Карибская, Южно-Каспийская, Черноморская
	межгорные и внутренние впадины геосинклинальных складчатых систем	Наложённые внутрен- ние впадины средин- ных массивов	Паннонско - Грансильванская, Мара - Карибская, Кумская
		Наложённые внутрен- ние грабенные впадины в мегаантиклинориях.	Венско-Моравская, Ирравадийская, Индонезийская, Матталинская
Провинции подвижных поясов (геосинклинальных и орогенических)	Периферические части геосинклинальных складчатых систем	Передовая складчатость и геосинклинальные крылья передовых прогибов	Восточно -Карпатская, Ирано - Иракская, Восточно -Бенгальская, Венесуэльская
		Внутренних и окраинных котловинных морей, наложенных на альпийские орогенные пояса	Адриатическая, Антильско - Карибская, Южно - Каспийская, Черноморская

Межгорные и внутренние впадины геосинклинальных складчатых систем	Наложенные внутренние впадины срединных массивов	Паннонско - Трансильванская, Мара -Карибская, Кумская
	Наложенные внутренние грабенные впадины в мегантиклинориях	Венско - Моравская, Ирравадийская, Индонезийская, Магдалинская
	Остаточные прогибы мегантиклинорий	Центрально - Карпатская
	Прибрежные впадины	Японская, Таранак, Папуа, Калифорнийская, Южной Аляски
Межгорные и внутренние впадины орогенических областей		Центрально-Азиатская, Монголю - Забайкальская, Южных и Центральных скалистых гор, Большого Атласа.

В Узбекистане одним из основных пропагандистов второй группы идей является Абилов А.А.

Если первая классификация использует положения «теосинклинальной теории» т. е. выделяются бассейны платформ (внутриконтинентальные), геосинклиналей (межконтинентальные или островных дуг) и промежуточных областей (периконтинентальные или на переходе континентальной коры в океаническую), то вторая - отражает динамику и условия формирования осадочных бассейнов, основанную на «теории плит». Она учитывает условия раздвижения и сжатия литосферных плит, приводящие к накоплению осадочных пород, их прогреву, образованию нефти и газа и их последующему перемещению к ловушкам, возникающим либо в

процессе седиментации, либо при последующих складкообразовательных движениях.

Рассматривая первую группу классификаций в качестве базовой, не следует забывать, что основные черты, присущие нефтегазоносным провинциям, характерны и для нефтегазоносных бассейнов второй группы классификаций.

Нефтегазоносные провинции (бассейны) различают также по стратиграфическому диапазону нефтегазоносности. Поэтому признаку могут быть выделены провинции палеозойского, мезозойского, кайнозойского нефтегазонакопления или палеозойско-мезозойского, мезокайнозойского и т. д. Большая часть разведанных в мире ресурсов нефти и газа связана с мезозойскими отложениями.

Таблица 12.3

Типы нефтегазоносных бассейнов на геодинамической основе по В.Е. Хаину, Б.А. Соколову (1988г) в варианте А.А. Абидова

Тип	Подтип	Место <u>правления</u>	НПБ
Растяжение (деструкционные бассейны)	Рифтогенез	Внутри - и окраинно-континентальный	Ленно-Тунгусский, Припятьский, Днепровско-Донецкий, Тунгусский, Енисейско -Хатангский, Западно-Сибирский, Прибалтийский, Прикаспийский, Баренцево-Морский, Амударьинский
Сжатие (коллизийные бассейны)	Окраинно - Континентальный рифтогенез и сжатие	На сочленении континентальной платформы со складчатой шовной зоной	Предкарпатский Предкавказский Предконеддачский Тимано-Печорский Волга - Уральский
	Современные активные окраины (предуловые, тылодуловые)	Переходная область между Восточной окраиной Азиатского континента и Тихоокеанской плитой	Дальневосточные России, Сахалин, Камчатка и прилегающие окраинные территории
	Межгорные впадины, возникшие в результате сближения Аравийской и Восточно-Европейской, Индостанской и Азиатской плит.		Рионо-Черноморский Южно-Каспийский Ферганский, Таджикский

В разрезе каждой нефтегазоносной провинции выделяется несколько стратиграфических подразделений, которые отличаются региональной, т. е. широко распространенной в данной провинции нефтегазоносностью. Эти подразделения называются *регионально нефтегазоносными комплексами*.

Каждый нефтегазоносный комплекс содержит один или несколько природных резервуаров и обычно венчается так же регионально выдержанной нефтегазоупорной толщей - глинистой или сульфатно-галогенной. Это толща препятствует рассеянию нефти и газа из данного нефтегазоносного комплекса.

Нефтегазоносные комплексы чаще всего сложены песчано-глинистыми и карбонатными толщами, образовавшимися в зоне мелководного шельфа, а также красноватыми и субугленосными толщами прибрежных равнин и подводных дельт. Флишевая и молассовая формации в редких случаях участвуют в составе нефтегазоносных комплексов.

12.5. Субпровинции, нефтегазоносные области, районы.

Внутри нефтегазоносных провинций (бассейнов) выделяются нефтегазоносные субпровинции, области и районы.

Выделение субпровинций несколько условно. В первую очередь оно диктуется территориальной разобщенностью в настоящее время отдельных крупных провинций на части при общности их развития в определенные эпохи (Восточная внутренняя провинция США и Западно - Канадская).

В условиях горного рельефа система наложенных межгорных и внутренних впадин, расположенных в пределах общего крупного структурного элемента (геосинклинальной, орогенической области) и имеющих сходную историю развития и структурную характеристику, может рассматриваться в качестве общей нефтегазоносной провинции (Калифорнийская, Индонезийская, Южно-Таджикская), а отдельные впадины - в качестве ее субпровинций (в Южно-Таджикской провинции) - Ферганская и Вахжская субпровинции).

Нефтегазоносная область рассматривается как часть нефтегазоносной провинции, представляющая крупный структурно - тектонический элемент с определенными структурными и лито-

фациальными особенностями, которые влияют на распространение зон нефтегазонакопления и характер месторождений нефти и газа (Нижнесаксонская нефтегазоносная область Северо-Германской провинции, Бухаро-Хивинская нефтегазоносная область Амударьинской нефтегазоносной провинции).

В пределах провинций, субпровинций и областей по территориальному и структурному признаку выделяются *нефтегазоносные районы*. Под нефтегазоносным районом понимается часть нефтегазоносной области (провинции), связанная со структурным элементом подчиненного значения, объединяющим группы или несколько групп месторождений, сходных по стратиграфическому положению нефтегазоносных комплексов и условиям залегания нефти и газа (например, район Эмеланда Нижнесаксонской нефтегазоносной области).

Некоторые нефтегазоносные провинции можно объединить в группы, подчиненные крупным структурным элементам складчатой системе, одновозрастной платформе или её части, характеризующейся самостоятельными особенностями развития, например, группа провинций Мидконтинента Северо-Американской платформы.

12.6. Пояса и зоны нефтегазонакопления

Крупнейшими элементами нефтегазогеологического районирования являются пояса нефтегазонакопления и территории нефтегазонакопления древних платформ (Успенская, 1962, 1967). Пояса нефтегазонакопления объединяют провинции, возникшие в пределах альпийских и палеозойских складчатых поясов.

Альпийский пояс нефтегазонакопления характеризуется горным рельефом, складчатой структурой и нефтегазоносностью мезокайнозойских отложений. Он включает две ветви: Средиземноморскую (широтную) и Тихоокеанскую (меридиональную).

Палеозойский пояс нефтегазоносности включает палеозойские складчатые системы и возникшие на их основе эоипалеозойские платформы и орогенические области (например, провинции Западно - Евронейской, Скифско - Туранской, Западно - Сибирской платформ, провинции орогенической области Центральной Азии).

Нефтегазоносны в его пределах мезокайнозойские и в меньшей степени верхнепалеозойские отложения. Пояс включает три ветви, преимущественно пиротные: Американско-Евразийскую, Австрали-Южноамериканскую и Арктическую (в Северной Америке).

Под зоной нефтегазонакопления мы понимаем группу (линейного или площадного распространения) однотипных месторождений нефти и газа, которые характеризуются закономерной связью с определенными структурными, палеоструктурными или палеогеографическими элементами, общностью нефтегазоносных свит и сходством условий формирования месторождений.

Исходя из вышеизложенного, можно предложить следующую схему районирования нефтегазоносных территорий, которая включает (по Ю. Успенской, 1974):

- выделение нефтегазоносных провинций;
- выделение природных резервуаров (осадочных бассейнов);
- выделение типов месторождений;
- выделение типов залежей.

В свою очередь процесс формирования зон нефтегазонакопления заключается в следующем:

- скопления УВ образуют залежь;
- залежи образуют месторождения;
- месторождения образуют группу (нефтегазоносный район);
- совокупность ПР образует нефтегазоносную область (НГО);
- совокупность НГО образует нефтегазоносную провинцию (ПП);
- совокупность ПП образует пояса нефтегазонакопления.

Контрольные вопросы

1. *Расскажите о понятии «осадочный бассейн»?*
2. *Объясните понятие «нефтегазоносный бассейн»?*
3. *В чем заключаются особенности распространения нефти и газа в земной коре?*
4. *Объясните понятие «зоны нефтегазонакопления»?*
5. *В чем заключается зональность в распределении нефти и газа?*
6. *Что такое «глубинная зональность»?*
7. *Что такое «латеральная зональность»?*

8. *Какие факторы определяют глубинную зональность распределения нефти и газа?*
9. *Какие факторы определяют латеральную зональность распределения нефти и газа?*
10. *Какие факторы определяют зональность изменения свойств УВ?*
11. *Какие принципы определяют районирование нефтегазносных территорий?*
12. *Какие основные элементы районирования нефтегазносных территорий существуют?*
13. *Что такое субпровинции, нефтегазносные области, районы?*
14. *Что такое пояса нефтегазонакопления?*
15. *Что такое зоны нефтегазонакопления?*
16. *Расскажите схему районирования нефтегазносных территорий.*
17. *Расскажите схему формирования зон нефтегазонакопления.*

Глава 13. МЕТОДОЛОГИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ ПОИСКОВ И РАЗВЕДКИ ЗАЛЕЖЕЙ НЕФТИ И ГАЗА.

13.1. Основные положения.

Как было сказано ранее, скопления нефти и газа подразделяются на две категории: локальные и региональные. В категории локальных скоплений включаются залежи и месторождения углеводородов (месторождения УВ).

Залежь нефти и газа представляет собой естественное локальное (единичное) скопление нефти и газа в ловушке. Залежь образуется в той части резервуара, в которой установлено равновесие между силами, заставляющими нефть и газ перемещаться в природном резервуаре, и силами, которые препятствуют этому.

Месторождение нефти и газа - это совокупность залежей нефти и газа, приуроченных к одной или нескольким естественным ловушкам в недрах одной и той же ограниченной по размерам площади, контролируемых единым структурным элементом. Этот термин был введен по аналогии с рудными месторождениями полезных ископаемых, геология которых начала развиваться раньше, чем геология нефти и газа. Если в рудных месторождениях местоскопление полезного ископаемого является одновременно и местом его образования, то скопления нефти и газа вследствие их миграции, могут аккумулировать на весьма значительных от места их образования расстояниях - в тех местах, где имеются наиболее благоприятные условия их накопления. Поэтому, несмотря на то, что термин «местоскопление» является более объективно отражающим генезис их образования, в практике поисково-разведочных работ на нефть и газ большинством исследователей производителей используется термин «месторождение».

В категорию региональных скоплений углеводородов включаются (как отмечали в предыдущих главах) зоны нефтегазонакопления, нефтегазоносные области и провинции, нефтегазоносные бассейны.

В зависимости от генетического типа составляющих ловушек зоны нефтегазонакоплений подразделяются на структурные, литологические, стратиграфические и рифогенные.

В настоящее время можно считать доказанным, что образование УВ в земной коре генетически связано с формированием осадочных толщ, отсюда вытекают и важные выводы о закономерностях размещения нефтяных и газовых скоплений в земной коре:

1. Из выявленных в земных недрах ресурсов нефти и газа 99,9 % приурочено к осадочным образованиям. В разрезе каждой нефтегазоносной провинции содержатся один или несколько литолого-стратиграфических комплексов, характеризующихся региональной нефтегазоносностью и разделенных газонефте непроницаемыми толщами отложений - покрывками.

2. В земной коре залежи и месторождения нефти¹ и газа группируются в зоне нефтегазонакоплений, совокупности которых, в свою очередь, образуют нефтегазоносные области, объединяющиеся в крупные нефтегазоносные провинции. В геоструктурном отношении нефтегазоносные области приурочены на платформах к внутриплатформенным и краевым впадинам, сводовым и линейно вытянутым поднятиям и авлакогенам, а в переходных и складчатых регионах к предгорным и межгорным впадинам и срединным массивам.

3. Изучение условий залегания нефти и газа показывает, что на месторождениях нефти и газа могут встречаться одновременно несколько типов залежей.

4. Ареалы региональной нефтегазоносности в отложениях различных стратиграфических подразделений в одних случаях совпадают, а в других - территориально смещены.

5. В размещении скоплений нефти и газа наблюдается зональность и выделяются территории преимущественно нефтеносные, преимущественно газосносные; а также содержащие газ и нефть приблизительно в равных количествах. Зональность может быть и вертикальной.

Анализ размещения запасов жидких и газообразных УВ показывает, что верхние части разреза (до глубины 1,2-1,5 км) содержат преимущественно скопления газа, на глубинах 1,5-3,5 км запасы газа сокращаются и увеличиваются запасы жидких УВ. Далее, с ростом глубины (более 4-5 км) вновь происходит увеличение запасов газообразных УВ и уменьшение запасов нефти.

В нижней газовой зоне (на глубине более 4-5 км) наряду с газом встречается нефть, растворенная в газе (газоконденсатные залежи).

Такая закономерность в размещении запасов нефти и газа по вертикали объясняется генерацией УВ различного фазового состояния на различных уровнях погружения нефтегазоматеринских толщ, т.е. различных геохимических зонах.

Также в возникновении вертикальной зональности определенную роль играют повышенная миграционная способность газобразных УВ (по сравнению с нефтью) и процессы преобразования нефти в метан на больших глубинах под влиянием высоких температур.

В размещении скоплений нефти и газа одновременно с вертикальной наблюдается региональная (горизонтальная) зональность.

К примеру, региональная зональность в размещении скоплений нефти и газа наблюдается в Западной Сибири. Здесь месторождения нефти и газа содержатся в основном в центральной части низменности, а газа - в пределах обрамления региона, главным образом, северного.

Основными факторами образования региональной зональности является состав исходного ОВ, геохимическая и термодинамическая обстановка и условия миграции и аккумуляции УВ.

13.2. Геологоразведочный процесс и задачи геологического изучения недр.

Геологоразведочный процесс определяется как совокупность связанных и применяемых в определенной последовательности производственных работ и научных исследований, которые должны обеспечить открытия месторождений полезного ископаемого, геолого-экономическую оценку открытого месторождения, а также подготовку выявленного месторождения к разработке. В процессе проведения геологоразведочных работ проводится геологическое изучение недр.

Выполнение следующих законодательных положений должно лежать в основе дальнейшего совершенствования геологического изучения недр и геологоразведочного процесса, в том числе осуществляемого в нефтяной и газовой промышленности:

1.Рациональное, научно обоснованное направление и эффективность работ по геологическому изучению недр.

2. Полнота изучения геологического строения недр, горнотехнических, гидрогеологических и др. условий разработки разведанных месторождений, строительства и эксплуатации подземных сооружений, связанных с добычей полезных ископаемых.

3. Достоверность определения количества и качества запасов основных и совместно с ними залегающих полезных ископаемых и содержащихся в них компонентов, а также достоверность геолого-экономической оценки месторождений полезных ископаемых.

4. Ведение работ по геологическому изучению недр методами и способами, исключающими неоправданные потери полезных ископаемых, и снижение их качества.

5. Размещение извлекаемых из недр горных пород полезных ископаемых, исключающее их вредное влияние на окружающую среду.

6. Сохранность разведочных горных выработок и пробуренных скважин, которые могут быть использованы при разработке месторождения и в иных народнохозяйственных целях и ликвидацию в установленном порядке выработок и скважин, подлежащих использованию.

7. Сохранность геологической и исполнительно-технической документации, образцов горных пород и руд, которые могут быть использованы при дальнейшем изучении недр, разведке и разработке месторождений полезных ископаемых, а также при пользовании недрами в целях, не связанных с добычей полезных ископаемых.

Стадийность геологоразведочных работ на нефть и газ — это оптимальная, отражающаяся в планировании и на практике, последовательность геологического изучения недр какого-либо региона от начала его освоения до обнаружения месторождения и решения вопроса об экономической целесообразности передачи его в разработку.

Деление геологоразведочного процесса на этапы и стадии позволяет устанавливать наиболее рациональную последовательность проведения различных видов и методов исследований, которые обеспечивают решение конкретной задачи поисково-разведочных работ.

Цель геологоразведочного процесса - открыть месторождение нефти и газа, количественно и качественно оценить его запасы, подготовить их к разработке. При проведении геологоразведочных работ на отдельных этапах и стадиях применяются различные методы исследований и обработки полученной информации.

Согласно «Положению об этапах и стадиях геологоразведочных работ на нефть и газ», этапы и стадии зависят от стоящих перед ними задач и состояния изученности нефтегазоносности недр и подразделяются на региональный, поисковый и разведочный этапы с выделением в них стадий. Каждый этап или стадия преследуют определенные цели и предусматривают решение ряда задач.

На всех этапах и стадиях геологоразведочного процесса на нефть и газ определяется геолого-экономическая оценка проводимых работ на основе оценки ресурсов и подсчета запасов нефти и газа.

Методы изучения геологического строения недр.

В геологоразведочном процессе на нефть и газ применяются геологические, геофизические, геохимические и другие методы. Они позволяют картировать крупные территории и выделять на них крупные участки. На этих участках для выявления залежей нефти и газа бурятся поисковые и разведочные скважины.

Геологические методы. К ним относят геологическую и структурно-геологическую съемки, геолого-геоморфологические исследования и др. Основными задачами этих методов являются составление геологической карты, разреза, стратиграфической колонки, а также оценка перспектив нефтегазоносности. В процессе **геологического картирования** осуществляются и нефтегеологические исследования, в том числе изучение состава и условий залегания горных пород, наблюдение за естественными нефте- и газопроявлениями, отбор проб горных ископаемых, воды и образцов из предполагаемых нефтематеринских (газоматеринских) толщ и проницаемых пластов для последующих специальных лабораторных анализов.

При **структурно-геологической съемке** с помощью геодезических инструментов осуществляется высотная привязка маркирующих, т.е. хорошо выдержанных по площади горизонтов, что

позволяет выявить на глубине структуры, благоприятные для скопления нефти и газа.

Структурная геологическая съемка, как правило, производится в закрытых районах, на платформах и обычно входит в комплекс детального (крупномасштабного) картирования, но может выполняться и самостоятельно на уже снятых в масштабе 1:200 000 и крупнее площадях. Геологические и структурно-геологические съемки проводятся с обязательным исполнением и дешифрированием аэрофотоснимков.

Геоморфологическое картирование входит как обязательный элемент в комплексную и геологическую съемку. Основное внимание уделяется формам рельефа. Этот метод позволяет решить задачу поиска антиклинальных структур, скрытых под молодыми отложениями.

Геофизические методы поисков и разведки объединяют разные по физическим основам методы, использующиеся для изучения геологического строения земной коры или отдельных ее участков, изменения физических свойств горных пород, связанные с их геологическим строением и содержанием углеводородов. Изучение наземных, воздушных и морских изменений геофизической полей осуществляется методами полевой геофизической разведки и в отличие от используемых геофизических полей различают гравиразведку, магниторазведку, электроразведку и сейсморазведку.

При гравиметрической разведке с помощью специальных измерений на поверхности Земли изучают очень малые возмущения (аномалии) поля силы тяжести. Эти аномалии обусловлены изменением плотности горных пород, слагающих геологические структуры, которые определяются как разность - $\Delta g = g_h - g_0$ наблюдаемого (g_h) и теоретически рассчитанного (g_0).

Гравиметрическая съемка проводится с помощью специальных приборов при региональных поисковых работах, а в отдельных случаях и при подготовке площадей к глубокому бурению. В соответствии с этим, гравиметрическая съемка подразделяется на профильную (пункты наблюдения расположены вдоль линии) и площадную.

По результатам гравиразведки строят карты и графики аномалий сил тяжести. При благоприятных условиях гравиразведка

позволяет выявить структуры, перспективные с точки зрения поисков в них скопления нефти и газа.

Наряду с гравитационными аномалиями в гравиразведке часто используются их преобразования (трансформации). На преобразованных гравитационных полях можно более четко выделить аномалии, обусловленные отдельными геологическими структурами.

Магнитная разведка основана на различии магнитных свойств горных пород. Она включает определение полного вектора напряжения геологического поля или его элементов, построение карт магнитных аномалий и геологическое истолкование результатов измерения. При проведении магниторазведки изучают возмущение магнитного поля, обусловленное неодинаковой намагниченностью различных горных пород.

Карты в изолиниях распределения элементов геомагнитного поля носят название магнитных. Карты аномального магнитного поля отражают местные отклонения геомагнитного поля от главного, изображенного на мировых картах масштаба 1:100000000. По данным магниторазведки определяют глубину залегания в земной коре геологических тел, которые служат источниками аномального магнитного поля. Магниторазведка самостоятельно, а также в комплексе с другими геофизическими и геологическими методами, применяется для изучения регионального и глубинного строения, главным образом для выявления глубины залегания и петрографического состава фундамента.

Электрическая разведка широко используется в закрытых районах при поисково-разведочных работах на нефть и газ.

Применение электрических методов разведки основано на дифференциации горных пород (а также нефти и газа) по электрическим и магнитным свойствам.

Электроразведка постоянным электрическим током (методы вертикальных и дипольных электрических зондирований (ВЭЗ) и (ДЭЗ) применяется для картирования опорного электрического горизонта при небольшой глубине (до 2-2,5 км) его залегания.

Сущность ВЭЗ заключается в измерении кажущегося сопротивления, когда расстояние между питающими электродами в процессе зондирования последовательно увеличивается (до

нескольких километров и более). В процессе ДУЗ изменяют расстояние между центрами питающего и измерительного динамелей.

Сейсмическая разведка основана на изучении распространения упругих (сейсмических) волн в земной коре. Основными являются методы отраженных и преломленных волн. В основе этих методов лежит различие волновых сопротивлений (скоростей распространения упругих колебаний) в горных породах. В сейсморазведке изучают преимущественно продольные волны, скорость которых в горных породах изменяется в пределах от 1,5-1,2 до 7-8 км/с. Наряду с этим внедряются методы измерения поперечных волн, которые характеризуются меньшей скоростью распространения. Сейсморазведка с помощью измерения поперечных волн позволяет повысить эффективность изучения мало амплитудных структур.

В методе отраженных волн (МОВ) возбужденная взрывом или механическим воздействием сейсмическая волна, распространяется во все стороны от источника возбуждения и последовательно достигает нескольких отражающих границ в земной коре - поверхностей раздела пород с разными волновыми сопротивлениями.

Метод преломленных волн (МПВ) основан на регистрации волн, образующихся на границах слоев, отличающихся повышенной скоростью распространения упругих колебаний по сравнению с вышележащими слоями.

Широко применяются высокоэффективные методы сейсморазведки - метод регулируемого направленного приема (МРНП), метод общей глубинной точки (МОГТ), вертикальное сейсмическое профилирование (ВСП) и другие. В настоящее время разработаны следующие новые модификации сейсморазведки:

1.Высокоразрешающая сейсморазведка, основанная на расширении использования частотного состава сейсмических волн.

2.Многоволновая сейсморазведка, в которую наряду с продольными, регистрируются и используются также поперечные и обменные волны.

3.Объемная (трехмерная) сейсморазведка применяется в районах со сложным глубинным строением (несогласно залегающие и т.д.)

Регистрируемое при сейсморазведке волновое поле содержит информацию не только о структурных особенностях изучаемого разреза, но и многих других его характеристиках. Геологическая интерпретация регистрируемого волнового поля представляет собой основу нового направления в сейсморазведке, называемого сейсмостратиграфической интерпретацией (сейсмостратиграфией). При сейсмостратиграфической интерпретации по характерным изменениям и особенностям волнового поля выявляются отдельные сейсмостратиграфические компоненты в разрезе и получают сведения об условиях осадконакопления на основе обнаруженных материальных петрофизических изменений пород разреза, а также выявляют стратиграфические несогласия и т.п. Все эти сведения используются для прогнозирования вещественного состава и нефтегазонасности геологического разреза.

Сейсморазведка отраженными волнами является ведущим геофизическим методом при поисках и разведке нефти и газа. Она позволяет картировать антиклинальные складки в осадочных толщах, благоприятные для скопления нефти и газа, и структурные формы, на которых затем осуществляется поисковое бурение.

Прямые геофизические методы поисков залежей нефти и газа основаны на изучении таких свойств геофизических полей, которые обусловлены самими залежами.

В качестве прямого метода может применяться электроразведка, фиксирующая при ВЭЗ увеличение кажущегося сопротивления над нефтяными и газовыми залежами. Уверенные результаты получаются при съемках повышенной детальности. Радиометрия (аэрограмма-спектрометрическая и автограмма-спектрометрическая съемки, химико-аналитические определения радиоактивных элементов почв) обнаруживает над нефтегазовыми месторождениями понижение значений урано-радиевой составляющей гамма-излучений почв и повышение ториевой. На этом основано применение радиометрии в качестве прямого метода поисков нефти и газа.

Основным комплексом геофизических методов, используемых при прямых поисках скоплений (залежей, месторождений) нефти и газа в Узбекистане является комплекс, включающий:

-радиометрическую (спектрометрическую) съемку;

- гравиметрию в варианте профильной аэрогравиразведки;
- электроразведку в варианте магнитотеллурического зондирования (точечные наблюдения на площади МТЗ);
- сейсморазведку методом общей глубинной точки (МОГТ);
- вертикальное сейсмическое профилирование (ВСП) в глубоких скважинах, расположенных в глуби изучаемой площади, для привязки волнового поля.

Глубокое бурение. Бурение скважин является основным, наиболее трудоемким, но и в то же время самым надежным способом изучения недр, так как пласты горных пород, содержащие основные залежи нефти и газа, залегают на больших глубинах от поверхности земли и не могут быть изучены путем прямых наблюдений. Поэтому основным источником достоверной информации о свойствах глубоких земных недр являются данные исследований, проводимых при бурении скважин.

Скважина является горной выработкой, позволяющей непосредственно судить о характере и условиях залегания пород, лежащих недр, и о свойствах насыщающих их нефти, газа и воды.

Ценность каждой пробуренной скважины определяется полнотой и качеством геолого-промысловой информации, полученной в процессе ее бурения, изучения и испытания. Поэтому одной из важнейших задач геологической службы является получение максимального количества сведений о вещественном составе вскрываемых скважиной пород, их возрасте и строении, о характере насыщения флюидом, а также физико-химических свойствах пластовых нефтей, газов, вод и т.п.

Скважиной называется вертикальная горная выработка длина которой на порядок и более больше ее сечения. Из всех видов горных работ бурение отличается мобильностью, скоростью проходки и меньшим расходом материальных средств. Классификация скважин осуществляется по двум направлениям: по глубине и решаемым с помощью этих скважин геологическим задачам.

Исследования в глубоких скважинах. В глубоких скважинах проводится большой комплекс геолого-геофизических исследований, включающий следующие методы:

Геологические. В скважинах отбираются керн - образцы горных пород, выбуренные специальным снарядом. Непосредственно

на буровой этот керн описывается, т.е. кусочки разбуриваемой породы, выносимые из скважин вместе с буровым раствором.

Промыслово-геофизические. В связи с небольшим процентом отбора керна в процессе бурения и его неполным выносом, основную роль в изучении разреза скважин играют промыслово-геофизические методы исследования скважин. Эти методы так же, как и методы полевых геофизических исследований, основаны на изучении естественных и искусственных физических полей с помощью приборов, опущенных в скважину на каротажном кабеле. Основными из них являются электрические, акустические, радиоактивные, механические, термические и др.

13.3. Этапы и цели геолого-геофизических работ.

Цель региональных геолого-геофизических работ заключается в выявлении основных закономерностей геологического строения неизученных осадочных бассейнов и отдельных глубокопогруженных литолого-стратиграфических комплексов, оценке перспектив их нефтегазоносности и определении первоочередных объектов нефтегазового накопления для постановки поисковых работ на нефть и газ.

Задачи региональных работ определяются состоянием изученности исследуемой территории. В соответствии с этим работы регионального этапа подразделяются на две стадии:

- 1). прогнозирование нефтегазоносности;
- 2). оценка зон нефтегазонакопления.

На первой стадии проводится изучение всего региона и делается общий прогноз нефтегазоносности с выявлением основных перспективных литолого-стратиграфических комплексов и крупных зон генерации и аккумуляции УВ, проведением качественной и количественной оценки перспектив нефтегазоносности и выявлением первоочередных зон для следующей стадии работ.

На второй стадии дается оценка зон нефтегазонакопления, т.е. должны быть получены данные для постановки поисковых работ.

Региональные работы, независимо от времени обнаружения залежей нефти и газа, последовательно решают три группы задач:

1. изучение общих черт геологического строения;
2. оценка перспектив нефтегазоносности;
3. выявление возможных зон нефтегазонакопления.

Объемы и методика работ зависят от степени изученности и сложности геологического строения региона.

Нефтегазоносные и нефтегазоперспективные районы по степени изученности делятся на три типа: не изученные, со слабой изученностью глубинного строения и хорошо изученные. В новых, не изученных районах региональные работы 1-й и 2-й стадий последовательно сменяют друг друга во времени. В регионах со слабой изученностью глубинного строения основные объемы региональных работ задерживают на решении задач второй стадии.

В хорошо изученных регионах региональные работы проводятся в небольшом объеме и направлены на изучение перспектив нефтегазоносности на глубинах свыше 5-6 км, и на выявление зон нефтегазонакопления неантиклинального типа.

По сложности геологического строения нефтегазоносные и нефтегазоперспективные регионы подразделяются также на три группы:

- 1). регионы простого строения;
- 2). регионы сложного строения;
- 3). регионы весьма сложного строения.

Изучение регионов простого строения осуществляется по всему разрезу осадочного чехла. Районы сложного и весьма неоднородного строения осадочного чехла с глубинами залегания, превышающими 5-6 км, наиболее оптимально изучать региональными работами поэтапно, по отдельным продуктивным и перспективным комплексам.

Большое значение для эффективного ведения работ имеет установление оптимального соотношения региональных геолого-геофизических исследований с другими работами.

Региональные работы оцениваются двумя показателями: качеством выполнения поставленных геологических задач и степенью достоверности количественной прогнозной оценки нефтегазоносности изучаемой территории.

Целью работ на поисковом этапе является открытие месторождений нефти и газа или выявление новых залежей в неизученной части разрезов в пределах уже установленных месторождений, находящихся в разведке или даже в промысловой

разработке. Конечной целью этой стадии является определение местоположения поисковых скважин.

Основным методом при выявлении ловушек является сейсморазведка МОВ в модификации МОГГ, которая часто применяется в комплексе с МРПП. В некоторых районах эти геофизические методы комплексировются с мелким структурным бурением.

При подготовке объектов к поисковому бурению выполняется следующий типовой комплекс геологоразведочных работ:

- детальная сейсморазведка масштабов 1:50000 и 1:25000, которая сопровождается бурением параметрических скважин до первой жесткой границы;

- детальная электроразведка, высокоточная гравиразведка масштабов 1:50000 и 1:25000;

- специальные работы и исследования с целью профилирования геологического разреза объекта прямые поиски с целью выявления аномалий типа залежь (АТЗ);

- структурное бурение, в исключительных случаях - бурение глубоких параметрических скважин.

Подготовка ловушек к глубокому поисковому бурению как на суше, так и на шельфе проводится сейсморазведкой на поднятиях, выявленных и околтуренных в основном МОВ, а в ряде случаев - другими геофизическими методами.

Основной целью стадии поисков локальных скоплений нефти и газа является открытие месторождений или новых залежей на ранее открытых месторождениях. Поиск залежей осуществляется по всему разрезу осадочных пород на технически достижимую глубину.

Непосредственные поиски скоплений углеводородного сырья осуществляются путем бурения поисковых скважин на локальных геологических объектах.

Геологическими объектами служат подготовленные для поисков нефти и газа перспективные ловушки и АТЗ.

Методика работ на стадии поиска локальных скоплений нефти и газа зависит от геологического строения района, степени его изучения и связана с определением очередности ввода локальных поднятий в поисковое бурение, местоположение и количества поисковых скважин на каждой площади.

К поисковым относятся скважины, начатые и законченные бурением на подготовленной площади до получения в одной из них первого промышленного притока нефти и газа при опробовании испытателями пластов или в колонне.

Геологическая эффективность поискового бурения определяется коэффициентом успешности поисков и долей продуктивных поисковых скважин. Первый отражает отношение количества продуктивных структур к общему количеству начатых бурением структур. Современная величина этого показателя составляет не более 30-33% , а доля продуктивных поисковых скважин - 22,5 %.

Разведочный этап является непосредственно продуктом поискового. Цель этого этапа – подготовка месторождения к разработке, подсчет и дифференциация его запасов применительно к методам извлечения. Работы этого этапа делятся на две стадии: оценка открытых месторождений (залежей) и подготовка их к разработке.

На стадии оценки залежей решаются следующие основные задачи:

- 1) установление основных характеристик месторождения (залежей) для определения их промысловой значимости;
- 2) подсчет запасов месторождений (залежей);
- 3) выбор объектов и этажей разведки;
- 4) определение очередности проведения опытно-промышленной эксплуатации залежей и их подготовки к разработке.

По результатам типового комплекса работ, проводимых на стадии оценки месторождения и залежи дифференцируются на промышленные и непромышленные (некондиционные), выделяются объекты и этажи разведки, устанавливается очередность ввода месторождений (залежей) в дальнейшую разведку обосновываются оптимальные методики последующих работ.

Оценка промышленных залежей считается завершённой, если результаты работ позволяют отнести 25-40% выявленных запасов к промышленным.

На стадии подготовки месторождений (залежей) к разработке, объектом которой являются промышленные скопления (залежи) УВ, главными задачами являются:

- определение геометризации залежей и оценка достоверности знаний геолого-промысловых, фильтрационных и подсчетных параметров по скважинам и объектам для подсчета запасов и составление технологической схемы разработки месторождения (для нефти) и проекта опытно-промышленной разработки (для газа).

- подсчет промышленных запасов УВ и определение коэффициента извлечения; доизучение залежей и местоскопления УВ в процессе разработки.

Во время разработки залежей проводится доразведка разрабатываемых залежей, разведка второстепенных горизонтов, куполов, блоков а также перевод запасов в более высокие категории и их дифференциация применительно методам извлечения. Следует различать разведку отдельных залежей (или однозалежных месторождений) и разведку многозалежных месторождений в целом.

Система рационального размещения разведочных скважин предполагает обеспечение геометризации залежи, в том числе ее оконтуривание и подсчет промышленных запасов УВ минимально необходимым количеством скважин, позволяющим получить максимальную геологическую информацию. В связи с этим проектирование разведочных работ включает:

- определение необходимого минимума количества скважин и обоснование системы их размещения по структуре;
- определение очередности их заложения.

13.4. Геолого-экономическая оценка геологоразведочных работ на нефть и газ.

Геолого-экономическая оценка проводимых работ проводится на всех этапах и стадиях геологоразведочного процесса на нефть и газ.

Основой этой оценки являются ресурсы УВ, выявленные в результате этих работ. Различают ресурсы и запасы нефти и газа. Границей, разделяющей запасы и ресурсы, служит факт получения из нефтегазоперспективных отложений притоков УВ, продуктивность которых обеспечивает рентабельность в случае разработки выявленной залежи.

В основе геолого-экономической оценки геологоразведочного процесса на различных его стадиях лежит степень геологической изученности недр, выражающаяся в конечном счете количественной оценкой ресурсов и запасов УВ.

Основные показатели, используемые для геолого-экономической оценки геологоразведочных работ на нефть и газ, приведены в табл. 13.1 и 13.2.

Таблица 13.1

Геолого-экономическая оценка региональных работ

№	Показатели	Единица измер.
1.	Объем выполненных геологических исследований	пог км, км ² , объект
2.	Объем выполненных геофизических исследований	
3.	Плотность изучения глубоким опорным и параметрическим бурением: всего: плотность глубокого бурения	скв., скв/км ²
4.	Количество выявленных объектов (Кв) перспективных на нефть и газ	Кв объект
5.	Количество (Кр) подготовленных перспективных объектов	Кр объект
6.	Степень изученности района $K_p/K_v = K_{изуч}$	б/размерн.
7.	Ожидаемые ресурсы УВ	млн ТУТ
8.	Плотность ожидаемых ресурсов (удельные ресурсы)	млн ТУТ/км ²
9.	Ожидаемые удельные ресурсы на один выявленный объект	млн ТУТ/объект км ²
10.	Ожидаемые удельные ресурсы на один подготовленный объект	млн ТУТ/объект км ²
11.	Затраты на региональные работы: в т.ч. на геологические работы на полевые геофизические исследования на бурение опорных и параметрических скважин	млн сум
12.	Ожидаемый затраты на выявление ресурсов	сум ТУТ

Примечание ТУТ-тонна условного топлива, равная 1 т нефти, 1 т конденсата, 1000 м³ газа.

На стадии поисков залежей нефти и газа и их разведки технико-экономические показатели, используемые для оценки эффективности поисковых и разведочных работ в основном связаны с затратами на глубокое бурение поисковых и разведочных скважин и ожидаемым приростом запасов УВ (табл. 13.2)

Таблица 13.2

Технико-экономические показатели поискового и
разведочного бурения.

1.	Затраты на поиски и подготовку структуры к глубокому бурению	тыс.сум
2.	Предельные ассигнования на строительство одной проектной скважины	тыс.сум
3.	Предельные затраты на 1 м проектируемого бурения	сум
4.	Предельные ассигнования на поисковое (разведочные) бурение на площади	
5.	Продолжительность проектируемых работ на площади	мес.
6.	Ожидаемый прирост запасов: нефти газа конденсата	тыс.т млн.м ³ тыс.т.
7.	Прирост ожидаемых запасов 1 м проходки: нефти газа конденсата	тыс. т/м тыс.м ³ /м т/м
8.	Затраты на подготовку ожидаемых запасов: 1 т нефти 1 тыс. м ³ газа 1 т конденсата	сум/т сум/1тыс.м ³ сум/1т.
9.	Количество поисковых (разведочных) скважин	шт
10.	Общий метраж проходки	м
11.	Скорость проходки	м/станко-месяц
12.	Затраты на 1 м проходки	сум/м
13.	Удельные запасы УВ на 1 м проходки	ТУГ/м

13.5. Подсчет и оценка ресурсов и запасов УВ.

Существуют различные методики классификации ресурсов и запасов УВ, основанных на степени их изученности и подтверждаемости.

В настоящее время в странах СНГ и в том числе и в Республике Узбекистан принята следующая классификация ресурсов и запасов УВ.

Ресурсы нефти и газа по степени изученности и обоснованности подразделяются на перспективные - категории C_3 и прогнозные - категории D_1 и D_2 .

Под прогнозной оценкой ресурсов УВ понимается количественная оценка перспектив нефтегазопосности литолого-стратиграфических комплексов и отдельных горизонтов, которая проводится на основе анализа общих закономерностей размещения скопления УВ, их генерации из нефтематеринских пород, благоприятные условия миграции и аккумуляции. Оценки прогнозных ресурсов УВ осуществляются для крупных территорий, небольших их частей и локальных площадей.

Данные о прогнозных ресурсах нефти и газа используются при планировании поисковых и разведочных работ.

Прогнозные ресурсы по категории D_1 оцениваются в литолого-стратиграфических комплексах крупного тектонического элемента с доказанной промышленной нефтегазопосностью.

По категории D_2 оцениваются ресурсы УВ в литолого-стратиграфических комплексах крупных региональных структур с еще недоказанной промышленностью и нефтегазопосностью, но имеющих сходные геологические условия и строение с крупными тектоническими структурами, где промышленная нефтегазопосность уже доказана.

Количественная оценка прогнозных ресурсов категории D_1 определяется на основе результатов региональных работ и по аналогии с разведанными залежами в тех же комплексах в пределах, оцениваемых крупной региональной структуры.

Количественная оценка прогнозных ресурсов категории D_2 производится предположительно по взятым параметрам на основе общих геологических представлений и по аналогии с крупными региональными структурами, в которых залежи уже разведаны.

Для оценки прогнозных ресурсов применяются методы сравнительного геологического анализа, объемно-генетический и др.

Ресурсы УВ категории C_3 подсчитываются при подготовке площадей к глубокому бурению, т.е. когда эти площади контурены достаточно надежными для данного района методами и находятся в пределах нефтегазопосного района в одной, структурно-фациальной зоне с выявленными залежами. В эту же категорию относятся ресурсы нескрытых бурением пластов разведанных месторождений, если продуктивность их установлена на других месторождениях района.

Оценка ресурсов по категории C_3 используется для планирования прироста запасов категории C_1 и C_2 .

К категории C_2 относятся запасы залежей, наличие которых в неразведанных частях залежи, примыкающих к участкам с запасами более высоких категорий, в промежуточных и вышезалегающих неиспытанных пластах разведанных месторождений, обосновано данными геологических и геофизических исследований.

Результаты подсчета запасов по категории C_2 используются для определения перспектив месторождения, частично для проектирования его разработки и планирования геологоразведочных работ.

Запасы категории C_1 определяются в залежах, в которых по данным испытания установлена промышленная нефте- или газопосность (т.е. в интервалах, характеризующихся по данным промыслово-геофизических исследований скважин как продуктивные, получены промышленные притоки нефти и газа). Кроме того, к категории C_1 относят запасы УВ, наличие которых установлено по данным геологических исследований и промыслово-геофизических исследований скважин (ГИС) в пределах залежи, промышленная нефтегазопосность которой установлена в результате испытаний.

Запасы категории C_1 подсчитывают по результатам геологоразведочных работ и эксплуатационного бурения. Они могут быть подсчитаны для участка вокруг первой поисковой скважины, давшей промышленный приток УВ в радиусе, равном удвоенному расстоянию между добывающими скважинами, применяемому на сходных по строению залежах района, для разведанной части залежи или для всей залежи, если она полностью разведана.

На основе подсчитанных запасов категорий C_1 составляются технологические схемы разработки для нефтяных залежей и проекты опытно-промышленной эксплуатации для газовых.

Перспективные ресурсы категории C_3 и запасы категорий C_1 и C_2 определяются в основном объемным методом, который учитывает:

- площадь нефтегазоносности предполагаемого или выявленного продуктивного горизонта (определяется по структурной карте);

- толщину коллекторов, слагающих продуктивный горизонт, или его нефтегазонасыщенную часть;

- объем порового пространства коллекторов, занятый УВ в пластовых и в нормальных условиях.

По мере разбуривания площади категория запасов будет возрастать с C_1 (разведка) до В и А (разработка).

К категории В относятся запасы УВ, находящиеся в пределах контура эксплуатации залежи.

К категории А относятся уже добытые УВ.

По различным частям одной и той залежи подсчет запасов может производиться по различным категориям, так как эти части могут быть в процессе разведки по разному освещены бурением, т.е. изучены неодинаково.

Степень изученности залежи лежит в основе решения вопроса о передаче залежи в разработку и отражается категориями запасов.

Контрольные вопросы

- 1. Дать определение геологоразведочного процесса.*
- 2. Какие законодательные положения лежат в основе геологоразведочного процесса?*
- 3. В чем заключается стадийность геологоразведочного процесса?*
- 4. В чем заключается цель геологоразведочного процесса?*
- 5. На какие этапы делится геологоразведочный процесс?*
- 6. Цели и задачи поискового этапа.*
- 7. Цели и задачи разведочного этапа.*
- 8. Какие существуют методы изучения геологического строения недр?*

9. Какие задачи решают геологические методы?
10. Какие задачи решают геофизические методы?
11. В чем заключается геолого-экономическая оценка геолого-разведочных работ на нефть и газ?
12. Какие основные показатели используются при геолого-экономических оценках?
13. Какие существуют категории оценки ресурсов и подсчета запасов УВ?
14. Какие категории ресурсов относятся к прогнозным?
15. Какие категории запасов УВ являются промышленными?

Список использованных литератур

1. Абидов А.А. Нефтегазоносность литосферных плит. - Ташкент: Фан, 1994.
2. Абидов А.А., Долгополов Ф.Г. Миксгенетическая гипотеза происхождения нефти и газа: электика или синтез? Узбекский журнал нефти и газа, 1998, № 2, с. 4-6.
3. Абидов А.А. Геодинамика и генезис нефти и газа. Узбекский журнал нефти и газа, 2003, № 3, с. 4-18.
4. Абрикосов И.Х., Гутман И.С. Нефтепромысловая геология. - М.; Недра, 1970.
5. Баженова О.К., Соколов Б.А. Происхождение нефти – фундаментальная проблема естествознания. Геология нефти и газа, 2002, № 1, М.
6. Бакиров Э.А. и др. Геология нефти и газа. - М. Недра, 1990.
7. Бакиров А.А., Бакиров Э.А., Мелик-Пашаев В.С. и др. Теоретические основы поисков и разведки скоплений нефти и газа. - М.; Высшая школа, 1987.
8. Бакиров А.А. Геологические основы прогнозирования нефтегазоносности недр. - М.; Недра, 1973.
9. Вассоевич Н.Б. Современные представления об условиях образования нефти. - М., Знание, 1981.
10. Вернадский В.И. Биосфера. - М.; Мысль, 1967.
11. Войлошников В.Д. Геология. - М.; Просвещение, 1979.
12. Габриэлянц Г.А. Геология нефтяных и газовых месторождений. - М.; Недра, 1972.
13. Габриэлянц Г.А. и др. Методика поисков и разведки залежей нефти и газа. - М.; Недра, 1985.
14. Гаврилов В.П. Общая и региональная геотектоника. - М.; Недра, 1986.
15. Геология и геохимия нефти и газа (А.А.Бакиров, Э.А.Табасаранский и др.). - М.; Недра, 1982.
16. Губкин И.М. Учение о нефти. - М.; Наука, 1975.
17. Гутман И.С. Методы подсчета запасов нефти и газа. - М.; Недра, 1985.
18. Еременко Н.А. Геология нефти и газа. - М.; Недра, 1961.
19. Иванова М.М. и др. Нефтегазопромысловая геология и геологические основы разработки месторождений нефти и газа. - М.; Недра, 1985.

20. Кузнецов О.Л. и др. Физико-химические основы прямых поисков залежей нефти и газа. – М.; Недра, 1986.
21. Карцев А.А. Торжество органической (осадочно-миграционной) теории нефтеобразования к концу XX века. Геология нефти и газа, 2001, № 3, М.
22. Мильничук В.С., Арабаджи М.С. Общая геология. – М.; Недра, 1989.
23. Нефтяные и газовые месторождения Средней Азии. Г.Х.Дикенштейн и др. – М.; Недра, 1965.
24. Нефтяная промышленность Российской Федерации, 1998,1999, – М.; ВНИИОЭНГ, 1999.
25. Основы геологии горючих ископаемых. В.В.Семенович и др. – М., Недра, 1987.
26. Павлинов В.П. и др. Основы геологии. – М.; 1991.
27. Соколов В.Л., Фурсов А.Я. Поиски и разведка нефтяных и газовых месторождений. – М.; Недра, 1984.
28. Страны мира, цифры и факты, Справочник. – М.; 2000.
29. Теоретические основы и методы поисков и разведки скоплений нефти и газа. – М.; Высшая школа, 1968, Авт.: А.А.Бакиров и др.
30. Флинт Р.Ф. История Земли. – М, Прогресс, 1978.
31. Хаин В.Е., Михайлов А.Е. Общая геотектоника. – М.; Недра, 1985.
32. Хант Дж.М. Геохимия и геология нефти и газа. – М.; Мир, 1982.
33. Чарьгин М.М., Васильев Ю.М. Общая и историческая геология. – М.; Недра, 1968.
34. Щелкачев В.П. Отечественная и мировая нефтедобыча (История развития, современное состояние и прогнозы). – М-Ижевск, 2002.
35. Якушева А.Ф., Хаин В.Е. Общая геология. – М.; МГУ, 1988.

Подписано к печати 19.12.2005. Формат 60x84 1/16.
Объем 18,5 п.л. Тираж 50. Заказ № 6.
Отпечатано в типографии ТГТУ. г.Ташкент ул. Талабалар, 54.