

Геология нефтяных и газовых месторождений

Что такое нефть? Немного химии, геологии и истории

Сырая нефть это природная легко воспламеняющаяся жидкость, которая находится в глубоких осадочных отложениях и хорошо известна благодаря ее использованию в качестве топлива и сырья для химической промышленности.

Нефть и газ известны человечеству уже несколько тысяч лет. Еще в глубокой древности выходы нефти и газа были обнаружены в бассейнах Черного и Каспийского морей и использовались для отопления, смазки, как цементирующий материал и дорожное покрытие, заделывания щелей, смоления судов.

За несколько столетий до н.э. в Китае производилось бурение на нефть с использованием бамбуковых труб. Однако систематическая добыча нефти в мире началась спустя 2000 лет.

С точки зрения химии, нефть это сложная смесь углеводородов с различным числом атомов углерода в молекулах; в их составе могут присутствовать сера, азот, кислород и незначительное количество некоторых металлов.

Ученые еще не договорились в отношении того, как образуется в природе жидкая нефть. В основном предполагается, что остатки растений и животных, которые захоронились в иле, преобразуются в восстановительной среде, которая предохраняет вещество от окисления. Время преобразования не менее 500000 лет, умеренная температура 35 – 40 С и давление 10 атмосфер ведут к преобразованию органического вещества в низкомолекулярные легкие углеводороды, обычно находящиеся в сырой нефти.

Природные углеводороды чрезвычайно разнообразны. Они охватывают широкий круг минералов от черных битумных асфальтов, которые добываются шахтным способом, до светлых летучих нефтей, которые могут использоваться в качестве моторного топлива без дополнительной переработки.

Преимущества нефти и газа перед другими источниками энергии заключается в относительно высокой теплоте сгорания и в простоте использования с технологической точки зрения, более дешевая транспортировка нефти или газа по трубопроводам.

Так, выделится тепла при сгорании:

- 1 кг нефти - **46 МДж**
- 1 м3 газа - **36 МДж**
- 1 кг антрацита - **34 МДж**
- 1 кг бурого угля - **9,3 МДж**
- 1 кг дров - **10,5 МДж**

Транспортировка нефти, газа осуществляется по трубопроводам, в любое время суток, года. Погрузочно – разгрузочные работы практически сведены к нулю.

Применение газа вместо угля дает большую экономию времени и средств, улучшает условия труда, а также санитарное состояние городов, жилых домов, предприятий.

Крылатыми стали слова Д.И. Менделеева о том, что сжигать нефть это все равно, что растапливать печь ассигнациями. Наш современник, американский ученый Р. Лэпп в одной из своих статей говорит: «Я считаю варварством сжигание уникального наследия Земли – углеводородов – в форме нефти и природного газа.»

К сожалению, сегодня более 90% добытых нефти и газа сжигаются в промышленных топках и двигателях автомобилях. Между тем они являются ценным сырьем для переработки.

Из нефти получают:

Масла и смазки – необходимые любому механизму

Синтетический каучук – выработанный из нефти идет на изготовление резиновых изделий

Пластмассы – нашли широкое применение в промышленности и быту

Синтетические волокна – являются основой при производстве тканей

Метанол, формальдегид – применяется для дезинфекции

Хлороформ – применяется в медицине

Четыреххлористый углерод – применяется для борьбы с вредителями в сельском хозяйстве

Этиловый спирт, полиэтилен, этиленгликоль, белковую биомассу.

Основными потребителями нефти являются США, Япония и Западная Европа.

Крупнейшими производителями нефти считаются Российская Федерация, США, Саудовская Аравия, Мексика.

Оценка мировых доказанных извлекаемых запасов нефти составляет 125 млрд. т. Около 63% этих запасов сосредоточено на Среднем и Ближнем Востоке.

Пик добычи нефти (4,06 млрд.т.) ожидается 2020 году, после чего ожидается период стабилизации. Ресурсы газа значительно более велики. Их хватит на несколько сот лет.

Россия – одна из немногих стран мира, которая полностью удовлетворяет собственные потребности в газе за счет своих ресурсов. Разведанные запасы газа в России составляют 48,1 трлн.м³, что является 33% от мировых запасов. Потенциально ресурсы газа нашей страны определяются как 236 трлн.м³.

Россия является крупнейшим в мире экспортером газа. В 1999 в страны ближнего и дальнего зарубежья было отправлено 204 млрд. м³, а прогноз на 2010 составляет 278,5 млрд. м³.

Таким образом, нефть и газ в ближайшей перспективе останутся основными источниками энергии и сырья для человечества.

Основы нефтепромысловой геологии

Для того, чтобы успешно разведать находящиеся в недрах земли залежи углеводородов, необходимо максимально точно определить условия, благоприятные для образования этих залежей.

Отношение безуспешных поисково – разведочных скважин к тем, которые дали хоть какие либо притоки нефти или газа составляет 9 : 1. Кроме того, по оценкам, только одна из семидесяти скважин, пробуренных для поисков новых месторождений нефти или газа, приводит к коммерчески выгодному открытию. Из – за этого только крупные нефтяные компании содержат геологические службы, а многие мелкие компании нанимают геологов – нефтяников как консультантов.

Нефтяная геология сформировалась как признанная наука в начале XX века. С этого периода времени начался быстрый рост числа специалистов по нефти – газоразведке; тысячи геологов во всем мире заняты сегодня поисками нефти и газа.

Земная кора состоит преимущественно из трех типов горных пород – вулканических, метаморфических и осадочных. Хотя нефть и газ присутствуют во всех трех типах пород, однако чаще всего они ассоциируются с осадочными горными породами. Известны различные пути образования осадочных горных пород, но основной путь – это отложение под действием ветра или воды или химическое отложение (например выщелачивание). Осадочные материалы подразделяются на обломочные породы (песчаники, сланцы), карбонатные (известняки, доломиты)

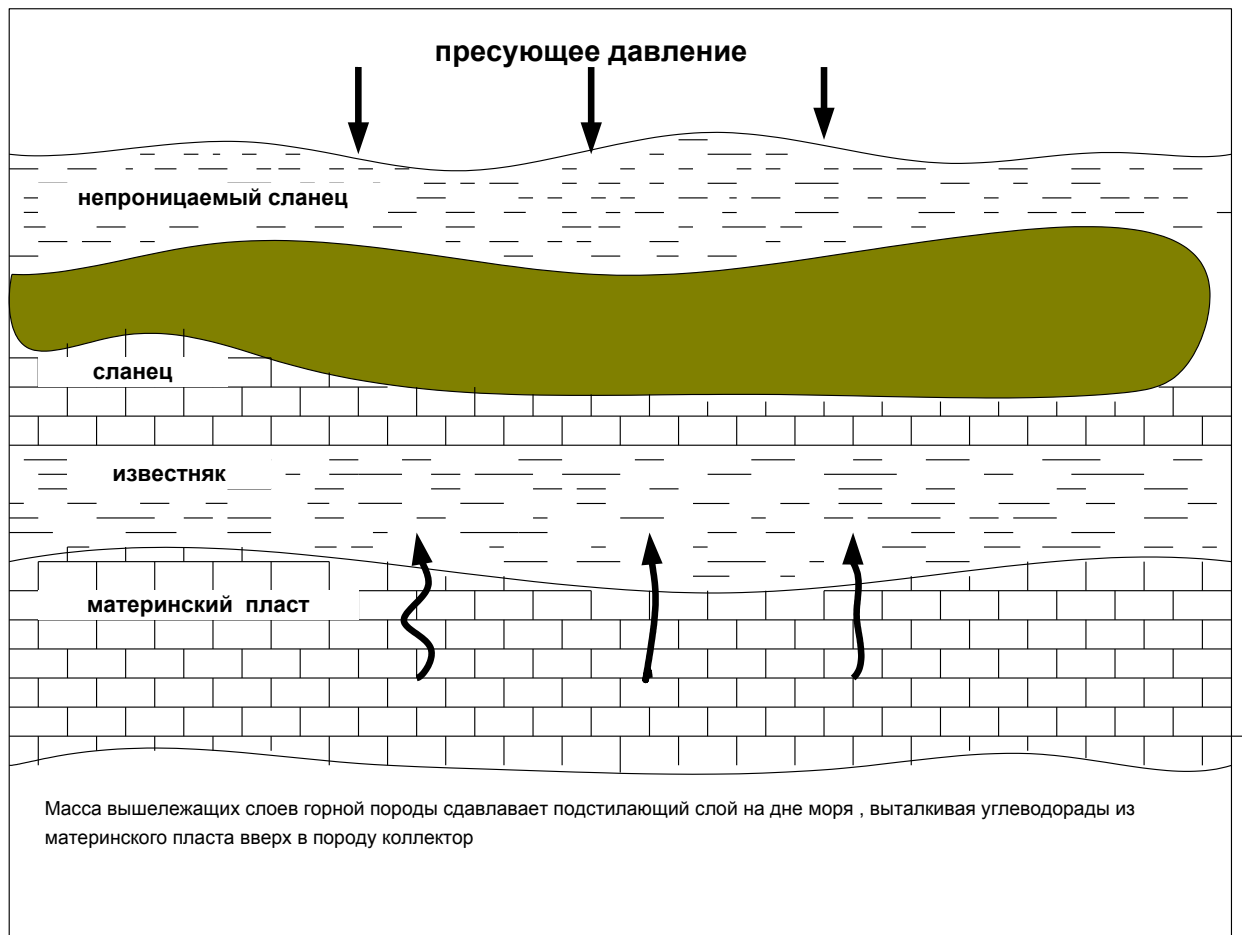
Хотя осадочные породы и ассоциируются с нефтью, далеко не всегда они содержат нефть. Согласно большинству теорий, для образования нефти необходимы остатки животных и растений, а также определенная температура и давление.

Жизнь появилась в обширных морях и океанах, которые покрывали значительную часть современных материков. По мере гибели огромного количества животных и растений их остатки опускались на дно водоема и накапливались в иловых отложениях. Реки, морские течения переносили огромные количества песка, ила которые смешивались с органическими отложениями. Многократно отлагались и оседали новые слои. Морская вода и ил предохраняли органические отложения от дальнейшего разложения. По мере накопления новых слоев органических отложений, песка и ила и с течением времени масса покрывающих отложений оказывала огромное давление на лежащие ниже осадочные слои. С увеличением массы слой постепенно опускался. Огромное давление в сочетании с высокой температурой, действием бактерий и химическими реакциями и привело к образованию сырой нефти и природного газа.

Накопление и залегание нефти

Сырая нефть и природный газ находятся в виде флюидов в пространстве пор осадочных пород.

Слой ила, содержащий разлагающиеся остатки растений и животных, называется **материнский пласт**. Материнский пласт включает темные морские сланцы и морской известняк. В результате постоянного сжатия материнского пласта, который содержит органические отложения, повышение давления и температуры приводит к тому, что нефть и газ начинает выходить наружу из материнского пласта и накапливается в прилежащих проницаемых пористых породах, таких как песчаники, известняки, доломиты. Эти породы являются хранилищами углеводородов и называются **породы – коллектора**.



Нефтяные месторождения

Горные породы, составляющие земную толщу, подразделены на два основных вида - изверженные и осадочные.

- **Изверженные породы**- образуются при застывании жидкой магмы в толще земной коры (гранит) или вулканических лав на поверхности земли (базальт).
- **Осадочные породы** -образуются путем осаждения (главным образом в водной среде) и последующего уплотнения минеральных и органических веществ различного происхождения. Эти породы обычно залегают пластами. Определенный период времени в течение, которого шло формирование комплексов горных пород в определенных геологических условиях называется геологической эрой (эратемой). Соотношение этих пластов в разрезе земной коры относительно друг друга изучается **СТРАТИГРАФИЕЙ** и сведены в стратиграфическую таблицу.

Стратиграфическая таблица

Эратема	Система, год и место установления	Индекс	Число отделов	Число ярусов
Кайнозойская	Четвертичная, 1822, Франция	Q		
	Неогеновая, 1853, Италия	N	2	13
	Палеогеновая, 1872, Италия	P	3	7
Мезозойская	Меловая, 1822, Франция	K	2	12
	Юрская, 1793, Швейцария	J	3	11
	Триасовая, 1834, Центр. Европа	T	3	6
Палеозойская	Пермская, 1841, Россия	P	2	7
	Каменноугольная, 1822, Великобритания	C	3	7
	Девонская, 1839, Великобритания	D	3	7
	Селурская, 1873, Великобритания	S	2	4
	Ордовикская, 1879, Великобритания	O	3	6
	Кембрийская, 1835, Великобритания	C	3	9

Более древние отложения относят к криптозойской эоноте, которая разделена на АРХЕЙ и ПРОТЕРОЗОЙ. В верхнем протерозое выделен РИФЕЙ с тремя подразделениями и ВЕНД. Таксонометрическая шкала докембрийских отложений не разработана.

Все горные породы имеют поры, свободные пространства между зернами, т.е. обладают **пористостью**. Промышленные скопления нефти (газа) содержатся главным образом в осадочных породах - песках, песчаниках, известняках, являющихся хорошими коллекторами для жидкостей и газов. Эти породы обладают **проницаемостью**, т.е. способностью пропускать жидкости и газы через систему многочисленных каналов, связывающих пустоты в породе.

Нефть и газ встречаются в природе в виде скоплений, залегающих на глубинах от нескольких десятков метров до нескольких километров от земной поверхности. Пласты пористой породы, поры и трещины которой заполнены нефтью, называются **нефтяными пластами (газовыми) или горизонтами**.

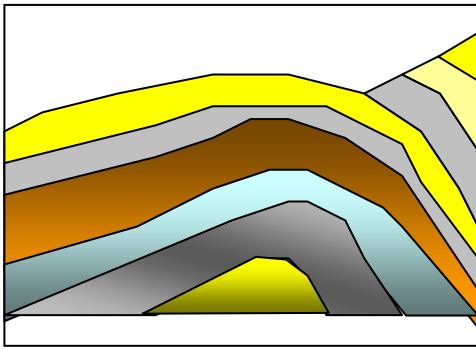
Пласты, в которых имеются скопления нефти (газа) называются **залежами нефти (газа)**.

Совокупность залежей нефти и газа, сконцентрированных в недрах на одной и той же территории и подчиненных в процессе образования одной тектонической структуре называется **нефтяным (газовым) месторождением**.

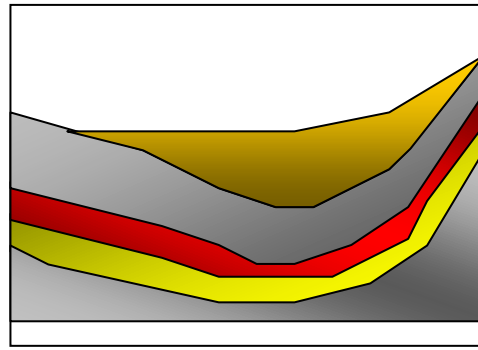
Обычно залежь нефти (газа) бывает приурочена к определенной тектонической структуре, под которой понимают форму залегания пород.

Пласты осадочных горных пород, первоначально залегавшие горизонтально, в результате воздействия давлений, температур, глубинных разрывов поднимались или опускались в целом либо относительно друг друга, а так же изгибались в складки различной формы.

Складки, обращенные выпуклостью вверх, называются **антиклиналями**, а складки направленные выпуклостью вниз - **синклиналями**.



Антиклиналь



Синклиналь

Самая высокая точка антиклинали называется ее **вершиной**, а центральная часть **сводом**. Наклонные боковые части складок (антиклиналей и синклиналей) образуют **крылья**. Антиклиналь, крылья которой имеют углы наклона, одинаковые со всех сторон, называется **купол**.

Большинство нефтяных и газовых залежей мира приурочены к антиклинальным складкам.

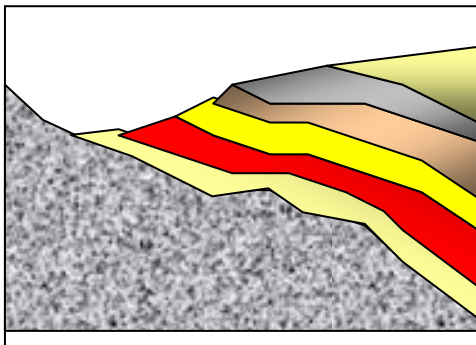
Обычно одна складчатая система слоев (пластов) представляет собой чередование выпуклостей (антиклиналей) и вогнутостей (синклиналей), причем в таких системах породы синклиналей заполнены водой, т.к. они занимают нижнюю часть структуры, нефть (газ) же, если они встречаются, заполняют поры пород антиклиналей. Основными элементами, характеризующими залегание пластов, является:

- направление падения;
- простирание;
- угол наклона

Падение пластов - это наклон слоев земной коры к горизонту, Наибольший угол, образуемый поверхностью пласта с горизонтальной плоскостью, называется **углом падения пласта**.

Линия, лежащая в плоскости пласта и перпендикулярная к направлению его падения, называется **простиранием** пласта.

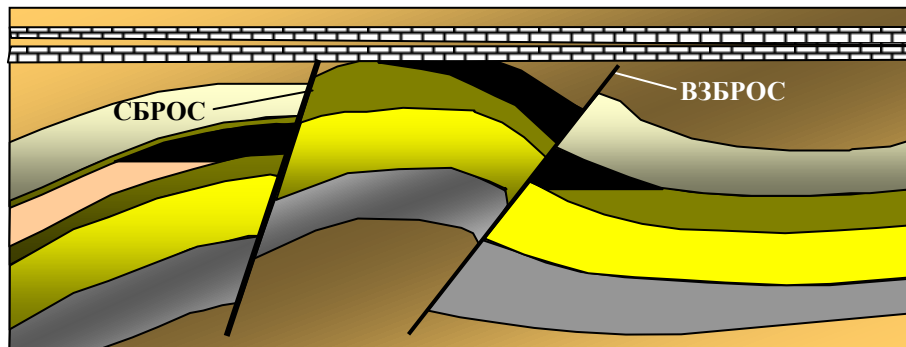
Структурами, благоприятными для скопления нефти, помимо антиклиналей, являются также **моноклинали**. **Моноклираль** - это этаж залегания пластов горных пород с одинаковым наклоном в одну сторону.



надвиги, грабены, гореты.

При образовании складок обычно пласты только сминаются, но не разрываются. Однако в процессе горообразования под действием вертикальных сил пласты нередко претерпевают разрыв, образуется трещина, вдоль которой пласты смещаются относительно друг друга. При этом образуются разные структуры: **сбросы, взбросы,**

- **Сброс** - смещение блоков горных пород относительно друг друга по вертикальной или круто наклонной поверхности тектонического разрыва. Расстояние по вертикали, на которое сместились пласты, называются амплитудой сброса.
- Если по той же плоскости происходит не падение, а подъем пластов, то такое нарушение называют **взбросом** (обратным сбросом).
- **Надвиг** - разрывное нарушение, при котором одни массы горных пород надвинуты на другие.
- **Грабен** - опущенный по разломам участок земной коры.
- **Горет** – приподнятый по разломам участок земной коры



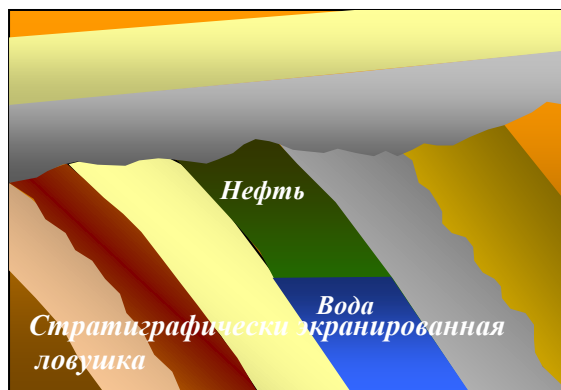
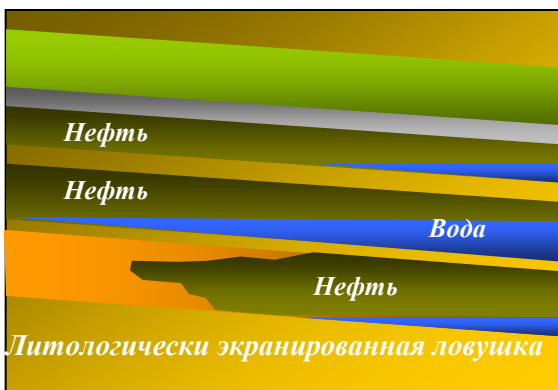
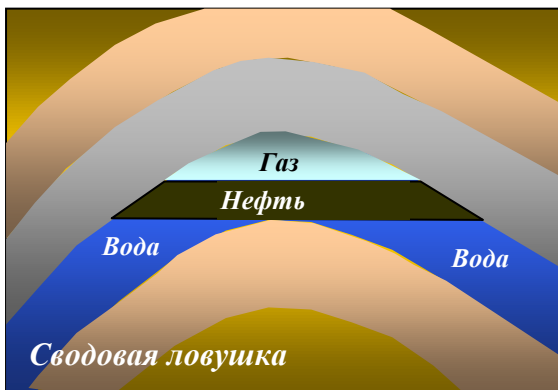
Геологические нарушения оказывают большое влияние на распределение нефти (газа) в недрах Земли - в одних случаях они способствуют ее скоплению, в других наоборот, могут быть путями обводнения нефтегазонасыщенных пластов или выхода на поверхность нефти и газа.

Для образования нефтяной залежи необходимы следующие условия

- Наличие пласта- коллектора
- Наличие над ним и под ним непроницаемых пластов (подошва и кровля пласта) для ограничения движения жидкости.

Совокупность этих условий называется **нефтяной ловушкой**. Различают:

- Сводовую ловушку
- Литологически экранированные
- Тектонически экранированные
- Стратиграфически экранированные



Основные свойства нефти и газа

Нефть и нефтяной газ - это смесь углеводородов (соединений углерода с водородом). Известно множество соединений углерода с водородом, различающихся характером сцепления атомов углерода и водорода и их числом в молекуле. В зависимости от этого одни углеводороды при нормальных условиях (760 мм.рт.ст. и $t=20^{\circ}\text{C}$) находятся:

- в газообразном состоянии (природный и нефтяной газы),
- в жидком (нефть) и имеются углеводороды,
- в твердом состоянии (парафины, содержащиеся почти во всех нефтях).

В среднем в нефти содержится:

- 82-87% углерода (С),
- 11-14% водорода (Н) и
- 0.4 -1.0% примесей - соединений, содержащих кислород, азот, серу, асфальтовые и смолистые вещества.

При подогреве нефти в зависимости от температуры из нее вначале испаряются самые легкие - бензиновые фракции, затем более тяжелые - керосиновые, соляровые и т.д. Считают, что фракции нефти, кипящие в интервалах $40-200^{\circ}\text{C}$ - бензиновые, $150-300^{\circ}\text{C}$ - керосиновые, $300-400^{\circ}\text{C}$ - соляровые, при 400°C и выше - масляные.

По содержанию смолистых веществ нефти подразделяют на три группы:

- малосмолистые - содержание смол не более 18%
- смолистые - содержание смол от 18 до 35%
- высокосмолистые - содержание смол более 35%

По содержанию парафина нефти делятся также на три группы:

- беспарафинистые - содержание парафина до 1%
- слабопарафинистые - содержание парафина от 1 до 2%
- парафинистые - содержание парафина более 2%

Содержание в нефти большого количества смолистых и парафинистых соединений делает ее вязкой и малоподвижной, что вызывает необходимость проведения особых мероприятий для извлечения ее на поверхность и последующей транспортировки.

По содержанию серы нефти подразделяются на:

- малосернистые - содержание серы до 0.5%
- сернистые - содержание серы от 0.5 до 2.0%
- высокосернистые - содержание серы более 2.0%

Содержание в нефти сернистых соединений ухудшает ее качество, вызывает осложнения в добыче нефти.

О качестве нефти в промышленной практике ориентировочно судят по ее **плотности**.

Плотность характеризуется массой, приходящейся на единицу объема. Плотность нефти при нормальных условиях колеблется от 0,7 (газовый конденсат) до 0,98 и даже 1,0 г/см³. Легкие нефти с плотностью до 0,88 г/см³ наиболее ценные, т.к. обычно в них содержится больше бензиновых и масляных фракций.

Важнейшее физическое свойство любой жидкости, в том числе и нефти - **вязкость**, т.е. свойство жидкости сопротивляться взаимному перемещению ее частиц при движении. Различают:

- **динамическую и**
- **кинематическую вязкости.**

За единицу динамической вязкости принимается вязкость такой жидкости, при движении которой возникает сила внутреннего трения в 1Н (Ньютон) на площади 1 м² между слоями, движущимися на расстоянии 1 м с относительной скоростью 1м/сек.

Размерность динамической вязкости: $[m] = \text{Па}\cdot\text{с}$. (Паскаль-секунда).

Вязкость пластовых жидкостей, в том числе и нефти, обычно намного ниже 1 Па.с. В промышленной практике для удобства принято пользоваться единицей вязкости в 1000 раз меньшей мПа.с (миллипаскаль. секунда). так, вязкость пресной воды при температуре +20⁰С составляет 1мПа.с. Вязкость нефтей добываемых в России в зависимости от характеристики и температуры изменяется от 1 до нескольких десятков мПа.с (0.1-0.2 Па.с) и более.

Кинематическая вязкость - отношение динамической вязкости к плотности, измеряется в м²/с. Иногда для оценки качества нефти и нефтепродуктов пользуются относительной (условной) вязкостью, показывающей во сколько раз вязкость данной жидкости больше или меньше вязкости воды при определенной температуре. Измерение проводят обычно путем сравнения времени истекания из отверстия вискозиметра Энглера равных объемов исследуемой жидкости и воды. Результаты определений выражают в градусах условной вязкости оВУt, где индекс t указывает температуру измерения.

С повышением температуры вязкость нефти (как и любой другой жидкости) уменьшается. С увеличением количества растворенного газа в нефти вязкость нефти также значительно уменьшается.

На нефтяных месторождениях обычно наблюдается увеличение температуры с глубиной. Кроме того, в нефти, как правило, всегда содержится определенное количество растворенного газа. Поэтому вязкость нефти в пластовых условиях всегда меньше, чем вязкость на поверхности.

Классификация нефти

Один из основных способов классификации нефти – это классификация согласно плотности по API. Основными факторами от которых зависит плотность нефти, это температура и давление ее образования. Более старые, глубоко залегающие нефти характеризуются высокими величинами плотности по API, а более молодые неглубоко залегающие нефти – низкими значениями. Эти величины имеют важное значение для оценки возможности продажи конкретного класса нефти.

Другим важным пунктом классификации нефти и газа, является количество примесей. Примеси присутствуют как отдельные свободные молекулы или атомы, присоединенные к более крупным молекулам углеводородов. Наиболее распространенная примесь это сера. Данная примесь серы может присутствовать в виде сероводорода.

Нефтяные газы и их свойства

Газы, добываемые из нефтегазовых залежей вместе с нефтью, называют **нефтяными газами**. Они представляют собой смесь углеводородов - метана, пропана, бутана, пектана и др.

Самый легкий из всех углеводородов - метан. В газах добываемых из нефтяных и газовых месторождений метана содержится от 40 до 95%.

Одной из основных характеристик углеводородных газов является **относительная плотность**, под которой понимают отклонение массы объема данного газа к массе такого же объема воздуха при нормальных условиях.

Относительная плотность нефтяных газов колеблется от 0.554 для метана до 2.49 для пентана и выше. Чем больше в нефтяном газе легких углеводородов - метана CH_4 и этана C_2H_6 (относительная плотность - 1.038), тем легче этот газ. При нормальных условиях метан и этан находятся в газообразном состоянии. Следующие за ним по относительной плотности пропан C_3H_8 (1.522) и бутан C_4H_{10} (2.006) также относятся к газам, но легко переходят в жидкость даже при небольших давлениях.

Природный газ - смесь газов. Компонентами природного газа являются углеводороды парафинового ряда: метан, этан, пропан, изобутан, а также неуглеводородные газы: сероводород, углекислый газ, азот.

При эксплуатации газовых и газоконденсатных месторождений в скважинах, газосборных сетях, магистральном газопроводе при определенных термодинамических условиях образуется кристаллогидраты. По внешнему виду они похожи на сажеобразную массу или лед. Гидраты образуются при наличии капельной влаги и определенных давлениях и температурах.

В зависимости от преобладания в нефтяных газах легких (метан, этан) или тяжелых (пропан и выше) углеводородов **газы** разделяются на:

- **Сухие** - природный газ, который не содержит тяжелых углеводородов или содержит их в незначительных количествах.
- **Жирные** - газ, содержащий тяжелые углеводороды в таких количествах, когда из него целесообразно получать сжиженные газы или газовые бензины.

На практике принято считать жирным газом такой, в 1 м³ которого содержится более 60г газового бензина. При меньшем содержании газового бензина газ называют сухим. С тяжелыми нефтями добывают преимущественно сухой газ, состоящий главным образом из метана. В нефтяных газах, кроме углеводородов, содержатся в незначительных количествах углекислый газ, сероводород и др.

Важной характеристикой природного газа является растворимость его в нефти.

Коэффициент растворимости газа (газовый фактор) показывает, сколько газа растворяется в единице объема жидкости при повышении давления на единицу. Коэффициент растворимости в зависимости от условий растворения изменяется от 0.4×10^{-5} до 1×10^{-5} Па⁻¹. Со снижением давления до определенного значения (**давление насыщения**) начинает выделяться растворенный в нефти газ.

По мере поступления от забоя скважины нефти с газом, газ имеет свойство расширяться, в результате - объем газа больше объема поступления нефти.

Газовый фактор не на всех месторождениях, пластах одинаков. Он обычно колеблется от 30 м³/м³ до 100 м³/м³ и выше.

Давление, при котором из нефти начинают выделяться первые пузырьки растворенного газа, называют **давлением насыщения пластовой нефти**. Это давление зависит от состава нефти и газа, соотношения их объемов и от температуры.

Наибольшая температура, при которой газ не переходит в жидкое состояние, как бы, велико не было давление, называется **критической температурой**.

Давление соответствующее критической температуре называется **критическим давлением**. Таким образом, **критическое давление** - это предельное давление, при котором и менее которого газ не переходит в жидкое состояние, как бы ни была низка температура.

Так, например, критическое давление для метана ≈ 4.7 МПа, а критическая температура - 82.5°C (минус).

Пластовые воды

Пластовые воды имеются в большинстве нефтегазовых месторождениях и являются обычным спутником нефти. Помимо пластов, в которых вода залегает вместе с нефтью, встречаются и чисто водоносные пласты.

Пластовая вода в нефтяных и газовых залежах может находиться не только в чисто водяной зоне, но и в нефтяной и газовой, насыщая вместе с нефтью и газом продуктивные породы залежей. Эту воду называют **связанной** или **погребенной**.

До проникновения в осадочные отложения нефти поровое пространство между зернами породы было заполнено водой. В процессе тектонических вертикальных перемещений горных пород (коллекторов нефти и газа) и после них углеводороды мигрировали в повышенные части пластов, где происходило распределение жидкостей и газов в зависимости от их плотности. Содержание связанной воды в породах нефтяных залежей колеблется от долей процента до 70% объема пор и в большинстве коллекторов составляет 20-30% этого объема.

Пластовые воды обычно сильно **минерализованы**. Степень их минерализации колеблется от нескольких сот граммов на 1 м³ в пресной воде и до 80 кг/м³ в концентрированных рассолах.

Минеральные вещества, содержащиеся в пластовых водах, представлены солями натрия, кальция, магния, калия и других металлов. Основные соли пластовых вод - хлориды, а также карбонаты щелочных металлов. Из газообразных веществ пластовые воды содержат углеводородные газы и иногда сероводород. **Плотность** пластовой воды в зависимости от количества растворенных в ней солей колеблется в пределах 1,01-1,02 г/см³ и более.

По значению плотности наряду с другими данными судят о происхождении воды.

Вязкость пластовой воды в большинстве нефтяных месторождений меньше вязкости нефти. С повышением температуры вязкость воды уменьшается. Пластовые воды обладают **электропроводностью**, которая зависит от степени минерализации.

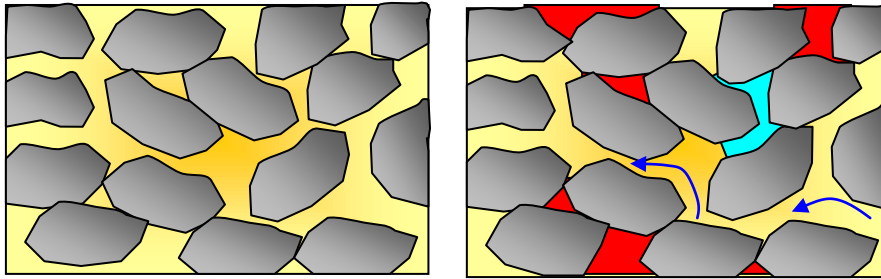
Нефтесодержащие коллекторы

Нефтесодержащие коллекторы или породы-коллекторы (пески, песчаники, конгломераты, трещиноватые и кавернозные известняки и доломиты и т.д.) - породы у которых поры, пустоты и трещины могут быть вместилищами нефти и газа.

- **Песок** - мелкообломочная рыхлая горная порода, состоящая из зерен (песчинок), подразделяется на крупнозернистый, мелкозернистый, среднезернистый и тонкозернистый. По форме зерен различают пески округленные и угловатые.
- **Песчаник** - обломочная осадочная горная порода из сцементированного песка. Состоит главным образом из зерен кварца.
- **Глины** - тонкозернистые горные породы, состоящие в основном из глинистых минералов - силикатов со слоистой кристаллической структурой. В нефтяных и газовых месторождениях глины играют роль непроницаемых перекрытий между которыми залегают пласты пород, заполненных нефтью, газом и водой.

Коллекторские свойства горных пород

Горные породы, содержащие нефть, газ и воду и способные отдавать их при разработке, называются **коллекторами**.



Коллекторские свойства нефтеносных пластов зависят от размера и формы зерен, слагающих породу, степени отсорбированности обломочного материала, характера и степеней цементации осадков, а карбонатных пород - от пористости и трещиноватости.

Породы - коллекторы характеризуются

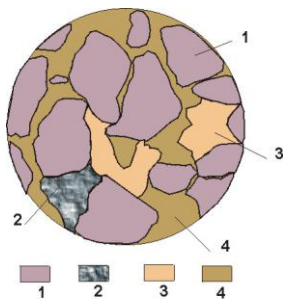


Рис.1. Шлиф пористого коллектора
1-зерна (частицы); 2-цемент (кальцит); 3-глина; 4-поровое пространство

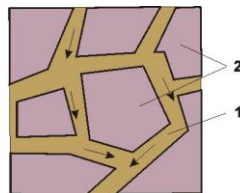


Рис. 2. Схема трещиновато-пористой среды
1 - трещины; 2 - пористые блоки

- пористостью
- проницаемостью
- трещиноватостью

Пористость горной породы характеризуется наличием в ней пустот (пор), являющихсяместилищем для жидкостей (воды, нефти) и газов, находящихся в недрах Земли.

Различают пористость:

- общую,
- открытую
- эффективную

Общая пористость характеризуется разностью между объемом образца и объемом составляющих его зерен.

Открытая пористость, или пористость насыщения, характеризуется объемом тех пустот, в которые может проникать жидкость (газ) при перепадах давлений, наблюдающихся в естественных пластах.

Эффективная пористость - учитывает лишь объем открытых пор, насыщенных нефтью (или газом), за вычетом содержания связанной воды в порах.

Промышленную ценность нефтяного месторождения определяется по **проницаемости его пород** - способности проникновения жидкости или газов через породу. Движение жидкостей или газов через пористую среду называется **фильтрацией**.

Породы нефтяных и газовых залежей имеют капиллярные каналы, средний размер которых составляет 0.0002-0.5 мм.

При эксплуатации нефтяных месторождений в пористой среде движется нефть, газ, вода или их смеси Поэтому для характеристики проницаемости нефтесодержащих пород

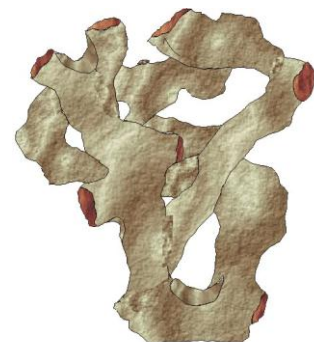


Рис.5. Слепок поровых каналов сцементированного песчаника

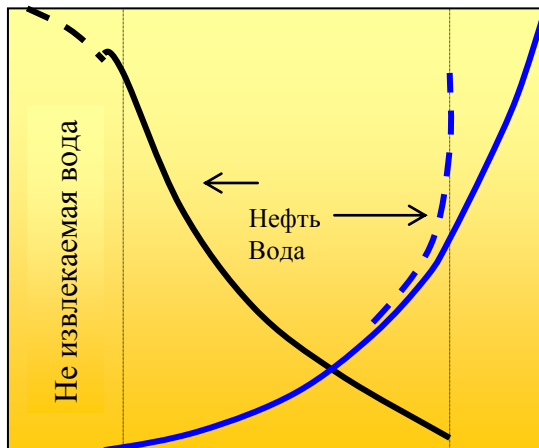
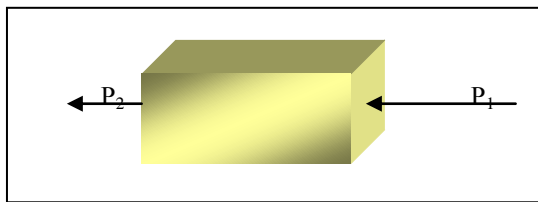
различают проницаемость

- абсолютную,
- эффективную
- относительную.

Абсолютная проницаемость - проницаемость пористой среды при движении в ней лишь одной какой-либо фазы (газа или однородной жидкости).

Эффективная (фазовая) - проницаемость породы для одной из жидкостей или газа при одновременной фильтрации различных жидкостей и газа.

Относительная - проницаемость пористой среды, характеризующаяся отношением фазовой проницаемости этой среды к абсолютной.



К **проницаемым породам** относят пески, песчаники, известняки, к непроницаемым или плохо проницаемым породам - глины, глинистые сланцы, песчаники с глинистой цементацией и т.д.

Одно из важных свойств горных пород - **трещиноватость**, которая обуславливается плотностью развития в них трещин. Трещинная проницаемость прямо пропорциональна плотности трещин в пласте.

Общие сведения о промысловых и геофизических исследованиях

Геофизические методы исследования разрезов скважины основаны на изучении горных пород по их физическим свойствам.

К геофизическим методам исследования скважин относят:

- различные методы каротажа, проводимые для исследования с целью определения характера пройденных скважиной пластов
- методы контроля тектонического состояния скважины.

В настоящее время насчитывается более 30 методов геофизического исследования скважин, из них более 25 методов каротажа, при осуществлении которых применяют около 50 зондов, т.е. установок, служащих для измерения кажущегося сопротивления и

содержащих несколько электродов, различающихся как размерами, так и назначением.

К наиболее распространенным методам относятся:

- электрический каротаж,
- гамма-каротаж (ГК),
- нейтронный гамма-каротаж (НГК),
- гамма-гамма-каротаж (ГГК)

Электрический каротаж - способ измерения кажущегося удельного сопротивления (КС) пород и потенциала самопроизвольного возникающего электрического поля (ПС) вдоль ствола скважины и получение кривых, показывающих изменение этих двух величин.

Гамма-каротаж - основан на различной степени естественной радиоактивности горных пород, которые содержат наибольшее количество радиоактивных элементов в рассеянном состоянии. Так радиоактивность пород отличается по силе излучения, т.о. по ее значению можно судить о характере исследуемых пород.

Нейтронный гамма-каротаж проводят следующим образом. В скважину вместе с ионизационной камерой спускают радиоактивный источник. Нейтроны источника, проникая сквозь колонну скважины, бомбардируют ядра атомов элементов горных пород, окружающих ствол скважины, и вызывают их повышенную активность, которая отмечается ионизационной камерой. Вылетающие из источника нейтроны в результате столкновения с ядрами атомов породы замедляют движение и в конечном итоге захватываются ими. Захват нейтронов ядрами атомов породы сопровождается гамма-излучением, называемым вторичным. В зависимости от свойств породы замедление и захват нейтронов, а соответственно и интенсивность вторичного гамма-излучения в области расположения индикатора изменяется. Обычно гамма-каротаж и нейтронный гамма-каротаж осуществляются одновременно.

Гамма-гамма-каротаж (рассеянное гамма-излучение) основан на определении интенсивности гамма-излучения от источника гамма-квантов, укрепленного в скважинном приборе на некотором расстоянии от индикатора гамма-излучения. Горные породы вследствие их различной плотности поглощают гамма-излучение от источников в различной степени, а именно: плотные породы сильнее, а породы, обладающие меньшей плотностью, слабее. Поэтому плотные породы на диаграммах ГГК отличаются пониженными показаниями, а менее плотные - повышенными.

Гамма-каротаж, нейтронный гамма-каротаж и гамма-гамма-каротаж можно применять в незакрепленной скважине обсадной колонной, так и в закрепленной скважине, т.к. гамма-лучи проникают сквозь металл. Поэтому эти методы особенно ценны при исследовании скважин, в том числе и тех, в которых электрокаротаж не был использован.

Геофизические методы исследования широко применяют для контроля тектонического состояния скважин и решения ряда других задач, возникающих при бурении, эксплуатации и капитальном ремонте скважин.