

Б. Б. Квеско
Н. Г. Квеско

ФИЗИКА ПЛАСТА



«Инфра-Инженерия»

УДК 24.7
ББК 622.276.54
К 32

ФЗ №436-ФЗ	Издание не подлежит маркировке в соответствии с п. 1 ч. 4 ст. 11
---------------	---

Квеско Б. Б., Квеско Н. Г.

К 32 Физика пласта. Учебное пособие/ Б. Б. Квеско, Н. Г. Квеско. – М.:
Инфра-Инженерия, 2018. – 228 с.

ISBN 978-5-9729-0209-5

Изложено геологическое строение залежи, ее физическая характеристика, физические и физико-химические свойства насыщающих породу флюидов. Представлен анализ обработки данных, полученных при вскрытии пласта и при его последующей эксплуатации. Описаны физические свойства пород нефтяных и газовых коллекторов; свойства пластовых жидкостей, газов и газоконденсатных смесей; методы их анализа, а также корреляционные зависимости для ряда основных параметров. Пособие предназначено для студентов направления 21.04.01 "Нефтегазовое дело".

© Квеско Б. Б., Квеско Н. Г., авторы, 2018
© Издательство «Инфра-Инженерия», 2018

ISBN 978-5-9729-0209-5

ВВЕДЕНИЕ

Наука о нефти – многогранный и разносторонний информационный комплекс, охватывающий самые различные области знаний, использующий методы и результаты, полученные в математике, физике, химии, химической технологии, геологии, микробиологии, прикладной и теоретической механике, геофизике и в других областях. При этом наука о нефти сама способствует развитию многих разделов этих наук.

Именно междисциплинарные контакты исследователей, работающих в области математики, физики, химии, геологии и других наук, и инженеров нефтяников, решающих прикладные задачи нефтегазодобычи, привели к созданию самостоятельной науки о нефти и природном газе.

Эта обширная наука в свою очередь состоит из более частных: геофизики (геофизические методы разведки на нефть и газ), геологии нефти и газа, нефтегазопромыслового дела, подземной гидромеханики, технологии добычи нефти и газа, химии нефти и газа и т. п.

Особое место в науке о нефти и газе занимает учение о нефтяном и газовом пласте, включающее в себя комплекс вопросов, связанных с изучением процессов, происходящих в нем. Это учение охватывает как геологическую характеристику пласта - коллектора нефти и газа – так и геофизические методы разведки на нефть и газ, физику и физико-химию газонефтяных пластов, подземную гидромеханику, методы подсчета запасов нефти и газа, теорию разработки нефтяных и газовых месторождений, теорию скважинной добычи, методы сбора и подготовки скважинной продукции, и ее дальнейшей транспортировки.

Для грамотного и качественного решения прикладных задач нефтедобычи специалист-газовик или нефтяник должен хорошо знать геологическое строение залежи, ее физическую характеристику, физические и физико-химические свойства насыщающих породу флюидов; должен уметь правильно обработать и оценить данные, полученные при вскрытии пласта и при его последующей эксплуатации.

Подобного рода задачи являются основой науки, которая и получила название физики нефтяного и газового пласта.

Предметом изучения физики нефтяного и газового пласта являются физические свойства пород нефтяных и газовых коллекторов; свойства пластовых жидкостей, газов и газоконденсатных смесей; методы их анализа, а также физические основы увеличения нефте- и газоотдачи пластов [1].

Как самостоятельная наука физика нефтяного пласта возникла более 70 лет назад в связи с необходимостью получения и обоснования исходных параметров для подсчета запасов и составления проектов разработки нефтяных и газовых месторождений.

Процессы разработки и эксплуатации нефтяных, газовых и газоконденсатных месторождений тесно связаны с закономерностями фильтрации углеводородов и воды в горных породах, слагающих продуктивные пласты. Поэтому свойства горных пород и пластовых жидкостей определяют закономерности фильтрации нефти, газа и воды, дебиты скважин, продуктивность коллектора и, в целом, рациональную технологию разработки залежей нефти и газа.

По мере эксплуатации залежей углеводородов происходит изменение значений пластовых давления и температуры, поэтому данные свойства необходимо рассматривать в динамике.

Помимо этого всё большее число месторождений России переходят в категорию трудноизвлекаемых запасов, что требует рассмотрения физики и физико-химии вытеснения нефти и газа из пористых сред вытесняющими агентами, являющимися теоретической основой современных методов увеличения нефте- и газоотдачи пластов.

В России курс **физики пласта** впервые был прочитан профессором М. М. Кусаковым для студентов Московского нефтяного института в 1948 г. [2].

Базой для формирования данного курса и дальнейшего его развития стали результаты исследований многих отечественных и зарубежных ученых:

Л. Г. Гурвича, П. А. Ребиндера, Б. В. Дерягина, М. М. Кусакова, Г. А. Бабаляна, Ф. И. Котяхова, А.А. Ханина, А. С. Великовского, Ш.К. Гиматудинова, А.И. Ширковского, Д. Амикса, Д. Басса, Р. Уайтинга, Э. Д. Берчика и других.

Основные понятия курса «**Физика пласта**» базируются на изучении таких предметов, как:

- физика,
- химия (включая физическую и коллоидная химию),
- геология нефти и газа,
- механика горных пород,
- гидромеханика,
- механика сплошной среды.

Курс «Физики пласта» закладывает основы понимания процессов, происходящих в нефтяных и газовых пластах:

- при бурении и разработки нефтегазовых месторождений;
- при осуществлении методов повышения нефтеотдачи залежей;
- при осуществлении методов интенсификации притока к скважинам

ГЛАВА 1.

ГЕОЛОГИЧЕСКОЕ РАЙОНИРОВАНИЕ

Нефть. Нефть и газ в современном мире – основные источники энергии. Главное их свойство – способность создавать тепловую энергию. Более 62% от потребляемой в мире энергии предоставляют человечеству нефть и газ.

В настоящее время из недр Земли извлечено порядка 120 млрд. т нефти и ежегодно в мире добывается порядка 3,0 млрд. т нефти и 2,0 трлн. м³ газа [3].

Извлекаемые запасы черного золота составляют приблизительно 150 млрд. т, прогнозные ресурсы - 190 млрд. т.

К настоящему моменту в мире выявлено 407 осадочных бассейнов, из которых 226 являются нефтегазоносными, 181 нефтегазоносными.

Наиболее богаты нефтью страны Ближнего и Среднего Востока: Саудовская Аравия, Ирак, Кувейт, Иран, Абу-Даби. В бассейне Персидского залива сосредоточено 66,4% мировых разведанных запасов нефти, при объеме извлекаемых запасов по странам: в Саудовской Аравии 35,6 млрд. т, в Ираке – 15,34 млрд. т, в Кувейте – 13,10 млрд. т, в Иране – 12,10 млрд. т, и в ОАЭ – 12,10 млрд. т.

Крупнейшей нефтедобывающей страной мира является Саудовская Аравия обладающая уникальными, гигантскими месторождениями высококачественной нефти. Поэтому стратегию и тактику развития мировой нефтедобывающей промышленности определяют страны Ближнего и Среднего Востока, так как из 44 зарубежных месторождений – гигантов 29 находится именно там. Второе место в мире по разведанным запасам нефти занимает Россия, где благодаря уникальным Западно-Сибирскому и Лено-Тунгусскому бассейнам сосредоточено 13% мировых запасов (18,8 млрд.т). На американском континенте наибольшие запасы сосредоточены в Венесуэле (10,46 млрд. т), США (4,04 млрд. т), Мексике (3,95 млрд. т). В недрах Африки залегают 9,25 млрд. т. По извлекаемым запасам лидирует Ливия (4,04 млрд. т), далее – Нигерия

(3,06 млрд. т) и Алжир (1,26 млрд. т). В Азии основными нефтедобывающими странами являются Китай с запасами 3,29 млрд. т, Казахстан (1,08 млрд. т), Индонезия и Индия. Западная Европа оказалась обделенной этим стратегическим сырьем, там находится менее 2% мировых запасов. Свыше половины из них – собственность Норвегии (1,27 млрд. т), примерно четвертая часть – Великобритании (0,68 млрд. т).

Более половины начальных суммарных ресурсов нефти мира, составляющих 440 млрд. т, сосредоточено в 7 уникальных и крупнейших бассейнах: Центрально-Европейском, Западно-Сибирском, Лено-Тунгусском, Персидском заливе, Мексиканском заливе, Сахаро-Восточно-Средиземноморском и Волго-Уральском.

В табл. 1.1 приводятся сведения о запасах нефти уникальных месторождений мира.

Таблица 1. 1

Запасы уникальных месторождений мира

№ п/п	Месторождение	Страна	Год открытия	Извлекаемые запасы, млрд. т
1	Гавар	Саудовская Аравия	1948	10,14
2	Большой Бурган	Кувейт	1978	9,13
3	Боливар	Венесуэла	1917	4,30
4	Сафания	Саудовская Аравия	1951	2,91
5	Бурган	Кувейт	1938	2,24
6	Киркук	Ирак	1957	2,12
7	Румейла	Ирак	1953	1,85
8	Гечсаран	Иран	1928	1,56

Из таблицы видно, что крупнейшим месторождением нефти в мире является Гавар в Саудовской Аравии. Несколько уступает ему по запасам Большой Бурган в Кувейте. На третьем месте – нефтяное месторождение Боливар в Венесуэле.

Природный газ. Широкое применение природного газа началось лишь с середины XX столетия. Россия в настоящее время занимает

первое место в мире по разведанным запасам газа, которые составляют 48,1 трлн. м³ газа. На втором месте – Иран (23,0 трлн. м³).

Потенциальные ресурсы газа в России составляют 236 трлн.м³, а общие мировые потенциальные ресурсы – 398 трлн.м³.

В табл. 1.2 приводятся сведения о газовых гигантах мира.

Таблица 1. 2

Мировые газовые гиганты

№ п/п	Месторождение	Страна	Доказанные запасы, млрд. м ³
1	Ямбургское	Россия	3640
2	Штокмановское	Россия	3200
3	Уренгойское	Россия	2200
4	Хасси-Р'Мель	Алжир	1500-2300
5	Панхендл	США	2000
6	Оренбургское	Россия	1800
7	Слохтерн	Нидерланды	1800
8	Медвежье	Россия	1500

Крупнейшим месторождением газа в мире является Ямбургское месторождение Западно-Сибирского бассейна, газодобывающей компанией - РАО «Газпром» (доля в мировой добыче газа 22 %), страной экспортером голубого топлива – Россия. Добыча газа в России составляет порядка 650 млрд. м³, а нефти – более 400 млн. т. Россия одна из немногих стран мира с надежной сырьевой базой нефтегазодобывающей промышленности. Среди нефтегазоносных бассейнов России доминирует Западно-Сибирский бассейн, где имеются крупнейшие месторождения нефти и газа. Итак, нефть и газ крайне неравномерно распределены в толщах нефтесодержащих пород. Оценить этого распределение можно как по площади, так и по разрезу осадочного чехла изучаемой территории [4].

При оценке распределения нефти и газа следует учитывать четыре основные группы факторов - критериев, контролирующих процессы генерации, миграции и аккумуляции УВ:

- современное геотектоническое строение изучаемых территорий и особенности формирования их геоструктурных элементов;
- литолого-стратиграфическую характеристику разреза, основанную на палеогеографических, формационных и фациальных условиях формирования осадков в различных частях этих территорий;
- гидрогеологические условия;
- геохимические условия территорий, в том числе фазовое состояние, физико-химические свойства, состав УВ, нефтегазоматеринский потенциал пород и их концентрацию, состав содержащихся в них битумоидов и органического вещества (ОВ).

1.1. Районирование по площади и разрезу

1.1.1. Районирование по площади

Ассоциация смежных и сходных по геологическому строению месторождений нефти и газа, залежи которых приурочены к ловушкам, составляющим единую группу, называется зоной нефтегазонакопления. Для таких зон характерны преимущественная приуроченность залежей к одним и тем же пластам, прослеживаемость в них направлений миграционных потоков, закономерное изменение положений ВНК, ГВК и ГНК, степени заполнения ловушек, фазового состояния и свойств УВ. Зоны нефтегазонакопления наряду со структурным фактором могут контролироваться различного рода литолого-стратиграфическими факторами, в зависимости от которых выделяют классы, группы и подгруппы таких зон.

1. Нефтегазоносный район представляет собой ассоциацию зон нефтегазонакопления, характеризующихся общностью геологического строения и развития, литолого-фациальных условий и условий регионального нефтегазонакопления. Для нефтегазоносного района характерны наличие в разрезе одних и тех же горизонтов, прослеживаемость в них направлений миграционных потоков и закономерное, от зоны к зоне, изменение фазового состояния

и физико-химических свойств УВ. Нефтегазоносный район представляет собой часть более крупной единицы – нефтегазоносной области.

2. Нефтегазоносная область - это ассоциация смежных нефтегазоносных районов в пределах крупного геоструктурного элемента более высокого уровня по сравнению с уровнем соответствующего элемента нефтегазоносного района (ступени, свода, впадины, мегавала и др.). Все нефтегазоносные районы в пределах области должны характеризоваться общностью геологического строения и историей развития, включая палеографические условия нефтегазообразования и нефтегазонакопления. Нефтегазоносная область выделяется как часть нефтегазоносной провинции либо как самостоятельная территория.

3. Нефтегазоносная провинция представляет собой ассоциацию смежных нефтегазоносных областей в пределах одного крупнейшего геоструктурного элемента или их группы. В понятие нефтегазоносная провинция входят геологические понятия, определяющие характер наслоения горных пород – синеклиза и антиклиза.

Синекліза (рис. 1.1.) – обширный (до нескольких сотен километров в поперечнике) пологий прогиб слоёв земной коры в пределах платформ, имеющий преимущественно неправильные округлые очертания; наклон слоёв на крыльях измеряется долями градуса.

Антиклиза – обширное сводообразное пологое поднятие слоев земной коры в пределах платформ (плит).

Все нефтегазоносные области провинции характеризуются сходством главных черт геологического строения и развития, в том числе общностью стратиграфического диапазона нефтегазоносности, геохимических, литолого-фациальных и гидрогеологических условий.



Рис. 1.1. Наклонно – залегающие пласты в форме складки:
 АБ – горизонтальная мощность; АД – вертикальная мощность;
 АС – истинная мощность

Зоны, районы, области и провинции, нефтегазоносность которых еще не доказана, а только предполагается, принято называть **нефтегазоперспективными**.

1.1.2. Районирование по разрезу осадочного чехла

Наряду с районированием по площади нефтегазогеологическое районирование предусматривает расчленение по разрезу осадочного чехла оцениваемой территории. Основными единицами такого расчленения являются пласт, резервуар, нефтегазоносный комплекс и нефтегазоносная формация.

Нефтегазоносным пластом называется толща проницаемых пород-коллекторов, ограниченных сверху (в кровле) и снизу (в подошве) флюидоупорами.

Нефтегазоносный горизонт представляет собой группу перекрытых зональной покрывкой и гидродинамически связанных пластов внутри нефтегазоносного комплекса.

Нефтегазоносный комплекс - литолого-стратиграфическое подразделение, перекрытое региональной покрывкой. Комплекс может включать в себя один нефтегазоносный горизонт или их группу.

Нефтегазоносная формация представляет собой естествен-ноисторическую ассоциацию горных пород, генетически связанных во времени и пространстве региональными палеогеографическими и палеотектоническими условиями, благоприятными для развития процессов нефтегазообразования и нефтегазонакопления. Нефтегазоносная формация может содержать один нефтегазоносный комплекс или их группу.

Пласты, горизонты, комплексы, продуктивность которых еще не доказана, но предполагается, называют нефтегазоперспективными пластами, горизонтами и комплексами.

1.2. Месторождение и залежь

Основными понятиями зоны нефтегазонакопления являются месторождение и залежь.

Месторождение нефти и газа – скопление углеводородов (нефти, газа и газоконденсата) в одной или нескольких залежах, связанных территориально, нефтегазоносность, общностью геологического строения.

Залежь углеводородов – естественное скопление углеводородов (нефти и/или газа) в ловушке.

Тип залежи состоит из названия типа резервуара и ловушки. Например: пластово-сводовая залежь, пластово-стратиграфическая, массивно-стратиграфическая и т. д.

Природный резервуар – естественная емкость для нефти, газа и воды, форма которой обуславливается совокупностью коллектора с вмещающими его плохо проницаемыми породами.

Игнатий Осипович Брод – один из учеников академика Губкина – в 1951 г. по характеру природного резервуара выделил три типа залежей:

- 1) пластовые;
- 2) массивные;
- 3) литологически ограниченные со всех сторон.

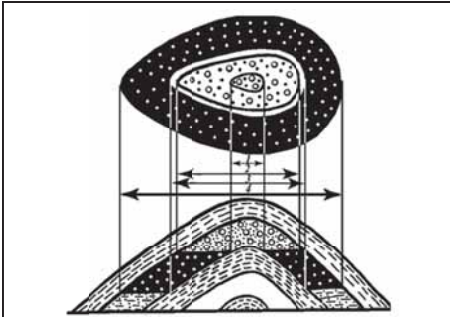


Рис. 1.2. Сводовая газонефтяная залежь:
 1 – внутренний контур газоносности;
 2 – внешний контур газоносности;
 3 – внутренний контур нефтеносности;
 4 – внешний контур нефтеносности

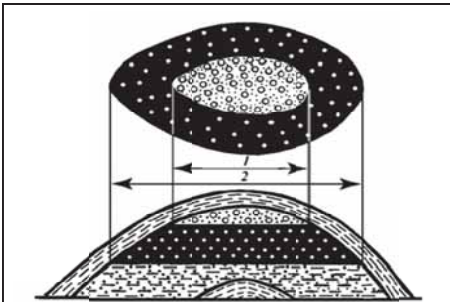


Рис. 1.3 Массивная газонефтяная залежь:
 1 – контур газоносности;
 2 – контур нефтеносности

Пластовые сводовые залежи (рис. 1.2.) – это залежи в антиклинальных структурах, чаще всего встречающиеся на практике. В пластовой сводовой залежи ловушка образуется изгибом перекрывающей покрывки. Пластовые залежи могут быть экранированными тектонически, стратиграфически, литологически.

Массивные резервуары (рис. 1.3.)

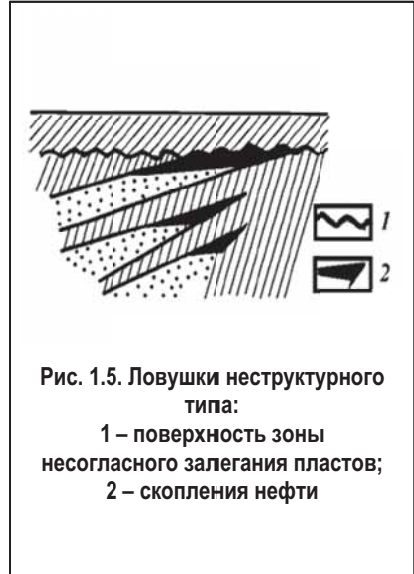
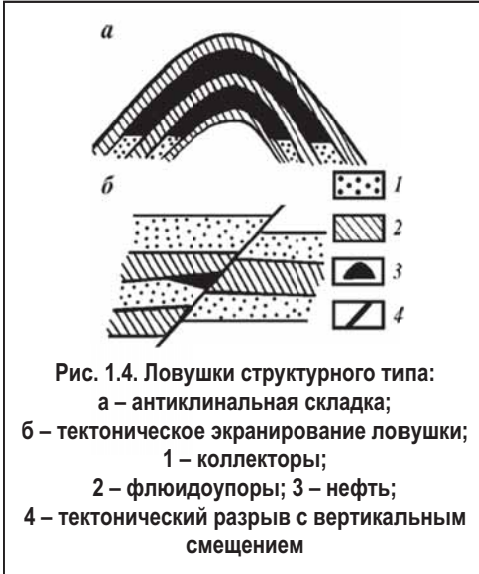
представлены мощной толщей, состоящей из многих пронизываемых пластов, не отделенных один от другого плохо пронизываемыми породами.

Нефть и газ насыщают массив в возвышающейся части. Форма ловушки определяется формой изгиба кровли.

Ловушка – часть природного резервуара, в которой может формироваться или уже сформировалась залежь нефти и газа.

Различают следующие типы ловушек:

- 1) структурные - антиклиналы, купола, брахиантиклиналы (рис.1.4);
- 2) неструктурные (рис 1.5).



В естественных условиях встречаются различные типы ловушек для нефти (рис. 1.6) [5].

Wilhelm O. предложил систему классификации ловушек, которая основана на различии между особенностью структуры в пределах нефтяной части залежи и общим характером залегания пласта.

Система классификации определяется типами структур и типами ловушек.

Типы ловушек:

1) выпуклый пласт, находящийся в водяном бассейне; пласт порист и за пределами нефтяной области; в данном случае образование ловушки обусловлено только выпуклостью пласта;

2) проницаемые породы, оконтуренные на периферии с одной стороны краевой водой, с другой – непроницаемыми породами; в отдельных случаях ловушка для нефти может быть полностью изолирована непроницаемой границей;

3) выклинивающийся пласт, ограниченный на периферии краевой водой и выклиниванием пористых и проницаемых пород;

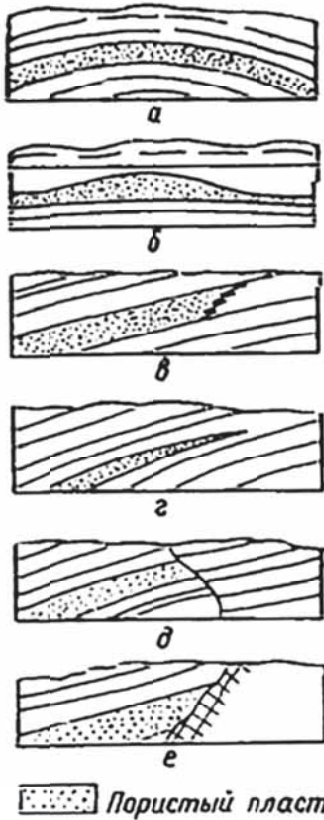


Рис. 1.6. Простейшие типы ловушек:
 а - ловушка в виде выпуклого пласта постоянной мощности;
 б - ловушка в виде выпуклого пласта переменной мощности;
 в - проницаемый пласт;
 г - выклинивающийся пласт;
 д - пласт, нарушенный сбросом;
 е - пласт, ограниченный диапировыми отложениями (Wilhelm O. [6]).

4) пласт, нарушенный сбросом; в этом случае залежь ограничена краевой водой и границей сброса;

5) пористый коллектор, ограниченный краевой водой и ядром протыкания диапира.

Типы структур:

1) купол или антиклиналь, являющиеся наиболее важными типами поднятий из нефтеносных структур;

2) структурный выступ как погребенный рельеф;

3) структурная терраса;

4) флексура на моноклинали;

5) погружающаяся синклираль;

6) контролирующие структурные условия отсутствуют.

На рис. 1.7 показаны карты некоторых структур.

Нефтяная залежь представляет собой сочетание одного из типов ловушек с одной из разновидностей структур. Структура площади, содержащей залежь, определяется типами составляющих ее структур. Форма и конфигурация нефтеносного пласта зависят от типа ловушки. Некоторые сложные залежи образованы ловушками нескольких типов.

Нефтяное месторождение определяется только площадью нефтенасыщенных пород, тогда как под



нефтяной залежью подразумевается непрерывный нефтеносный пласт. Нефтяное месторождение может включать несколько нефтеносных пластов.

1.3. Распределение углеводородов в ловушках [5]

Пористые породы проницаемы и содержат нефть, газ и воду. Распределение этих жидкостей и газа в породах при формировании нефтяной залежи контролируется главным образом гравитационными и капиллярными силами.

Под действием силы тяжести углеводороды меньшей плотности всплывают в верхнюю часть залежи. Под действием капиллярных сил жидкая фаза, смачивающая поверхность пород, стремится занять поровые каналы верхней части залежи,

которые насыщены несмачивающей фазой. Как правило, вода избирательно лучше смачивает породу, чем нефть и газ. В свою очередь жидкие углеводороды смачивают поверхность пород лучше, чем газ. Капиллярные силы при сегрегации фаз в пористой среде препятствуют действию сил гравитации. До вскрытия пласта нефтяной залежи существует равновесие между капиллярными и гравитационными силами.

На рис.1.8 показано типичное распределение в нефтяной залежи газа, нефти и воды куполообразной формы. На этой же схеме показано возможное распределение фаз при отсутствии и наличии в нефтяной залежи свободного газа.

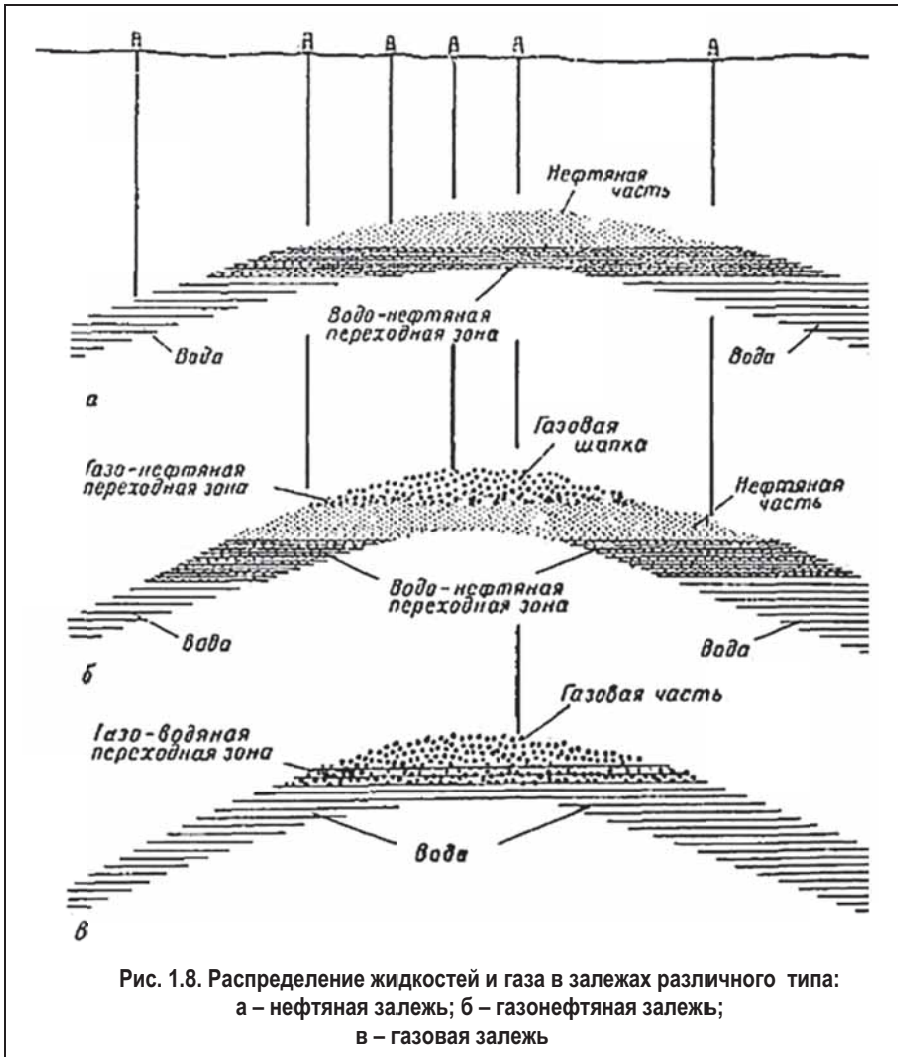


Рис. 1.8. Распределение жидкостей и газа в залежах различного типа:
 а – нефтяная залежь; б – газонефтяная залежь;
 в – газовая залежь

В нефтяной залежи, которая показана на рис. 1. 8,а, при пластовых давлении и температуре содержатся только нефть и вода. Нефть насыщает верхнюю часть залежи и подстилается водой. Между нефтяной и водяной частями залежи имеется водонефтяная переходная зона.

В поровых каналах нефтяной части залежи содержится небольшое количество воды, которая получила название «связанной». Ее содержание по мере углубления в переходную зону возрастает. Подошва переходной зоны определяется породами, полностью насыщенными водой. В нефтяных пластах подобного типа в начальных условиях природный газ находится только в растворенном состоянии.

Залежь, в которой при пластовых давлении и температуре имеются жидкая фаза (нефть) и свободный природный газ, показана схематично на рис. 1. 8,б. Природный газ занимает верхнюю часть структуры и образует газовую шапку. Нефть занимает среднюю часть пласта и подстилается водой. В этом случае, образуются газонефтяная и нефтеводяная переходные зоны. Эти зоны представляют собой области переменной насыщенности фаз, смачивающих и не смачивающих поверхность пород. Связанная вода содержится и в газовой шапке, и в нефтяной части залежи. В подобных месторождениях природный газ находится как в свободном состоянии, насыщая поровое пространство газовой шапки, так и в растворенном виде.

На рис. 1. 8,в показана схема газовой залежи. В данном случае газовая часть пласта подстилается газо-водяной переходной зоной и водой. В порах газовой части пласта содержится связанная вода. По мере углубления в переходную зону содержание связанной воды возрастает. Так как в подобных месторождениях нефти нет, газ не является попутным.

1.4. Классификация месторождений и залежей

1.4.1. Классификация залежей

Нефтяные и газовые залежи классифицируются по соотношению нефти и газа, по сложности геологического строения, по продуктивности и запасам следующим образом:

По фазовому соотношению нефти и газа:

- **нефтяные**, содержащие только нефть, насыщенную в различной степени газом;

- **газонефтяные**, в которых основная часть залежи нефтяная, а газовая шапка не превышает по объему условного топлива нефтяную часть залежи;
- **нефтегазовые**, к которым относятся газовые залежи с нефтяной оторочкой, в которой нефтяная часть составляет по объему условного топлива менее 50%;
- **газовые**, содержащие только газ;
- **газоконденсатные**, содержащие газ с конденсатом;
- **нефтегазоконденсатные**, содержащие нефть, газ и конденсат.

По сложности геологического строения:

- **простого строения** — однофазные залежи, связанные с ненарушенными или слабонарушенными структурами, продуктивные пласты характеризуются выдержанностью толщин и коллекторских свойств по площади и разрезу;
- **сложного строения** — одно- и двухфазные залежи, характеризующиеся невыдержанностью толщин и коллекторских свойств продуктивных пластов по площади и разрезу или наличием литологических замещений коллекторов непроницаемыми породами либо тектонических нарушений;
- **очень сложного строения** – одно- и двухфазные залежи, характеризующиеся как наличием литологических замещений или тектонических нарушений, так и невыдержанностью толщин и коллекторских свойств продуктивных пластов, а также залежи сложного строения с тяжелыми нефтями.

По значениям рабочих дебитов (Конторович А. Э. и др., 1975):

Дебит нефти, т/сут Дебиты газа, м³/сут:

1 - высокодебитная – более 100 т/сут / более 1 млн. м³/сут;

2 – среднедебитная – 10 т/сут / 100 тыс.- 1 млн. м³/сут;

3 – низкодебитная – 2 т/сут / 20 тыс.-100 тыс. м³/сут

4 - непромышленная – менее 2 т/сут / менее 20 тыс. м³/сут.

По величине извлекаемых запасов:

- уникальные – более 300 млн. т нефти или 500 млрд. м³ газа;

- крупные – от 30 до 300 млн. т нефти или от 30 до 500 млрд. м³ газа;
- средние – от 3 до 30 млн. т нефти или от 3 до 30 млрд. м³ газа;
- мелкие – от 1 до 3 млн. т нефти или от 1 до 3 млрд. м³ газа;
- очень мелкие – менее 1 млн. т нефти или менее 1 млрд. м³ газа

1.4.2. Классификация месторождений

Нефтяные и газовые месторождения по количеству залежей и происхождению классифицируются следующим образом:

По количеству залежей:

- однозалежные месторождения;
- многозалежные месторождения.

Гигантское месторождение Боливар в Венесуэле содержит 325 залежей.

По генетическому положению:

- месторождения платформ;
- месторождения складчатых областей.

Платформенные месторождения содержат 96 % запасов нефти и 99 % газа. В мире на платформах сосредоточено большинство месторождений: на Восточно-Европейской, Западно-Сибирской, Северо-Американской, Аравийской, Африканской платформах содержатся основные запасы нефти и газа в мире.

СОДЕРЖАНИЕ

ВВЕДЕНИЕ	3
ГЛАВА 1. Геологическое районирование	6
1.1. Районирование по площади и разрезу	9
1.1.1. Районирование по площади	9
1.1.2. Районирование по разрезу осадочного чехла	11
1.2. Месторождение и залежь	12
1.3. Распределение углеводородов в ловушках [5]	16
1.4. Классификация месторождений и залежей	18
1.4.1. Классификация залежей.	18
1.4.2. Классификация месторождений	20
ГЛАВА 2. Физические свойства горных пород – коллекторов нефти и газа	21
2.1. Классификация горных пород	21
2.2. Свойства коллекторов	22
2.2.1. Модели коллекторов	23
2.2.2.1. Модели коллекторов по ориентированности параметров в пространстве	23
2.2.2.2. Модели коллекторов по характеру емкостного пространства	23
2.2.2.3. Модели коллекторов по характеру пород	23
2.2.2. Фильтрационно-емкостные свойства гранулярных коллекторов	24
2.2.2.1. Гранулометрический анализ. Систематизация методов анализа гранулометрического состава порошков.	25
2.2.2.2. Эффективный диаметр	59
2.2.2.3. Удельная поверхность	61
2.2.2.4. Пористость [21]	62
2.2.2.5. Насыщенность	66
2.2.2.6. Проницаемость [22]	67
2.3. Капиллярное давление	75
2.4. Понятие о неоднородности коллектора	78
2.4.1. Слоистая неоднородность (многослойный пласт)	79
2.4.2. Зональная неоднородность	79
2.5. Карбонатность породы	80
2.6. Карбонатные породы - коллекторы нефти и газа	80
2.6.1. Параметры единичных трещин [23]	82
2.6.1.1. Раскрытость трещин	82
2.6.1.2. Размер трещин	83

2.6.1.3. Природа трещин	83
2.6.1.4. Ориентация трещин.....	84
2.6.2. Параметры системы трещин [24].....	84
2.6.2.1. Распределение трещин	84
2.6.2.2. Блоки матрицы (вмещающая емкость).....	85
2.6.2.3. Густота трещин	86
2.6.2.4. Интенсивность трещин [24]	88
2.6.3. Фильтрационно-емкостные свойства (ФЕС) трещинных коллекторов	89
2.6.3.1. Пористость	89
2.6.3.2. Двойная пористость	90
2.6.3.3. Проницаемость	93
2.6.3.4. Трещиноватость.....	95
2.7. Физические свойства горных пород.....	99
2.7.1. Плотность основных породообразующих минералов.....	99
2.7.2. Тепло-механические параметры.....	100
2.7.2.1. Напряженное состояние пород	101
2.7.2.2. Деформационные и прочностные свойства горных пород	103
2.7.2.3. Влияние давления на коллекторские свойства пород	116
2.7.2.4. Тепловые свойства горных пород.....	117
2.7.3. Акустические свойства.....	121
2.7.3.1. Классификация волн	121
2.7.3.2. Определение динамических упругих свойств горной породы	122
ГЛАВА 3. Свойства нефти	123
3.1. Происхождение нефти	123
3.2. Модели нефти	126
3.3. Физическое состояние нефти при различных условиях в залежи.....	127
3.4. Состав нефти.....	128
3.4.1. Углеводородный состав нефти	128
3.4.2. Неуглеводородный состав нефти	131
3.4.3. Фракционный состав	134
3.5. Физические свойства нефти	136
3.5.1. Растворимость газа в нефти	136
3.5.2. Газовый фактор и газонабуженность	140
3.5.3. Давление насыщения и объемный коэффициент нефти	141
3.5.3.1. Корреляция для объемного коэффициента нефти [38].....	143
3.5.4. Сжимаемость нефти.....	145

3.5.5. Плотность пластовой нефти.....	146
3.5.5.1. Определение плотности нефти	148
3.5.5.2. Корреляции плотности нефти [38]	148
3.5.6. Вязкость пластовой нефти	150
3.5.6.1. Корреляции для вязкости дегазированной нефти [38]	154
3.5.6.2. Корреляции для вязкости насыщенной сырой нефти.....	154
3.5.6.3. Корреляции для вязкости недонасыщенной сырой нефти.....	155
3.5.7. Структурно-механические свойства аномально вязких нефтей	155
ГЛАВА 4. Физико-химические свойства пластовых вод.....	158
4.1. Виды пластовых вод	158
4.2. Состояние остаточной (связанной) воды в нефтяных и газовых коллекторах	160
4.3. Физические свойства пластовых вод	162
4.3.1. Плотность пластовых вод.....	162
4.3.2. Растворимость углеводородных газов в воде.....	162
4.3.3. Тепловое расширение и сжимаемость пластовой воды	164
4.3.4. Объемный коэффициент пластовой воды	165
4.3.5. Вязкость пластовой воды	166
4.3.6. Электрические свойства	167
4.4. Химические свойства пластовых вод.....	167
4.4.1. Минерализация, жесткость и рН пластовой воды.....	167
4.4.2. Ионный состав пластовой воды	171
4.4.3. Химический анализ подземных вод.....	171
ГЛАВА 5. Физические свойства природных газов.....	173
5.1. Общие свойства	174
5.1.1. Виды газовых месторождений	174
5.1.2. Состав природных газов	174
5.1.3. Фазовые состояния углеводородных газов	175
5.1.4. Классификация природных газов	175
5.2. Физические свойства углеводородных газов	179
5.2.1. Содержание компонент.....	179
5.2.2. Газовые законы	180
5.2.3. Параметры газовых смесей.....	181
5.2.4. Уравнение состояния.....	182
5.2.5. Упругость насыщенных паров	186
5.2.6. Вязкость природных газов.....	187
5.2.6.1. Корреляции динамической вязкости.....	188

5.2.7. Теплоёмкость [49]	189
5.2.7.1. Теплоёмкости при постоянном объёме и давлении	192
5.2.8. Дроселирование газа. Коэффициент Джоуля-Томсона [50]	193
5.2.9. Газогидраты [51]	193
5.2.9.1. Свойства гидратов	194
5.2.9.2. Строение гидратов	195
5.2.9.3. Газовые гидраты в природе	196
5.2.10. Опасные свойства природных газов [52]	196
ГЛАВА 6. Составные свойства флюидов	198
6.1. Общий объёмный коэффициент	198
6.2. Общая сжимаемость	199
ГЛАВА 7. Поверхностно-молекулярные свойства системы пласт-вода-нефть-газ	202
ГЛАВА 8. Фазовые состояния флюидов	207
8.1. Виды фазовых превращений	207
8.2. Схемы фазовых превращений углеводородов	209
8.2.1. Схемы фазовых превращений однокомпонентных систем	209
8.2.2. Схема фазовых превращений двух- и многокомпонентных систем	211
8.2.3. Поведение бинарных и многокомпонентных систем в критической области	214
8.2.4. Условия залегания углеводородов в газовых, газоконденсатных и газонефтяных залежах	217
8.2.5. Влагосодержание природных газов и газоконденсатных систем. Влияние воды на фазовые превращения углеводородов	218
8.2.6. Фазовое состояние системы нефть – газ при различных давлениях и температурах	220
СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ	222