

Г.А. Ластовкин

**Справочник
нефтепереработчика**

**Москва
«Книга по Требованию»**

УДК 66.0
ББК 35
Г11

Г11 **Г.А. Ластовкин**
Справочник нефтепереработчика / Г.А. Ластовкин – М.: Книга по Требованию,
2024. – 648 с.

ISBN 978-5-458-34003-8

ISBN 978-5-458-34003-8

© Издание на русском языке, оформление
«YOYO Media», 2024

© Издание на русском языке, оцифровка,
«Книга по Требованию», 2024

Эта книга является репринтом оригинала, который мы создали специально для Вас, используя запатентованные технологии производства репринтных книг и печати по требованию.

Сначала мы отсканировали каждую страницу оригинала этой редкой книги на профессиональном оборудовании. Затем с помощью специально разработанных программ мы произвели очистку изображения от пятен, клякс, перегибов и попытались отбелить и выровнять каждую страницу книги. К сожалению, некоторые страницы нельзя вернуть в изначальное состояние, и если их было трудно читать в оригинале, то даже при цифровой реставрации их невозможно улучшить.

Разумеется, автоматизированная программная обработка репринтных книг – не самое лучшее решение для восстановления текста в его первозданном виде, однако, наша цель – вернуть читателю точную копию книги, которой может быть несколько веков.

Поэтому мы предупреждаем о возможных погрешностях восстановленного репринтного издания. В издании могут отсутствовать одна или несколько страниц текста, могут встретиться невыводимые пятна и кляксы, надписи на полях или подчеркивания в тексте, нечитаемые фрагменты текста или загибы страниц. Покупать или не покупать подобные издания – решать Вам, мы же делаем все возможное, чтобы редкие и ценные книги, еще недавно утраченные и несправедливо забытые, вновь стали доступными для всех читателей.



Серия Книжный Ренессанс

www.samizday.ru/reprint

Глава 1 ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ О НЕФТИ. МЕТОДЫ АНАЛИЗА НЕФТИ И НЕФТЕПРОДУКТОВ

1.1. ПРОИСХОЖДЕНИЕ И УСЛОВИЯ ЗАЛЕГАНИЯ НЕФТИ

Существуют теории неорганического и органического происхождения нефти. Большая часть геологических и геохимических наблюдений, накопленных в мировой науке о нефти, подтверждают теорию органического (биогенного) происхождения нефти.

Вследствие своей подвижности нефть и газ способны мигрировать в толще пород. Миграция происходит под воздействием различных факторов: перемещения с водой, растворения жидких веществ нефти в газах, фильтрации по порам и трещинам, диффузии и др.

В результате движения по пористым пластам и при вертикальной миграции под влиянием гравитационного и тектонического факторов нефть и газ скапливаются в таких участках пористых горных пород, откуда дальнейшая миграция невозможна или затруднена, — в ловушках. Различают три типа ловушек: замкнутые, полузамкнутые и незамкнутые.

Скопления нефти и газа в ловушках имеют объем от нескольких кубических миллиметров до десятков миллиардов кубических метров. Если масса нефти и газа в ловушке составляет несколько тысяч тонн и более, то такое скопление называется залежью. Залежи располагаются на глубине до 6—7 км, однако на глубине 4—5 км нефтяные залежи обычно сменяются газовыми и газоконденсатными. Наибольшее число залежей нефти обнаружено на глубине 1,0—3,0 км. В составе месторождения нефти, т. е. такого ее скопления, которое по количеству, качеству и условиям залегания пригодно для промышленного использования, обычно имеется одна или несколько залежей.

1.2. ЗАПАСЫ НЕФТИ И ГАЗА. ОСНОВНЫЕ НЕФТЕГАЗОНОСНЫЕ РАЙОНЫ

Мировые разведанные запасы нефти оцениваются в 90—95 млрд. т, а прогнозные — в 250—270 млрд. т (по оценкам ряда авторов, прогнозные запасы превышают 500 млрд. т). Наиболее

ТАБЛИЦА 1.1. Основные отечественные нефтяные месторождения

Нефтегазо- носный район (регион)	Месторождения	Нефтегазо- носный район (регион)	Месторождения
Урал и По- волжье	Арланское	Коми АССР	Усинское
	Бавлинское		Ярегское
	Бугурусланское	Белоруссия и	Красноборское
	Жирновское	Прибалтика	Оташковичское
	Каменноложское		Речницкое
	Кулешовское		Шюпарийское
	Краснокамское	Украина	Гнединцевское
	Мухановское		Долинское
	Новоелховское		Леляковское
	Ромашкинское		Прилукское
	Серноводское	Северный Кав- каз	Малгобекское
	Туймазинское		Новодмитриевское
	Чекмагушское		Озексуатское
	Шкаповское	Азербайджан	Балаханское
	Варьеганское		Бузовнинское
Западная Си- бирь	Губкинское		Нефтяные Камни
	Мегнионское		Сангачалы-море
	Самотлорское	Казахстан	Жетыбайское
	Северо-Соснинское		Каражанбас
	Сургутское		Узеньское
	Тепловское	Средняя Азия	Котур-Тепинское
	Усть-Балыкское		Небитдагское
	Шанмское		Шурчинское
	Джьерское	о. Сахалин	Охинское
	Западно-Табукское		Эхабинское

ТАБЛИЦА 1.2. Основные зарубежные нефтяные месторождения

Страна	Месторождение	Начальные извлекаемые запасы, млрд. т
Саудовская Аравия	Гавар	10,1
Кувейт	Бурган	9,9
Венесуэла	Боливар	4,4
Саудовская Аравия	Сафания-Хафджи	4,1
Ирак	Румайла	2,7
Иран	Ахваз	2,4
Ирак	Киркук	2,2
Иран	Марун	2,2
	Гачсарай	2,1
	Ага-Джари	1,9
	Абхайк	1,7
Мексика	Чиконтелек	1,6
Саудовская Аравия	Манифа	1,5
Венесуэла	Лагунильяс	1,5
США	Прадхо-Бей	1,4
Алжир	Хасси-Мессауд	1,4
Иран	Ферейдун-Марджин	1,4
	Биби-Хакиме	1,2

Продолжение табл. 1.2

Страна	Месторождение	Начальные извлекаемые запасы млрд. т
Саудовская Аравия	Хурайс	1,2
	Катиф	1,2
Объединенные Арабские Эмираты	Бу-Хаса	1,2
Мексика	Бермудес	1,1
Ливия	Сарир	1,1
Иран	Раудатайн	1,0
Индонезия	Минас	0,9
Саудовская Аравия	Шуайба	0,9
США	Ист-Тексас	0,8

ТАБЛИЦА 1.3. Динамика объемов добычи нефти, млн. т

Регион, страна	1940	1950	1960	1970	1980	1983
<i>Северная Америка</i>						
Канада	1,2	4,0	26,2	62,9	70,3	76,8
Мексика	6,0	9,9	13,5	21,4	96,4	147,3
США	184,6	269,3	351,3	479,6	426,7	480,1
<i>Центральная и Южная Америка</i>						
Аргентина	2,8	3,9	8,6	19,1	24,2	24,9
Бразилия	0	0	4,0	8,0	9,1	16,9
Венесуэла	25,2	74,6	141,7	184,7	107,9	95,3
Тринидад и Тобаго	3,0	2,8	5,8	7,0	10,5	8,2
Эквадор	0,3	0,4	0,4	0,2	11,1	12,1
<i>Западная Европа</i>						
Великобритания	0	0	0,1	0,1	80,6	114,9
Норвегия	0	0	0	0	26,3	30,5
<i>Африка</i>						
Алжир	0	0	9,1	51,2	50,6	30,7
Египет	0,9	2,2	3,1	16,3	29,7	36,3
Ливия	0	0	0	165,2	88,9	53,3
Нигерия	0	0	0,9	53,9	102,4	61,0
<i>Ближний и Средний Восток</i>						
Абу-Даби	0	0	0	34,6	67,2	37,5
Дубай	0	0	0	0	17,1	16,8
Иран	9,0	53,1	13,2	165,8	73,0	122,9
Ирак	3,0	6,8	50,0	77,1	131,3	46,8
Кувейт	0	17,1	81,1	136,2	68,8	53,4
Катар	0	1,7	8,7	18,0	23,5	13,0
Нейтральная зона	0	0	6,8	24,9	26,9	15,6
Оман	0	0	0	16,6	14,1	18,6
Саудовская Аравия	0,7	27,2	2,1	176,7	479,5	249,2

Продолжение табл. 1.3

Регион, страна	1940	1950	1960	1970	1980	1983
<i>Дальний Восток, Юго-Восточная Азия</i>						
Австралия	0	0	0	8,7	18,9	19,6
Индонезия	8,4	6,6	20,5	42,5	78,5	64,0
КНР	0	0,2	5,0	24,9	105,9	105,8

ТАБЛИЦА 1.4. Основные газовые месторождения

Страна	Месторождение
СССР	Уренгойское Ямбургское Медвежье Харасавейское Оренбургское Заполярье Даулетабат Астраханское Вуктыльское Шатлык Шебелинское Газли
Иран	Парс Канган
США	Панхандл-Хьюгтон
Нидерланды	Слохтерен
Алжир	Хасси-Рмель

ТАБЛИЦА 1.5. Динамика добычи природного газа в основных газодобывающих странах, млрд. м³

Страна	1938	1960	1968	1980	1983
США	66,8	359,7	547,6	558,5	472,6
Канада	0,9	14,5	52,2	73,4	67,0
Мексика	1,1	9,7	16,3	13,9	—
Нидерланды	0	0,4	14,0	93,4	74,4
Италия	0	6,4	10,4	13,5	14,0
Франция	0	4,4	8,6	7,8	9,4
Венесуэла	0	4,6	7,8	18,0	—
ФРГ	0	0,6	6,3	20,7	17,5

крупные месторождения нефти расположены в арабских странах Ближнего и Среднего Востока, Иране, Индонезии, Северной и Южной Америке. На территории СССР месторождения нефти имеются в Западной Сибири, районах Поволжья, Урала, Северного Кавказа, Коми АССР.

В табл. 1.1 и 1.2 приводится перечень отечественных и зарубежных нефтяных месторождений.

Промышленная добыча нефти из земных недр началась в XIX веке. Особенно быстрыми темпами она росла в 1950—75 гг., однако затем темпы роста заметно снизились. Динамика объемов нефтедобычи представлена в табл. 1.3. СССР занимает первое место в мире по объему добычи нефти.

Разведанные мировые запасы природного газа превышают 60 трлн. м³, а прогнозные оцениваются в 200 трлн. м³. Перечень крупнейших месторождений газа приводится в табл. 1.4. Ежегодная добыча газа во всем мире превышает 1,5 трлн. м³. Данные о динамике добычи природного газа в основных газодобывающих странах содержатся в табл. 1.5. Советский Союз занимает первое место в мире по объему добычи природного газа.

1.3. РАЗВЕДКА НЕФТИ

Поиски нефти осуществляются сочетанием геологических, геофизических и геохимических методов.

Геологический метод заключается в изучении структуры осадочных пород с помощью геологической съемки и бурения. По результатам бурения составляют структурные карты, на которых отмечают состав и возраст горных пород, особенности рельефа пластов. Затем бурят поисковые скважины для обнаружения нефтегазовых ловушек. После нахождения залежей приступают к разведочному бурению, с тем чтобы установить размеры месторождения и запасы нефти или газа.

Геофизические методы основаны на измерении с помощью специальных приборов таких явлений и параметров, как гравиметрические и магнитные аномалии, электропроводимость пород, особенности распространения сейсмических колебаний, возникающих при искусственных взрывах. Ведущим методом при поисках ловушек для нефти и газа является сейсморазведка.

К *геохимическим методам* поиска нефти и газа относятся газовая съемка и газовый каротаж. При газовой съемке отбирают пробы газа (подпочвенного воздуха) или породы с глубин от 2—3 м до 10—50 м и извлекают из этих проб метан, этан, пропан и другие углеводороды. По результатам анализа выявляют «газовые аномалии», являющиеся признаком возможного наличия в толще пород нефтяного или газового месторождения. Газовый каротаж — метод, основанный на систематическом определении газобразных и легких жидких углеводородов в буровом растворе или керне.

Процесс геологоразведочных работ на нефть и газ в СССР делится на три этапа: региональный, поисковый, разведочный.

На *региональном этапе* оцениваются перспективы нефтегазоносности и прогнозные ресурсы региона; путем бурения опорных и параметрических скважин и геофизических работ определяются районы проведения поисковых работ.

В ходе *поискового этапа* осуществляются детальные геофизические исследования и выявляются локальные объекты для бурения. Затем проводится бурение поисковых скважин. В результате поискового этапа устанавливается факт наличия месторождения и предварительно оцениваются запасы.

Главная цель *разведочного этапа* — обозначить (окопнуть) залежи, определить мощность и нефтегазонасыщенность пластов и горизонтов. После завершения разведочного этапа подсчитываются промышленные запасы нефти, разрабатываются рекомендации о вводе месторождения в эксплуатацию.

1.4. ДОБЫЧА НЕФТИ

Основной способ промышленной добычи нефти — извлечение ее из земных недр с помощью буровых скважин.

1.4.1. Бурение

В 1859 г. в США, а в 1864 г. в России были пробурены первые нефтяные скважины. В зависимости от характера действия бурового инструмента на породу различают ударное и вращательное бурение.

Бурение промышленных нефтяных и газовых скважин производится с помощью стационарных установок, оснащенных буровыми станками (рис. 1.1). Первоначально в скважину вводят одну бурильную трубу, по мере углубления скважины привинчивают все новые и новые трубы. Каждая имеет длину 6—10 м и снабжена на обоих концах нарезкой.

Для удаления разбуренной породы скважина промывается глинистым или специальным раствором, который закачивается насосом внутрь колонны бурильных труб. Раствор проходит по трубам вниз, выходит через отверстие в долоте к забою, а затем поднимается между стенками скважины и бурильными трубами, вынося на поверхность мелкие обломки разрушенных пород. Время от времени колонну бурильных труб поднимают, чтобы сменить изношенное долото.

По характеру воздействия на породу различают долота скалывающего или режущего действия и шарошечные долота дробящего действия. Для бурения в твердых породах применяют трехшарошечные долота.

Основной недостаток вращательного бурения — необходимость вращать всю колонну бурильных труб вместе с долотом.

1.8.1. Плотность

Плотность нефтей колеблется от 0,820 до 0,900, хотя известны нефти с более высокой плотностью: ярегская (0,945); серноводская (0,916); мексиканская нефть месторождения Какалино (0,972); кубинская месторождения Харуко (0,977); венесуэльская месторождения Боскан (0,991). В нашей стране и за рубежом добываются также нефти, содержащие много светлых нефтепродуктов и характеризующиеся низкой плотностью: кулсаринская (0,783); марковская (0,775); американская месторождения Хидли (0,775).

1.8.2. Вязкость

Для характеристики нефтей и нефтепродуктов применяются показатели динамической, кинематической и условной вязкости. Вязкость зависит от химического и фракционного состава. Кинематическая вязкость * при 20 °С для большинства нефтей (ν_{20}) колеблется от 4 до 40 мм²/с, хотя существуют и более вязкие нефти: мартышинская ($\nu_{20} = 105,7$ мм²/с), ярегская ($\nu_{20} = 786,3$ мм²/с), а из зарубежных — венесуэльские Бачекеро и Лагунильяс ($\nu_{38} = 200$ мм²/с), мексиканская Наранхос ($\nu_{38} = 178$ мм²/с) и др. В тех случаях, когда нефть и нефтепродукты образуют дисперсные системы, течение жидкости перестает быть пропорциональным приложенной нагрузке, т. е. не подчиняется закону Ньютона. Вязкость таких систем носит название структурной. Для разрушения структуры требуется определенное усилие, которое называется пределом упругости.

1.8.3. Молекулярная масса

Молекулярная масса нефти и нефтепродуктов зависит от соотношения отдельных углеводородов и фракций. Средняя молекулярная масса большинства нефтей равна 200—300. Исключение составляет уже упоминавшаяся ярегская нефть ($M = 452$), танатарская в Эмбенском районе ($M = 384$), айяунская в Западной Сибири ($M = 470$).

1.9. КЛАССИФИКАЦИЯ НЕФТЕЙ

Нефти разных месторождений отличаются друг от друга по физическим и химическим свойствам. Поскольку именно свойства нефти определяют направление и условия ее переработки, влияют

* Далее всюду, кроме особо оговоренных случаев — *вязкость*.

Более эффективен способ, основанный на применении забойных двигателей. Колонна бурильных труб остается неподвижной, а вращается с помощью двигателя только долото. Основная трудность при внедрении этого метода заключалась в создании такого двигателя, который мог бы работать на большой глубине и имел бы малые размеры. Предъявленным требованиям отвечает созданная советскими учеными и специалистами конструкция забойного гидравлического двигателя — турбобура (рис. 1.2).

Получили распространение также забойные буровые машины с погружным электродвигателем — электробуры. Электробур присоединяется к низу бурильной колонны и передает вращение буровому долоту.

1.4.2. Извлечение нефти из земных недр

Современная технология добычи нефти включает три этапа: 1) движение нефти по пласту к скважинам вследствие разности давлений в пласте и на забое скважины (разработка месторождения); 2) движение нефти от забоя скважин до их устья на поверхности (эксплуатация скважин); 3) сбор нефти и сопровождающих ее газа и воды на поверхности, отделение газа и воды от нефти, возврат воды в пласт, сбор попутного газа.

Для того чтобы обеспечить перемещение нефти в пласте к забоя эксплуатационной скважины, в настоящее время, как правило, в пласт нагнетают воду. Для небольших залежей применяется законтурное, а для средних и крупных — внутриконтурное заводнение. При внутриконтурном заводнении на территории залежи через три—пять рядов эксплуатационных скважин располагают нагнетательные скважины для подачи в пласт воды. Увеличением соотношения между числом нагнетательных и эксплуатационных скважин, а также повышением давления воды можно интенсифицировать воздействие на пласт.

Методы искусственного заводнения позволяют повысить отдачу пласта с 30—35% до 40—45%. Дальнейшего увеличения нефтеотдачи добиваются с помощью новых методов воздействия на пласт: 1) прогревом призабойной зоны скважины специальными нагревателями, закачкой в пласт горячего газа или воды, созданием движущегося внутрипластового очага горения; 2) закачкой в пласт смешивающихся с нефтью агентов-растворителей (пропана, высших спиртов, жирного углеводородного газа), серной и соляной кислоты и поверхностно-активных веществ.

Движение нефти от забоя скважины до устья производится как за счет естественного фонтанирования, так и с помощью механизированных способов. При естественном фонтанировании нефть изливается на поверхность под давлением пластовой энергии. Фонтанная добыча применяется на первом этапе эксплуатации скважины; по мере снижения пластового давления фонтанирование ослабляется, и скважину переводят на механизированную добычу.

К механизированным способам добычи нефти относятся газлифтный и глубиннонасосный. При газлифтном методе в скважину нагнетают компрессорами углеводородный газ, который, смешиваясь с нефтью, способствует ее подъему на поверхность. При глубиннонасосном методе используются погружаемые в скважину штанговые, электроцентробежные или винтовые насосы. В СССР 69% всех эксплуатируемых скважин составляют штанговые глубиннонасосные, 15% — фонтанные, 12% — скважины с погружными электронасосами, 4% — скважины газлифтного типа.

1.4.3. Сбор и подготовка нефти на промыслах

Нефть, извлекаемая из скважин, содержит пластовую воду с растворенными солями, газы органического (от CH_4 до C_4H_{10}) и неорганического (H_2S , CO_2) происхождения, механические примеси (песок, глина, известняк). Перед транспортировкой потребителям от нефти отделяют газы, механические примеси, основную часть воды и солей.

На отечественных нефтепромыслах эксплуатируются различные системы промыслового сбора и транспортирования сырой нефти, отличающиеся условиями перемещения нефти, схемой подготовки нефти. На смену негерметизированным схемам, эксплуатация которых была связана с потерями газа и легких фракций, пришли различные герметизированные высоконапорные системы. На рис. 1.3 изображена одна из таких систем, характерная для большого месторождения.

Сырая нефть под собственным давлением поступает на групповые замерные установки 1, где происходит измерение количества нефти. Затем нефть перемещается на дожимную насосную станцию 3, в составе которой имеются сепараторы первой ступени для отделения газа от нефти. Газ поступает на газоперерабатывающий завод 7, а нефть — на установку подготовки нефти (УПН). На УПН проводятся вторая и третья ступени сепарации газа от

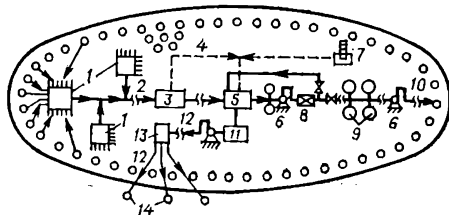


Рис. 1.3. Схема герметизированного сбора нефти;

1 — групповые замерные установки; 2 — сборный коллектор нефти, газа и воды; 3 — дожимная насосная станция; 4 — газопровод; 5 — установка подготовки нефти; 6 — насосы; 7 — газоперерабатывающий завод; 8 — автоматизированная установка оценки качества и количества нефти «Рубин»; 9 — товарные резервуары подготовленной нефти; 10 — магистральный нефтепровод; 11 — установка очистки воды; 12 — водоводы; 13 — кустовая насосная станция; 14 — нагнетательные скважины.

нефти, обезвоживание и обессоливание нефти. Вода очищается на установке 11 и закачивается в пласт через нагнетательные скважины 14. Обезвоженная и обессоленная нефть через водоводы 12 и автоматизированную установку «Рубин» 8, предназначенную для оценки качества и количества нефти, направляется в товарные резервуары 9.

1.5. ТРАНСПОРТ НЕФТИ

На предприятия по переработке нефть подается трубопроводным, водным (танкеры, баржи) и железнодорожным (цистерны) транспортом.

Наиболее экономична транспортировка нефти по трубопроводам — себестоимость перекачки нефти в 2—3 раза ниже, чем стоимость перевозки по железной дороге. Сеть магистральных нефтепроводов связывает нефтедобывающие районы Урала и Поволжья, Западной Сибири, Казахстана, Коми АССР с нефтеперерабатывающими заводами.

Средняя дальность перекачки нефти в нашей стране составляет около 1500 км. Нефть транспортируется по трубопроводам диаметром 300—1200 мм, причем более 40% от общей протяженности приходится на долю нефтепроводов диаметром 800—1200 мм. По длине магистральных нефтепроводов размещается сеть промежуточных перекачивающих станций, оснащенных насосами производительностью 1250—12500 м³/ч, развивающими давление на выходе до 6,4 МПа.

Магистральные нефтепроводы и нефтепроводы-отводы, по которым нефть поступает на территорию нефтеперерабатывающих заводов, заканчиваются приемосдаточными пунктами, на которых располагаются фильтры и счетчики для учета поступающей нефти.

Для предотвращения коррозионного разрушения нефтепроводов и защиты от блуждающих токов применяют антикоррозионную изоляцию и электрохимические методы защиты. При перекачке высоковязкой и высокосаistyвающей нефти сооружают станции подогрева, совмещая, где это возможно, с перекачивающими станциями.

1.6. ПЕРЕРАБОТКА НЕФТИ

Нефть является источником получения всех видов жидкого топлива — бензина, керосина, дизельного и котельного (мазут) топлив, из нефти вырабатывают смазочные и специальные масла, нефтяной кокс, битумы, консистентные (пластичные) смазки, нефтехимическое сырье — индивидуальные алканы (парафиновые углеводороды), алкены (олефины) и арены (ароматические углеводороды), жидкий и твердый парафин. Из нефтехимического сырья в свою очередь производят широкую гамму ценных продук-