

СОДЕРЖАНИЕ

Об авторах	XIV
Предисловие	XVI
Введение	XVIII
Глава 1. СТОЛЕТИЕ ПОДГОТОВКИ	1
Нефть — начало	1
Долгожданная свобода	5
Другие робкие попытки	7
Новые подходы	8
Водолазы и подводные дистанционно-управляемые аппараты	25
Геология, геофизика и другие непонятные науки	30
Стационарное состояние	34
Кривая развития	37
Глава 2. ЭКСКУРС В ИСТОРИЮ	40
Неразбериха восьмидесятых	40
Глава 3. ГЛУБОКОВОДНАЯ РАЗВЕДКА	52
Определение потенциальных запасов	58
Бурение разведочной скважины, первой на месторождении	70

Правда о глубоководных нефтеносных пластах	72
Геология: шельф или глубоководье	73
Глава 4. БУРЕНИЕ И ЗАКАНЧИВАНИЕ СКВАЖИНЫ	78
Планирование скважины	78
Выбор буровой установки	81
Бурение	84
Заканчивание скважины	90
Специальные вопросы	98
Глава 5. СИСТЕМЫ РАЗРАБОТКИ МЕСТОРОЖДЕНИЙ	101
Системы разработки	102
Выбор системы разработки	105
Глава 6. ЗАКРЕПЛЕННЫЕ СИСТЕМЫ	112
Традиционные платформы	112
Бетонные платформы	114
Гибкие платформы	115
Отсюда — туда	118
Установка платформ	121
Установка бетонных гравитационных платформ	123
Установка палубы	125
Установка вертикальной секции трубопровода	127
Глава 7. ПЛАВУЧИЕ ДОБЫЧНЫЕ СИСТЕМЫ	128
Платформы с натяжным якорным креплением	131
Одноколонные платформы TLP	133
Плавучая установка для добычи, хранения и отгрузки нефти	134
Плавучие установки для бурения, добычи, хранения и отгрузки нефти	139
Плавучие нефтеналивные хранилища	139
Плавучие нефтедобычные системы	140
Штанговые платформы	141
Производство и монтаж	144
Установка якорных оттяжек	151

Глава 8. ПОДВОДНЫЕ ЭКСПЛУАТАЦИОННЫЕ СИСТЕМЫ	154
Скважины	156
Фонтанная арматура	156
Манифольды и концевые муфты	158
Трубопроводы, соединители и сборные линии	159
Шлангокабели и тонкие проволочные выводы	160
Системы управления	162
Обеспечение потока	163
Архитектура и монтаж системы	166
Дистанционно-управляемые аппараты	172
Глава 9. ВЕРХНИЕ СТРОЕНИЯ	179
Подготовка нефти	182
Очистка воды	185
Подготовка газа	186
Персонал и жилые помещения	192
Системы безопасности	194
Вспомогательные системы	196
Глава 10. ТРУБОПРОВОДЫ	201
Плюсы и минусы плавучести	204
Прокладка трубопровода	205
Донные условия	213
Вертикальные секции трубопровода (стояки)	214
Эксплуатация системы трубопроводов	221
Глава 11. ТЕХНОЛОГИИ И ТРЕТЬЯ ВОЛНА	223
Указатель компаний	230
Предметно-тематический указатель	232

СТОЛЕТИЕ ПОДГОТОВКИ

В неизменной Вселенной начало — это момент, обозначенный кем-то находящимся снаружи этой Вселенной.

*Стефан Хоукинг (рог. 1942).
«Краткая история времен»*

Нефть — начало

Большинство специалистов по истории нефтяного бизнеса, у которых мы почерпнули информацию для написания этой главы, прослеживают морскую разведку и добычу нефти начиная с Саммерленда (штат Калифорния). В 1897 г. в этом идиллическом месте к юго-востоку от Санта-Барбары основатель Саммерленда Х. Л. Вильямс — экстрасенс и в какой-то степени авантюрист — самонадеянно начал бурение скважин. Хотя выходы нефти наблюдались на суше, на расстоянии сотен метров от кромки воды, Вильямс пропустил стадию разведки и построил сразу три деревянных пирса, уходящих от берега на расстояние примерно 400 м (см. рис. 1.1). Глубина в этом месте достигала 35 фут. (10 м). В течение последующих трех лет он выстроил на пирсах 20 буровых вышек. Электрогенераторы и другое вспомогательное оборудование располагались на берегу. Буровая бригада Вильямса, как и большинство буровиков того времени, еще не перешла на работу с установками роторного бурения. Поэтому они установили стальную трубу (типа обсадной колонны), которая опускалась вниз с буровой платформы и входила в песчаное дно. А затем с помощью инструмента для ударно-канатного бурения они углубились на 455 фут. (135 м) и достигли двух участков нефтеносного песка.

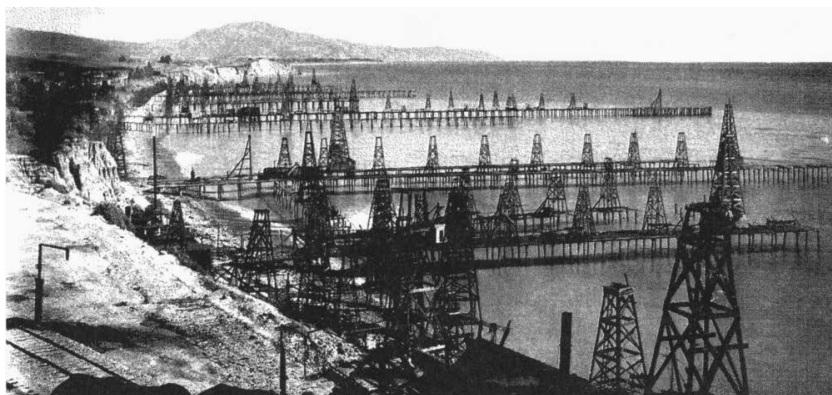


Рисунок 1.1.

Пирсы и буровые вышки в Саммерленде, Калифорния (1901)
(любезно предоставлено Геологическим комитетом США)

Результат этого смелого поступка меркнет по сравнению с историей Спиндлтопа (Spindletop), где из скважины, в то же самое время пробуренной на суше недалеко от Бьюмонта (штат Техас), бил фонтан, дающий 80 тыс. баррелей (бarr.)* нефти ежедневно. В Саммерленде наиболее богатая скважина давала только 75 barr. в сутки, а среднее количество составляло 2 barr. Добыча достигла максимального уровня в 1902 г., а затем стала быстро снижаться. Вильямс ликвидировал Саммерленд, оставив после себя уродливые обломки пирсов и загрязненный нефтью берег. Пирсы продолжали постепенно разрушаться вплоть до 1942 г., когда были окончательно смыты сильной приливной волной.

В результате десятков столь же рискованных предприятий в последующие 10 лет вдоль берегов Калифорнии появилось множество аналогичных пирсов и буровых вышек. На месторождении Элвуд пирс тянулся на 1800 фут. (600 м) от берега, но при этом достигал глубины, равной всего лишь 30 фут. (9 м). И только в 1932 г. компания Indian Oil бесстрашно построила отдельно стоящую платформу на мелководном участке Тихого океана, недалеко от Ринкона (штат Калифорния).

* Нефтяной баррель (США) составляет 159 куб. дм. — *Примеч. ред.*

Слово *морской* по отношению к добыче нефти обычно вызывает в воображении огромные пространства воды вдали от линии прибойя. Тем не менее следующее важное событие в истории морской добычи произошло в локальном водоеме. После 1900 г. в районе озера Каддо-Лейк в Восточном Техасе разведчики часто обнаруживали карманы, заполненные попутным природным газом, — как правило, к своему разочарованию. Транспортировка газа обходится значительно дороже, чем нефти, а для организации рынка необходимо не только обнаружение больших объемов газа, но и значительная плотность населения. В Восточном Техасе было выполнено только одно из этих условий. В 1907 г. Дж. Б. Макканн, скаут, работавший на корпорацию Gulf Oil, изучил карты района Каддо-Лейк и сделал предположение, что в породах под озером находится газовая провинция. Однажды поздно вечером он решил проверить свою теорию с помощью новейшего способа. Он проплыл по озеру на лодке, аккуратно поднося зажженные спички к газовым пузырькам, поднимавшимся из воды на поверхность. При этом ему удалось не только счастливо избежать самосожжения, но и убедиться, а затем убедить У. Л. Меллона — члена правления компании в Питтсбурге, что под озером скрывается огромное месторождение нефти и газа.

Корпорация Gulf Oil получила концессию на бурение дна озера на площади 8000 акров и стала инициатором использования новых технологий как в указанном районе, так и в отрасли в целом. Начиная с 1910 г. вверх по рекам Миссисипи и Ред-Ривер проводили буксировку оборудования, в том числе плавучий свайный копер, суда обеспечения, баржи, перевозившие буровые вышки, паровые котлы и генераторы. В дно озера забивали деревянные сваи, изготовленные из кипарисов, срубленных по берегам озера. На сваях строили платформы для буровых вышек (см. рис. 1.2) и мостки для труб. На каждой буровой (эксплуатационной) платформе размещали отдельную вышку и свой газовый генератор. От каждой платформы по дну озера был проложен сборный трубопровод в виде стальной трубы диаметром 3 дюйма (7,5 см), по которому продукция должна была поступать к пункту се-

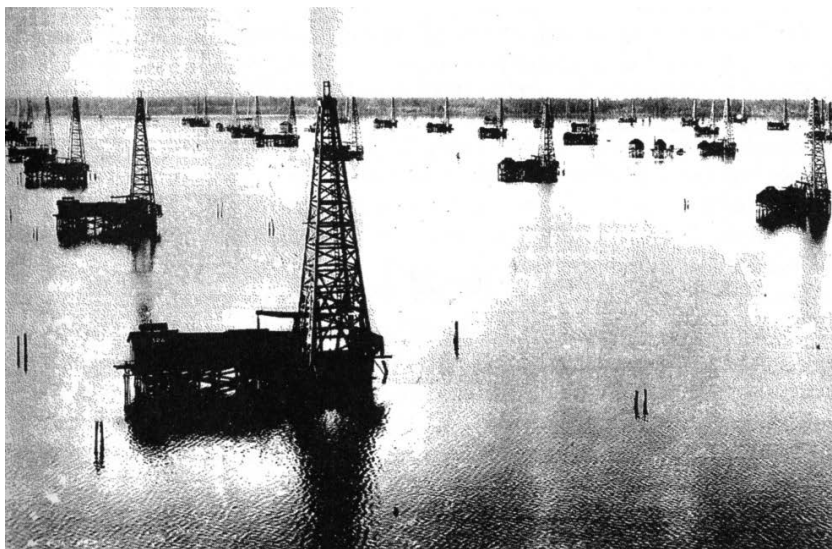


Рисунок 1.2.

Бурение с деревянных платформ, установленных на сваях в озере Каддо-Лейк, Техас (из фондов Государственной библиотекой Луизианы)

парации и промышленным резервуарам, расположенным на отдельных платформах.

В течение последующих 40 лет корпорацией Gulf Oil на месторождении под озером Каддо-Лейк было пробурено 278 скважин и добыто 13 млн барр. нефти, таким образом был создан образец рентабельной технологии операций на воде — работа с платформами, установленной на сваях.

Появление бетона

Следует отметить, что не все достижения и изобретения были сделаны в Соединенных Штатах. Добыча нефти и газа на озере Маракайбо (Венесуэла) в середине 1920-х годов могла бы оказаться повторением добычи на Каддо-Лейк, если бы не одно обстоятельство, а именно страшный червь-древоточец. Корабельный червь-древоточец — это проблема для моряков с древних времен. За неполные восемь месяцев эти

ненасытные паразиты смогли прогрызть деревянные свайные конструкции, которые поддерживали буровую платформу на озере Маракайбо, так что нефтяникам просто не хватило времени для получения прибыли. Хорошим решением с технической точки зрения оказалась пропитанная креозотом древесина сосны из США, однако ее высокая цена сделала такой вариант экономически неоправданным.

В этой ситуации правительство Венесуэлы проявило интуитивную прозорливость, заключив договор с компанией Raymond Concrete Pile, производящей бетонные сваи, на сооружение дамбы в прибрежной полосе озера недалеко от нефтяных промыслов. Это гарантировало создание всей инфраструктуры, необходимой для строительства бетонной конструкции для нефтепромысловой платформы. Компания Lago Petroleum (позднее Creole Petroleum, а затем Esso вплоть до национализации правительством Венесуэлы) попыталась использовать бетонные сваи вместо деревянных. Вскоре сваи стали оснащать стальными оголовками, что позволяло монтировать их в более короткие сроки, а также скреплять между собой с помощью стального или проволочного троса для повышения прочности. В последующие 30 лет на озере Маракайбо было построено 900 бетонных платформ. К 1950 г. при строительстве стали использовать полые цилиндрические бетонные сваи диаметром 54 дюйма (135 см), длиной 200 фут. (60 м) и толщиной стенок 5 дюймов (12,5 см), с предварительным напряжением, созданным с помощью стального троса.

Долгожданная свобода

В то время как компания Lago вела разработку озера Маракайбо, Texas Company (впоследствии Техасо) занималась поиском лучших решений для своих участков в болотах Луизианы. Платформы на забивных деревянных сваях оставались самым приемлемым вариантом, однако величина расходов не оставляла возможности для совершенствования. Компанию Texas привлекла идея использовать в качестве буровой платформы притопленную в определенном месте баржу.

Прежде всего, будучи предусмотрительными, они посетили патентное бюро США, где обнаружили, что данное техническое решение уже запатентовал Луис Гильясо, капитан торгового судна, работавший на нефтяных промыслах озера Маракайбо. После интенсивных поисков на Востоке они обнаружили его в 1933 г. в Панаме, где он был владельцем салуна.

Вскоре после этого компания Texas затопила две стандартные баржи борт к борту в болотистой части озера Пелто (штат Луизиана). При этом глубина составляла всего лишь несколько футов, высота надводной части борта была достаточной, чтобы смонтировать платформу и установить деррик (см. рис. 1.3).

Проявив великодушие, они назвали первую погружную платформу «Giliasso» по имени изобретателя. Неподалеку они затопили еще одну баржу, оснащенную паровым котлом для энергоснабжения, после чего произвели бурение скважины глубиной 5700 фут. (1700 м). Как и большинство конкурентов, к началу 1930-х годов они стали использовать установки роторного бурения. Отсутствие углеводородов и необходимость ликвидировать скважину не заставили их изменить намерения —

они удалили обсадную трубу, подняли баржи на поверхность и, быстро перемещаясь по озеру, в течение года пробурили еще пять скважин. Это стало триумфом новой технологии: с помощью «Giliasso» время простоя между заканчиванием одной скважины и бурением следующей удалось сократить с 17 до 2 дней. Так было положено начало мобильному морскому бурению.

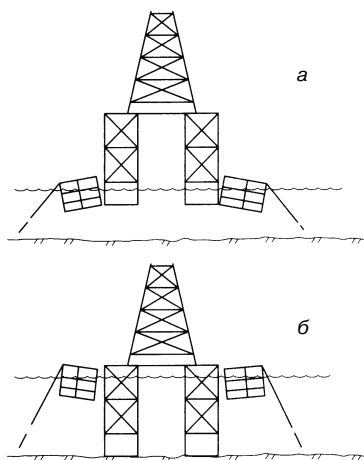


Рисунок 1.3.

Погружная платформа «Giliasso» (из оригинальной заявки на патент США: на поверхности (а) и в погруженном виде (б))

Другие робкие попытки

В 1930-х годах компания Pure Oil провела геофизические и сейсмические исследования на суше вблизи прибрежного города Креол (штат Луизиана). При этом было обнаружено, что пласт нефтеносного песка продолжается и в море. В 1937 г. они заключили соглашение с компанией Superior Oil на освоение участка площадью 33 000 акров*, приобретенного у штата Луизиана. Компания Brown & Root соорудила для них уникальную платформу площадью 30 000 кв. фут. (2700 кв. м), установленную на деревянных сваях на глубине 14 фут. (4,2 м). Максимальное расстояние от берега составляло 1 милю. Сама платформа размещалась на высоте 15 фут. (4,5 м) от поверхности воды. Воспоминания об урагане, который обрушился на остров Галвестон всего за несколько десятков лет до указанных событий и унес 6000 жизней, заставили усилить конструкцию с помощью обвязки стальной лентой и дополнительного числа свай. В условиях, абсолютно не приспособленных к развитию новой отрасли — морского бурения, компания воспользовалась судами, предназначенными для ловли креветок, чтобы буксировать баржу с оборудованием к месту работ и перевозить рабочие бригады в конце каждой смены, а также в качестве судов снабжения.

Первая же скважина, пробуренная на глубину 9400 фут. (2820 м), оказалась результативной. Вскоре компания Pure Oil увеличила размеры платформы, которые вначале были небольшими, пробурила еще 10 скважин методом наклонно-направленного бурения и в конце концов получила из месторождения Креол почти 4 млн барр. нефти.

Вскоре после этих новаторских шагов поход за нефтью стал набирать обороты. В 1938 г. компания Humble Oil провела аналогичные операции на участке моря у Макфадден Бич, на северном побережье Техаса, однако не достигла успеха. Тем не менее Humble Oil не желала отказываться от принципа добычи нефти с суши и поэтому соорудила эстака-

* 1 акр = 0,40 га. — *Примеч. ред.*

ду, которая уходила от берега на расстояние в несколько тысяч футов и необъяснимо заканчивалась за 100 фут. (30 м) от платформы. По эстакаде были проложены железнодорожные рельсы, и по ним доставляли оборудование и материалы. В 1938 г. эстакада была разрушена ураганом. Ее решительно восстановили, но напрасно, так как промышленных месторождений нефти в этом месте обнаружено не было и всю схему ликвидировали.

В 1946 г. компания Magnolia Petroleum переместила свои усилия на участок, находящийся в шести милях от Морган-Сити, на побережье Луизианы. Благодаря проведенной сейсморазведке и геологической разведке в море, они пришли к выводу, что в Мексиканском заливе находятся нефтеносные провинции, не связанные с известными месторождениями на суше. Тем не менее работы проводились на небольшой глубине — 16 фут. (примерно 5 м). Сооружение имело стандартную конструкцию, за исключением того, что платформа с буровой установкой стояла на стальных сваях, для того чтобы обеспечить ее устойчивость в суровых погодных условиях. Увы, нефти они тоже не обнаружили.

Новые подходы

Через год компания Superior Oil осуществила очередной скачок как в техническом, так и в экономическом и географическом отношении, переместившись на 18 миль от побережья Луизианы, впрочем, глубина моря по-прежнему не превышала 20 фут. (6 м). Платформу на сваях (аналогичную платформе на месторождении Креол) посчитали слишком дорогостоящей, чтобы сооружать ее на новом, причем более отдаленном участке. Вместо этого воспользовались услугами компании J. Ray McDermott с целью сооружения конструкции из стальных труб, которую изготавливали в заводских условиях, а затем буксировали на место в виде сборных секций. Трубы соединялись горизонтальными и диагональными элементами, как в гигантском конструкторе (см. рис. 1.4). Указанные новшества сократили время монтажа, усилили целост-



Рисунок 1.4.

Морское основание компании Superior, изготовленное в заводских условиях, спроектировано и построено компанией McDermott в 1947 г. (любезно предоставлено McDermott, International Inc.)

ность конструкции, снизили ее стоимость, а также повысили ее безопасность для прилегающих участков. Кроме того, к удовольствию подрядчиков, возник новый сектор отрасли — предварительное заводское изготовление.

Успехи компании Superior были бы еще более значительными, если бы первая пробуренная скважина оказалась продуктивной. Прежде чем была пробурена вторая, и на этот раз продуктивная, скважина, вперед вырвалась небольшая независимая компания Midwest.

Честь открытия «золотого дна», каковым является Мексиканский залив, в отношении добычи нефти принадлежит корпорации Керр-МакГее. В качестве итога борьбы с техническими и финансовыми проблемами, которую компания вела в период с 1945 до 1947 г. в районе Шип Шоул (Ship Shoal), были построены две очень маленькие платформы (всего 2700 и 3600 кв. фут., или 240 и 320 м) в 10 милях от побережья Луизианы. 14 октября 1947 г. корпорация Керр-МакГее перехватила Большой Приз у хорошо финансируемой, но тяже-

ловесной компании Superior Oil, на восемь месяцев раньше получив первую порцию нефти из скважины вне пределов видимости берега.

Проектирование и монтаж для Kerr-McGee осуществлялись силами компании Brown & Root, конкурента McDermott, мечтающего занять прочное положение в области морской добычи нефти. Интересно, что конструкция — стальное основание на стальных и деревянных сваях — появилась раньше, чем конструкция компании Superior Oil. Проявив бережливость и мудрость, Kerr-McGee использовала в качестве вспомогательных судов незанятые военные баржи, спасательные катера воздух—море, а также десантные корабли. Так, десантный корабль длиной 367 фут. (110 м) превратили в буровой тендер, поместив на него жилые помещения, 35-тонный кран и лебедку для швартовки (см. рис. 1.5).

Когда была закончена первая скважина компании Kerr-McGee, которая давала почти 500 барр. нефти в сутки, широкое внимание в отрасли привлекли комбинированное основание

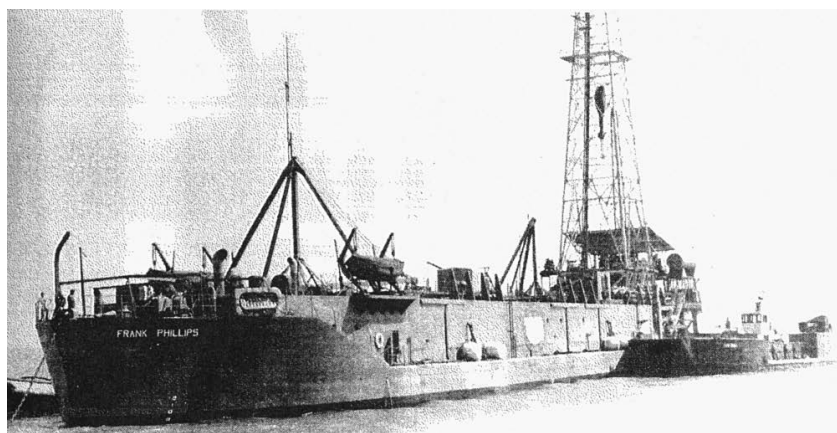


Рисунок 1.5.

Буровое основание, сооруженное компанией Kerr-McGee в районе Шип Шоул (Мексиканский залив), и буровой тендер «Frank Phillips», переделанный из незадействованного десантного судна военно-морских сил (любезно предоставлено корпорацией Kerr-McGee)

Опорный блок и опорная плита

Странный термин — *опорный блок* (оболочка, рубашка) — появился, когда производители стали устанавливать платформу не на деревянных сваях, а на стальных рамах. Рамы изготавливали на специальных площадках на берегу, буксировали на место бурения и опускали на дно в месте расположения скважины. Чтобы закрепить такую раму на месте, монтажники пропускали сваи (иногда деревянные, позднее стальные) через ее опоры, и таким образом эти опоры становились *оболочками*. Значение термина скоро расширилось, и он стал относиться ко всей конструкции, поддерживающей платформу. Позднее, когда рамы приобрели огромные размеры и их уже нельзя было перемещать обычным краном, в некоторых случаях к опорам стали прикреплять балластные емкости, с помощью которых рама перемещалась по воде. В настоящее время эту конструкцию чаще всего называют опорным блоком. *Опорная плита* — это то же самое, что опорный блок, но термин появился позже, когда сваи стали опускать, используя опоры как направляющие.

и буровой тендер, заслонив собой конструкцию основания, предложенную компанией Superior Oil — более совершенную в техническом отношении, но в 20 раз более крупную. Таким образом, Kerr-McGee предложила концепцию, которая позволяла снизить риск безрезультатных разведочных работ за счет применения стационарных морских оснований минимального размера и мобильных буровых тендеров. В случае бурения сухой скважины основная часть капиталовложений (тендер и наземные строения) может быть перебазирована на новое место. Десантные корабли заняли лидирующие позиции в списках пожеланий компаний. Даже компания Humble Oil, не склонная к поспешным решениям, в следующем году приобрела 19 таких судов для их превращения в буровые тендеры.

Таким образом, начался бум: примеру Kerr-McGee последовали многочисленные компании, которые также внедрились в Мексиканский залив со стационарными основаниями и тендерами. Однако оказалось, что на глубоководных участ-