

УДК 624.047.2:622.24.085;502.1

Разработка морских месторождений углеводородов на шельфе Черного моря и вопросы экологии

Ажермачев Г.А., к.т.н., **Ажермачев С.Г.**, к.т.н., **Молошный В.В.** инженер

Национальная академия природоохранного и курортного строительства, Украина

Анотація. Рассматриваются особенности морской добычи углеводородов. Показаны случаи аварий, приведших к большим материальным потерям, человеческим жертвам и экологическим катастрофам. Даются рекомендации, позволяющие уменьшить риск аварий.

Анотація. Розглядаються особливості морського видобутку вуглеводнів. Показані випадки аварій, що привели до великих матеріальних втрат, людських жертв і екологічних катастроф. Даються рекомендації, що дозволяють зменшити ризик аварій.

Abstract. Peculiarities of sea hydrocarbons production are examined. The hazards which were the reasons of big human and property losses, as well as environmental disasters are shown. Recommendations for risk hazards decreasing are provided.

Ключевые слова: углеводороды, добыча, морские платформы, аварии, ущерб.

Введение. Потребность в углеводородах в мире возрастает с каждым годом. Объем добываемой нефти и газа на суше не удовлетворяет эту потребность. Уже 25 ÷ 30% всех извлекаемых углеводородов добывается на шельфах морей, несмотря на то, что эта добыча обходится в 5 ÷ 10 раз дороже, чем на суше. Если в первой половине XX века морские месторождения разрабатывались при глубинах моря, в основном, 50 ÷ 150 м, то к концу XX века были покорены глубины 250 ÷ 500 м и более.

Анализ действительных условий работы сооружений континентального шельфа. Разведка и добыча углеводородов на шельфе морей ведется, как правило, с использованием морских платформ стационарного или мобильного типа. На стоимость разработки углеводородных месторождений на шельфе морей влияют глубина моря, наличие ледового режима, гидрогеологические условия региона, тип морской платформы, способы ее монтажа и другие факторы [1, 2, 3, 4]. Стоимость построенных морских платформ составляет от нескольких десятков миллионов долларов, а иногда превышает миллиард.

Морские платформы – угроза экологии региона.

При создании морских платформ для разведки и добычи углеводородов на шельфе морей специалисты решают многие задачи и в первую очередь:

- обеспечение прочности конструкций при воздействии гидрометеорологических, технологических и других экстремальных факторов;
- транспортировку добываемых углеводородов от места добычи до материковых баз;
- обеспечение экологического равновесия в регионе при монтаже и эксплуатации сооружения.

Однако за полем зрения проектирования часто остаются проблемы, которые могут возникнуть в процессе разведки или добычи полезных ископаемых, так называемые «нештатные ситуации», которые могут затруднить технологический процесс или привести к катастрофам с соответствующими последствиями.

Появление таких ситуаций может показаться на первый взгляд невероятным, однако, как при подготовке космических кораблей к полетам, они должны быть рассмотрены и оценены, а это современная техника уже позволяет сделать. При необходимости должны быть составлены правила или инструкции для действий персонала, эксплуатирующего объект.

Количественный парк морских платформ превышает три тысячи единиц. Только в Мексиканском заливе находятся в эксплуатации более двух с половиной тысяч морских платформ. И чем больше становится платформ, тем больше аварий происходит на этих сооружениях.

Здесь приведем несколько примеров крупных аварий морских платформ, которые привели к большим экономическим потерям, человеческим жертвам и оказали заметные отрицательные последствия на экологию региона.

В 1964 году в Мексиканском заливе на платформе «СП Байкер» компании «Пан-Америкен Петролеум» произошел пожар вследствие выброса нефти и сопутствующего газа через скважину, 22 человека погибли.

В 1977 году в Северном море на платформе «Экофик Браво» компании «Филипс Петролеум» по техническим причинам произошла авария, сопровождавшаяся разливом 28000 тонн нефти. К счастью, вышедшие из скважины нефть и газ не воспламенились. Устранить аварию удалось через неделю. Это самая крупная авария в Северном море за время разработки углеводородных месторождений.

В 1979 году в Мексиканском заливе на платформе «Седко 135 Ф» компании «Петролеос Мехико» по техническим причинам произошла авария, при которой 480000 тонн нефти попало в воды залива. Вышедшие на поверхность газ и нефть воспламенились. В итоге платформа затонула, 120000 тонн нефти осели на дно залива. Авария произошла в 270 км от побережья США, однако побережья Техаса оказались серьезно загрязненными. Вылов биоресурсов сократился на 50–70%.

В 1988 году в Северном море на платформе «Пайпер Альфа» компании «Оксидент» произошла авария, унесшая жизни 162 человек. Утечка газа вызвала взрыв и пожар. Размер ущерба составил 1,3 миллиарда долларов.

21 апреля 2010 года в Мексиканском заливе на платформе «Дипуотер Хорайзн» компании «Бритиш Петролеум» произошла авария, в результате в залив вылилось 670000 тонн нефти, из которых только 110000 тонн нефти были подняты всеми средствами борьбы с разливом. Нефтяное пятно распространилось на площади порядка 75000 квадратных километров.

Для сравнения – это примерно 20% поверхности Черного моря, при том, что более ста судов боролись с разливом нефтяного пятна.

Согласно предварительным оценкам на ликвидацию последствий экологической катастрофы потребуется 30–40 лет или даже больше.

Аварию на платформе «Дипуотер Хорайзн» специалисты называют «Нефтяной Чернобыль».

Только несколько примеров, взятые из сотен известных аварий, показывают, что безаварийная добыча углеводородов на шельфе морей по сей день остается большой проблемой.

Особенности освоения Черноморского шельфа. По данным геологов, Черноморский шельф Украины имеет большие запасы углеводородов [5, 6]. Но несмотря на это, Украина испытывает большой дефицит в нефти и газе, мало внимания уделяется собственной добыче углеводородов, при этом затрачиваются большие средства на их покупку у соседних государств.

В то же время Румыния активно развивает добычу углеводорода на шельфе Черного моря. Сейчас трудно определить, из каких месторождений на Черном море газ идет в Румынию, учитывая, что шельфы Украины и Румынии граничат.

В настоящее время Украина подписала соглашения с компанией США «Шеврон» и с компанией «Роснефть» России на разведку и эксплуатацию месторождений углеводородов на шельфе Черного моря. Это соглашение

позволит Украине снять зависимость от других государств, а может даже стать поставщиком углеводородов в другие страны.

Однако, учитывая вышесказанное, необходимо, чтобы соответствующие компании решили все вопросы, связанные с разведкой и эксплуатацией месторождений со стопроцентной безопасностью не только для морских платформ, но и для шельфа Черного моря.

Если Мексиканский залив и Северное море имеют поверхность и объем воды в несколько раз больше, чем Черное море, при этом их акватории открыты для течений и смены объемов вод, то Черное море представляет собой полузакрытый водоем, где смена воды происходит крайне медленно. А это даже при малых авариях на морских платформах может вызвать больше отрицательные последствия не только для самого моря, но и для стран, которые располагаются вокруг него.

Кроме того, Черное море имеет другие, свои особенности. Около 87% объема вод Черного моря насыщены сероводородом. Время от времени он в больших концентрациях выходит на поверхность моря и загорается. Что произойдет, если в этом случае на поверхности моря будут разливы нефти или будет фонтанировать газ, пожалуй, в настоящее время никто не может сказать.

Наличие сероводорода, растворенного в воде, пагубно влияет на прочность стали. В контакте с сероводородом сталь наводороживается, становится хрупкой и при определенных условиях элементы могут разрушаться при напряжениях значительно меньше, чем усталостная прочность в обычных условиях [1, 8]. Поэтому, кроме всего прочего, необходимо при проектировании принимать соответствующие стали и исключать конструктивные решения элементов и соединений с высокими значениями коэффициентов концентрации напряжений.

Черное море расположено в зоне высокой сейсмической опасности. Здесь могут происходить землетрясения силой $7 \div 9$ баллов по шкале Рихтера. Поэтому морские платформы на шельфе Черного моря должны обладать соответствующей сейсмостойкостью. Сейсмостойкость морских платформ для разведки и добычи углеводородов на шельфе Черного моря зависит от многих факторов, главными из которых можно считать:

- конструктивную схему платформы;
- условия закрепления опорной части платформы к морскому дну;
- выбор материалов для основных конструкций и соединений;
- глубину моря.

Если первые три фактора, как правило, рассматриваются в той или иной степени при проектировании зданий и сооружений в «сухопутных условиях», то четвертый фактор относится только к морским сооружениям.

При колебании грунта морского дна опорные конструкции платформы будут выходить из положения вертикального равновесия и начнут совершать колебания относительно вертикальной оси. На колебания опорной части будут оказывать влияние морская вода: с одной стороны она будет оказывать сопротивление перемещениям конструкций в воде, а с другой стороны – увеличивать колеблющую массу за счет присоединения объема воды к элементам опорной конструкции.

В настоящее время нет рабочих методик определения действительного влияния воды на колебание опорных конструкций морских платформ при землетрясениях. Эти методики должны учитывать не только конструктивное решение и динамическую жесткость опорной части, ее элементов и узлов соединений, но и глубину моря. При «малой» и «большой» глубинах будет совершенно разная картина колебаний опорной части платформы. Отсюда возможны наложения собственных частот колебаний платформы и грунта, при которых могут появиться резонансные явления с соответствующими последствиями.

Следует остановить внимание еще на важном аспекте – сейсмичности участка строительства морского сооружения и последствиях, которые могут повлиять на его сейсмостойкость.

При определении характера и силы данного сотрясения задача сильно усложняется, т. к. в этом случае необходимо учесть многие факторы, которые не встречаются в обычных условиях. Определяя сейсмическую опасность на шельфе морей, необходимо решить, по крайней мере, следующие вопросы:

- Влияние рыхлости и обводненности грунтов при сейсмических воздействиях и их разжижение.
- Влияние изменения сейсмического режима в районе добычи углеводородов на месторождении, т. к. может наблюдаться эффект наведений сейсмичности, который может значительно увеличить величину прогнозируемой опасности.
- Влияние толщины водного слоя на интенсивность сотрясения дна.
- Оценить возможность гидравлического удара при различных интенсивностях сотрясений дна и возможность возникновения повторных ударов за счет интерференционных явлений в слое воды.

- Оценить возможность возникновения подводных оползней [9] и т. п.

На Азово-Черноморском шельфе Украины исследований по указанным выше позициям до настоящего времени не проводилось. Однако некоторые исследования, проведенные специалистами России на шельфе Охотского моря, показали, что к этим проблемам следует относиться серьезно [10, 11, 2, 13].

По нашему мнению, при разработке проекта морской платформы, ее возведении и эксплуатации должны быть рассмотрены все возможные ситуации, которые могут привести к малым или большим аварийным ситуациям, и на каждый рассмотренный случай должны быть составлены указания для обслуживающего персонала, что нужно делать, чтобы не допустить аварии и избежать катастрофы.

Авария 21 апреля 2010 года на платформе «Дипуотер Хорайзн» в Мексиканском заливе показала, что такие указания не были разработаны, в результате нефть из скважины фонтанировала три месяца, пока велись попытки остановить ее. Если бы была заранее рассмотрена такая ситуация, то последствия аварии были бы значительно меньше.

Окончательный возможный ущерб от происшедшей катастрофы еще не подсчитан, но он будет значительно больше 40 миллиардов долларов.

Выводы

Морская добыча углеводородов требует больших материальных затрат.

Стоимость добычи одной тонны углеводородного топлива на шельфе стоит в 5 ÷ 10 раз дороже, чем на суше.

Прочность основных несущих конструкций должна быть обеспечена на весь период эксплуатации платформы.

Технологические процессы при разведке и разработке месторождений углеводородов не должны создавать аварийных ситуаций

Требование к сохранению экологического равновесия в регионе должно быть самым главным.

Литература

- [1] Морские гидротехнические сооружения на континентальном шельфе / [Симаков Г. В., Шхинек К. Н. Смелов В. А. и др.]. – Л. : Судостроение, 1989. – 328 с.
- [2] Возний В. Р. Морські нафтогазові споруди / В. Р. Возний, М. К. Ільніцький, Р. С. Яремійчук. – Львів : Світ, 1997. – 343 с.

- [3] Даусон Т. Проектирование сооружений морского шельфа / Т. Даусон. – Л. : Судостроение, 1986. – 286 с.
- [4] Ажермачев Г. А. Морские сооружения для добычи нефти и газа на континентальном шельфе Азово-Черноморского региона / Г. А. Ажермачев // Металлические конструкции. – Киев, 1998. – Том1. – С. 47–49.
- [5] Ажермачев Г. А. Стратегия увеличения добычи углеводородов на шельфе Украины / Г. А. Ажермачев, С. И. Иванов // Строительство и техногенная безопасность : сб. науч. трудов : В. 6. : КАПКС. – Симферополь, 2002. – С. 144–147.
- [6] Ажермачев Г. А. Пути повышения добычи углеводородов на Азово-Черноморском шельфе / Г. А. Ажермачев // Строительство и техногенная безопасность : сб. науч. Трудов : В. 32. : НАПКС. – Симферополь, 2010. – С. 21–26.
- [7] Ажермачев Г. А. Проблемы строительства глубоководных объектов нефтегазового комплекса на шельфе Черного моря / Г. А. Ажермачев // Металлические конструкции: взгляд в прошлое и будущее : тезисы докл. / УПСК. – Киев, 2004. – С. 49–55.
- [8] Ажермачев Г. А. К вопросу о повышении коррозионной стойкости конструкций морских сооружений / Г. А. Ажермачев // Новини науки Придніпров'я. – 2001. – №4. – С. 7–9.
- [9] Юдин В. В. Неогеодинамика Крымско-Черноморского региона / В. В. Юдин, Ю. Г. Юровский // Строительство и техногенная безопасность : сборник науч. трудов междунар. конф. «Геодинамика сейсмическая, сейсмостойкость сооружений». – Симферополь, 2011. – Вып. 35. – С.50–56.
- [10] Пустовитенко Б. Г. Модели очагов и сейсмичности северо-запада Черного моря / Б. Г. Пустовитенко, В. Е. Кульчицкий, А. А. Пустовитенко // Строительство и техногенная безопасность : сборник науч. трудов международ. конф. «Геодинамика, сейсмическая опасность, сейсмостойкость сооружений» – Симферополь, 2011. – Вып. 35. – С. 90–97.
- [11] Иващенко А. Н. Определение сейсмической опасности на шельфе / А. Н. Иващенко, Ч. У. Ким, М. С. Федоришин // Сейсмическое районирование шельфа. – Владивосток, 1990. – С. 5–21.
- [12] Кузин И. П. О сейсмическом районировании шельфа (на примере охотского моря) / И. П. Кузин // Сейсмическое районирование шельфа. – Владивосток, 1990. – С. 5–21.
- [13] Ковалев С. А. Об оценке сейсмической опасности и сейсмическом районировании участков строительства морских сооружений на слабосейсмических акваториях / С. А. Ковалев, И. П. Кузин, Л. И. Лобковский // Вулканология и сейсмология. – 2009. – №32. – С. 67–80.