

Проблемы сбора, подготовки и транспорта нефти и нефтепродуктов. 2022. Вып. 1 (135). С. 127-140. ISSN 1998-8443 (print)

Problems of Gathering, Treatment and Transportation of Oil and Oil Products. 2022. Issue 1 (135). P. 127-140. ISSN 1998-8443 (print)

Научная статья

УДК 628.543

doi: 10.17122/ntj-oil-2022-1-127-140

ОПЫТ РАБОТЫ СИСТЕМЫ УТИЛИЗАЦИИ ВОДЫ НА МОРСКОЙ ЛЕДОСТОЙКОЙ НЕФТЕДОБЫВАЮЩЕЙ ПЛАТФОРМЕ

Ленар Зульфатович Хуснутдинов¹, Альбина Акрамовна Мугатабарова²,
Айрат Римович Хафизов³

^{1, 2, 3}Уфимский государственный нефтяной технический университет, Уфа, Россия

¹lzkh1177@mail.ru

²mugatabarova@mail.ru

³hafizov57@mail.ru

Автор, ответственный за переписку: Альбина Акрамовна Мугатабарова,
mugatabarova@mail.ru

Аннотация. В работе представлена нефтедобывающая морская ледостойкая стационарная платформа, на которой действует декларация «нулевого сброса» воды в море, согласно которой сточные, бытовые воды, пищевые отходы и стоки перерабатываются, очищаются и закачиваются в систему поддержания пластового давления или шламовую скважину. На платформе осуществлена система «мокрого» хранения добытой нефти, при которой нефть в резервуарах - танках-хранилищах находится поддерживаемая снизу балластной водой для отсутствия газовой прослойки в резервуаре и исключения, таким образом, образования взрывоопасной среды. Приводится описание морской ледостойкой стационарной нефтедобывающей платформы и её составляющих.

Система балластной воды предназначена для поддержания давления в танках-хранилищах и постоянного их заполнения жидкостью, напора насосов отгрузки нефти, а также предотвращения возникновения избыточного давления за счёт постоянного уровня в напорной ёмкости балластной воды. В качестве балластной воды используется подготовленная заборная морская вода. На платформе возникла проблема утилизации балластных вод в связи с тем, что из-за примесей они стали непригодными для закачки в нагнетательные скважины. На четвертый год эксплуатации системы очистки маслонефтесодержащей воды в балластной воде на выходе из фильтров тонкой очистки также были обнаружены примеси.

Лабораторный анализ показал, что осадок представляет собой ил: проба содержит только органические остатки водорослей. Ил в балластной воде обнаружен потому, что фильтры забортной воды, выполненные из металлической проволоки и установленные перед ёмкостью подготовленной морской воды для использования её в танках в качестве балласта, удалили, так как они засорились, и приходилось их промывать в круглосуточном режиме. Фильтры забортной воды не справились со своей задачей на практике, потому что морская вода, поступающая в количестве от 3 до 9 тыс. м³/ч, не может быть очищена от примесей только фильтрами используемой конструкции.

Для качественной подготовки масленефтедержащей воды необходимо, в первую очередь, предотвратить циркуляцию по системе очистки воды илистой грязи. Последнюю нужно откачивать из ёмкости обратной промывки фильтров в шламовую скважину.

Не следует направлять грязную воду с дренажа безопасных стоков в систему очистки масленефтедержащей воды. Необходимо своевременно менять ореховую скорлупу в фильтрах тонкой очистки.

Для решения возникшей проблемы утилизации воды предлагается пересмотр принятых технических решений и сброс нефтесодержащих вод в море с предварительной очисткой их до предельно допустимых концентраций по содержанию нефтепродуктов. Внедрение оборудования доочистки на морской ледостойкой стационарной платформе приведёт к уменьшению внутрисменного простоя добычи. При остановке системы поддержания пластового давления не будет происходить снижение добычи нефти, что значительно улучшит экономические показатели добычи на протяжении всего периода эксплуатации платформы. При этом борьба с органическими примесями и илом должна осуществляться на этапе забортной воды на фильтрах грубой очистки.

Сброс сточных вод в море подразумевает отказ от декларации «нулевого сброса в море», из-за которой имеются существенные технологические проблемы помимо утилизации балластных вод, и их можно избежать при строительстве новых платформ в процессе освоения шельфовых месторождений. По истечении шестилетней эксплуатации морской ледостойкой стационарной платформы стало понятно, что принцип «нулевого сброса» не стоит применять на новых морских платформах.

Ключевые слова: нефтяное месторождение, морская платформа, утилизация воды, органические примеси, фильтр, «нулевой сброс», «мокрое» хранение

Для цитирования: Хуснутдинов Л. З., Мугатабарова А. А., Хафизов А. Р. Опыт работы системы утилизации воды на морской ледостойкой нефтедобывающей платформе // Проблемы сбора, подготовки и транспорта нефти и нефтепродуктов. 2022. Вып. 1 (135), С. 127-140. <http://doi.10.17122/ntj-oil-2022-1-127-140>.

Original article

EXPERIENCE OF OPERATING A WATER DISPOSAL SYSTEM ON AN OFFSHORE ICE-RESISTANT OIL PLATFORM

Lenar Z. Khusnutdinov¹, Albina A. Mugatabarova², Ayrat R. Khafizov³

^{1, 2, 3}Ufa State Petroleum Technological University, Ufa, Russia

¹lzkh1177@mail.ru

²mugatabarova@mail.ru

³hafizov57@mail.ru

Corresponding author: Albina A. Mugatabarova, mugatabarova@mail.ru

Abstract. The paper presents an oil-producing offshore ice-resistant stationary platform, on which a declaration of «zero discharge» of water into the sea is in force, according to which sewage, domestic water, food waste and effluent are processed, cleaned and pumped into a reservoir pressure maintenance system or a sludge well. The platform has a system of «wet» storage of oil production, in which oil in reservoirs - storage tanks is supported from below by ballast water to avoid the absence of a gas layer in the reservoir and thus exclude the formation of an explosive environment. A description of an offshore ice-resistant stationary oil-producing platform and its components is given.

The ballast water system is designed to maintain pressure in storage tanks and constantly fill them with liquid, the pressure of oil export pumps, as well as to prevent the occurrence of excess pressure due to a constant level in the ballast water pressure tank. Prepared outboard sea water is used as ballast water. There was a problem of ballast water disposal on the platform due to the fact that, due to impurities, they became unsuitable for injection into injection wells. In the fourth year of operation of the oil-and-oil water treatment system, impurities were also found in the ballast water at the outlet of the fine filters.

Laboratory analysis showed that the sediment is silt: the sample contains only organic remains of algae. Silt in the ballast water

was discovered because the sea water filters, made of metal wire and installed in front of the tank of prepared sea water for use in tanks as ballast, were removed, as they became clogged and had to be washed around the clock. Sea water filters have not coped with their task in practice, because sea water entering in an amount of 3 to 9 thousand m³ / h cannot be purified from impurities only by filters of the used design.

For high-quality preparation of oil-oil-containing water, it is necessary, first of all, to prevent the circulation of silt mud through the water purification system. The latter must be pumped out of the filter backwash tank into the sludge well.

Dirty water from the safety drain should not be directed to the oil-and-oil water treatment system. It is necessary to change the nutshells in fine filters in a timely manner.

To solve the problem of water utilization, it is proposed to revise the adopted technical solutions and discharge oil-containing waters into the sea with their preliminary purification to the maximum permissible concentrations for the content of oil products. The introduction of post-cleaning equipment on an offshore ice-resistant fixed platform will lead to a decrease in intra-shift production downtime. When the reservoir pressure maintenance system is stopped, there will be no decrease in oil production, which will significantly improve the economic performance of production throughout the entire period of platform operation.

At the same time, the fight against organic impurities and sludge should be carried out at the stage of outboard water on coarse filters.

The discharge of sewage into the sea implies the abandonment of the «zero discharge into the sea» declaration, due to which there are significant technological problems in addition to

the disposal of ballast water, and they can be avoided during the construction of new platforms in the process of developing offshore fields. After six years of operation of the offshore ice-resistant fixed platform, it became clear that the principle of «zero discharge» should not be applied on new offshore platforms.

Keywords: oil field, offshore platform, water recycling, organic impurities, filter, «zero discharge», «wet» storage

For citation: Khusnutdinov L. Z., Mugatabarova A. A., Khafizov Ay. R. Opyt raboty sistemy utilizatsii vody na morskoy ledostoykoj neftedobyvayushchey platforme . [Experience of Operating a Water Disposal System on an Offshore Ice-Resistant Oil Platform]. *Problemy sbora, podgotovki i transporta nefti i nefteproduktov - Problems of Gathering, Treatment and Transportation of Oil and Oil Products*. 2022, Issue 1 (135), pp. 127-140. <http://doi.10.17122/ntj-oil-2022-1-127-140>.

Рассмотрим нефтяное месторождение на шельфе, разработка и эксплуатация которого производится с морской ледостойкой нефтегазодобывающей стационарной платформы (МЛСП). Действующий фонд скважин составляет 24 скважины, из которых 14 добывающих, 8 нагнетательных, 1 специальная шламовая, ведётся бурение 15-ой добывающей скважины. Уровень добычи нефти с МЛСП в среднем составляет около 11 тыс. т/сут.

На МЛСП построены и оборудованы системы бурового, технологического, энергетического комплексов, комплексов связи и системы навигации, автоматизированной системы управления безопасностью и производством, обеспечения жизнедеятельности на платформе и механического оборудования, системы службы капитана, т.е. на платформе одновременно ведётся бурение, добыча, подготовка нефти и газа, компримирование газа, функционирование систем технологического

и топливного газа, подготовки пластовой и очистки маслонефтесодержащей воды (МНСВ), систем хранения и закачки химвеществ, аминовой очистки газа от сероводорода, закачки воды для поддержания пластового давления (ППД), факельной системы и отвода газа в атмосферу. В работе также находятся системы закрытого дренажа опасных стоков и открытого дренажа, управления устьевым оборудованием, хранения нефти и отгрузки её на танкер, подготовки балластной воды. Все эти системы относятся к основному производству.

При запуске платформы и бурении первой добывающей скважины не все системы были запущены в работу сразу, их запускали по мере необходимости [1]. Например, система аминовой очистки попутного газа от сероводорода была запущена в работу только через два года, потому что растворимый в пластовой воде сероводород появился в системе подготовки нефти и газа, когда первая пробу-

ренная добывающая скважина начала обводняться. Система ППД была запущена после ввода первой нагнетательной скважины в конце первого года эксплуатации месторождения.

Для предотвращения загрязнения окружающей среды технологической схемой предусмотрено использование для технологических нужд заборную морскую воду и пластовую воду, отделяемую в процессе подготовки нефти, закачивать в пласт. Проект строительства и эксплуатации платформы основан на декларации «нулевого сброса в море», согласно которой сточные, бытовые воды, пищевые отходы и стоки перерабатываются, очищаются и закачиваются в систему ППД или шламовую скважину [2].

В специальную шламовую скважину, пробуренную после первой добывающей скважины, утилизируются буровая шламовая суспензия и вода после системы очистки маслонефтесодержащей воды.

Особенностью МЛСП является осуществление системы «мокрого» хранения нефти, при которой нефть в резервуарах - танках-хранилищах объёмом 12000 м³ находится поддерживаемая снизу балластной водой для отсутствия газовой прослойки в резервуаре, что исключает образование любой взрывоопасной среды. Система балластной воды предназначена для поддержания давления в танках-хранилищах и постоянного их заполнения жидкостью, напора насосов отгрузки нефти, а также предотвращения возникновения избыточного давления за счёт постоянного уровня в напорной ёмкости балластной воды. В качестве балластной воды используется подготовленная заборная морская вода. Забор воды производится из срединного слоя моря, где попадание взвешенного материала с поверхности воды и со дна сведено к минимуму. Поверхностные слои характеризуются сезонными периодами «цветения», а донные слои могут содержать неорганические примеси, поднимаемые волновой активностью и течениями [3].

Нефть из скважин поступает в эксплуатационный манифольд и далее в сепаратор 1

ступени, где параллельно работает замерной сепаратор, затем в сепаратор 2 ступени, в коагуляторы, в стриппинг-колонну, а затем в танки-хранилища нефти. Нефть, подаваемая в танки, вытесняет балластную воду, изначально заполнявшую их. По мере добычи нефти и её подачи в танки, балластная вода откачивается из них в систему очистки маслонефтесодержащей воды, где она проходит очистку прежде чем поступить в систему ППД.

В режиме отгрузки нефти на челночный танкер нефть вытесняется балластной водой, которая самотёком поступает из напорной ёмкости балластной воды в танки-хранилища. Продолжительность загрузки танкера, пришвартованного бесконтактно к МЛСП, нефтью составляет 8-9 ч.

Вытесненную морскую балластную воду из танков в полном объёме нужно утилизировать. Система «мокрого» хранения добытой нефти предполагает, что утилизации в систему ППД подлежит количество вытесненной из танков балластной воды, равное количеству добытой и закаченной нефти в танки хранения.

До ввода скважин ППД балластную воду отгружали на специально арендованный танкер для передачи её на очистные сооружения берегового терминала. Стоимость такого способа утилизации составила сотни миллионов рублей за квартал.

Закачка воды в пласт для ППД

Важно постоянно соблюдать баланс объёма добытой нефти и объёма закачки в пласт балластной воды, вытесненной из танков. Объём закачиваемой воды в нагнетательные скважины не может быть меньше объёма поступающей нефти в танки хранения. Но, как показала практика эксплуатации месторождения, постоянно соблюдать последнее условие невозможно.

Оказалось также, что нужна буферная ёмкость со свободным объёмом, которой стал один из 12-ти нефтяных танков-хранилищ в основании МЛСП. Необходимость

в буферной ёмкости возникла на случай нештатной ситуации в системе закачки воды в пласт, например, выхода из строя насосов, неполадки электрических трансформаторов, проблем с коррозией и прочее [4]. Допустим, если потребуются ремонт деаэратора, то придётся останавливать добычу нефти. Это приведёт к остановке газотурбинного генератора и огневых подогревателей, работающих на попутно-добываемом газе, тогда неизбежен переход на дизельное топливо и решение прочих вопросов. Чтобы не останавливать добычу нефти пока устраняются неполадки и запускают систему ППД вытесненную воду из танков необходимо накапливать в буферном танке.

Система закачки воды в пласт начинается с вакуумного деаэратора, расположенного на главной палубе. В него поступает балластная вода из танков хранения нефти, пластовая вода из системы подготовки пластовой воды, вода из системы очистки МНСВ, вода из дренажа опасных стоков и вода из дренажа безопасных стоков.

Под воздействием ингибитора поглощения кислорода и при работающих вакуумных инжекторных насосах в деаэраторе происходит дегазация закачиваемой воды в пласт.

Далее вода поступает в насосы, один из которых находится в постоянной работе, а другой - в резерве. После этих насосов вода под давлением 7,0 МПа поступает на другие насосы большей мощности, откуда под давлением 23,3 МПа и температурой 32 °С закачивается в скважины.

С технологических позиций закачка пластовой воды в родной пласт наиболее приемлема, т.к. она не отличается от вод в пласте, и смешивание их не вызывает никаких осложнений, тем более, что пластовые воды обладают более высокими моющими свойствами, чем морская [3].

Шестикомпонентный анализ проб воды с обводнённых скважин показал, что по химическому составу попутно добываемая вода аналогично той, которая утилизируется в скважины ППД из балластной системы [5].

Система очистки маслонефте содержащей воды (МНСВ) входит в основной добывающий комплекс МЛСП и предназначена для удаления маслонефте содержащих компонентов из воды, подготавливаемой для её закачки в пласт с целью ППД, также в оборудовании системы происходит удаление из воды механических примесей. Производительность системы по очистке МНСВ составляет 1072 м³/ч.

В системе очистки МНСВ производится очистка балластной воды из ёмкостей хранения нефти, подтоварной воды из уравнильного резервуара промысловой воды, загрязнённой воды из системы обратной промывки фильтров, МНСВ из ёмкостей опасных открытых стоков и безопасных открытых стоков, нефтесодержащей воды от гидроциклонов сепарации МНСВ и гидроциклона твердой фазы.

Очистка воды от нефти с начальной концентрацией до 1000 мг/л и от взвешенных частиц с начальной концентрацией частиц размером 80 мкм в системе очистки МНСВ производится в несколько ступеней.

Насосы подают воду в нагреватели, где происходит её подогрев от температуры минус 2 - плюс 8 °С до оптимальной 28-32 °С.

На первой ступени нагретая вода проходит через сепараторы первичного отделения нефти из воды, где очищается от основного количества нефти и механических примесей до остаточного содержания нефти 100 мг/л.

На второй ступени вода проходит два флотатора вторичной сепарации нефти из воды с насосами и очищается от мелкодисперсных нефтяных примесей до остаточного содержания нефти 30 мг/л (удаляется от 90 % до 98 % взвешенной нефти), а также частично дегазируется.

На ступени тонкой очистки методом фильтрации на слое ореховой скорлупы содержание нефти в воде должно снизиться до 5 мг/л и удаляться до 98 % механических примесей размером более 10 мкм. Аппаратное исполнение 3-ей ступени - четыре фильтра тонкой очистки с ореховой скорлупой и

ёмкость обратной промывки с насосами. Окончательная очистка воды от кислорода производится в вакуумном деаэраторе. Несмотря на то, что к основному потоку балластной воды периодически подмешивается МНСВ, подаваемая насосами из системы сбора открытых дренажей опасных стоков и накапливающаяся в ёмкости, а также подаваемая насосами из системы сбора открытых дренажей безопасных стоков, основной поток МНСВ - это балластная вода, откачиваемая из танков хранения нефти.

Система очистки МНСВ располагается в основании платформы, на промпалубе, мезониной и главной палубах, громоздкая, занимает четыре палубы в высоту, поэтому управление системой полностью в автоматическом режиме не представляется возможным. Для каскадного режима управления необходимо дополнительно врезать отсекающие клапаны, устанавливать электроприводы оборудования.

Описание проблемы

На четвертый год эксплуатации очистных сооружений - системы очистки МНСВ в балластной воде на выходе из фильтров тонкой очистки были обнаружены примеси. После отстаивания отобранной пробы воды наблюдалось выпадение осадка, полностью покрывавшего дно колбы.

Лабораторный анализ показал, что осадок представляет собой ил: проба содержит только органические остатки водорослей. Ил в балластной воде обнаружен потому, что фильтры забортной воды (рисунок 1), выполненные из металлической проволоки и установленные перед ёмкостью подготовленной морской воды для использования её в танках в качестве балласта, удалили, так как они засорялись, и приходилось поочерёдно их промывать в круглосуточном режиме. Фильтры забортной воды не справились со своей задачей на практике, потому что очистка мор-

ской воды, поступающей в количестве от 3 до 9 тыс. м³/ч, от примесей не может быть основана только на фильтрации через металлическую проволоку. Несмотря на то, что системой очистки МНСВ на платформе предусмотрено три ступени очистки балластных вод после танков: первая ступень - сепараторы первичной очистки, вторая ступень - флотаторы, третья - фильтр тонкой очистки из ореховой скорлупы, на выходе имелась вода с содержанием ила, который в большом количестве собирался в фильтрах тонкой очистки. Было решено промывать загрязнённые илом фильтры из ореховой скорлупы. Так как их очистка выполняется обратной промывкой, то ил снова попадал в систему очистки МНСВ. Количество ила в воде стало превышать то количество, при котором система очистки МНСВ может работать в штатном режиме. Промывку фильтров тонкой очистки из ореховой скорлупы стали выполнять до 10 раз в сутки механически, что потребовало дополнительных трудозатрат. Кроме этого, бытовые стоки с жилого модуля также направляются в систему очистки МНСВ, что привело систему к заражению бактериями (рисунок 2).

Таким образом, почти круглосуточно осуществлялась промывка фильтров забортной воды, выполненных из металлической проволоки, а после их удаления пришлось столкнуться с очень частой промывкой фильтров тонкой очистки, выполненных из ореховой скорлупы.

Если станет невозможным промывать фильтры тонкой очистки, существует вероятность остановки добычи нефти на платформе. Очистка насосов, откачивающих воду в шламовую скважину из ёмкости обратной промывки фильтров, выявила необходимость очистки и этой ёмкости. Илистый осадок из ёмкости обратной промывки фильтров не откачивается в шламовую скважину до 48 ч, так как в эту скважину утилизируется буровые растворы.



Рисунок 1. Фотография фильтров забортовой воды
Figure 1. Photo of seawater filters



Рисунок 2. Фотография сепаратора первой ступени системы очистки МНСВ
с колониями бактерий
Figure 2. Photo of the first stage separator for the oil-and-oil water treatment system
with bacterial colonies

В связи с этим ил циркулирует по кругу системы очистки МНСВ, также загрязнена слоем ила высотой до 60 см ёмкость дренажа опасных стоков. После промывки значительно загрязнённых фильтров тонкой очистки при откачке осадка дежурили представители подразделения газобезопасности с контролем перерывов работ и проветривания зон от загазованности сероводородом от затхлой илистой воды. Показания датчика сероводорода около ёмкости шламовой системы имели значения более 20 мг/м^3 .

Необходимо предусмотреть подачу хлора в поток воды на первую ступень сепарации, чтобы очистить от органических отложений внутреннюю поверхность сепараторов, а безопасные стоки перевести на некоторое время в режим пожарного слива в море. В фильтрах тонкой очистки системы МНСВ при подаче бактерицида наблюдается падение давления. Хлор должен очистить сепараторы, флотаторы, после чего они, очистившись от ила, начнут работать по своему назначению - будет удаляться плёнка нефти с уравнильной ёмкости.

Без стерилизации морская микроорганка, увеличиваясь, может блокировать систему «оборудование - трубопроводы - пласт - скважина», а аэробные и анаэробные бактерии, размножаясь без помех, могут привести к закупорке пласта [3].

Производство хлора из морской воды путём электролиза, где бактерицид получается в удобной форме разбавленного раствора гипохлорита, устраняет необходимость в доставке и использовании газообразного хлора на МЛСП.

Для решения проблемы утилизации илистой грязи предлагалось при операции отгрузки нефти продолжительное время удерживать танкер для возможности остановки закачки балластной воды в шламовую скважину, чтобы произвести закачку илистой грязи из ёмкости обратной промывки фильтров.

Был опыт, когда илистый осадок из дренажа опасных стоков и ёмкости обратной промывки фильтров в объёме 70 м^3 отгрузили на многофункциональное ледокольное судно

(МФЛС). При этом присутствовал сероводородный запах, и если бы на судне сработали сероводородные датчики, то дальнейшая передача ила на МФЛС стала бы невозможной. В связи с этим в ёмкость обратной промывки фильтров и ёмкости дренажа опасных стоков вне графика добавляется бактерицид в количестве 30-40 л.

Итак, наличие ила в балластной воде после системы очистки МНСВ не позволяет использовать её для закачки в нагнетательную скважину, поэтому балластную воду с целью её утилизации закачивали в шламовую скважину в триасовые отложения. Поскольку утилизация суспензии шлама и бурового раствора при бурении скважины не может происходить одновременно с утилизацией балластной воды, то этот процесс препятствовал работе буровой бригады, также предполагалось, что закачка воды в шламовую скважину сверх нормы негативно скажется на характеристиках поглощающего горизонта и может привести к осложнениям в процессе бурения новых скважин. Если в шламовую скважину будет производиться закачка балластной воды, то возникает проблема утилизации илистой грязи, загрязнённой воды с безопасных стоков и опасных стоков расходом более $250 \text{ м}^3/\text{сут}$.

Вопрос утилизации балластной воды после системы очистки МНСВ актуален.

Поступило предложение периодически отстаивать и сливать илистый осадок из ёмкости обратной промывки фильтров в еврокубы по дренажной линии без задействования шламовой скважины, а загрязнённую воду откачать насосом в дренаж опасных стоков. Работы производить с контролем распространения сероводорода.

Но заполненные илом еврокубы вывозить на берег дорого, поэтому предложен следующий способ очистки ёмкости обратной промывки фильтров: снять сетки с фильтров винтовых насосов так, чтобы илистый осадок продвигался в ёмкость буровых сточных вод - шламовую систему.

Этот способ был согласован со службой механиков МЛСП для гарантии исправности

винтовых насосов при снятии сетки с фильтров. В технологической документации указано об их предназначении пропускать сквозь себя грязевые массы.

Из ёмкости обратной промывки фильтров илистая грязь в настоящее время направляется в шламовую скважину на постоянной основе. Если шламовая скважина занята под утилизацию буровых растворов, то периодически сливают ил в еврокубы. Шламовая скважина пробурена в пласты триасовых отложений, которые имеют меньшую глубину, чем продуктивный горизонт – ориентировочно 2200 м. По проекту разработки месторождения предусмотрено закачать в шламовую скважину 25 тыс. м³ жидкости за весь период эксплуатации месторождения – 25 лет. На сегодняшний день уже закачено 13 млн м³ жидкости.

Когда не было скважин для ППД, проблема с утилизацией 200 тыс. м³ балластной воды была решена транспортировкой её в порт ближайшего города с помощью танкеров. Из порта балластную воду транспортировали до очистного завода. Учитывая значительное расстояние МЛСП до порта (почти 1000 км), за время строительства первой нагнетательной скважины затраты на аренду танкеров, транспортировку воды и её очистку составили более 0,8 млрд руб.

Необходимо также учитывать, что при отгрузке воды при сложной ледовой обстановке существует риск столкновения судна с платформой.

Практика вывоза балластной воды на корабли показала, что во льдах очень опасно швартоваться с МЛСП. Ледовая обстановка вокруг платформы осложнена постоянными течениями.

Были случаи, когда при отгрузке нефти танкер могло снести течением на платформу. Танкер успел отстегнуть шланг устройства по отгрузке нефти и бросить его без стравливания нефти и продувки азотом.

На шланговой станции отгрузки-погрузки при швартовке во льдах с МФЛС есть вероятность критического натяжения шланга. Это может привести к разрыву само-

го шланга системы отгрузки и загрязнению окружающих вод [6, 7].

Был период, когда добыча нефти не была осуществлена на заданном уровне, поскольку гидрометеорологические условия в море не позволяли отгрузить балластную воду на МФЛС. Тогда останавливали электроцентробежные насосы и переводили скважину на фонтанирование. Снижение добычи нефти составило 1000 т/сут, что привело к уменьшению прибыли на 600 млн руб.

Таким образом, из-за декларации «нулевого сброса» компания несёт огромные денежные затраты и имеет риски в части безопасной эксплуатации платформы. Проще и дешевле сбрасывать в море воду после систем очистки и доочистки. Возникает вопрос: так ли важна декларация «нулевого сброса» на платформе? К тому же не следует производить закачку в поглощающие горизонты вытесняемой из танков-хранилищ балластной воды, так как существует риск преждевременного обводнения пласта. В начальный период добычи нефти на МЛСП за полтора месяца было закачено 23 тыс. м³ воды. При создаваемой значительной депрессии на пласт давление на забое скважин упало за год эксплуатации со значения 187 атм до 177 атм – всего на 10 атм.

Для качественной подготовки МНСВ необходимо, в первую очередь, предотвратить циркуляцию по системе очистки воды илистой грязи. Последнюю нужно откачивать из ёмкости обратной промывки фильтров в шламовую скважину. Не следует направлять грязную воду с дренажа безопасных стоков в систему очистки МНСВ. Необходимо своевременно менять ореховую скорлупу в фильтрах тонкой очистки.

Во-вторых, на МЛСП предлагается создание буферной ёмкости с целью недопущения остановки добычи при остановке системы ППД. В случае нештатной ситуации вытесняемую балластную воду необходимо сливать с других танков в буферный танк-хранилище.

В-третьих, важным является следующее. Борьба с органическими примесями и

илом должна осуществляться на этапе заборной воды на фильтрах грубой очистки, так как по проекту предусмотрена промывка этих фильтров.

В-четвёртых, разработать схему сброса балластной воды в райзерную ёмкость, отказавшись от декларации «нулевого сброса». Если это невозможно, тогда дополнить проект и очищенную балластную воду с танков хранения отправлять напрямую в деаэратор в обход системы очистки МНСВ.

Лабораторный анализ показал, что концентрация нефтепродуктов в воде составляет 12 мг/л.

Сброс воды после системы очистки МНСВ с такой концентрацией нефтепродуктов в водоёмы недопустим, так как значение предельно допустимой концентрации (ПДК) нефтепродуктов в воде составляет не более 5 мг/л. В Норвегии, например, разрешён сброс очищенной МНСВ в море при концентрации не более 30 мг/л, что является менее жёстким нормативным требованием.

Предлагаемое решение - сброс очищенной от нефтепродуктов балластной воды в море с условием обеспечения экологической безопасности и минимизации негативного воздействия на морскую среду.

Следовательно, необходимо довести концентрацию нефти в воде до ПДК - 5 мг/л. Так как в процессе эксплуатации морской платформы выяснилось, что система очистки МНСВ не справляется с этой задачей, необходимо дополнить её современными установками, обеспечивающими очистку вод до параметров, позволяющих их сброс в морскую среду [8].

В схеме доочистки воды должно уделяться внимание особенностям морской добычи и требованиям по размеру и весу и, разумеется, стоимости оборудования с целью достижения надёжной работы с необходимыми параметрами.

Устройство очистки можно разместить на фланцевом соединении сброса балластной воды в райзерную ёмкость устья скважин. Имея систему очистки, дополнительный проект на доочистку балластной воды и его вне-

дрение, можно перейти на полный сброс вытесняемой из танков воды в райзерную ёмкость, без остановки добычи нефти.

Сброс воды в море позволит сберечь систему мойки танков-хранилищ, которая работает не по назначению: вышло из строя верхнее управление погружного насоса из-за наработки гидравлической станции более 2140 ч, а также были проблемы с регулятором давления на панели.

Внедрение оборудования доочистки балластной воды на платформе с целью дальнейшего сброса очищенной воды в море приведёт к сокращению грузовых операций на МЛСП и затрат на аренду танкеров для вывоза балластной воды на береговой терминал.

При неблагоприятной ледовой обстановке исключаются риски столкновения МФЛС с МЛСП. Но возникает необходимость в долгой процедуре переоформления декларации о нулевом сбросе.

Внедрение оборудования доочистки приведёт к уменьшению внутрисменного простоя добычи. При остановке системы ППД не будет происходить снижение добычи нефти, что значительно улучшит экономические показатели добычи нефти на протяжении всего периода эксплуатации платформы. Но необходимы разработка дополнительного проекта доочистки вод и закупка оборудования на сумму порядка 60 млн руб.

Внедрение дополнительного оборудования позволит геологической службе решать непосредственную задачу - компенсацию ППД, не отвлекаясь на задачу утилизации воды. Но необходимо пройти дополнительную процедуру получения экологической экспертизы.

Внедрение оборудования доочистки предполагает, что сброс очищенной воды будет производиться в райзерную ёмкость, а не сразу в море. В этом случае минимизируется сброс нефтепродуктов, т.к. создаётся двойная защита от сброса нефтепродуктов в море. Но экологические риски всё-таки существуют [9].

Выводы

Декларация «нулевого сброса в море» приносит дополнительные денежные затраты и работу нескольким службам на платформе. Проблема утилизации балластной воды на платформе решена не в достаточной степени. Необходимо либо круглосуточно уделять внимание очистке фильтров забортной воды, либо внедрять дополнительное оборудование для доочистки воды.

Из-за декларации «нулевого сброса в море» периодически происходят сбои в системе переработки и утилизации бытовых сточных вод. Выходит из строя система канализационных стоков - засорения и отказ работы модуля переработки пищевых остатков. При этом рядом с платформой постоянное дежурство несут 3-4 многофункциональных судна снабжения, оборудованные комплек-

сами аварийных устройств на случай непредвиденных ситуаций или разливов нефти, а также нефтяной танкер. Курсирующие суда отходы утилизируют в море. Считается, что при сильных течениях в данном районе моря экологического вреда этим не наносится.

В российских стандартах и правилах федерального уровня определение принципа «нулевого сброса» отсутствует, но широко применяется в корпоративных стандартах. Проблемы из-за декларации «нулевого сброса» существенные, и их можно избежать при строительстве новых платформ в процессе освоения шельфовых месторождений. По истечении шестилетней эксплуатации МЛСП и появления технологических проблем за этот период стало понятно, что принцип «нулевого сброса» не стоит применять на новых ледостойких морских стационарных платформах.

Список источников

1. Лобанов А.В., Мирзоев Ф.Д., Архипова О.Л., Богатырева Е.В. Мобильная ледостойкая буровая установка для круглогодичного бурения куста эксплуатационных скважин // Наука и техника в газовой промышленности. 2018. № 3 (75). С. 3-9.
2. Хуснутдинов Л.З. Очистка маслонефтесодержащей воды и сброс её в море как способ утилизации балластной воды на ледостойкой стационарной нефтегазодобывающей платформе // Булатовские чтения: матер. V Международ. науч.-практ. конф. Краснодар: Издательский Дом - Юг, 2021. Т. 2. С. 124-125.
3. Гусейнов Ч.С. Новые технические решения для освоения длительно замерзающих акваторий // Восточно-Европейский научный журнал. 2019. № 18 (45). С. 17-18.
4. Полников В.В., Хафизов А.Р., Чеботарев В.В., Мугатабарова А.А. Оценка влияния состава добываемых сред и эксплуатационных условий на коррозию газопромыслового оборудования // Проблемы сбора, подготовки и транспорта нефти и нефтепродуктов. 2020. Вып. 1 (123). С. 81-94. DOI: 10.17122/ntj-oil-2020-1-81-94.
5. Мугатабарова А.А. Влияние смачиваемости карбонатных коллекторов на приемистость скважин при снижении пластовой температуры // Нефтегазовое дело. 2018. Т. 16. № 4. С. 25-30. DOI: 10.17122/ngdelo-2018-4-25-30.
6. Гусейнов Ч.С., Романчишин Г.А. К проблеме безопасности морских нефтегазопромысло-

References

1. Lobanov A.V., Mirzoev F.D., Arkhipova O.L., Bogatyreva E.V. Mobil'naya ledostoykaya burovaya ustanovka dlya kruglogodichnogo bureniya kusta ekspluatatsionnykh skvazhin [Mobile Ice-Resistant Drilling Rig for Year-Round Drilling of a Cluster of Production Wells]. *Nauka i tekhnika v gazovoi promyshlennosti - Science and Technology in the Gas Industry*, 2018, No. 3 (75), pp. 3-9. [in Russian].
2. Khusnutdinov L.Z. Ochistka masloneftesoderzhashchei vody i sbros ee v more kak sposob utilizatsii ballastnoi vody na ledostoykoi stacionarnoi neftegazodobyvayushchei platforme [Purification of Oil-Containing Water and its Discharge into the Sea as a Method of Disposal of Ballast Water on an Ice-Resistant Stationary Oil and Gas Production Platform]. *Materialy V Mezhdunarodnoi nauchno-prakticheskoi konferentsii «Bulatovskie chteniya»* [Materials of the V International Scientific and Practical Conference «Bulatov Readings»]. Krasnodar, Izdatel'skii Dom - Yug Publ., 2021, Vol. 2, pp. 124-125. [in Russian].
3. Guseinov Ch.S. Noveye tekhnicheskie resheniya dlya osvoeniya dlitel'no zamerzayushchikh akvatorii [New Technical Solutions for the Development of Long-Freezing Water Areas]. *Vostochno-Evropeiskii nauchnyi zhurnal - East European Scientific Journal*, 2019, No. 18 (45), pp. 17-18. [in Russian].
4. Polnikov V.V., Khafizov A.R., Chebotarev V.V., Mугатабарова А.А. Otsenka vliyaniya sostava

вых сооружений // Бурение и Нефть. 2008. № 7-8. С. 58-59.

7. Мирзоев Ф.Д., Богатырева Е.В. Мобильная унифицированная ледостойкая стационарная платформа для создания надводно-подводных нефтегазовых промыслов // Вестник Ассоциации буровых подрядчиков. 2020. № 1. С. 6-9.

8. Тронов В.П., Тронов А.В. Очистка вод различных типов для использования в системе ППД. Казань: Фэн, 2001. 557 с.

9. Гусейнов Ч.С., Хадеев В.Б. Преимущества эксплуатации подводных нефтегазовых сооружений в условиях арктического шельфа // Труды РГУ нефти и газа им Губкина. 2020. № 2 (299). С. 44-54. DOI: 10.33285/2073-9028-2020-2(299)-44-54.

dobyyaemykh sred i ekspluatatsionnykh uslovii na korroziyu gazopromyslovogo oborudovaniya [Assessing the Influence of Extracted Fluid and Operational Conditions on Corrosion of Gas Field Equipment]. *Problemy sbora, podgotovki i transporta nefti i nefteproduktov - Problems of Gathering, Treatment and Transportation of Oil and Oil Products*, 2020, Issue 1 (123), pp. 81-94. DOI: 10.17122/ntj-oil-2020-1-81-94. [in Russian].

5. Mugatabarova A.A. Vliyanie smachivaemosti karbonatnykh kollektorov na priemistost' skvazhin pri snizhenii plastovoi temperatury [The Effect of Carbonate Reservoir Wettability on Well Susceptibility at Reservoir Temperature Reducing]. *Neftegazovoe delo - Petroleum Engineering*, 2018, Vol. 16, No. 4, pp. 25-30. DOI: 10.17122/ngdelo-2018-4-25-30. [in Russian].

6. Guseinov Ch.S., Romanchishin G.A. K probleme bezopasnosti morskikh neftegazopromyslovykh sooruzhenii [Problem of Safety of Offshors Oil and Gas Constructions]. *Burenie i Neft' - Drilling and Oil*, 2008, No. 7-8, pp. 58-59. [in Russian].

7. Mirzoev F.D., Bogatyreva E.V. Mobil'naya unifitsirovannaya ledostoikaya stacionarnaya platforma dlya sozdaniya nadvodno-podvodnykh neftegazovykh promyslov [Mobile Unified Ice-Resistant Stationary Platform for the Creation of Surface-Underwater Oil and Gas Field Facilities]. *Vestnik Assotsiatsii burovnykh podryadchikov - Bulletin of the Association of Drilling Contractors*, 2020, No. 1, pp. 6-9. [in Russian].

8. Tronov V.P., Tronov A.V. *Ochistka vod razlichnykh tipov dlya ispol'zovaniya v sisteme PPD* [Treatment of Various Types of Water for Use in the RPM System]. Kazan, Fen Publ., 2001. 557 p. [in Russian].

9. Guseinov Ch.S., Khadeev V.B. Preimushchestva ekspluatatsii podvodnykh neftegazovykh sooruzhenii v usloviyakh arkticheskogo shel'fa [Advantages of Underwater Platforms in Arctic Shelf Conditions]. *Trudy RGU nefti i gaza im Gubkina - Proceedings of Gubkin Russian State University of Oil and Gas*, 2020, No. 2 (299), pp. 44-54. DOI: 10.33285/2073-9028-2020-2(299)-44-54. [in Russian].

Информация об авторах

• Хуснутдинов Ленар Зульфатович
Уфимский государственный нефтяной
технический университет
Старший преподаватель кафедры «Разработка
и эксплуатация газовых
и нефтегазоконденсатных месторождений»
Россия, 450064, Уфа, ул. Космонавтов, 1
e-mail: lzkh1177@mail.ru

Information about the authors

• Khusnutdinov Lenar Z.
Ufa State Petroleum Technological University
Senior Lecturer of Oil and Oil & Gas Condensate
Field Development and Operation Department
1, Kosmonavtov str., Ufa, 450064, Russia
e-mail: lzkh1177@mail.ru

• Мугатабарова Альбина Акрамовна, канд. техн. наук
Уфимский государственный нефтяной технический университет
Доцент кафедры «Разработка и эксплуатация газовых и нефтегазоконденсатных месторождений»
Россия, 450064, Уфа, ул. Космонавтов, 1
e-mail: mugatabarova@mail.ru

• Mugatabarova Albina A., Candidate of Engineering Sciences
Ufa State Petroleum Technological University
Assistant Professor of Oil and Oil & Gas Condensate Field Development and Operation Department
1, Kosmonavtov str., Ufa, 450064, Russia
e-mail: mugatabarova@mail.ru

• Хафизов Айрат Римович, д-р техн. наук, доцент
Уфимский государственный нефтяной технический университет
Профессор кафедры «Разработка и эксплуатация газовых и нефтегазоконденсатных месторождений»
Россия, 450064, Уфа, ул. Космонавтов, 1
e-mail: hafizov57@mail.ru

• Khafizov Ayrat R., Doctor of Engineering Sciences, Associate Professor
Ufa State Petroleum Technological University
Professor of Oil and Oil & Gas Condensate Field Development and Operation Department
1, Kosmonavtov str., Ufa, 450064, Russia
e-mail: hafizov57@mail.ru

Статья поступила в редакцию 14.11.2021; одобрена после рецензирования 20.12.2021; принята к публикации 10.01.2022.

The article was submitted 14.11.2021; approved after reviewing 20.12.2021; accepted for publication 10.01.2022.