УДК 553.982.2

В.П. Малюков, В.Д. Федин

ЗАЩИТА ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ ПРИ РАЗРАБОТКЕ ПРИРАЗЛОМНОГО НЕФТЯНОГО МЕСТОРОЖДЕНИЯ НА ШЕЛЬФЕ ПЕЧЕРСКОГО МОРЯ

Проанализированы различные элементы техногенного воздействия на окружающую среду при разработке Приразломного нефтяного месторождения на шельфе Печерского моря с использованием морской ледостойкой платформы. Глубина моря на точке бурения (19,2 м) позволяет осуществлять строительство скважин с установленной в центральной части месторождения морской ледостойкой платформы (МЛСП) «Приразломная», которая представляет собой многофункциональный комплекс, обеспечивающий все операции по разработке месторождения (бурение и эксплуатация скважин, добыча нефти и газа, хранение нефти, прямая отгрузка нефти на танкеры). Общий объем технологических отходов от строительства на месторождении 35 скважин составляет не более 142 755 м^3. В условиях рациональной организации процесса и соблюдения технологии закачки, данное количество отходов может быть захоронено с использованием одной нагнетательной скважины. Защита окружающей среды от загрязнений, которые могут образовываться на МЛСП, обеспечивается следующими конструктивными решениями: установкой закрытой дренажной системы опасных стоков, предназначенной для сбора стоков из всего технологического оборудования, находящегося под давлением. Проведена оценка воздействия объекта на окружающую среду физических факторов. К физическим факторам воздействия относят: акустическое; тепловое излучение; электромагнитное поле и ионизирующее излучение. Воздействие физических факторов на окружающую среду ожидается незначительным по своей интенсивности.

Ключевые слова: арктический шельф, морская ледостойкая платформа, скважина, бурение, поддержание пластового давления, нефтедобыча, защита окружающей среды.

DOI: 10.25018/0236-1493-2018-5-0-95-101

Арктический шельф является самым богатым регионом мира по совокупным объемам нефти и газа.

«Газпром нефть» ввела в строй четыре новые скважины (две добывающие и две нагнетательные) на Приразломном месторождении в Печорском море — первом российском нефтегазовом проекте на шельфе Арктики. Проходку выполнила российская компания «Газпром бурение». Общая протяженность всех четырех новых скважин составляет более 19 км.

Приразломное нефтяное месторождение (ПНМ) расположено на шельфе Печорского моря в 58 км к северо-западу от Варандея, в 250 км от речного порта «Нарьян-Мар» и в 980 км от морского порта Мурманска [1].

В зимнее время температура воздуха в регионе достигает (-50° С), а толщина льда — 1,6 м. Это накладывает на ком-

ISSN 0236-1493. Горный информационно-аналитический бюллетень. 2018. № 5. С. 95–101.
© В.П. Малюков, В.Д. Федин. 2018.

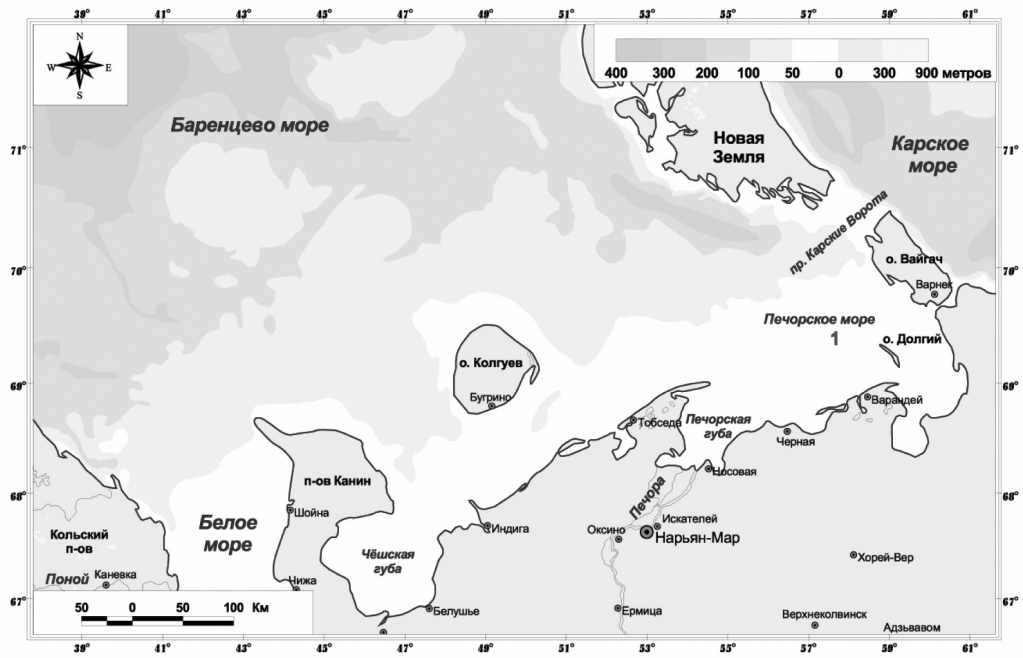

Рис. 1. Месторасположение морской ледостойкой платформы: 1 — район установки платформы на Приразломном месторождении

Fig. 1. Location of the offshore ice-resistant platform: 1—Prirazlomnaya platform site

панию-оператора особые требования по обеспечению безопасности для окружающей среды.

Глубина моря на точке бурения (19,2 м) позволяет осуществлять строительство скважин с установленной в центральной части месторождения морской ледостойкой платформы (МЛСП) «Приразломная», которая представляет собой многофункциональный комплекс, обеспечивающий все операции по разработке месторождения (бурение и эксплуатация скважин, добыча нефти и газа, хранение нефти, прямая отгрузка нефти на танкеры) (рис. 1).

Для большей устойчивости к коррозии и износу стены кессона выполнены из слоя плакированной стали толщиной в 4 см, трехметровое пространство между ними заполнено сверхпрочным бетоном. Для защиты от высокой влажности и агрессивной морской среды используется специальное лакокрасочное покрытие и системы катодной и анодной защиты. Для защиты морской техники от коррозии возможно использование наномодифицированного лакокрасочного материала [8]. Для дополнительной безопасности на скважинах установлено специальное оборудование, способное на глубине надежно перекрыть подъем нефти в случае необходимости [9, 10].

МЛСП «Приразломная» сконструирована так, чтобы обеспечить максимальную безопасность нефтедобычи. Платформа рассчитана на максимальные ледовые нагрузки и способна выдержать прямой удар десятиметровой волны. От подобных воздействий «Приразломную» защищает специальная конструкция высотой 16,4 м — дефлектор, изготовленный из высокопрочной стали. Буровая вышка на МЛСП «Приразломная» надежно защищена от внешнего воздействия, что позволяет вести бурение в любую погоду

и даже выдерживать ветровую нагрузку в 51 м/с.

В эксплуатационном режиме МЛСП опирается на дно моря без дополнительного крепления. Устойчивость на грунте обеспечивается за счет собственного веса, водяного и бетонного балласта.

«Приразломная» установлена непосредственно на дне моря, а все скважины бурятся внутри нее. Таким образом, основание платформы (кессон) одновременно является буфером между скважиной и открытым морем. Запас прочности основания платформы многократно превосходит реально существующие нагрузки [4].

Продолжительность периода эксплуатации МЛСП составляет 27 лет. Бурение скважин происходит первые 9 лет.

Определяющим фактором для достижения проектного коэффициента нефтеизвлечения является применение современной системы разработки месторождения, которая соответствует его геологическим условиям (рис. 2).

Для ПНМ в качестве такой технологии определена система разработки [5], отличительными элементами которой являются:

- исключительное использование скважин с большой протяженностью стволов в пределах продуктивного горизонта;
- объединение в один эксплуатационный объект всех продуктивных подгоризонтов и их вскрытие в пределах всего разреза от кровли до подошвы.

Общий объем технологических отходов от строительства на месторождении 35 скважин составляет не более 142 755 м^3. В условиях рациональной организации процесса и соблюдения технологии закачки, данное количество отходов может быть захоронено с использованием одной нагнетательной скважины.

МЛСП оборудована замкнутой системой циркуляции и очистки буровых растворов: циркуляционная очистная система, вибросито, гидроциклонная установка, конвейерная система для транспортировки бурового шлама.

Для ведения буровых работ, исключающих загрязнение природной среды отходами бурения, предусмотрена система приготовления и закачки в пласт шламовой суспензии, которая обеспечивает измельчение выделенной из бурового раствора породы, приготовление на ее основе шламовой суспензии и закачку ее в специально предназначенный пласт.

Модернизация бурового комплекса, включает переход с буровых растворов на водной основе, на инвертно-эмульсионный буровой раствор. Это необходимо для строительства 11 наклонно направ-

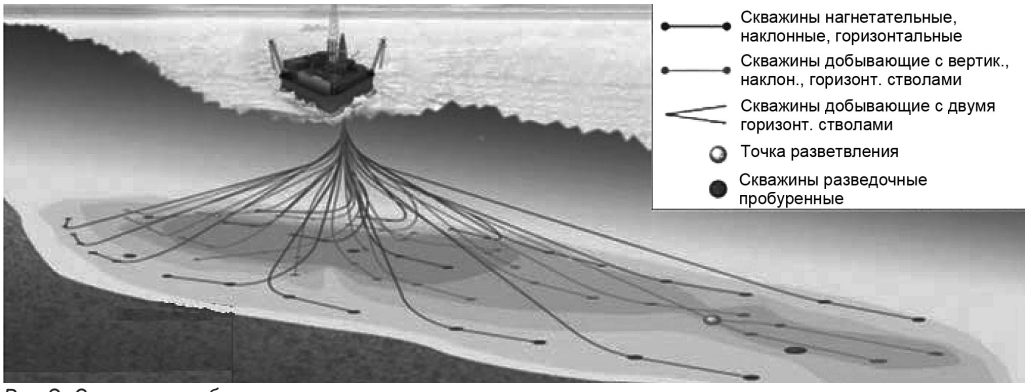

Рис 2. Схема разработки месторождения
Fig. 2. Oil operations flow chart

ленных скважин глубиной более 6 тыс. м по стволу, с горизонтальными участками до 1 тыс. м.

В ходе испытаний из скважины, пробуренной на глубину 3000 м, был получен приток нефти с запахом сероводорода, при этом максимальный дебет составил 80 м^3 в сутки. Впервые на шельфе была проведена соляно-кислотная обработка призабойной зоны скважины, как это обычно делается при работе с карбонатами пермских отложений. После проведения операции и очистки скважины получен дебит нефти 400 м^3 в сутки.

«Приразломное» — первое и пока единственное месторождение на российском шельфе Арктики, где ведется добыча нефти. Добыча ведется из трех скважин, а всего построено шесть: помимо добывающих, действуют две нагнетательных и поглощающая. К 2023 г. количество скважин увеличится до 32 (19 добывающих, 12 нагнетательных, одна поглощающая).

В течение 2012 г. платформу укрепили защитной щебне-каменной бермой (ее объем — свыше 45 тыс. куб. м), в апреле 2014 г. первая партия арктической нефти сорта ARCO отправилась к европейским потребителям. На пике добыча нефти составит 4,8 млн т в год.

Защита окружающей среды от загрязнений, которые могут образовываться на МЛСП, обеспечивается следующими конструктивными решениями: установкой закрытой дренажной системы опасных стоков, предназначенной для сбора стоков из всего технологического оборудования, находящегося под давлением.

Значительная часть береговой полосы и литорали подвержена мощному ледовому воздействию, ледовой эрозии и летнему уменьшению солености воды.

Технологический процесс добычи нефти сопровождается добычей пластовой воды, которая утилизируется закачкой в нагнетательные скважины через систему поддержания пластового давления (ППД). Дефицит воды для ППД восполняется использованием морской воды и балластной (морская вода, которая используется для замещения нефти в емкостях-хранилищах при ее отгрузке). Для южной части Печорского моря характерна пониженная соленость морских вод, в основном обусловленная стоком реки Печоры, а также водообменом с Белым морем.

На изменения проницаемости пород продуктивного пласта и коэффициента продуктивности влияет концентрация закачиваемой воды. Экспериментально установлено, что скорость растворения гипса увеличивается с увеличением концентрации NaCl в растворе и при увеличении температуры [7].

Вся вода перед закачкой в продуктивный пласт проходит соответствующую подготовку: очищается от нефтепродуктов и твердых частиц, проходит деаэрацию и тонкую очистку (фильтрацию) с целью устранения 98% твердых частиц величиной более 10 мк.

Обычно система забортной морской воды предназначена для закачки воды в систему ППД, санитарных нужд, приготовления бурового раствора и т.п.

Вода для технологических нужд забирается через специальные рыбозащитные устройства.

В штатном режиме эксплуатации МЛСП «Приразломная» воздействие на морские воды считается допустимым.

Для утилизации газов (в т.ч. углеводородных газов/паров, не используемых для выработки электрической и тепловой энергии) от технологического оборудования высокого и низкого давления предусмотрены факельные системы высокого и низкого давления соответственно.

Во время эксплуатации платформы в непосредственной близости предусматривается нахождение дежурного судна (МФЛС), несущего аварийно-спасательную вахту.

В районе Печорского моря расположены особо охраняемые природные территории (ООПТ) различного ранга — заповедники, заказники, памятники природы.

Природные условия территории расположения МЛСП и современная экологическая обстановка рассматриваются в связи с государственным природным заповедником «Ненецкий», который находится на расстоянии более 53 км от объекта и государственным региональным комплексным природным заказником «Вайгач», расположенном на расстоянии около 95 км от объекта.

На МЛСП «Приразломная» действует установка для защиты от птиц радиусом действия 3 тыс. м.

В целом, по содержанию тяжелых металлов и мышьяка, нефтепродуктов и полициклических ароматических углеводородов (ПАУ) поверхностные воды района Приразломного месторождения характеризуются как слабозагрязненные [3, 11, 12, 13].

По региону в целом обнаружено 50 видов макроводорослей или около 62% флоры юго-восточной части Баренцева моря, насчитывающей 81 вид.

Южное побережье Печорского моря относится к водно-болотным угодьям, играющим исключительно важную роль для поддержания популяций водоплавающих и околоводных птиц, и отвечает всем требованиям территорий международного значения (Рамсарская конвенция).

Воздействие на состояние воздушной среды при бурении скважин и эксплуатации МЛСП связано с работой газотурбогенераторов, вспомогательных дизель-генераторов, аварийного дизель-генератора, хранением ГСМ, пересыпкой цемента и барита, процессом приготовления буровых и тампонажных растворов, работой станков в механической мастерской, сварочными работами, с работой двигателей вертолета и судов обеспечения, осуществление транспортировкой продукции танкерным флотом, а также факельной установки при испытании скважин. Наибольший вклад в загрязнение атмосферного воздуха вносят двигатели судов и дизели главного привода газотурбинной установки.

Исследования показали, что при соблюдении природоохранных мероприятий воздействие на атмосферный воздух можно считать допустимым.

Проведена оценка воздействия объекта на окружающую среду физических факторов. К физическим факторам воздействия относят: акустическое; тепловое излучение; электромагнитное поле и ионизирующее излучение. Воздействие физических факторов на окружающую среду ожидается незначительным по своей интенсивности.

В танках-нефтехранилищах применяется «мокрый» способ хранения нефти — они всегда заполнены либо нефтью, либо водой, что исключает риск образования взрывоопасной среды [2]. Круглосуточный контроль состояния МЛСП обеспечивает специальная система датчиков, мгновенно реагирующих на изменения в ее работе.

С апреля 2014 г. европейским потребителям доставлено с Приразломного месторождения более 10 млн барр нефти нового российского арктического сорта — ARCO [6].

Защита окружающей среды считается приоритетной задачей при разработке Приразломного нефтяного месторождения на шельфе Печорского моря.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Мандель А.Я., Любин Г.П., Хмаринов Л.К., Ефремкин И.М., Рогозин М.А.* Экологическая безопасность при эксплуатации МЛСП Приразломная // Газовая промышленность. — 2013. — Спец. вып.: Экология и энергосбережение в газовой промышленности. — С. 31—34.

2. *Мордвинова А. В.* Нормирование пожарной безопасности морских стационарных нефтегазодобывающих платформ / Материалы 11-й международной конференции «Освоение ресурсов нефти и газа Российской Арктики и континентального шельфа стран СНГ — RAO CIS Offshore 2013» — Санкт-Петербург, 2013. — С. 307—311.

3. *Реферат* плана по предупреждению и ликвидации разливов нефти в оперативной зоне ответственности морской ледостойкой стационарной платформы «Приразломная». — М.: Изд-во ООО «Газпром Нефть Шельф» 2014. — 36 с.

4. *Вишневский П. И.*, *Билалов А. Д.* Технология хранения нефти в кессоне ледостойкой стационарной платформы Приразломного нефтяного месторождения // Рассохинские чтения: материалы международного семинара (6—7 февраля 2014 г.). В 2 ч. Ч. 2 / Под ред. Н. Д. Цхадая. — Ухта: УГТУ, 2014. — С. 3—7.

5. *Ануфриев С. Н.* Добыча нефти механизированным способом на шельфе — МЛСП «Приразломная» // Нефтегазовая вертикаль. — 2015. — № 17—18. — С. 92—93.

6. *Заикин И. П.*, *Кемпф К. В.*, *Набока Р. Р.* Перспективы освоения месторождений арктического шельфа РФ // Нефтяное хозяйство. — 2015. — № 11. — С. 81—83.

7. *Лебедев А. Л.* Кинетика растворения гипса в воде // Геохимия. — 2015. — № 9. — С. 828—841.

8. *Конохова Ю. Е.*, *Быков Е. Д.* Разработка Бизнес-процесса производства лакокрасочных материалов для защиты морской техники от коррозии и обрастания // Успехи в химии и химической технологии. — 2016. — Т. XXX. — № 2. — С. 50—52.

9. *WWF. 2011*. Steps for putting into operation drilling platform «Prirazlomnaya» on the shelf of the Pechora Sea.+

10. *International* Maritime Organization (IMO, 2012), Protecting the Polar Regions from shipping, protecting ships in Polar waters. Development of an international code of safety for ships operating in polar waters (Polar Code). www.imo.org/MediaCentre/Hot Topics/polar/Documents/polarcodePPT2011.pdf

11. *Nowlan, Linda* (2001), «Arctic legal regime for environmental protection», quoted by Koivurova, Timo (2011), «Limits and possibilities of the Arctic Council in a rapidly changing scene of Arctic governance.» Polar Record, vol. 46, no. 237, pp. 146—156

12. *Young Oran* The Arctic in Play: Governance in a Time of Rapid Change. International Journal of Marine and Coastal Law, 2012, vol. 24, pp. 423—442.

13. *Zysk Katarzyna* Russia's Arctic Strategy, Joint Forces Quarterly, 2010, vol. 57, 2nd Quarter, pp. 103—110. www.ndu.edu/press/lib/images/jfq-57/zysk.pdf ГИАБ

КОРОТКО ОБ АВТОРАХ

Малюков Валерий Павлович[1] — кандидат технических наук, доцент, e-mail: v.malyukov@mail.ru,
Федин Владимир Дмитриевич[1] — магистр, e-mail: k2ataka@mail.ru,
[1] Российский университет дружбы народов.

ISSN 0236-1493. Gornyy informatsionno-analiticheskiy byulleten'. 2018. No. 5, pp. 95–101.

V.P. Malyukov, V.D. Fedin

ENVIRONMENT PROTECTION IN OIL PRODUCTION AT THE PRIRAZLOMNOE FIELD ON THE PECHORA SEA SHELF

The article addresses the issues of environmental impact during oil production at the Prirazlomnoe field on the Pechora Sea shelf using a sea ice-resistant platform. The depth of water at the drilling site (19.2 m) allows well construction from the Prirazlomnaya offshore ice-resistant platform (OIRP) installed in the center of the oil field. The platform is a multi-purpose facility providing for every process operation of oil field development (drilling, production, storage, shipment). Prirazlomnaya OIRP is designed so that to ensure maximum safety of oil production. The platform is meant for bearing maximum ice forces and is capable to stand direct impact of waves 10 m high. The Prirazlomnaya

platform is protected from such attacks by a special structure with a height of 16.4 m—a deflector made of high-strength steel. The oil rig is secured from any exposure, which enables drilling in all weathers and even under wind load of 51 m/s. The safety margin of the platform exceeds greatly the actual loads. The add-on security of production wells includes special equipment to shutdown oil lifting if required. The overall volume of waste after construction of 35 wells in the field is no more than 142 755 m^3. Under efficient production management and given adherence to the pumping technology standards, the waste disposal needs a single injection well. Pollution prevention measures on OIRP include installation of a closed drain system for collecting hazardous discharges from production facilities under pressure. Environmental impact of physical factors of the platform is estimated. The physical factors include acoustic and heat emission, electromagnetic field and ionization radiation. Activity ratio of the physical factors is expected to be insignificant.

Key words: arctic shelf, offshore ice-resistant platform, well, drilling, reservoir pressure maintenance, oil production, environmental protection.

DOI: 10.25018/0236-1493-2018-5-0-95-101

AUTHORS

Malyukov V.P.[1], Candidate of Technical Sciences, Assistant Professor,
Fedin V.D.[1], Magister,
[1] Peoples' Friendship University of Russia (RUDN University),
113093, Moscow, Russia.

REFERENCES

1. Mandel' A. Ya., Lyubin G. P., Khmarinov L. K., Efremkin I. M., Rogozin M. A. *Gazovaya promyshlennost'*. 2013. Special edition. Ekologiya i energosberezhenie v gazovoy promyshlennosti, pp. 31—34.

2. Mordvinova A. V. *Materialy 11-y mezhdunarodnoy konferentsii «Osvoenie resursov nefti i gaza Rossiyskoy Arktiki i kontinental'nogo shel'fa stran SNG RAO CIS Offshore 2013»* (Proceedings of the 11th international Conference: «The development of oil and gas resources of Russian Arctic and continental shelf of CIS — RAO CIS Offshore 2013»), Saint-Petersburg, 2013, pp. 307—311.

3. *Referat plana po preduprezhdeniyu i likvidatsii razlivov nefti v operativnoy zone otvetstvennosti morskoy ledostoykoy statsionarnoy platformy «Prirazlomnaya»* (The abstract plan for the prevention and elimination of oil spills in the operational area of responsibility of the offshore ice-resistant stationary platform «Prirazlomnaya»), Moscow, Izd-vo OOO «Gazprom Neft' Shel'f», 2014, 36 p.

4. Vishnevskiy P. I., Bilalov A. D. *Rassokhinskie chteniya: materialy mezhdunarodnogo seminara (6—7 fevralya 2014 g.)*. V 2 ch, chast 2. Pod red. N. D. Tskhadaya (Russkinskie readings: materials of international seminar (6–7 February 2014), in 2 parts, part 2. Tskhaday N. D. (Ed.)), Ukhta, UGTU, 2014, pp. 3—7.

5. Anufriev S. N. *Neftegazovaya vertikal'*. 2015, no 17—18, pp. 92—93.

6. Zaikin I. P., Kempf K. V., Naboka R. R. *Neftyanoe khozyaystvo*. 2015, no 11, pp. 81—83.

7. Lebedev A. L. *Geokhimiya*. 2015, no 9, pp. 828—841.

8. Konokhova Yu. E., Bykov E. D. *Uspekhi v khimii i khimicheskoy tekhnologii*. 2016. T. XXX, no 2, pp. 50—52.

9. WWF. 2011. *Steps for putting into operation drilling platform «Prirazlomnaya» on the shelf of the Pechora Sea*.+

10. International Maritime Organization (IMO, 2012), Protecting the Polar Regions from shipping, protecting ships in Polar waters. Development of an international code of safety for ships operating in polar waters (Polar Code). www.imo.org/MediaCentre/Hot Topics/polar/Documents/polarcodePPT2011.pdf

11. Nowlan, Linda (2001), «Arctic legal regime for environmental protection», quoted by Koivurova, Timo (2011), «Limits and possibilities of the Arctic Council in a rapidly changing scene of Arctic governance.» Polar Record, vol. 46, no. 237, pp. 146—156

12. Young Oran The Arctic in Play: Governance in a Time of Rapid Change. *International Journal of Marine and Coastal Law*, 2012, vol. 24, pp. 423—442.

13. Zysk Katarzyna Russia's Arctic Strategy, *Joint Forces Quarterly*, 2010, vol. 57, 2nd Quarter, pp. 103—110. www.ndu.edu/press/lib/images/jfq-57/zysk.pdf