

# ПРОТИВОПОЖАРНАЯ ЗАЩИТА ШЕЛЬФОВЫХ ПРОЕКТОВ



**Мироньчев Алексей Владимирович,**  
Санкт-Петербургский университет ГПС МЧС России



**Потеряев Юрий Константинович,**  
Заместитель технического директора по развитию ООО «Пожнефтехим»

В СТАТЬЕ РАССМОТРЕНЫ СОВРЕМЕННЫЕ ИНЖЕНЕРНЫЕ РЕШЕНИЯ ПРОТИВОПОЖАРНОЙ ЗАЩИТЫ ДЛЯ СТАЦИОНАРНЫХ ПЛАТФОРМ НА АРКТИЧЕСКОМ ШЕЛЬФЕ. ПРЕДЛОЖЕНЫ МЕРЫ, НАПРАВЛЕННЫЕ НА СНИЖЕНИЕ ПОЖАРООПАСНОСТИ, ЗАЩИТУ ПЕРСОНАЛА И ОБЕСПЕЧЕНИЕ СТАБИЛЬНОГО ФУНКЦИОНИРОВАНИЯ ПЛАТФОРМ. В ЦЕЛЯХ ДАЛЬНЕЙШЕЙ РАЗРАБОТКИ МЕТОДОЛОГИЧЕСКОГО И ТЕРМИНОЛОГИЧЕСКОГО АППАРАТА ОБЕСПЕЧЕНИЯ БЕЗОПАСНОСТИ ПРЕДЛАГАЕТСЯ ВВЕСТИ ПОНЯТИЕ ЖИВУЧЕСТИ В ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ ПРОЦЕСС И ЭКСПЛУАТАЦИЮ СТАЦИОНАРНЫХ ПЛАТФОРМ

*THE MODERN ENGINEERING SOLUTIONS OF FIRE PROTECTION FOR CREATING OFFSHORE FIXED PLATFORMS ON THE ARCTIC SHELF ARE CONSIDERED. THE MEASURES AIMED AT REDUCING FIRE DANGER, PROTECTING PERSONNEL AND ENSURING THE STABLE FUNCTIONING OF PLATFORMS ARE PROPOSED. IN ORDER TO FURTHER DEVELOP THE METHODOLOGICAL AND TERMINOLOGICAL APPARATUS FOR ENSURING SECURITY, IT IS PROPOSED TO INTRODUCE THE NOTION OF SURVIVABILITY IN THE TECHNOLOGICAL PROCESS AND OPERATION FOR STATIONARY PLATFORMS*

Ключевые слова: морские стационарные платформы, противопожарная защита, добыча на шельфе.

Морские стационарные нефтегазодобывающие платформы характеризуют высокий уровень пожарного риска. Даже незначительный инцидент может перерасти в крупномасштабную катастрофу регионального и даже планетарного значения. По статистике, попадающей в официальные общедоступные источники, за период последних 25 лет возгорания на платформах без серьезных последствий случаются с периодичностью 1 раз в 6–7 месяцев. Пожары и взрывы, повлекшие гибель людей, происходят с периодичностью от 1,5 до 2 лет [1].

Наиболее крупной катастрофой в истории морской нефтедобычи считается взрыв и пожар на платформе Deerwater Horizon в 2010 году в Мексиканском заливе, сопровождавшийся в дальнейшем выбросом нефти из скважины. Изменение доли спектра отражения солнечного излучения и замедление испарения воды с поверхности океана из-за радужной пленки повлияло на климатообразующее течение Гольфстрим и усилило колебание «маятника» изменения климата на планете [2]. На дне океана до настоящего времени остаются отложения алифатических и ароматических нефтяных углеводородов [3].

Шельфовые нефтегазовые проекты в Арктическом регионе технологически значительно сложнее не только месторождений в теплых широтах, но и при обустройстве месторождений Северного, Норвежского или Охотского морей. Суровые природно-климатические условия требуют высокочрезвычайных, надежных и устойчивых и

РИС. 1. Платформа на месторождении им. Корчагина (слева) и им. В. Филановского (справа) в Каспийском море [5]



в то же время эффективных инженерных решений. При этом технологии освоения нефтегазовых месторождений Арктического шельфа в своем большинстве находятся на стадии разработки и стендовых испытаний. Основной терминологический аппарат практически сформировался и приобрел отличительные черты самостоятельной инженерной области. Нормативная база еще развита слабо и имеет многочисленные пробелы. Вспомогательные системы жизнеобеспечения и устойчивости функционирования, к которым относятся системы противопожарной защиты на платформе, также не отработаны и отсутствуют общепринятые типовые решения. Тем не менее современные технологии противопожарной защиты для арктических платформ существуют и развиваются параллельно с технологиями разработки месторождений.

Основными инженерными решениями обеспечения пожарной безопасности при проектировании нефтегазовых платформ являются:

1. Зонирование по функциональной пожарной опасности;
2. Деление на отсеки, секции и ограничение емкости хранения добытого сырья;
3. Выделение противопожарными преградами путей эвакуации, безопасных зон, отдельных помещений;
4. Высокая степень автоматизации технологических процессов;
5. Внедрение комплексной системы противопожарной защиты на основе барьеров безопасности [4];

6. Использование способа прокладки трубопроводов по принципу «труба в трубе»;
7. Понижение концентрации кислорода в производственных помещениях, емкостном оборудовании;
8. Применение высокоэффективных автоматических систем пожаротушения и сверххранного обнаружения возгорания;
9. Применение судов снабжения и обслуживания, оборудованных средствами спасения и системами подачи огнетушащих веществ.

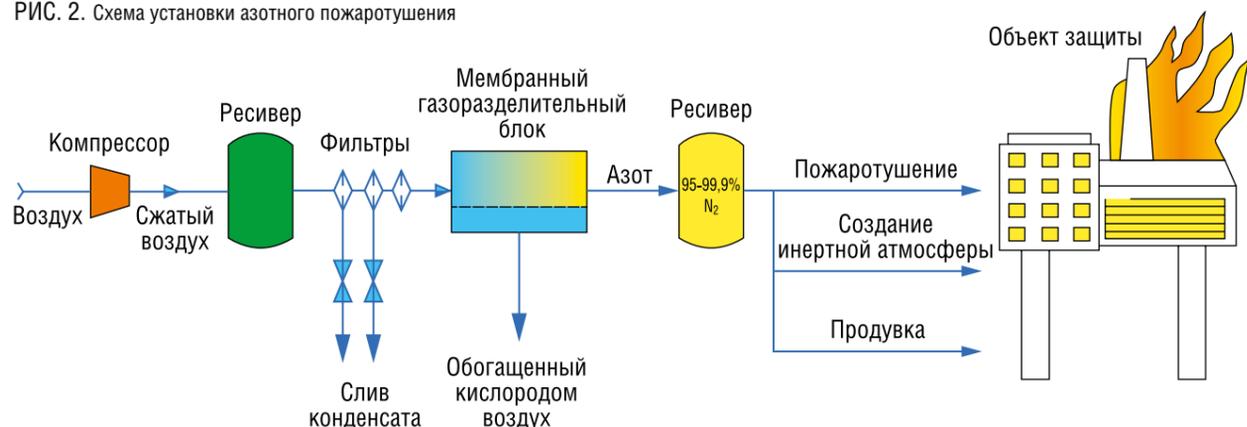
Зонирование по степени пожарной опасности технологических блоков является одним из самых эффективных способов пассивной противопожарной защиты. Наибольшими показателями в части эвакуации и спасения людей обладает схема зонирования, где территориально разнесены производственный и жилой модули на разные платформы. Такая схема широко применяется на континентальном шельфе Каспийского моря (рисунок 1) [5]. Лицензионные участки Арктического шельфа в своем большинстве имеют относительно малые глубины морского дна (до 40 м) и разделение функционально на две платформы вполне экономически оправдано. В пользу данного решения отнесется то, что для Арктических морей в настоящее время отработаны и готовы к применению технологические решения для производства и строительства в виде конструктивных островов, гравитационных морских стационарных платформ (МСП).

В условиях сплоченности ледового покрова решения для установки МСП мачтового и свайного типов или иные типы платформ для глубин более 50 м представлены только на стадии теоретических расчетов и экспериментальных модельных изысканий.

Проведено расчетное сравнение вероятности эвакуации людей – покидания платформы различными средствами спасения для виртуального проекта в Карском море. Вероятность эвакуации при помощи вертолета составляет не более 0,08. При использовании спасательных шлюпок – 0,85–0,89 при открытой ото льда воде. Эвакуация на суда обслуживания, базирующиеся в районе платформы, возможна с вероятностью до 0,75. Совокупное использование вертолетов, судов обслуживания и спасательных шлюпок повышает вероятность эвакуации до 0,90. При размещении смежно двух платформ – производственной и жилой со вспомогательными помещениями при наличии одной пешеходной галереи вероятность эвакуации составляет 0,98, при наличии двух пешеходных галерей вероятность повышается до 0,99. Анализ вероятности безопасной эвакуации людей проведен при помощи аппарата общего логико-вероятностного метода структурно сложных систем [6].

Особенностью нефтегазовых платформ является присутствие большого количества взрывоопасных помещений и зон. При этом платформы Арктического шельфа ввиду суровых природно-климатических условий выполняются закрытыми, с наружными ограждающими

РИС. 2. Схема установки азотного пожаротушения



конструкциями. Ввиду высокой плотности размещения оборудования и помещений предусматривать для взрывоопасных зон легкосбрасываемые и предохранительные противозрывные конструкции не всегда возможно. Одним из способов снижения риска возникновения взрыва является заполнение помещений флегматизирующими газами, при этом концентрация кислорода в помещении снижается. Наиболее распространенным в качестве газа флегматизатора является азот. В закрытом технологическом оборудовании, таком как емкости нефти, концентрацию азота поддерживают до 95–98%. Пониженную концентрацию кислорода можно поддерживать в помещениях с отсутствием постоянных рабочих мест и пространствах, где не требуется в рабочем режиме присутствие людей (рисунок 2). Для взрывоопасных помещений с необходимостью присутствия персонала также возможно применение газов флегматизаторов.

В основе противопожарной защиты помещений азотными установками пожаротушения лежит принцип понижения и поддержания концентрации кислорода на первом этапе на отметке 15–16% об. Данная концентрация поддерживается в помещении постоянно. Понижение концентрации кислорода в воздухе достигается путем введения в ограниченный объем помещения азота. При этом в помещение могут входить люди для выполнения регламентных мероприятий.

Работоспособность человека в условиях пониженной концентрации

кислорода в воздухе ухудшается и сопоставима по свойствам работе на отметке 2500–3000 м над уровнем моря. В обычной жизни человек также сталкивается с кислородным голоданием, возникающим вследствие понижения парциального давления кислорода во вдыхаемом воздухе, например, при полетах на самолете, где концентрация кислорода составляет примерно 16–17% об. В соответствии с рекомендациями медицинских исследований, рекомендуемая продолжительность работы в помещениях с концентрацией кислорода 15–17% об. не должна превышать 4 часов, а при концентрации 13–15% об. – до 2 часов [7].

На втором этапе, при срабатывании газоанализаторов и регистрации утечек взрывоопасных газов, система работает как классическая установка газового пожаротушения: происходит срабатывание системы оповещения, эвакуация людей и по истечении времени задержки подается дополнительное количество азота, понижая концентрацию кислорода до 10–11% об. В создавшихся условиях возникновение пожара и взрыв даже при наличии взрывоопасных газов в ограниченном объеме помещения невозможно.

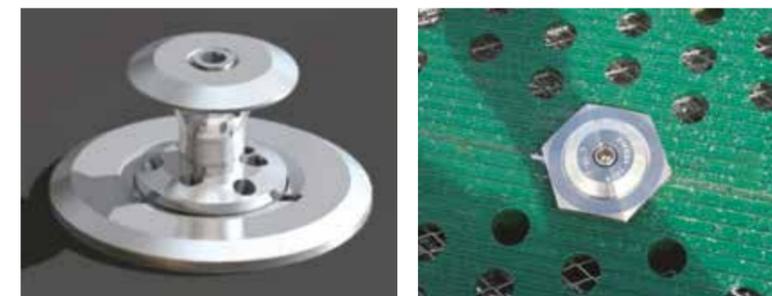
Преимуществами азотных установок предотвращения возгорания являются простота оборудования, экологичность газового огнетушащего состава, возможность получения огнетушащего состава по месту, в прямом смысле из воздуха. Кроме того, в нефтегазовой отрасли азот обязателен к применению для выполнения газоопасных и огневых работ для продувки

оборудования и трубопроводов. Исходя из особенностей технологических процессов на нефтегазовых платформах, их высокой автоматизации, постоянное присутствие обслуживающего персонала в большинстве производственных помещений не требуется, что позволяет использовать автоматические установки пожаротушения на основе применения флегматизирующих газов.

В целях автоматического пожаротушения на платформах эффективными могут также являться установки парового тушения. Пар относится к локальному по объему средству. Для создания пара требуется небольшое количество воды, следовательно, при работе установки отсутствует необходимость сбора и утилизации воды, применяемой для пожаротушения в условиях низких температур.

Основным средством пожаротушения горючих жидкостей является пена. Важным этапом при проектировании стационарных автоматических установок пенного пожаротушения является выбор структуры системы дозирования пенообразователя. Правила классификации, постройки и оборудования плавучих буровых установок и морских стационарных платформ так же, как и Международный кодекс по системам противопожарной безопасности, регламентируют общие принципы проектирования установок пенного пожаротушения. Поскольку пожар на платформе характеризуется высокой скоростью распространения, значительной вероятностью гибели персонала и

РИС. 3. Внешний вид палубных встроенных дренчерных насадков



колоссальными экономическими и экологическими потерями, одними из главных критериев установки пожаротушения являются надежность, эффективность и быстрдействие (инерционность).

Для снижения инерционности пожаротушения наиболее подходящей является распределенная структура дозирования пенообразователя. Соответственно устройство для смешения пенообразователя с водой должно находиться как можно ближе к месту возгорания. При распределенной схеме по платформе прокладываются два трубопровода – один заполнен водой, второй значительно меньшего диаметра – пенообразователем. Получение пенораствора и подача его на тушение осуществляется дозирующим устройством в непосредственной близости от защищаемого помещения.

Каждая морская платформа имеет в своем составе вертолетную площадку. Пожары воздушных судов на вертолетных площадках характеризуются стремительным развитием. Практика показывает, что критическое время свободного

развития аварийной ситуации, связанной с пожаром на вертолетной площадке, составляет порядка 2 мин. По истечении данного времени, как правило, проводить тушение и спасательные работы уже поздно. Поэтому подача огнетушащего вещества должна начинаться как можно быстрее. Документами установлено время подачи огнетушащего вещества не более чем через 60 с [8]. Защита вертолетных площадок предусматривается от стационарных систем пенного пожаротушения [8, 9]. Используют пену низкой кратности или комбинированную пену низкой и средней кратности [8]. Зарубежные нормативные документы предъявляют для защиты вертолетных площадок аналогичные требования, однако имеются некоторые отличия. Согласно NFPA 418 [10] и CAP 437 [11] для тушения вертолетных площадок предусматривают только пену низкой кратности, а в качестве пеногенераторов рекомендуют лафетные стволы, водопенные насадки, либо интегрированные в вертодром дренчерные насадки. Стандарт NORSOK standard S-001 [12] указывает, что применение

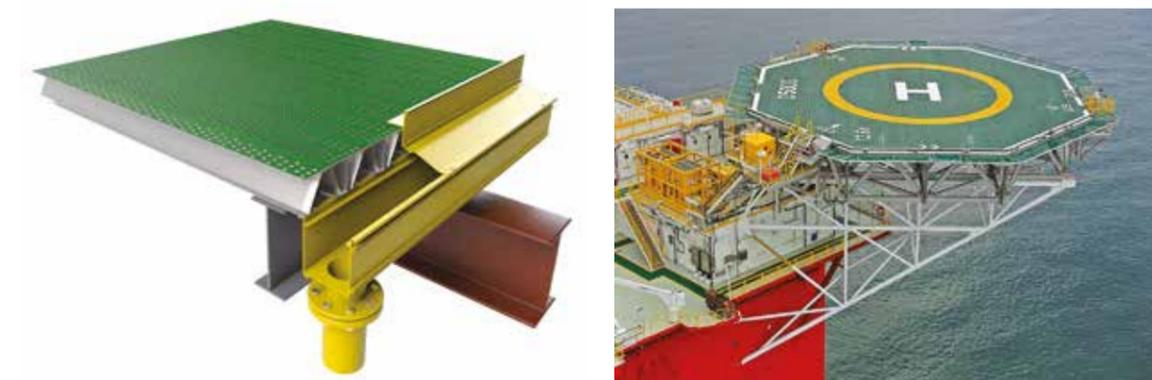
лафетных стволов должно быть обосновано невозможностью применения дренчерных насадков, интегрированных в вертодром. Документ учитывает стремительное развитие пожара и требует инерционность пуска системы пожаротушения не более 20 секунд [12].

Важнейшим из показателей, влияющим на эффективность систем пожаротушения на платформе, является их устойчивость к ветровым нагрузкам. Пена средней кратности легко сдувается даже при незначительном ветре (1–3 м/с) и, соответственно, не эффективна. Ветер также оказывает влияние на распыленную струю воды. По данным исследований, при ветре порядка 4,5 м/с дальность струи уменьшается примерно на 40% за счет сноса капель в раздробленном состоянии [13].

Другим важным аспектом при проектировании вертодромов являются большие геометрические размеры генераторов комбинированной пены или лафетных стволов и необходимость обеспечения зоны FATO (Final Approach and Takeoff area – зона конечного этапа захода на посадку и взлета). Соответственно, для тушения пожаров на вертолетных площадках платформ наиболее эффективной является установка насадков, обеспечивающих высокую плотность равномерно распределенного потока пены низкой кратности.

В зарубежной терминологии насадки, представленные на рисунке 3, получили название Deck Integrated Fire-Fighting System (DIFFS) или палубные встроенные дренчерные насадки [11, 12].

РИС. 4. Конструкция покрытия вертолетной площадки



Насадки устанавливаются по периметру вертодрома заподлицо.

Насадки работают при давлении от 0,4 МПа, что вместе с относительно малым расходом каждого насадка позволяет производить спасательные работы при действующей установке пожаротушения.

Наряду со влияющими насадками низкой инерционностью и высокой эффективностью обладают универсальные водопенные насадки.

Универсальные водопенные насадки формируют распыленную струю пены низкой кратности при рабочем давлении 0,6–1,0 МПа с несколько большим расходом, нежели палубные встроенные дренчерные насадки. Изделие представляет собой дренчерный ороситель с расширенными характеристиками (регулирование давления, настройка карты орошения) и не требует дистанционного управления.

Наибольшую опасность при пожаре представляет топливо баков вертолетов. Для максимально быстрого удаления пролитого топлива целесообразно использовать конструкцию покрытия площадки в виде просечных листов, как показано на рисунке 5. Под покрытием размещаются лотки для отвода пролитого топлива в аварийную емкость.

Система технического регулирования пожарной безопасности предъявляет также требования по горючести покрытия площадки, обеспечению путей эвакуации и их количеству, организационно-техническим и режимным мероприятиям, аналогичным для вертодромов на зданиях. Вертолётная техника широко применяется для нефтегазовых проектов в Арктическом регионе. Рассмотренные решения могут быть использованы не только для морских стационарных платформ, но на вертодромах на судах, а также на кровлях зданий и сооружений на суше.

Приведенные технические решения не являются единственными и безальтернативными. При построении систем противопожарной защиты должен быть применен обоснованный комплексный

подход. Существующая принятая парадигма безопасности опасных производственных объектов и сложных инженерных сооружений основывается на так называемом риск-ориентированном подходе или оценке рисков при различных расчетных сценариях. Современный подход к оценке рисков базируется на том, что любая чрезвычайная ситуация произойти может и оценивается, соответственно, вероятность возникновения данного события. Из множества методов оценки рисков и опасностей для нефтегазодобывающих платформ наиболее распространены методы HAZOP (Hazard and operability studies), HAZID (Hazard Identification Study), SIL (Safety Integrity Level), SWIFT (Structured What-If Techniques), LOPA (Layers of Protection Analysis). Активно внедряются методы анализа дерева неисправностей (отказов) и анализа дерева событий [4, 14], общий логико-вероятностный метод структурно-сложных систем [15]. Однако для Арктических шельфовых платформ как объекта фактически автономного принятый подход не является достаточным. Требуется меры, снижающие негативные последствия от чрезвычайных ситуаций (ЧС) и решения, обеспечивающие противостояние деструктивному воздействию, сохранение и дальнейшее восстановление свойств объекта при ЧС.

Перечисленные характеристики определяются техническим термином «живучесть», основным понятием устойчивого функционирования объектов в близкой к морским стационарным платформам отрасли – судостроении. В жизненном цикле опасных производственных объектов в нефтегазовом деле до настоящего времени не применялось такое важное свойство, как живучесть. Постепенный переход от понятий и применения надежности, оценки и управления риском, обоснования безопасности приводит к дальнейшему эволюционному развитию терминологического и методологического аппарата оценки безопасности. Применительно к нефтегазовой платформе живучесть – это ликвидация угрозы эскалации инцидента, восстановление основных функций объекта и создание условий для полного

восстановления технологического процесса за максимально короткий срок, используя минимальные силы и средства [16]. ●

**Литература**

1. Минкин Д.Ю., Мироньчев А.В., Турсенев С.А. Обеспечение пожарной безопасности нефтегазодобывающих платформ Арктического шельфа. // Проблемы управления рисками в техносфере. 2017. № 2 (42). С. 50–57.
2. Першин С.М. Механизм аномального смещения Гольфстрима в 2011 г. // Оптика атмосферы и океана. 2016. Т. 29. № 3. С. 192–199.
3. Persistence and biodegradation of oil at the ocean floor following Deepwater Horizon. Sarah C. Bagby, Christopher M. Reddy, Christoph Aeppli, G. Burch Fishere, and David L. Valentine. [Электронный ресурс]: Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America. Режим доступа: <http://www.pnas.org/content/114/1/E9.full> (дата обращения 27.11.2017).
4. Мордвинова А.В., Гордиенко Д.М., Шебеко Ю.Н., Лагозин А.Ю., Некрасов В.П. Барьеры безопасности в управлении пожарным риском для морских стационарных нефтегазодобывающих платформ. // Пожарная безопасность. 2014. № 1. С. 27–36.
5. Месторождение им. В. Филановского. [Электронный ресурс]: офиц. Сайт компании нефтяной компании Лукойл. Режим доступа: <http://www.lukoil.ru/Business/Upstream/KeyProjects/Filanovskyfield> (дата обращения: 07.12.2017).
6. Рябинин И.А. Надежность и безопасность структурно-сложных систем. – СПб.: Политехника, 2000. – 248 с.
7. Временные методические рекомендации. Медицинские мероприятия по обеспечению безопасности персонала при эксплуатации противопожарной защиты объектов на основе использования газового огнетушащего вещества. – М. НИИИ ВМ МО РФ, 2006 г. – 50 с.
8. СП 135.13130.2012 Вертодромы. Требования пожарной безопасности.
9. НД 2-020201-013 Правила классификации, постройки и оборудования плавучих буровых установок (ПБУ) и морских стационарных платформ (МСП).
10. NFPA 418 «Standard for heliports».
11. CAP 437 «Standards for offshore helicopter landing areas».
12. NORSOK standard S-001.
13. Горбань Ю.И. Пожарные роботы и ствольная техника в пожарной автоматике и пожарной охране. – М.: Пожнаука, 2013. – 352 с.
14. Мордвинова А.В., Гордиенко Д.М., Шебеко Ю.Н., Лагозин А.Ю., Некрасов В.П. Пожарная безопасность морских стационарных платформ для добычи нефти и газа на континентальном шельфе. // Инженерная защита. 2015. № 4 (9). С. 64–72.
15. Нозик А. А., Струков А. В., Можаяева И. А. Особенности программной реализации методов количественного анализа риска аварий ОПО на основе логико-вероятностного моделирования // Промышленность и безопасность. 2016. № 8 (106). С. 34–37.
16. Харченко Ю.А., Тер-Саркисов Р.М., Калашиников П.К. Критерий «живучесть» для технологических платформ на месторождениях арктического шельфа. // Территория нефтегаз. 2016. № 12. С. 82–86.

KEYWORDS: oil and gas deposits, deposits of the East European platform, Scythian plate.

# О ЧЕМ ПИСАЛ Neftegaz.RU 10 ЛЕТ НАЗАД...

## ЛУКОЙЛ на Каспии

17 января 2008 г. В. Путин на встрече с В. Алекперовым поинтересовался, как выполняется его поручение, касающееся разработки российского шельфа Каспийского моря.

«Создана инфраструктура – Астраханская верфь. На платформе в Астрахани будет работать около 600 человек. Таких платформ будет семь», – сообщил глава ЛУКОЙЛА.



Первую нефть на каспийском шельфе компания планировала получить в 2009 г., а общий потенциал этого района оценивался в 10 млн тонн нефти и 12 млрд м<sup>3</sup> газа/год.

## • Комментарий Neftegaz.RU

В 2016 г. на месторождении Филановского началась промышленная добыча. Изначально запуск планировался на 2012 г., но подвели подрядчики, особенно при строительстве ЛСП. Проблемы удалось более или менее разрешить лишь к 2016 г. На сегодняшний день на месторождении в работе находится 8 скважин – 6 добывающих и 2 водонагнетательные, а 7 декабря 2017 г. началось бурение первой добывающей скважины в рамках 2-й очереди. Кроме того, планируется закончить строительство МЛСП-2, платформы жилого модуля, переходного моста между платформами и блок-кондуктор. Все работы, кстати, ведутся на тех самых астраханских верфях.



## «Газпром» получил визу в Сербию

25 января 2008 г. Россия и Сербия заключили стратегическое межправительственное соглашение в нефтегазовой сфере на 30 лет с возможной пролонгацией.

По данному документу «Газпром нефть» без тендера купила за 400 млн евро контрольный пакет акций крупнейшей национальной сербской компании NIS. Также планировалось, что через Сербию будет проложен 400-километровый отрезок «Южного потока», а «Газпром» завершит строительство подземного газохранилища «Банатский Двор».

## • Комментарий Neftegaz.RU

Когда «Газпром нефть» приобрела контрольный пакет акций – NIS была убыточной компанией, обремененной огромными долгами. Производственные показатели падали, не инвестировались средства в геологоразведку, нефтепереработку и АЗС, но «Газпром нефти» удалось изменить ситуацию: сегодня NIS – первая по прибыльности в Сербии компания, ежегодно перечисляющая в бюджет государства более 1,3 млрд евро, имеющая один из самых современных НПЗ в Восточной Европе (в Панчево) и развивающая альтернативную энергетику. Строительство «Банатского Двора» было завершено в 2011 г, в 2014-м заполнено полностью – до 450 млн м<sup>3</sup>. А вот проект «Южный поток» по политическим причинам осуществить не удалось...

## Норвегия встала под падающую добычу

В январе 2008 г. появились опасения, что период наибольшей добычи нефти в Северном море остался позади: в 2007 г. добыча сократилось на 10%. Во многом ради того, чтобы переломить эту тенденцию, объединились две крупнейшие норвежские компании – Statoil и Hydro. Кроме того, увеличился риск падения влияния нефти марки Brent, эталоном которой является нефть Северного моря.



## • Комментарий Neftegaz.RU

Сегодня Норвегия возвращается к стабильному уровню добычи на нефтегазовых месторождениях, хотя тенденция к снижению все еще сохраняется. Так, добыча нефти в октябре 2017 г. по сравнению с сентябрем выросла на 6,6%, но по сравнению с прогнозом NPD итоги месяца оказались ниже на 4,5%. Прыгающие показатели связаны как с низкими прогнозами по разработке месторождений, так и с закрытием многих месторождений Северного моря.

Даже несмотря на то, что сейчас этот район вновь предлагает большие возможности, в т.ч. благодаря развитию новых технологий, перспективы добычи остаются смутными. ●