

УДК 331.45; 331.43

<https://doi.org/10.33619/2414-2948/49/27>

## ОЦЕНКА РИСКОВ ПРИ ПРОВЕДЕНИИ РАБОТ ПО МНОГОСТАДИЙНОМУ ГИДРАВЛИЧЕСКОМУ РАЗРЫВУ ПЛАСТА В ТПП «ПОВХНЕФТЕГАЗ» ПРИ НЕШТАТНЫХ СИТУАЦИЯХ ТЕХНОГЕННОГО ХАРАКТЕРА

©Еременко К. Ю., Югорский государственный университет,  
г. Ханты-Мансийск, Россия, [k\\_eremenko@ugrasu.ru](mailto:k_eremenko@ugrasu.ru)

©Казаковцева Д. К., ПАО «Сургутнефтегаз»,  
г. Ханты-Мансийск, Россия, [Daria.kazakovtseva@mail.ru](mailto:Daria.kazakovtseva@mail.ru)

©Гудошник Е. Э., Югорский государственный университет,  
г. Ханты-Мансийск, Россия, [e\\_gudoshnik@ugrasu.ru](mailto:e_gudoshnik@ugrasu.ru)

©Орлов А. В., канд. физ.-мат. наук, Югорский государственный университет,  
г. Ханты-Мансийск, Россия, [a\\_orlov@ugrasu.ru](mailto:a_orlov@ugrasu.ru)

## THE ASSESSMENT AND MANAGEMENT OF RISKS AT PERFORMANCE OF WORKS ON MULTISTAGE HYDRAULIC FRACTURING

©Eremenko K., Yugra State University, Khanty-Mansiysk, Russia, [k\\_eremenko@ugrasu.ru](mailto:k_eremenko@ugrasu.ru)

©Kazakovtseva D., PJSC Surgutneftegas, Khanty-Mansiysk, Russia, [Daria.kazakovtseva@mail.ru](mailto:Daria.kazakovtseva@mail.ru)

©Gudoshnik E., Yugra State University, Khanty-Mansiysk, Russia, [e\\_gudoshnik@ugrasu.ru](mailto:e_gudoshnik@ugrasu.ru)

©Orlov A., Ph.D., Yugra State University, Khanty-Mansiysk, Russia, [a\\_orlov@ugrasu.ru](mailto:a_orlov@ugrasu.ru)

*Аннотация.* В статье рассмотрены особенности применения процесса многостадийного гидравлического разрыва пласта. Определены опасности и риски данного процесса.

*Abstract.* The article discusses the features of the application of the multi-stage hydraulic fracturing process. The dangers and risks of this process are identified.

*Ключевые слова:* нефть, оценка рисков, управление рисками, безопасность, гидравлический разрыв пласта.

*Keywords:* oil, risk assessment, risk management, safety, hydraulic fracturing.

В России добычу нефти и газа осуществляют 13 крупными холдингами и 165 нефтегазодобывающих компаний. Необходимость эффективного обеспечения промышленной безопасности приобретает особую актуальность на современном этапе экономических преобразований и развития нефтегазодобывающей отрасли [1].

Гидравлический разрыв проводят в пластах с различной проницаемостью в случае падения дебита или приемистости нагнетательных скважин. Гидравлический разрыв пласта (далее ГРП) является высокоэффективным методом внутрискважинных работ с целью интенсификации притока. Данный метод значительно увеличивает извлечение нефти и газа, создавая трещину в продуктивном пласте путем закачки жидкости и проппанта при высоком давлении.

ГРП является одним из примеров третичного метода, который применяют для увеличения извлечения нефти из пласта после снижения ее добычи вторичными методами. Коэффициент данного метода извлечения нефти в этом случае составляет 40-60%.

В более современном виде ГРП применяют в виде многостадийного гидравлического разрыва пласта (МГРП), где используются горизонтальные скважины со специальными системами закачивания для максимального контакта с продуктивным коллектором. Усиленный контакт с продуктивным пластом сокращает количество скважин, необходимых для разработки месторождений и связанных с ними затрат на их разработку и поддержание в рабочем состоянии максимально длительное время.

Этот способ позволяет объединить множество существующих в пласте маленьких разломов, разрывов и впадин в одну большую трещину. Следуя данному методу, службы ГРП в течение нескольких часов закачивают жидкость в нефтеносный пласт под высоким давлением. Жидкость при высоком давлении разрушает слои пласта, удерживающие газ или нефть. Образуется единая трещина в породе, позволяющая подойти более мощному потоку нефти или газа к стволу скважины. После того, как трещина образовалась, закачивают керамический пропант. Этот способ позволяет предотвратить закрытие трещины после понижения давления. На следующем этапе проведения ГРП, выполняется закачка пропанта с полимерным покрытием. Частицы полимерного пропанта слипаются между собой и не дают выноситься ранее закаченному керамическому пропанту в призабойную зону. На последующем и заключительном этапе происходит очистка скважины от остатков пропанта и ее освоение. Разработка месторождений нефти и газа становится более эффективной и экономичной при проведении ГРП.

Процесс ГРП — быстротечный, эффективность его находится в прямой зависимости от темпа проведения операций собственно разрыва и заполнения трещины пропантом. Поэтому комплекс оборудования отличается высокой подачей и большими давлениями нагнетания. В связи с тем, что при проведении работ требуются высокое давление и большие подачи жидкостей используют высоконапорные насосы, а, также, параллельную работу нескольких агрегатов, со сложной обвязкой и мощными приводами. Так как при проведении работ необходимо выполнять одним комплектом оборудования большое число ГРП, это оборудование должно быть мобильным, быстро монтируемым. Оно выполняется блочным и монтируется на автомобилях.

Основное оборудование для ГРП: автоцистерны с гидроразрывной жидкостью, песконосителя и буферной жидкостью; насосные агрегаты высокого давления для подачи и закачки гидроразрывной жидкости, пескосмесители, насосные агрегаты для закачки смеси песка с жидкостью — песконосителем, манифольд, оборудование устья скважины, комплект внутрискважинного оборудования — насосно-компрессорные трубы (НКТ), якорь, пакер.

Анализ аварийных ситуаций на объектах нефтегазодобывающей промышленности [2] показывает, что наибольшее число аварий представлено открытыми фонтанами и выбросами из нефтяных и газовых скважин, взрывами и пожарами на объектах нефтегазодобычи.

При проведении операции по гидравлическому разрыву пласта возникают различные аварийные ситуации в процессе подготовительных работ и при разрыве пласта. К основным причинам, приводящих к травматизму и авариям, относятся: отклонение обвязки агрегатов и устья скважины от принятых схем, отсутствие средств, позволяющих сигнализировать об отклонениях параметров безопасности, нарушение правил сборки и разборки обвязки оборудования, отсутствие или неисправность приборов контроля процесса разрыва, большие вибрации в линиях обвязки, шум от оборудования, превышающий нормы [3]. Возможные аварии в процессе проведения МГРП: разгерметизация устья скважины, разгерметизация линии затрубного участка, разгерметизация линии высокого или низкого давления, пожар или загорание (возгорание верхнего оборудования смесительной установки и возгорание верхнего оборудования насосного агрегата при проведении ГРП).

При рассмотрении результатов специальной оценки условий труда работников, проводящих МГРП в нефтегазовом хозяйстве, максимальный класс условий труда 3.2 — вредный класс условий труда у машиниста, моториста гидрационника и моториста химика, а также мастер имеет класс условий труда 3.1 — вредный класс условий труда. В основном данные классы условий труда установлены по одним факторам производственной среды и трудового процесса, следующих показателей: химический фактор, шум, ультразвук воздушный, вибрация общая, тяжесть и напряженность трудового процесса.

Для оценки рисков, а также ликвидации аварийных ситуаций, минимизации угрозы здоровью и жизни людей, находящихся на объекте, окружающей природной среде и значительных материальных потерь используем наиболее распространенную — матричную систему оценки рисков (возможность возникновения×значимость последствий) [4]. Объектами негативного влияния, которые стоит учитывать при оценке риска, являются в первую очередь люди и окружающая среда, а уже затем следует рассматривать материальные потери и репутацию организации [5, 6].

Рассмотрим риски при пожаре или возгорании в 4 направлениях:

1) негативное влияние на здоровья людей — возможны групповые несчастные случаи со смертельным исходом, профессиональные заболевания — количество пострадавших от двух и более человек — принимается 5 баллам величины потенциальных последствий. Данное событие когда-то случалось в отрасли, вероятность его возникновения низкая и равна 25% — происшествие может произойти только в исключительных случаях — вероятность принимается равной 2;

2) негативное влияние на материальные активы — стоимость всего оборудования при проведении работ по многостадийному гидравлическому разрыву пласта, даже без учета штрафов превышает 36 миллионов рублей — принимается 5 баллам величины потенциальных последствий. Данное событие когда-то случалось в отрасли, вероятность его возникновения низкая и равна 25% — происшествие может произойти только в исключительных случаях — вероятность принимается равной 2 баллам;

3) негативное влияние на окружающую среду — воздействие будет происходить в административных границах региона, возможно загрязнение водных объектов, потребуются очень значительные и длительные мероприятия восстановления и рекультивации — принимается 4 баллам величины потенциальных последствий. Данное событие когда-то случалось в отрасли, вероятность его возникновения низкая и равна 25% — происшествие может произойти только в исключительных случаях — вероятность принимается равной 2 баллам;

4) негативное влияние на репутацию компании — репутация после пожаров и взрывов будет потеряна у госорганов и среди широкого круга партнеров — принимается значение 4. Данное событие когда-то случалось в отрасли, вероятность его возникновения низкая и равна 25% — происшествие может произойти только в исключительных случаях — вероятность принимается равной 2.

По аналогии оцениваем существенные техногенные риски для всех опасностей, которые могут произойти при проведении работ по МГРП, а именно для: разгерметизации устья скважины, разгерметизации линии затрубного участка и для разгерметизации линии высокого или низкого давления.

Подвергнув тщательному анализу все условия проведения МГРП, при условии, что срок практической эксплуатации оборудования в пределах нормативного значения, установленного положительным заключением экспертизы промышленной безопасности, можно сделать следующий вывод по оценке рисков, представленный в Таблице ниже.

Таблица.

РЕЕСТР ОЦЕНКИ СУЩЕСТВЕННЫХ РИСКОВ ПРИ ПРОВЕДЕНИИ ГРП

Опасность	Причины высокого и среднего уровней рисков	Предлагаемые мероприятия по воздействию на риски	Потенциальное происшествие	Частота/Вероятность Происшествия/рискового события			
				Люди	Материальные	Окружающая среда	Репутация
Разгерметизация устья скважины	Частота возникновения, сложность ликвидации. Простой скважин на время ремонта трубопровода, штрафные санкции со стороны надзорных органов, значительные затраты на ликвидацию последствий разлива.	1. Договор на комплексное обслуживание по проведению противofонтанных работ на объектах 2. Практическое обучение рабочего персонала первичным действиям по герметизации устья скважины при возникновении ГНВП и открытых фонтанов. 3. Контроль технического состояния персоналом.	Выброс	4×3	4×3	4×3	4×3
			Утечки	4×2	4×1	4×2	4×2
Разгерметизация линии затрубного участка	Простой скважин на время ремонта трубопровода, штрафные санкции со стороны надзорных органов, значительные затраты на ликвидацию последствий разлива.	1. Производственный контроль состояния трубопроводов. 2. Диагностирование трубопроводов.	Выброс	4×3	4×3	4×3	4×3
			Утечки	4×2	4×1	4×2	4×2
Разгерметизация линии высокого или низкого давления	Простой скважин на время ремонта трубопровода, штрафные санкции со стороны надзорных органов, значительные затраты на ликвидацию последствий разлива.	1. Производственный контроль состояния трубопроводов. 2. Диагностирование трубопроводов.	Выброс	4×3	4×3	4×3	4×3
			Утечки	4×2	4×1	4×2	4×2
Пожар или загорание	Простой скважин на время восстановительных работ, штрафные санкции со стороны надзорных органов, значительные затраты на ликвидацию последствий пожара.	1. Договор на комплексное обслуживание по проведению аварийно-спасательных работ 2. Практическое обучение рабочего персонала первичным действиям по локализации и ликвидации очага возгорания. 3. Контроль технического состояния персоналом.	Пожар	2×5	2×5	2×4	2×4
			Взрыв	2×5	2×5	2×4	2×5

Оценка рисков оформляется в реестр существенных опасностей при проведении работ по многостадийному гидравлическому разрыву пласта в ТПП «Повхнефтегаз» при нештатных ситуациях техногенного характера и в реестр оценки существенных рисков при проведении работ по многостадийному гидравлическому разрыву пласта в ТПП «Повхнефтегаз» при нештатных ситуациях техногенного характера.

Управление рисками — процесс постоянный, предполагающий непрерывное совершенствование в области охраны труда, профессионального здоровья и окружающей среды (экологические риски) [7].

Эффективность предлагаемых мероприятий по воздействию на риски можно оценить при внедрении системы управления профессиональными рисками, которая позволит работодателю обеспечивать наивысшую результативность при наименьших затратах. Система управления профессиональными рисками включает: планирование работ по идентификации опасностей и оценке рисков; оценку условий труда на каждом рабочем месте; оценку состояния здоровья работников; мероприятия по снижению риска; контроль выполнения мероприятий по снижению риска [8, 9].

Также одним из мероприятий по оценке рисков, широко применяемым в Финляндии, авторам представляется необходимым внести в деятельность системы управления промышленной безопасности Российских компаний, так называемых отслеживание и обратная связь. Целью отслеживания является оценка выполненных мероприятий и изменение ситуации. С помощью регулярно повторяющихся оценок рисков можно наблюдать изменение уровней, появление новых рисков, а также степень эффективности выполненных мероприятий по безопасности труда. Определение величины риска и выбор мероприятий делается с помощью анкетирования. В анкете с максимальной точностью описывается опасная ситуация, возникшая на рабочем месте, оценивается величина риска, выясняются необходимые мероприятия, называется ответственное лицо и график выполнения намеченных мероприятий. Результаты оценки можно обрабатывать по каждому рабочему участку, по цехам, всему предприятию или по отдельно выполняющимся операциям, таким как МГРП.

Дополнением к анкетированию может служить разработка и внедрение тестов открытого типа, когда суперинтендант на кусте может дистанционно проверить свои знания в целях корректировки действий при возникающих осложнениях и инцидентах, возникновение которых возможно при МГРП. Так же значительно повысит безопасность и обеспечит снижение рисков повреждения здоровья работающих переход от OHSAS 18001:2007 «Порядок оценки профессиональной безопасности и здоровья» на ISO 45001:2018 «Системы менеджмента охраны здоровья и безопасности труда — Требования и рекомендации по применению» (Occupational health and safety management systems — Requirements with guidance for use), эту процедуру российским нефтедобывающим компаниям необходимо завершить до 12 марта 2021 года.

#### *Список литературы:*

1. Виноградова О. Нефть – 2017: итоги, тенденции, прогнозы // Нефтегазовая вертикаль. 2018. №4. С. 6-12.
2. Сургучев М. Л. Вторичные и третичные методы увеличения нефтеотдачи пластов. М.: Недра, 1985.
3. Годовой отчет о деятельности Федеральной службы по экологическому, технологическому и атомному надзору в 2017 году / Под общ. ред. А. В. Алешина. М., 2018. 419 с.
4. Бухаленко Е. И., Абдуллаев Ю. Г. Монтаж, обслуживание и ремонт нефтепромыслового оборудования. М.: Недра, 1985. 391 с.
5. РД 03-418-01 Методические указания по проведению анализа риска опасных производственных объектов.



6. ГОСТ Р 12.0.010–2009 Система стандартов безопасности труда. Системы управления охраной труда. Определение опасностей и оценка рисков.
7. ISO 45001:2018 «Системы менеджмента охраны здоровья и безопасности труда – Требования и рекомендации по применению».
8. ГОСТ Р 54934-2012/OHSAS 18001:2007 Системы менеджмента безопасности труда и охраны здоровья. Требования.
9. Руководство по системам управления охраной труда. МОТ-СУОТ 2001/ILO-OSH 2001. Женева: Международное бюро труда, 2003.

*References:*

1. Vinogradova, O. (2018). Neft' – 2017: itogi, tendentsii, prognozy. *Neftegazovaya vertikal*, (4). 6-12. (in Russian).
2. Surguchev, M. L. (1985). Vtorichnye i tretichnye metody uvelicheniya nefteootdachi plastov. Moscow. (in Russian).
3. Godovoi otchet o deyatelnosti Federal'noi sluzhby po ekologicheskomu, tekhnologicheskomu i atomnomu nadzoru v 2017 godu. (2018). Pod obshch. red. A. V. Aleshina. Moscow. (in Russian).
4. Bukhalenko, E. I., & Abdullaev, Yu. G. (1985). Montazh, obsluzhivanie i remont neftepromyslovogo oborudovaniya. Moscow. (in Russian).
5. RD 03-418-01 Metodicheskie ukazaniya po provedeniyu analiza riska opasnykh proizvodstvennykh ob"ektov. (in Russian).
6. GOST R 12.0.010–2009 Sistema standartov bezopasnosti truda. Sistemy upravleniya okhranoi truda. Opredelenie opasnostei i otsenka riskov. (in Russian).
7. ISO 45001:2018 “Sistemy menedzhmenta okhrany zdorov'ya i bezopasnosti truda – Trebovaniya i rekomendatsii po primeneniyu”. (in Russian).
8. GOST R 54934-2012/OHSAS 18001:2007 Sistemy menedzhmenta bezopasnosti truda i okhrany zdorov'ya. Trebovaniya. (in Russian).
9. Rukovodstvo po sistemam upravleniya okhranoi truda. (2003). МОТ-SUOT 2001/ILO-OSH 2001. Zheneva: Mezhdunarodnoe byuro truda. (in Russian).

*Работа поступила  
в редакцию 12.11.2019 г.*

*Принята к публикации  
17.11.2019 г.*

---

*Ссылка для цитирования:*

Еременко К. Ю., Казаковцева Д. К., Гудошник Е. Э., Орлов А. В. Оценка рисков при проведении работ по многостадийному гидравлическому разрыву пласта в ТПП «Повхнефтегаз» при нештатных ситуациях техногенного характера // Бюллетень науки и практики. 2019. Т. 5. №12. С. 236-241. <https://doi.org/10.33619/2414-2948/49/27>

*Cite as (APA):*

Eremenko, K., Kazakovtseva, D., Gudoshnik, E., & Orlov, A. (2019). The Assessment and Management of Risks at Performance of Works on Multistage Hydraulic Fracturing. *Bulletin of Science and Practice*, 5(12), 236-241. <https://doi.org/10.33619/2414-2948/49/27> (in Russian).