

# РАСШИРЯЕМЫЕ ТРУБНЫЕ ИЗДЕЛИЯ И ТЕХНОЛОГИЯ РЕГУЛИРУЕМОГО ОТБОРА НЕФТИ И ВОДЫ, ПОВЫШАЮЩИЕ ДОХОДНОСТЬ НЕФТЯНЫХ МЕСТОРОЖДЕНИЙ

Г.С. Абдрахманов<sup>1</sup>, Ф.Ф. Ахмадишин<sup>1</sup>, Р.Х. Муслимов<sup>2</sup>, Д.В. Максимов<sup>1</sup>, В.Е. Пронин<sup>1\*</sup>

<sup>1</sup>Институт ТатНИПИнефть ПАО «Татнефть», Бугульма, Россия

<sup>2</sup>Казанский (Приволжский) федеральный университет, Казань, Россия

В статье приводятся достижения ПАО «Татнефть» в области изоляции зон водопритока в горизонтальных скважинах (ГС) расширяемыми в поперечном сечении профильными трубами. Приведен пример изоляции зон водопритока на скважине, выбывшей из добычи на три года из-за 100% обводнения, и показана динамика ее работы в течение 16 лет после изоляции двумя расширяемыми профильными перекрывателями. Представлены технологии и технические средства для регулирования потоками нефти и воды в горизонтальных скважинах, многоканальные конструкции скважин для одновременного адресного воздействия и эксплуатации различных участков пласта (залежи). Приведен пример разделения горизонтальной скважины на два сегмента для управляемой с поверхности эксплуатации ГС и графики исследований динамики забойных давлений в сегментах, полученных при эксплуатации скважины. Показаны наиболее перспективные направления развития науки для упрощения конструкций скважин и повышения качества их крепления путем кардинального решения проблем осложнений, возникших в процессе бурения, а также для увеличения продуктивности скважин за счет управления дебитами жидкостей, извлекаемых из нескольких неоднородных зон нефтяных залежей.

**Ключевые слова:** изоляция зон водопритока, расширяемые обсадные колонны, клапаны регулирования притока, многоканальная конструкция скважины, многоканальные лифтовые трубы, конструкции скважин, боковые горизонтальные стволы, профильные перекрыватели, профильный разобщитель, электрозатвор, беспроводная связь, дебиты и обводненность отдельных участков

**DOI:** <https://doi.org/10.18599/grs.19.3.7>

**Для цитирования:** Абдрахманов Г.С., Ахмадишин Ф.Ф., Муслимов Р.Х., Максимов Д.В., Пронин В.Е. Расширяемые трубные изделия и технология регулируемого отбора нефти и воды, повышающие доходность нефтяных месторождений. *Георесурсы*. 2017. Т. 19. № 3. Ч. 1. С. 191-197. DOI: <https://doi.org/10.18599/grs.19.3.7>

Одним из самых серьезных негативных факторов поздней стадии разработки нефтяных месторождений является увеличение обводненности продукции, которая сопровождается не только снижением дебитов нефти, но и возникновением, между добывающими и нагнетательными скважинами, а также между водоносными и нефтеносными пропластками, обширной сети водонасыщенных каналов (коллекторов). При бурении скважин с горизонтальным окончанием повышается вероятность пересечения этих каналов, что приводит к быстрому затоплению горизонтального ствола.

Скважина 11251 (Рис. 1) Сарапалинского месторождения была пробурена в конце 1991 года в продуктивные карбонатные отложения Турнейского яруса. Через год скважина обводнилась до 100 %, что привело к выводу скважины из добычи на три года. Для поиска места притока воды геофизическими методами и пакерами потребовалось 8 месяцев (Абдрахманов и др., 2003). Затем интервалы водопритока были изолированы двумя расширяемыми в поперечном сечении профильными перекрывателями (ПП), и скважина возвращена в добычу с дебитом нефти 18-12 т/сут на 16 лет (Рис. 2).

Важные для разработки месторождений результаты получены при исследовании и управляемой эксплуатации горизонтальной скважины 41502г Ромашкинского

месторождения (Тахаутдинов и др., 2013), пробуренной на бобриковский горизонт и разделенной на 2 сегмента с помощью расширяемого профильного разобщителя (Рис. 3). За 2,5 года эксплуатации ближнего участка, с отключенным высокообводненным дальним участком, накопленная добыча нефти составила 12 тыс. тонн, воды 9 тыс. тонн, а при эксплуатации горизонтального ствола по всей длине (т.е. без клапанов) нефти было бы в 2 раза меньше, воды в 1,7 раза больше.

На скважине 41502г проводились исследования динамики забойных давлений при работе 2-х участков одновременно, и отдельно – дальнего и ближнего участков, **без остановок процесса эксплуатации скважины.**

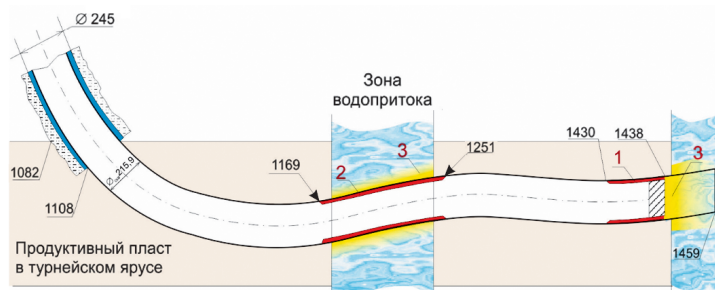


Рис. 1. Изоляция зон водопритока в горизонтальной скв.11251г двумя профильными перекрывателями длиной 8 м и 82 м: 1 – отсечение зоны водопритока из хвостовой части горизонтального ствола, 2 – изоляция интервала водопритока 1175-1244 м перекрывателем длиной 82 м, 3 – гидрофобная высоковязкая эмульсия.

\* Ответственный автор: Пронин Виталий Евгеньевич  
E-mail: [pronin@tatnpi.ru](mailto:pronin@tatnpi.ru)

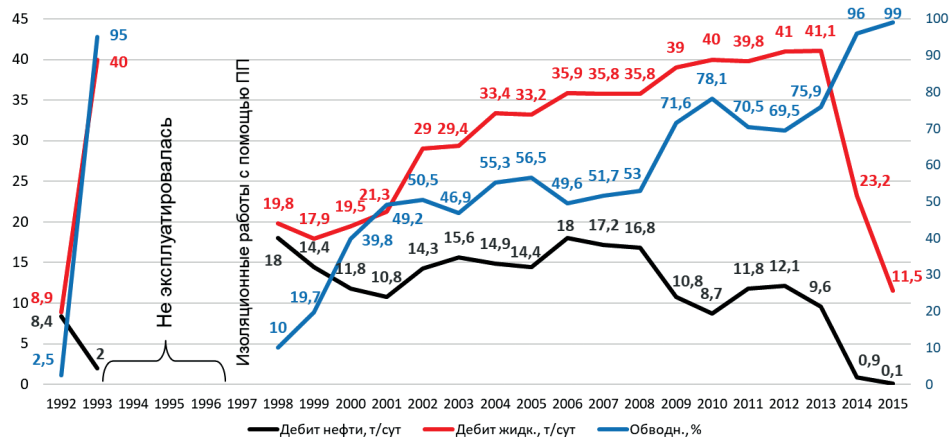


Рис. 2. Динамика добычи нефти и воды из скв. 11251г Сарапалинского месторождения после изоляции зон водопритока профильными перекрывавателями

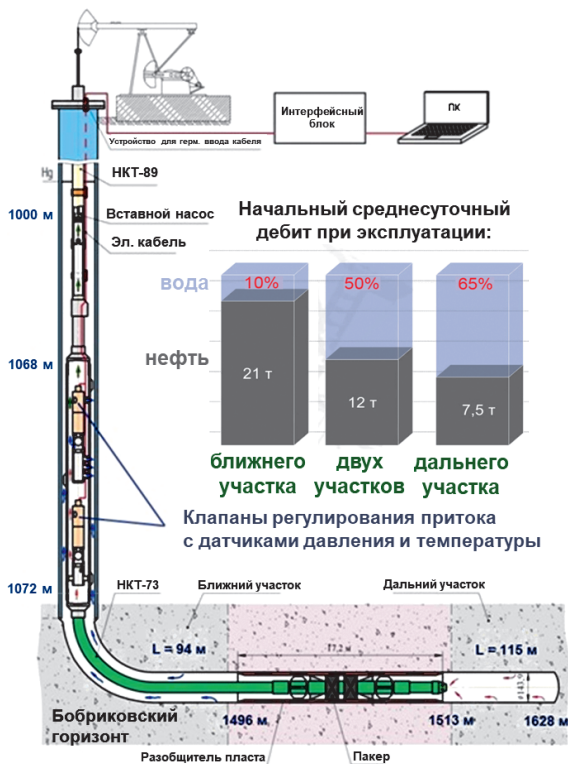


Рис. 3. Схема расположения оборудования для управляемой с поверхности эксплуатации ГС, разделенной на 2 сегмента (скв. 41502г)

По данным исследования через 15 месяцев эксплуатации (Рис. 4) видно, что:

- при совместной эксплуатации двух участков перепад забойного давления между ними составляет 0,06 МПа;
- при эксплуатации дальнего участка с отключенным ближним, перепад давления между участками – 0,25 МПа;
- при штуцировании нижнего клапана перепад давления почти такой же, как и при одновременной эксплуатации двух участков, но при этом обводненность снизилась на 11 %, а дебит по нефти увеличился на 1 т/сут;
- при полностью закрытом нижнем клапане и эксплуатации ближнего участка разница давлений между участками составляла 0,75-0,85 МПа, а забойное давление в ближнем участке снизилось на 0,6-0,8 МПа, при этом обводненность снизилась на 50 %, а дебит по нефти увеличился на 10 т/сут.

Таким образом, отключение из добычи высокообводненного интервала позволяет не только снизить объемы добываемой воды, но и увеличить перепад между пластовым и забойным давлениями в других нефтеносных интервалах, что в значительной степени увеличивает дебит по нефти горизонтальной скважины.

Интересные данные по динамике забойных давлений в этой скважине возникают при включении и выключении нагнетательной скважины (Рис. 5). Несмотря на то, что кривая изменения забойных давлений в ближнем

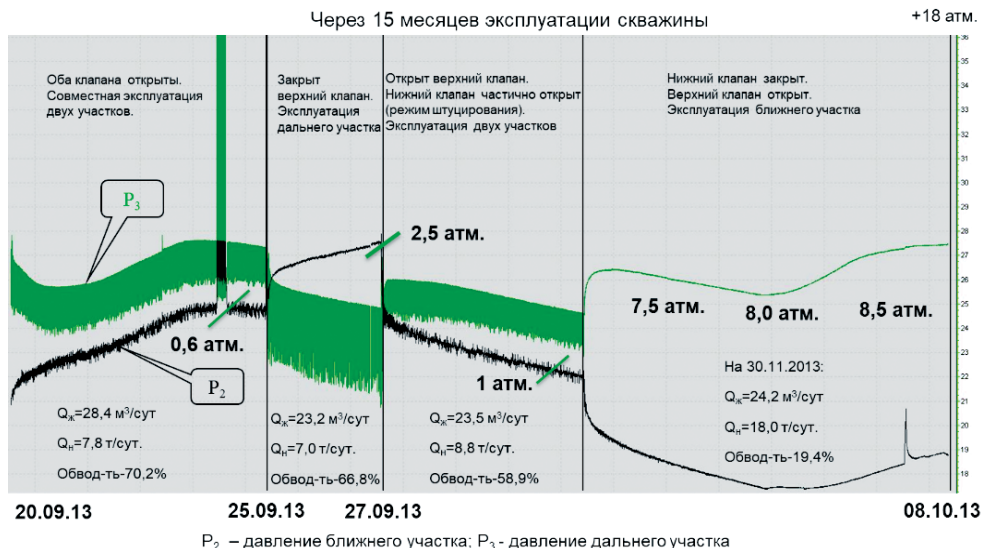


Рис. 4. Динамика забойных давлений и дебитов по жидкости после переключения клапанов регулирования притока на скв. 41502Г

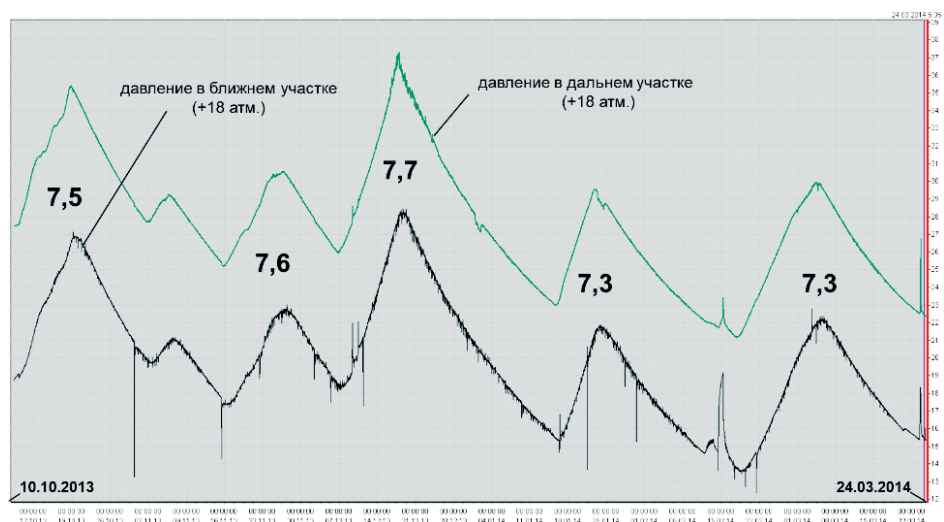


Рис. 5. Влияние циклической работы нагнетательной скважины на динамику забойных давлений в скв. 41502Г в процессе добычи нефти из ближнего участка.

участке опережает на 7-8 часов такой же график изменения давления в дальнем участке, разница забойных давлений в пределах 0,73-0,77 МПа. между участками горизонтального ствола сохраняется независимо от увеличения и уменьшения пластового давления. То есть даже в одном и том же пласте в горизонтальной скважине разуплотнённые интервалы, разделённые непроницаемыми или низкопроницаемыми породами при разобщении и адресном воздействии, работают самостоятельно с разной обводненностью и разными дебитами по нефти.

На базе полученных результатов по скважинам, приведённым выше, большого количества, установленных в скважинах расширяемых обсадных труб вместо промежуточных обсадных колонн (более 1650 скважин)

предлагаем следующие пути (выделено в тексте курсивом) развития расширяемых трубных изделий и технологии регулируемого отбора нефти и воды.

Разработка технологии и технических средств для регулирования потоками нефти и воды в горизонтальных скважинах представлена на рис. 6.

Указанная технология позволит:

- Производить отбор жидкости из разных участков ГС и отключать высокообводненные интервалы, не прерывая добычу нефти;
- Применять циклический метод эксплуатации;
- Увеличить текущий коэффициент извлечения нефти;
- Осуществлять постоянный мониторинг забойных давлений каждого участка.

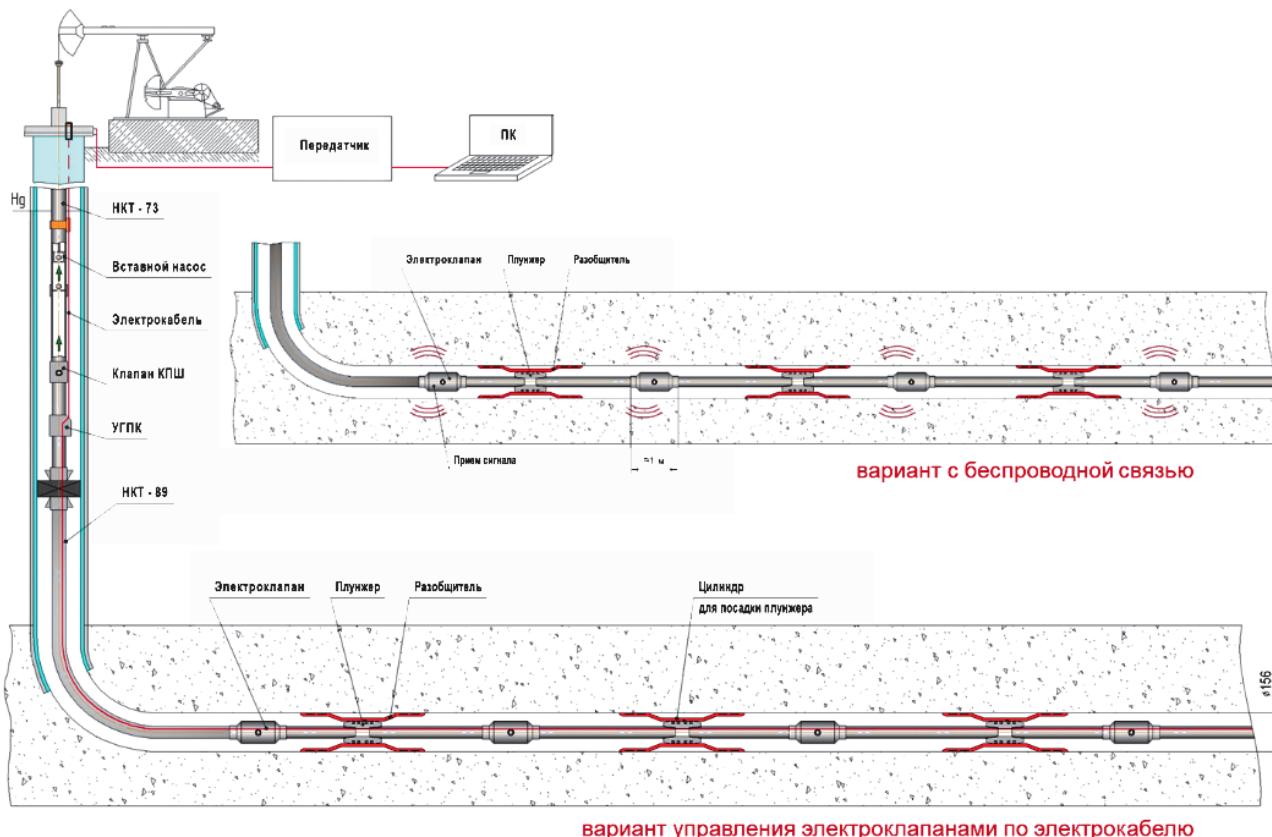


Рис. 6. Схема расположения оборудования для регулирования потоками нефти и воды в горизонтальных скважинах



- В рамках указанной технологии планируется создать:
- клапаны-отсекатели с проводной и беспроводной связью;
  - технологию и оборудование для установки в горизонтальном стволе любого количества разобщителей за одну спуско-подъемную операцию;
  - пакерующие элементы, срабатывающие за один технологический прием независимо от их количества.

### Создание многоканальных конструкций скважин для одновременного адресного воздействия и эксплуатации различных участков пласта (залежи)

При длительной эксплуатации нефтяных месторождений, когда добывать малые объемы нефти из пластов становится нерентабельным, особенно актуальным становится создание специальных технических и технологических решений для разобщения и одновременной эксплуатации нескольких неоднородных продуктивных зон, вскрытых одной скважиной.

Создание многоканальных конструкций скважин для одновременного адресного воздействия и эксплуатации различных участков пласта (залежи) позволит значительно сократить капитальные инвестиции на разработку месторождений и повысит рентабельность нефтедобычи.

Технология основана на разделении горизонтального ствола на сегменты и применении при добыче нефти многоканальных лифтовых труб и индивидуальных насосов для каждого сегмента горизонтальной скважины, работающих от одного гидропривода, снабженного переключателем потока (Рис. 7).

Дебит скважины будет равен сумме дебитов отдельных продуктивных интервалов. Варианты многоканальных лифтовых труб могут быть весьма разнообразными. Например, из набора трубок или состоящей из шестилучевой профильной трубы, герметично установленной между двух цилиндрических труб, а также из пакета легковесных шланг. Соединение отдельных многоканальных труб производится с помощью специальных многоканальных муфт

и замков, срабатывающих от осевого перемещения одной части муфты в другой, т.е. без вращения.

Гидронасос состоит из гидропривода и насосной части. Производительность каждого насоса регулируется с поверхности с помощью кранов, установленных на выходе всех каналов. Работают насосы не зависимо друг от друга. За счет переключения направления потока жидкости в насосе, установленном на устье скважины, происходит постоянный расчетный отбор жидкости из каждого интервала.

Еще больший эффект можно получить от применения этой технологии в многоствольных скважинах.

Преимуществом такого способа является возможность:

1. Увеличить дебит скважины по нефти путем одновременного отбора жидкости из каждого ствола МЗГС или каждого сегмента ГС с помощью отдельных насосов;
2. Не прекращая процесс эксплуатации снижать обводненность продукции и проводить ОПЗ в необходимых интервалах;
3. Управлять профилем притока нефти в зоне горизонтального ствола, путем дифференцированного воздействия на различные интервалы пласта.

Данный способ разрабатывается впервые в международной практике строительства скважин и будет представлять большой интерес не только для российских, но и зарубежных нефтедобывающих компаний.

Создание такого оборудования будет началом нового более рационального подхода к разработке нефтяных месторождений – с исключением отбора огромных объемов воды с одновременным увеличением коэффициента извлечения нефти и значительным снижением ее стоимости.

### Упрощение конструкций скважин с одновременным повышением качества крепления

Для обеспечения безопасности труда и охраны окружающей среды в процессе бурения и эксплуатации скважин все интервалы с разными пластовыми давлениями, обвалами и осыпаниями пород должны быть перекрыты

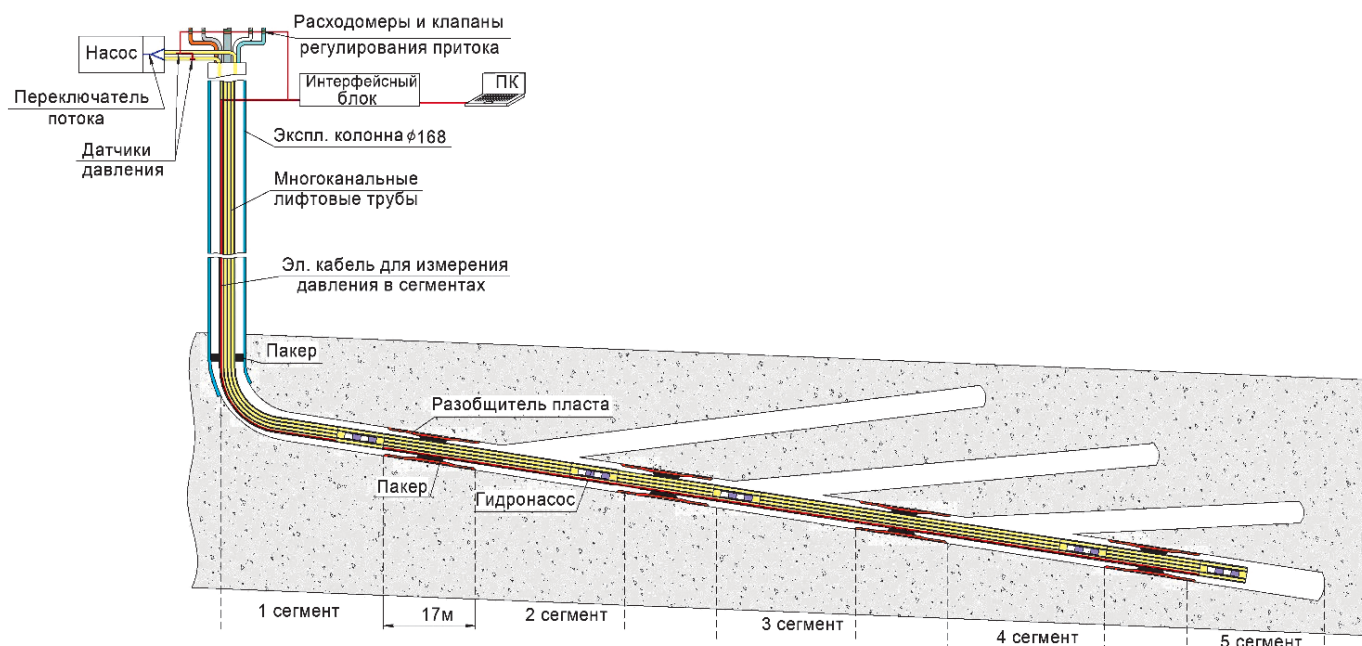


Рис. 7. Схема конструкции скважины, предназначенной для одновременного управляемого отбора нефти из всех стволов многоствольной скважины

обсадными трубами. Однако в сложных горно-геологических условиях скважина пересекает большое количество таких пластов, и принятая во всем мире технология крепления с телескопическим расположением промежуточных обсадных колонн не всегда позволяет выполнять указанные требования.

Например, в зарубежном справочнике инженера-нефтяника (Справочник инженера-нефтяника..., 2014) приведён один из вариантов схемы традиционной конструкции глубокой скважины (Рис. 8а), в которой предусмотрено разобщение пластов десятью обсадными колоннами с соотношением диаметров в начале и конце бурения 10:1. Семь из них предназначены для перекрытия разнонапорных пластов и зон обвалов. В процессе бурения такую телескопическую конструкцию изменять невозможно и если появятся дополнительные осложнения, то скважину нужно будет перебурить, предусмотрев дополнительные промежуточные обсадные колонны.

Бурение скв. 18 проведено в особо сложных горно-геологических условиях Александровского месторождения ООО «Татнефть-Самара» так же с десятью обсадными колоннами, в том числе семью колоннами из расширяемых профильных труб для перекрытия зон поглощения бурового раствора и обвалов горных пород по патенту ПАО «Татнефть» (Рис. 8б). При этом шестая колонна установлена над пятью уже установленными в скважине обсадных колонн, так как надежда на изоляцию этой зоны намывом наполнителя не оправдалась, то есть технология локального крепления скважин позволяет изменить конструкцию даже в процессе бурения. В таблице 1 приведены данные по длине профильных перекрывателей (ПП) и затратам времени на их установку в скв. 18. Таким образом, даже в сложных горно-геологических условиях скважину можно строить по графику без осложнений со значительной экономией обсадных труб, цемента и времени. Именно поэтому технология локального крепления стенок скважины расширяемыми трубами получила мировое признание.

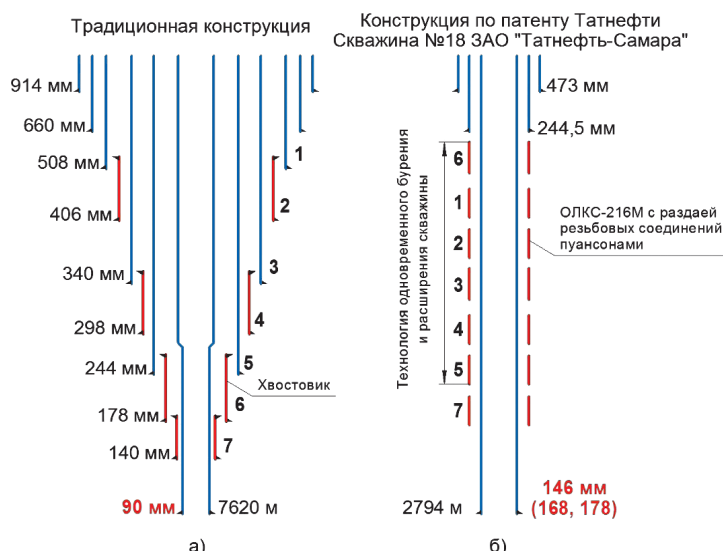


Рис. 8. Конструкции нефтегазовых скважин, пересекающих большое количество пластов, требующих перекрытия обсадными трубами при бурении. ОЛКС-216М – оборудование для локального крепления стенок скважин диаметром 215,9 мм, модернизированное

№№ п/п	Длина ПП, м	Время установки, ч	Примечание
1	128,6	58	Установка шести ПП с использованием пуансонов при одновременном бурении и расширении – 9,5 сут
2	157	48	
3	88	37	
4	140	34	
5	51,5	28	
6	70,6	22	
7	120	264	Установка ПП с дополнительным расширением и раздачей развальцевателями – 11 сут

Табл. 1. Данные по длине профильных перекрывателей (ПП) и затратам времени на их установку в скв. 18

Большое влияние на мировую экономику оказывает бурение скважин на море, которое является глобальным многомиллиардным бизнесом с большими перспективами. Перед морским бурением стоит сложная задача – обеспечить рентабельность всех производственных процессов, одновременно выполняя строгие требования по безопасности труда и охране окружающей среды.

Все это в основном связано с конструкциями скважин (Рис. 9). По традиционным конструкциям, чем глубже скважина, тем большие интервалы приходится бурить без крепления обсадными трубами и тем выше вероятность возникновения осложнений. Кроме того, многие проблемы в процессе эксплуатации тесно связаны с осложнениями при бурении. Например, заколонные перетоки или не качественный цементный камень за колонной в интервалах больших каверн и другие.

Поэтому при разработке глубоководных продуктивных отложений качество и своевременность крепления скважин при бурении в значительной степени влияет на экономику и доходность проекта.

Крепление скважин расширяемыми трубами кардинально решает эту проблему в комбинации с промежуточными обсадными колоннами, которые будут применяться только при наличии пластов с высоким давлением.



Рис. 9. Примеры конструкций морских скважин: Традиционная конструкция – строительство скважин с ликвидацией осложнений закачкой в скважину тампонажных материалов; Перспективная конструкция – строительство скважин с применением расширяемых труб

На перспективной схеме конструкций морских скважин показана возможность бурения по графику без осложнений. Все зоны поглощения бурового раствора, осыпаний и обвалов пород перекрываются сразу после вскрытия. При этом бурение в этих интервалах ведется с одновременным расширением ствола скважины и каротажем.

Преимуществом такой конструкции является возможность перекрытия обсадными трубами всех разнонапорных пластов и зон обвалов с одновременным уменьшением затрат металла и цемента и повышением качества крепления промежуточных и эксплуатационных колонн.

Технологии расширяемых труб ПАО «Татнефть» применимы в настоящее время в отработке такого проекта с любой нефтегазодобывающей компанией вначале на опытных скважинах, а затем и в широких масштабах.

## Выводы

Управляемая с поверхности эксплуатация многосекционных и многозбойных скважин дает возможность увеличить коэффициент извлечения нефти и в значительной степени ограничить приток воды из продуктивных пластов.

Применение многоканальных лифтовых труб и индивидуальных гидронасосов для одновременной добычи нефти из неоднородных участков залежей приведет к существенному снижению капитальных вложений в разработку нефтяных месторождений.

Опыт применения профильных перекрывателей показывает, что одним из самых перспективных направлений развития науки и практики в области строительства скважин является концепция бурения с одновременным увеличением диаметра ствола и последующим перекрытием расширяемыми трубами всех зон возможных осложнений сразу же после их вскрытия, кроме пластов с аномально высоким давлением, которые перекрываются промежуточными обсадными колоннами.

Такая технология, кроме исключения многих осложнений и аварий в процессе бурения, принесет значительный доход при разработке нефтегазовых месторождений за счет повышения качества крепления скважин, а значит, и срока их безремонтной эксплуатации.

## Литература

Абдрахманов Г.С., Юсупов И.Г., Орлов Г.А. и др. Изоляция зон водопритока в наклонно-направленных и горизонтальных скважинах *Нефтяное хозяйство*. 2003. №2. С. 44-46.

Абдрахманов Г.С. Крепление скважин расширяемыми трубами. 2-е изд., доп. М.: ВНИИОЭНГ. 2014. 267 с.

Справочник инженера-нефтяника. Т. 2. Инжиниринг бурения. гл. ред. Ларри Лейк; под ред. Роберта Митчелла; пер. с англ. под ред. к.т.н. А.Г. Шатровского, С.О. Бороздина. М.; Ижевск: Институт компьютерных исследований, Нефтегазовый инжиниринг. 2014. 1033 с.

Тахаутдинов Ш.Ф., Хисамов Р.С., Ибатуллин Р.Р., Абдрахманов Г.С., Вахитов И.Д., Низамов И.Г. Управляемая эксплуатация секций горизонтального ствола скважины. *Нефтяное хозяйство*. 2013. № 7. С. 26-27.

Тахаутдинов Ш.Ф., Ибрагимов Н.Г., Ибатуллин Р.Р., Абдрахманов Г.С., Ахмадишин Ф.Ф., Хамитьянов Н.Х. Развитие техники и технологии локального крепления скважин для изоляции зон осложнений. *Нефтяное хозяйство*. 2008. № 7. С. 34-38.

## Сведения об авторах

*Габдрашит Султанович Абдрахманов* – главный научный сотрудник отдела бурения, доктор тех. наук, профессор, Институт ТатНИПИнефть ПАО «Татнефть» Россия, 423236, Республика Татарстан, Бугульма, ул. М.Джалиля, 32

*Фарит Фоатович Ахмадишин* – начальник отдела бурения института «ТатНИПИнефть», кандидат тех. наук Россия, 423236, Республика Татарстан, Бугульма, ул. М.Джалиля, 32

*Ренат Халиуллович Муслимов* – доктор геол.-мин. наук, профессор кафедры геологии нефти и газа, Институт геологии и нефтегазовых технологий, Казанский федеральный университет

Россия, 420008, Казань, ул. Кремлевская, 4/5

*Денис Владимирович Максимов* – инженер-исследователь, Институт ТатНИПИнефть ПАО «Татнефть»

Россия, 423236, Республика Татарстан, Бугульма, ул. М.Джалиля, 32

*Виталий Евгеньевич Пронин* – инженер-исследователь отдела бурения, Институт ТатНИПИнефть ПАО «Татнефть»

Россия, 423236, Республика Татарстан, Бугульма, ул. М.Джалиля, 32

Статья поступила в редакцию 6.07.2017;

Принята к публикации 27.07.2017; Опубликована 30.08.2017

IN ENGLISH

## Expendable Tubulars and Controlled Oil and Water Withdrawal Increase Oil Fields Profitability

G.S. Abdrakhmanov<sup>1</sup>, F.F. Akhmadishin<sup>1</sup>, R.Kh. Muslimov<sup>2</sup>, D.V. Maksimov<sup>1</sup>, V.E. Pronin<sup>1\*</sup>

<sup>1</sup>Institute TatNIPIneft PJSC Tatneft, Bugulma, Russia

<sup>2</sup>Kazan Federal University, Kazan, Russia

\*Corresponding author: Vitaliy E. Pronin, e-mail: pronin@tatnipi.ru

**Abstract.** The article describes the achievements of PJSC Tatneft in the field of isolating water inflow zones in horizontal wells by expandable cross-sectional profile pipes. An example of the isolation of water inflow zones on a well that left the production for three years due to 100% water cut is given, and the dynamics of its operation for 16 years after insulation by

two expandable profile packers is shown. Technologies and technical means for regulating oil and water flows in horizontal wells, multi-channel well designs for simultaneous targeted impact and operation of different sections of the reservoir (deposit) are presented. An example is given of the separation of a horizontal well into two segments controllable from the

surface and graphs are shown of the dynamics of bottomhole pressures in segments obtained during the well operation. The most promising directions of science development are shown to simplify well designs and improve the quality of their fixation by cardinally solving complications emerged during the drilling process, as well as to increase the productivity of wells by controlling the flow rates of liquids that are extracted from several heterogeneous zones of oil deposits.

**Keywords:** isolation of water inflow zones, expandable casings, inflow control valves, multi-channel well design, multi-channel lift pipes, well designs, lateral horizontal trunks, profile packers, profile uncoupler, electrical isolator, wireless communication, production rates and water cut of individual areas

**For citation:** Abdrakhmanov G.S., Akhmadishin F.F., Muslimov R.Kh., Maksimov D.V., Pronin V.E. Expendable Tubulars and Controlled Oil and Water Withdrawal Increase Oil Fields Profitability. *Georesursy = Georesources*. 2017. V. 19. No. 3. Part 1. Pp. 191-197. DOI: <https://doi.org/10.18599/grs.19.3.7>

### References

- Abdrakhmanov G.S. Fixing wells with expandable pipes. 2 ed. Moscow: VNIIOENG. 2014. 267 p. (In Russ.)
- Abdrakhmanov G.S., Yusupov I.G., Orlov G.A. et al. Isolation of water inflow zones in directional and horizontal wells. *Neftyanoe khozyaistvo = Oil industry*. 2003. No. 2. Pp. 44-46. (In Russ.)
- Spravochnik inzhenera-neftyanika [Guide book of an oil engineer]. V. 2. Inzhiniring bureniya [Drilling engineering]. Ed. Larri Leik; Roberta Mitchella; Eng. Ed. A.G. Shatrovskii, S.O. Borozdin. Moscow-Izhevsk: Institute for Computer Research. 2014. 1033 p. (In Russ.)
- Takhautdinov Sh.F., Khisamov R.S., Ibatullin R.R., Abdrakhmanov G.S., Vakhitov I.D., Nizamov I.G. Controllable operation of horizontal wellbore intervals. *Neftyanoe khozyaistvo = Oil industry*. 2013. No. 7. Pp. 26-27. (In Russ.)

Takhautdinov Sh.F., Ibragimov N.G., Ibatullin R.R., Abdrakhmanov G.S., Akhmadishin F.F., Khamit'yanov N.Kh. Development of expandable technique and technology for trouble zones isolation. *Neftyanoe khozyaistvo = Oil industry*. 2008. No. 7. Pp. 34-38. (In Russ.)

### About the Authors

*Gabdrashit S. Abdrakhmanov* – Chief Researcher of the Drilling Department, Dsc (Engineering), Professor, Institute TatNIPIneft PJSC Tatneft

Russia, 423236, Republic of Tatarstan, Bugulma, M. Dzhaliya St., 32

*Farit F. Ahmadishin* – Head of the Drilling Department, PhD (Engineering), Institute TatNIPIneft PJSC Tatneft

Russia, 423236, Republic of Tatarstan, Bugulma, M. Dzhaliya St., 32

*Renat Kh. Muslimov* – DSc in Geology and Mineralogy, Professor, Department of Oil and Gas Geology, Institute of Geology and Petroleum Technologies, Kazan Federal University

Russia, 420008, Kazan, Kremlevskaya str., 4/5

*Denis V. Maksimov* – Research Engineer, Institute TatNIPIneft PJSC Tatneft

Russia, 423236, Republic of Tatarstan, Bugulma, M. Dzhaliya St., 32

*Vitaliy E. Pronin* – Research Engineer, Institute TatNIPIneft PJSC Tatneft

Russia, 423236, Republic of Tatarstan, Bugulma, M. Dzhaliya St., 32

*Manuscript received 6 July 2017;*

*Accepted 27 July 2017;*

*Published 30 August 2017*