

НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКИЙ ЖУРНАЛ

ОБОРУДОВАНИЕ И ТЕХНОЛОГИИ

ДЛЯ НЕФТЕГАЗОВОГО
КОМПЛЕКСА

EQUIPMENT AND TECHNOLOGIES
FOR OIL AND GAS COMPLEX



ОТКРЫТОЕ АКЦИОНЕРНОЕ ОБЩЕСТВО

6.2017

ВНИИОЭНГ

Новые методы и технологии

УДК 622.276.7+622.276.6

Реагентно-ударно-волновая технология обработки прискважинной зоны при капитальном ремонте скважин

А.Ф. Закиров¹ (канд. техн. наук, директор), М.М. Аглиуллин² (директор), Р.А. Каримов¹ (главный инженер), Р.А. Табашников¹ (зам. директора по технологиям), М.Х. Мусабилов³ (докт. техн. наук, зав. лабораторией), Р.Р. Фазлеев⁴ (зам. начальника СОрП)
(ООО "Таграс-РемСервис"¹, ООО "ИКЭС-нефть"², Институт "ТатНИПИнефть"³, ООО "АльметьевскРемСервис"⁴)

В данной статье рассмотрена механистическая модель кольматации прискважинной зоны пластов, показаны особенности и различия для добывающих и нагнетательных скважин, методы обработки прискважинной зоны на основе данной концепции. В ее основу положены деформация породы от давления в пористой среде и изменение поперечного сечения каналов. В нагнетательных скважинах происходит дополнительное защемление мелкодисперсных кольматантов после остановки закачки, удаление которых созданием депрессии на пласт малоэффективно, и требуются комплексные решения обработки прискважинной зоны. В добывающих скважинах кольматация вызвана в основном нарушением термобарического состояния отбираемой из пласта продукции и декольматация осуществляется закачкой химреагентов с откачкой продуктов реакции. Авторами предложена реагентно-ударно-волновая технология с использованием струйных насосов с многоцикловым циркуляционным клапаном, которая применяется при капитальном ремонте скважин. Технология позволяет удалять защемленные отложения созданием знакопеременных фильтрационных волн давления на забое скважины. Особенности этих волн давления заключаются в высокой крутизне фронтов давления депрессии и репрессии на пласт, регулировании амплитуды и длительности импульсов. Эффективность технологии показана на более чем 150 скважинах месторождений Республики Татарстан, из них 77 % – в нагнетательном фонде.

При существующей востребованности новых методов интенсификации нефтедобычи технология может использоваться на месторождениях с трудноизвлекаемыми запасами нефти: в низкопроницаемых коллекторах с высоковязкой продукцией – усиленным кавернообразованием в прискважинной зоне пласта, в обводненном фонде – комплексированием технологии с водоизоляционными работами и др.

Завершающим этапом капитального ремонта скважин является обеспечение качественной гидродинамической связи пласта со скважиной. Эта связь нарушается в процессе эксплуатации скважины, при длительном простое, консервации, ремонте эксплуатационной колонны, изоляционных работах и др. вследствие закупорки прискважинной зоны пласта (ПЗП) в наибольшей степени мелкодисперсными кольматантами (МДК).

Для восстановления фильтрационных параметров ПЗП используется большой арсенал химико-физических методов воздействия, применяемых бригадами текущего и капитального ремонта скважин. Наиболее сложными для обработки прискважинной зоны (ОПЗ) пласта являются нагнетательные скважины, которые в процессе эксплуатации подвергаются усиленному загрязнению вплоть до отсутствия приёмистости и невозможности закачки химреагентов. Нагнетательные скважины обычно имеют приёмистость, достаточную для закачки химреагентов и ОПЗ пласта. Для восстановления и повышения приёмистости нагнетательных скважин наиболее эффективными являются комплексные технологии, включающие реагентное, волновое и ударное воздействие на ПЗП.

В связи с этим рассмотрим особенности механизмов кольматации пласта для процессов прямой и обратной фильтрации жидкости через ПЗП нагнетательных и добывающих скважин, соответственно. Вследствие плоскорадиального характера фильтрации осаждение твердых МДК в нагнетательных скважинах начинается с ближней зоны пласта с минимальной площадью фильтрации и максимальной нагрузкой на фильтрационные каналы. В коллекторах с низкими фильтрационно-емкостными свойствами происходит относительно быстрая закупорка каналов частицами, содержащимися в нагнетаемой жидкости. В добывающих скважинах процесс обратный, и МДК задерживаются в удаленной зоне пласта с меньшей нагрузкой на фильтрационные каналы ближней зоны. Ухудшение проницаемости ближней зоны в добывающих скважинах обусловлено в большей степени нарушением термобарического состояния отбираемой из пласта продукции и выпадением из нее высокомолекулярных органических веществ и солей.

Большое влияние на эти процессы оказывает деформация породы от давления в пористой среде [1]. При изменении давления на забое скважины относительно пластового давления создается депрессионная или репресссионная "воронка" с максимальным градиентом давления в ближней зоне пласта. Пористая среда реагирует на изменение давления соответствующим изменением поперечного размера каналов в большей степени у карбонатных коллекторов в сравнении с терригенными.

В нагнетательных скважинах под давлением закачки происходит увеличение поперечного сечения фильтрационных каналов (рис. 1). МДК проникают по этим каналам до участка сужения, где происходят их накопление и закупорка каналов. Если в удаленной

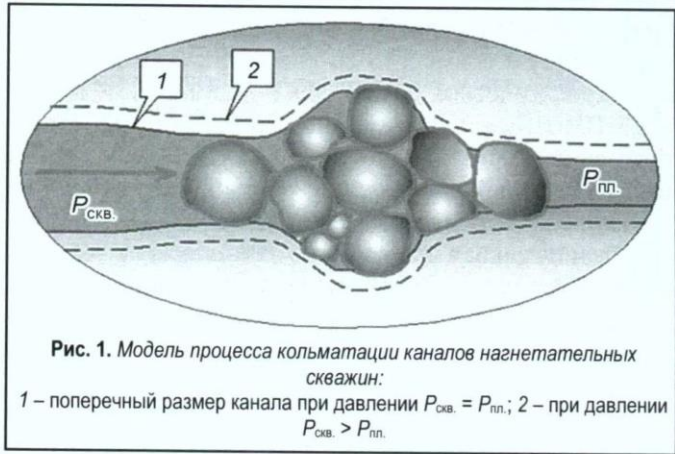


Рис. 1. Модель процесса кольматации каналов нагнетательных скважин:
1 – поперечный размер канала при давлении $P_{св.} = P_{пл.}$; 2 – при давлении $P_{св.} > P_{пл.}$

зоне пласта доля закупоренных каналов низкая и практически не влияет на приёмистость, то в ближней зоне при отсутствии в коллекторе высокопроницаемых каналов и трещин это постепенно приводит к отсутствию приёмистости и закупорке пористой среды. Процесс усугубляется тем, что при остановке закачки в пласт и выравнивании давления до пластового происходят уменьшение поперечного сечения фильтрационных каналов в зоне репресссионной воронки и зацементирование частиц, накопленных в участках сужения каналов. Удаление этих частиц из пласта становится сложной задачей, например, созданием депрессии (свабированием или гидрожелонками) сделать это практически невозможно, поскольку снижение давления приводит к еще большей обратной деформации пласта, сужению каналов и большему закреплению частиц в каналах. Вибровоздействие также не позволяет успешно решать задачу. Удаление возможно при растворении стенок каналов кислотными составами, но продавка в закупоренные каналы ограничена их низкой пропускной способностью и процесс ОПЗ связан с большими затратами времени. Более эффективны методы с разрывом пласта, например, пороховыми зарядами (ЗГРП) или непосредственный гидроразрыв пласта.

В добывающих скважинах каналы в зоне депрессионной воронки находятся в суженном состоянии. После остановки скважины они увеличиваются в поперечных размерах и накопленные в сужениях МДК становятся более подвижными. Их удаление из пласта осуществляется закачкой химреагентов для разрушения органических и солевых компонентов отложений, удерживающих частицы, с последующим свабированием для выноса этих частиц из пласта. В сложных случаях кольматации могут эффективно применяться виброволновые методы с созданием небольших по амплитуде низкочастотных волн давления с минимальной депрессией на пласт, имплозионные в комплексе с термовоздействием на ПЗП и другие комплексные технологии.

Проблема сложных ОПЗ нагнетательных скважин успешно решается реагентно-ударно-волновой обработкой скважин с использованием струйных насосов с многоцикловым циркуляционным клапаном [2]. Тех-

нология была предложена компанией "ИКЭС-нефть" (г. Уфа) [3] и совместно со специалистами инженерно-технологических служб ООО "ТаграС-РемСервис" и ТатНИПИнефти отработана для условий капитального ремонта скважин (технология РВ-ТБХО) [4]. На рис. 2 показана схема расположения оборудования на скважине при проведении технологии.

Отличительная особенность технологии в том, что она позволяет удалять частицы, защемленные в каналах ПЗП нагнетательных скважин, которые невозможно извлечь депрессионными методами. Для этого в прискважинной зоне пласта создаются фильтрационные волны давления длительностью от единиц до десятков минут. В полупериод репрессии насосным агрегатом в ПЗП нагнетается некоторый объем технологической жидкости до давления, допустимого с учетом состояния цемента и высоты межпластовой перемычки. Под этим давлением происходят расширение каналов в ПЗП и освобождение закупоренных частиц. После выдержки пласта под давлением в течение 5...10 мин циркуляционный клапан переключают на работу струйного насоса, и в пласте резко снижается давление от давления репрессии до значения давления депрессии, развиваемого струйным насосом. Вследствие опережения гидроударной волны депрессионного потока жидкости из пласта от

процесса обратной деформации пласта и сужения каналов твердые частицы успевают переместиться в ближнюю зону пласта, не подвергаемую защемлению при снижении давления. Волновой процесс многократно повторяется до полного выноса частиц из пласта. Метод более эффективен в карбонатных коллекторах, подверженных большей деформации в сравнении с терригенными. Процесс выноса МДК из пласта терригенного коллектора ускоряется при возможности продавки в пласт некоторого объема кислоты.

В настоящее время по технологии РВ-ТБХО на месторождениях Татарстана обработано более 150 скважин, 77 % из них – на нагнетательном фонде. В основном работы выполнялись в процессе капитального ремонта скважин (КРС) в неплановом порядке при отсутствии приёмности после обычных ОПЗ. По активированным данным скважинных работ технологическая успешность РВ-ТБХО составляет 93 %, геологическая – 81 %. Возможности метода не исчерпываются обработкой нагнетательных и добывающих скважин в процессе КРС. Технология может быть использована для целевых ОПЗ на объектах с трудноизвлекаемыми запасами нефти. В частности, для обработки слабопроницаемых коллекторов при условии создания непрерывных волн давления импульсного характера с высокой крутизной переднего и заднего фронтов, обеспечивающей мощные прямые и обратные гидроудары на пласт, в сочетании с кислотной обработкой, для стимуляции добычи вязкой нефти созданием вокруг скважины зоны с повышенной проницаемостью, для селективной гидроударно-волновой обработки нефтенасыщенных участков призабойной зоны нефтяного пласта высокообводненных скважин с предварительной изоляцией водонасыщенных пропластков, а также для дополнительного физического воздействия на пласты добывающих скважин при химобработках с их освоением струйным насосом. Не исключена возможность использования технических средств со вставным струйным насосом для эксплуатации малодебитного фонда в малых нефтедобывающих компаниях региона. Для решения этих задач у разработчиков имеются технические решения, но организация и проведение этих работ в большой степени определяются экономической ситуацией на рынке нефтедобычи и востребованностью новых методов интенсификации нефтедобычи.

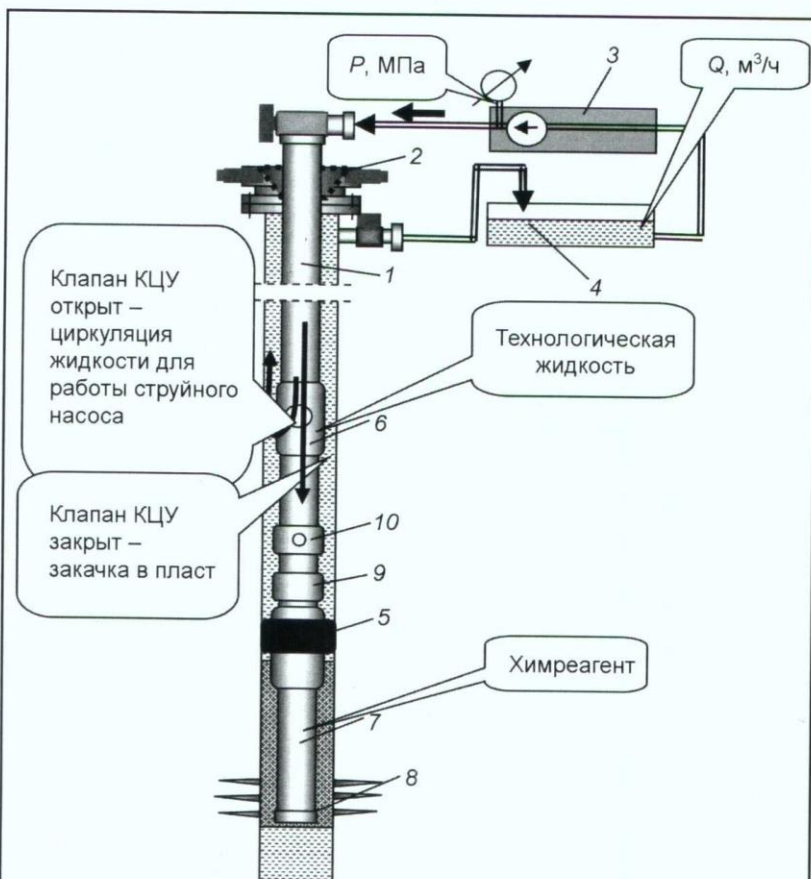


Рис. 2. Технологическая схема реакгентно-волновой термобарохимической обработки и освоения скважин (технология РВ-ТБХО):

1 – колонна НКТ; 2 – устьевой герметизатор (ГУОМ, превентор); 3 – насосный агрегат; 4 – желобная емкость; 5 – пакер; 6 – клапан циркуляционный (КЦУ) со вставным струйным насосом; 7 – хвостовик; 8 – перо-воронка; 9 – безопасный переводник; 10 – клапан уравнивательный механический (КУМ)

Выводы

1. Рассмотрена механистическая модель кольматации ПЗП добывающих и нагнетательных скважин. Загрязнению пласта, потере приёмности и зачастую невозможности ОПЗ закачкой химреагентов подвер-

гаются в большей степени нагнетательные скважины. ОПЗ добывающих скважин в основном выполняется закачкой химерагентов, для нагнетательных скважин востребованы комплексные технологии.

2. Проблема сложных ОПЗ нагнетательных скважин наиболее успешно решается реагентно-ударно-волновой обработкой скважин с использованием струйных насосов с многоцикловым циркуляционным клапаном (технология РВ-ТБХО). Технология позволяет удалить МДК из загрязненных каналов за счет их деформации созданием фильтрационных волн давления импульсного характера при переходе от репрессии к депрессии. Технология высоко адаптирована для условий КРС и позволяет выполнять ряд технологических действий за одну спускоподъемную операцию.

3. Предложено изучение возможности использования технологии РВ-ТБХО для обработки скважин на месторождениях с трудноизвлекаемыми запасами нефти – в низкопроницаемых коллекторах, вязкой нефти и других, а также для ОПЗ с освоением добывающих скважин струйным насосом.

ЛИТЕРАТУРА

1. О механизме кольматации прискважинной зоны нагнетательных скважин и физико-химическом способе ее очистки / Н.Г. Ибрагимов, М.М. Аглиуллин, А.Ф. Закиров, М.Х. Мусабилов, Р.Р. Яруллин // Сборник научных трудов "ТатНИПИнефть" ПАО "Татнефть". – М.: Нефть. хоз-во, 2015. – Вып. 83. – С. 207–215.

2. Техника и технология гидроударно-волнового воздействия на прискважинную зону пласта в процессе ремонта скважин в ОАО "Татнефть" / М.М. Аглиуллин, М.Х. Мусабилов, И.З. Чушикова, И.М. Новиков, В.М. Акуляшин, Р.Р. Яруллин // Нефтегазовое дело: электрон. науч. журн. – 2013. – № 1. – С. 166–180. – Режим доступа: URL: http://www.ogbus.ru/authors/Agliullin/Agliullin_4.pdf

3. Пат. 2495998 Рос. Федерация, МПК E 21 B 43/18. Способ гидроударной обработки призабойной зоны пласта и освоения скважин и эжекторное устройство для его осуществ-

ления (варианты) / М.М. Аглиуллин, И.М. Новиков, М.Х. Мусабилов, В.М. Акуляшин, Р.Р. Яруллин, Р.М. Файзуллин; заявитель и патентообладатель ПАО "Татнефть" им. В.Д. Шашина. – № 2011118834; заявл. 10.05.2011; опубл. 20.10.2013, Бюл. № 29.

4. Пат. 2584253 Рос. Федерация, МПК E 21 B 43/18, 34/06. Способ реагентно-волновой обработки призабойной зоны пласта фильтрационными волнами давления / А.Ф. Закиров, Р.З. Сахабутдинов, И.К. Маннапов, Ю.Р. Стерлядев, И.З. Чушикова, М.Х. Мусабилов, Р.Р. Яруллин, А.А. Биккулов; заявитель и патентообладатель ПАО "Татнефть" им. В.Д. Шашина. – № 2014129365; заявл. 16.07.2014; опубл. 20.05.2016, Бюл. № 14.

LITERATURA

1. О механизме кольматации прискважинной зоны нагнетательных скважин и физико-химическом способе ее очистки / Н.Г. Ибрагимов, М.М. Аглиуллин, А.Ф. Закиров, М.Х. Мусабилов, Р.Р. Яруллин // Сборник научных трудов "ТатНИПИнефть" ПАО "Татнефть". – М.: Нефть. хоз-во, 2015. – Вып. 83. – С. 207–215.

2. Техника и технология гидроударно-волнового воздействия на прискважинную зону пласта в процессе ремонта скважин в ОАО "Татнефть" / М.М. Аглиуллин, М.Х. Мусабилов, И.З. Чушикова, И.М. Новиков, В.М. Акуляшин, Р.Р. Яруллин // Нефтегазовое дело: электрон. науч. журн. – 2013. – № 1. – С. 166–180. – Режим доступа: URL: http://www.ogbus.ru/authors/Agliullin/Agliullin_4.pdf

3. Пат. 2495998 Рос. Федерация, МПК E 21 B 43/18. Способ гидроударной обработки призабойной зоны пласта и освоения скважин и эжекторное устройство для его осуществления (варианты) / М.М. Аглиуллин, И.М. Новиков, М.Х. Мусабилов, В.М. Акуляшин, Р.Р. Яруллин, Р.М. Файзуллин; заявитель и патентообладатель ПАО "Татнефть" им. В.Д. Шашина. – № 2011118834; заявл. 10.05.2011; опубл. 20.10.2013, Бюл. № 29.

4. Пат. 2584253 Рос. Федерация, МПК E 21 B 43/18, 34/06. Способ реагентно-волновой обработки призабойной зоны пласта фильтрационными волнами давления / А.Ф. Закиров, Р.З. Сахабутдинов, И.К. Маннапов, Ю.Р. Стерлядев, И.З. Чушикова, М.Х. Мусабилов, Р.Р. Яруллин, А.А. Биккулов; заявитель и патентообладатель ПАО "Татнефть" им. В.Д. Шашина. – № 2014129365; заявл. 16.07.2014; опубл. 20.05.2016, Бюл. № 14.

ООО "ТаграС-РемСервис"

423458, Россия, Республика Татарстан, г. Альметьевск, ул. Р. Фахретдина, 43.
E-mail: tnrs@tagras.ru

ООО "ИКЭС-нефть"

450098, Россия, Республика Башкортостан, г. Уфа, ул. Комсомольская, 167-51.
E-mail: ikesoil@mail.ru

Институт "ТатНИПИнефть"

423200, Россия, Республика Татарстан, г. Бугульма, ул. М. Джалиля, 32.
E-mail: musabirov@tatnipi.ru

ООО "АльметьевскРемСервис"

423450, Россия, Республика Татарстан, г. Альметьевск, ул. Производственная, 2.
E-mail: aupnp@tagras.ru