



М. С. Паровинчак
ООО «ХК «ПетроГазТех»¹
заместитель генерального
директора – главный геолог
эксперт ЕСОЭН
m.parovinchak@petrogastech.ru



Ю. А. Иконников
ООО «ХК «ПетроГазТех»¹
генеральный директор



С. С. Черепанов
канд. техн. наук
ООО «ЛУКОЙЛ-Пермь»²
заместитель генерального
директора по геологии
и разработке
lp@lp.lukoil.com



Т. Р. Балдина
ООО «ЛУКОЙЛ-Пермь»²
начальник управления
разработки нефтяных
и газовых месторождений
lp@lp.lukoil.com



С. А. Кондратьев
ООО «ЛУКОЙЛ-Инжиниринг»
«ПермНИПнефть»³
начальник управления
планирования и сопровождения
ГРП и ОПР
permnipineft@pnn.lukoil.com



А. А. Юнусов
ФК Рэйдиал Дриллинг
Сервисез Инк.⁴
главный инженер



А. В. Страчков
ФК Рэйдиал Дриллинг
Сервисез Инк.⁴
заместитель директора



В. С. Любимов
ВНИПВзрывгеофизика⁵
заведующий отделом
аппаратуры интенсификации
нефтепритоков
info@vnpiivg.tr

Использование комплексированной технологии радиального вскрытия пласта и газодинамического разрыва пласта (РВП и ГДРП) для интенсификации добычи нефти из низкопроницаемых коллекторов

¹Россия, 105066, Москва, ул. Нижняя Красносельская, 40/12, корп. 2, этаж 3, офис 329.

²Россия, 614990, Пермь, ул. Ленина, 62.

³Россия, 614066, Пермь, ул. Советской Армии, 29.

⁴Россия, 423450, Республика Татарстан, Альметьевск, ул. Шевченко, 48.

⁵Россия, 140105, Московская обл., Раменское, ул. Прямолинейная, 26.

Технология радиального вскрытия пласта является эффективным и подтвержденным методом интенсификации добычи нефти и газа для месторождений и залежей, представленных природными низкопроницаемыми или «загрязненными» в процессе длительной эксплуатации коллекторами. Опыт проведения работ по РВП в нефтегазовых компаниях в различных регионах России в течение более 10 лет подтверждает их высокую успешность и эффективность, в частности, увеличение суточной производительности скважин после РВП достигает от 150 до 250%, а процент успешности проводимых работ составляет 95%

Ключевые слова: метод радиального вскрытия пласта; технология газодинамического разрыва пласта; синергетический эффект

О общеизвестно, что повышение коэффициента извлечения нефти и газа даже на 1% по всем месторождениям страны равнозначно открытию десятков мелких, средних и даже крупных залежей и месторождений, которые находятся во все более сложных геолого-географических условиях и на освоение которых «с нуля» требуются многомиллиардные вложения.

С учетом необратимой тенденции ухудшения сырьевой базы нефтегазодобывающих компаний, вовлечения в промышленную разработку месторождений с низкопродуктивными и низкопроницаемыми коллекторами, высокой выработкой запасов давно эксплуатируемых месторождений, вопрос по интенсификации добычи и повышения нефте- и газоотдачи пластов с каждым годом становится все более актуальным.

Одним из перспективных способов решения этих проблем является метод радиального вскрытия пласта (РВП), позволяющий с помощью специального оборудования в наклонно-направленных скважинах и в скважинах с горизонтальным окончанием проводить проводку дополнительных радиальных каналов протяженностью до 100 м и диаметром до 50 мм.

Последовательность операций при создании каналов:

1. Глушение скважины;
2. Подъем ГНО, шаблонирование эксплуатационной колонны;
3. Спуск отклоняющего башмака, ориентация;
4. Спуск гибкого вала с фрезой для вырезки окна в эксплуатационной колонне;
5. Фрезерование окна;
6. Спуск в отклоняющий башмак гибкого шланга с гидромониторной насадкой;
7. Вскрытие канала. Подъем шланга;
8. Поворот отклоняющего башмака на 90°, либо поворот по определенному азимуту с помощью гироскопического инклинометра;
9. Повторение операций 4–8 до выполнения технического задания;
10. Подъем оборудования. Спуск ГНО. Освоение скважины.

Радиальные каналы в количестве от 1 до 8 на одном уровне могут располагаться на различных глубинах в зависимости от толщины продуктивного пласта и его проницаемости, при этом количество таких уровней практически неограничено и определяется расчетным путем, исходя из геолого-технологических и финансово-экономических соображений.

По этим показателям технология не имеет себе равных и может применяться как в маломощных пластах и пропластках (от 0,8 м) на глубинах до 3500 м, так и в близкорасположенных обводнившихся пластах, которыми характеризуются большое количество действующих и вновь вводимых месторождений.

Главным преимуществом технологии радиального вскрытия пласта, в сравнении с часто используемыми в последние годы методами интенсификации добычи (горизонтальное бурение, зарезка боковых стволов, многоствольное бурение, гидроразрыв пласта), является высокая точность и избирательность выбора интервала проводки каналов и минимальный радиус захода в пласт.

Опыт проведения работ по РВП в нефтегазовых компаниях в различных регионах России в течение более 10 лет подтверждает их высокую успешность и эффективность, в частности, увеличение суточной производительности скважин после РВП достигает от 150 до 250%, а процент успешности проводимых работ составляет 95%.

Технология проводки РВП может успешно применяться в комплексе с другими методами интенсификации добычи, в частности, с солянокислотными обработками (СКО) преимущественно в карбонатных коллекторах, а также с газодинамическим разрывом пласта (ГДРП), ГРП, что доказано опытными работами.

Рис. 1.

Оборудование для проведения РВП: а – отклоняющий башмак и центратор; б – ГНКТ; в – гибкий вал с фрезой; г – гидромониторная насадка



Разработчиком технологии РВП и владельцем интеллектуальной собственности является Хенк Елсма, владелец компании Рэйдиалл Дрилинг Сервисез Инк. (РДС), которая с 2002 г. ведет деятельность на российском нефтегазовом рынке через свой филиал в Альметьевске.

В течение последних 3 лет российский филиал РДС работает в партнерстве с компанией ХК «ПетроГазТех», зарегистрированной в Москве и Санкт-Петербурге. В результате партнерства было создано отдельное юридическое лицо – совместное предприятие ООО «РДС-ПетроГазТех».

За весь период работы компании РДС на российском рынке в нефтегазовых добывающих предприятиях было проведено более 1000 скважино-операций по интенсификации добычи с использованием технологии радиального вскрытия пласта.

Краткие параметры технологии РВП:

- длина радиального канала – до 100 м;
- диаметр канала – до 50 мм;
- диаметр отверстия в эксплуатационной колонне – 22 мм;
- глубина скважины с обсаженным стволом – до 3500 м по стволу;
- диаметр эксплуатационной колонны – от 114 мм до 245 мм;
- толщина стенки эксплуатационной колонны – до 12 мм;
- марка стали – все марки стандарта ГОСТ 632-80 Стандарта АР1 до Р-110 включительно;

– максимальный зенитный угол по стволу – до 60°/15° в интерв. Вскрытия.

Главные ограничения применения технологии РВП:

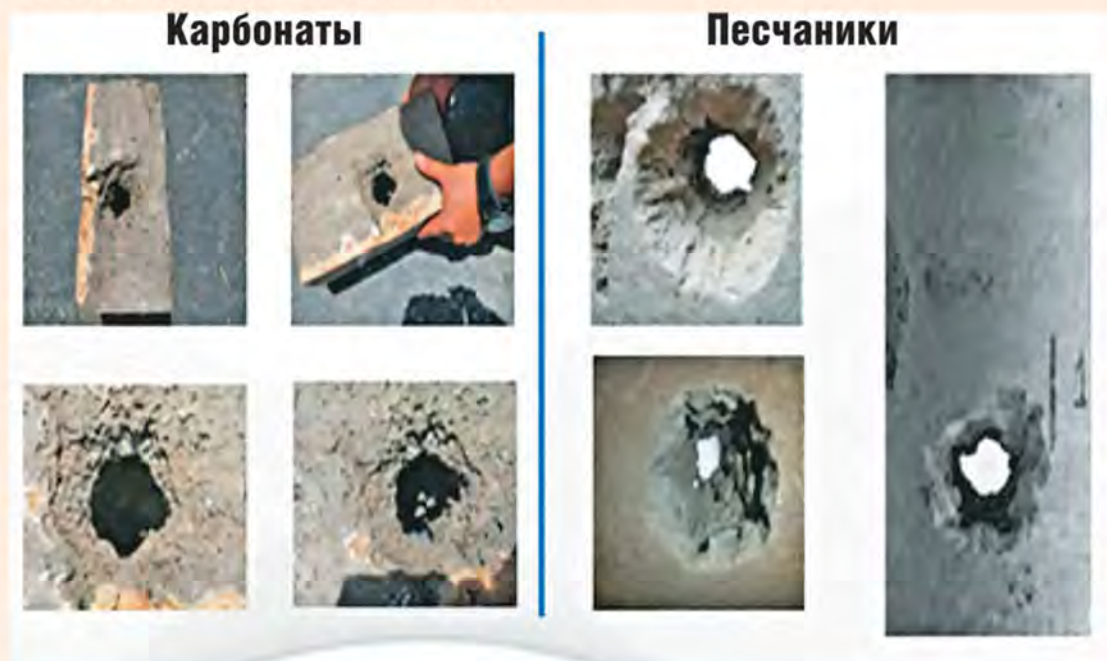
- отношение пластового давления к нач. не ниже 0,5;
- проницаемость пласта не ниже 0,1 мД;
- обводненность продукции скважин не выше 50%;
- при обводненности выше 50% РВП менее эффективно;
- максимальная кривизна скважины не более 60°;
- максимальный угол в прод. Пласте не более 15°/10м;
- ранее проведенные ГРП снижают эффективность РВП.

Для повышения эффективности применения технологии радиального вскрытия пласта в терригенных коллекторах специалисты компаний «ПетроГазТех» и «РДС» пришли к решению провести опытно-промышленные работы по комплексированию РВП с технологией газодинамического разрыва пласта (ГДРП), разработанной ОАО «ВНИПИВзрывгеофизика». Новизна заключается в совмещении двух промышленно применяемых технологий – РВП и ГДРП, для получения синергетического эффекта.

После создания сети каналов РВП, генератор с пороховыми зарядами доставляют в заданный интервал продуктивного пласта, воспламеняют и сжигают, создавая в интервале

Рис. 2.

Образцы пород после РВП: а – карбонаты; б – песчаники



пласта импульс давления, который характеризуется скоростью нарастания, превышающей 10^3 МПа/с, и обязательным наличием участка, где давление превышает давление разрыва пласта. Результатом такого динамического, а не квазистатического (как в случае применения технологии ГРП), воздействия на пласт через каналы РВП является:

- образование в каждом из каналов РВП новой дополнительной системы разнонаправленных микро- и макротрещин, обеспечивающих раскрытие закупоренных и соединение мелких пор, разрушение фазовых, водонефтяных и гидродинамических барьеров, что значительно улучшает фильтрационные характеристики вскрытой каналами РВП зоны пласта;

- создание направленного в заданную область продуктивного пласта разрушения горной породы – вдоль каждого канала РВП с образованием системы дополнительных остаточных трещин, обеспечивающих качественную гидродинамическую связь каждого канала РВП с незагрязненной частью пласта.

В частности, во второй половине 2017 г. были проведены опытно-промышленные работы методом РВП и ГДРП на трех скважинах на месторождениях Пермского края, находящихся на 3–4 стадии разработки с низкоэффективными запасами на терригенном коллекторе. В целом данные работы подтвердили предполагаемую эффективность сочетания технологий РВП и ГДРП.

Из трех скважин положительный результат с существенными приростами дебитов нефти от 150 до 250% получен по двум скважинам. На первой скважине было выполнено 3 радиальных канала по РВП с фазировкой 90° , а также газодинамическое воздействие ГДРП в одну стадию. Полученные после освоения дебиты составили 9 т/сут, что в 1,5–2 раза выше первоначального дебита до проведения интенсификации. Вторая скважина показала примерно такой же результат после проходки 4 каналов РВП и обработки ГДРП, что подтвердило 1,5–2-кратную эффективность проведенных работ, а по третьей скважине параметры добычи изменились незначительно – на 10–15%.

На основании данных опытно-промышленных работ можно считать результаты проведенных работ положительными, и комплексный метод двух технологий РВП и ГДРП рекомендовать к промышленному внедрению.

Выводы

1. Технология радиального вскрытия пласта является эффективным и подтвержденным методом интенсификации добычи нефти и газа

для месторождений и залежей, представленных природными низкопроницаемыми или «загрязненными» в процессе длительной эксплуатации коллекторами.

2. Из выполненных более 1000 скважино-операций по РВП в различных регионах и нефтегазовых компаниях России положительные результаты получены преимущественно по скважинам с карбонатными коллекторами, где в качестве технологических жидкостей для гидроразрыва каналов (либо последующей их обработки) использовалась соляная кислота в различных концентрациях от 5 до 15% (либо стандартный кислотный состав, применяемый в данном регионе).

3. Предположительно, одной из главных причин получения неудовлетворительных результатов при проведении работ по РВП на терригенных коллекторах на территории РФ является использование в качестве технологической жидкости для вскрытия пласта несовместимых по минерализации с пластовыми условиями пресных вод, которые приводят к дополнительной кольматации пор в результате реакции с глинистыми частицами, их набуханию и снижению проницаемости призабойной зоны.

4. В некоторых случаях отрицательные результаты применения технологии РВП также связаны с проведением работ на неработающем бездействующем фонде, где не соблюдаются основные критерии подбора скважин-кандидатов (снижение пластового давления от первоначального более 50%, достижения обводненности нефти более 50%), а также с неоптимальным расчетом дизайна каналов РВП по их протяженности, азимутальному ориентированию, количеству уровней.

5. Проведенные в 2017 г. опытно-промышленные работы на трех нефтедобывающих скважинах на трех разных месторождениях в Пермском регионе показали, что для получения более эффективных результатов на скважинах с терригенными коллекторами предпочтительно применять комплексирование технологии РВП с другими методами интенсификации, в частности, с газодинамическим разрывом пласта (ГДРП).

6. Для дальнейшего подтверждения эффективности комплексной технологии РВП и ГДРП в ближайшие 2–3 года планируется провести серию опытно-промышленных работ в нефтедобывающих компаниях Западной и Восточной Сибири, где основные запасы и объемы добычи связаны преимущественно с терригенными коллекторами где накоплен огромный фонд добывающих скважин, простаивающих по причине снижения текущих дебитов, ухудшения продук-

тивности, преимущественно, из-за увеличения скин-фактора.

7. Одновременно с продолжением начатых работ по комплексированию работ на терригенных коллекторах целесообразно провести аналогичные работы также на карбонатных залежах, по которым геолого-технологическая эффективность также не является 100-процентной и где развитие трещиноватости между каналами РВП в результате газодинамического воздействия ГДРП предполагается выше терригенного коллектора из-за более жесткой матрицы с соответствующим увеличением интенсивности потока пластового флюида.

8. Существенным нереализованным резервом интенсификации нефте- и газодобывающих скважин авторы рассматривают комплексирование РВП с ГРП, которое позволит решить одну из главных проблем, ограничивающих применение и снижающих эффективность гидроразрыва пласта – хаотичность и непредсказуемость распространения трещин при разрыве и высокой вероятности вскрытия ниже- и вышерасположенных водо- и газонасыщенных пластов и пропластков. Предварительная проводка ка-

налов РВП до проведения гидроразрыва позволит управлять процессом трещинообразования и ориентирования их в требуемом направлении.

9. Рекомендуется также расширить круг решаемых актуальных задач по добыче нефти и газа с использованием уникальной технологии радиального вскрытия пласта для повышения приемистости нагнетательных скважин, ограничения водопритоков обводнившихся добывающих скважин с закачкой блокирующих составов через пройденные каналы РВП, а также оптимизации проектирования разработки месторождений с целью обеспечения повышения коэффициентов нефте-газо- и конденсатоотдачи за счет увеличения зоны дренирования запасов, включая ТРИЗ.

10. Необходимо в течение ближайших лет решить методически и технически один из главных вопросов – определение и документальное подтверждение траектории каналов с последующей возможностью управления положением и продвижением гидромониторной насадки, что является причиной осторожного отношения специалистов при рассмотрении альтернативных вариантов интенсификации скважин. 

UDC 550.832.6:622

M.S. Parovinchak, Deputy General Director – Chief Geologist, Holding Company PetroGasTech LLC¹,
m.parovinchak@petrogastech.ru

Yu.A. Ikonnikov, Director General of Holding Company PetroGasTech LLC¹

S.S. Cherepanov, PhD, Deputy General Director for Geology and Development, LUKOIL–Perm, lp@lp.lukoil.com

T.R. Baldina, Head of Oil and Gas Field Development, LUKOIL–Perm, lp@lp.lukoil.com

S.A. Kondratev, Head of Department, PermNIPIneft³, permnipineft@pnn.lukoil.com

A.A. Yunusov, Chief Engineer, company branch Radial Drilling Services, Inc.⁴

A.V. Strachkov, Deputy Director, company branch Radial Drilling Services, Inc.⁴

V.S. Lyubimov, Head of the Department of Equipment for the Intensification of Oil Leak of VNIPIvzryvgeofizika⁵

¹Office 329, 3rd floor, bldg. 2, 40/12 Nizhnaya Krasnoselskaya str., Moscow, 105066 Russia.

²62, Lenin str., Perm, 614990, Russia.

³29 Sovetskoy Armii str., Perm, 614066, Russia.

⁴48 Shevchenko str., Almet'yevsk, Republic of Tatarstan, 423450, Russia.

⁵26 Pryamolineinaya str., Ramenskoe, Moscow region, 140105, Russia

The Use of Integrated Technology of Radial Opening of the Reservoir and Gas-dynamic Fracturing and for the Intensification of Oil Production from Low-permeable Reservoirs

Abstract. The technology of radial opening of the reservoir is an efficient and proven method of intensifying oil and gas production for fields and deposits represented by natural low-permeable or “polluted” reservoirs during long-term operation. The experience of work on the radial formation in oil and gas companies in various regions of Russia for more than 10 years confirms their high success and effectiveness, in particular, the increase in daily well productivity after radial opening of the reservoir reaches from 150 to 250%, and the percentage of successful work performed is 95%.

Keywords: radial opening method; gasdynamic fracturing technology; synergistic effect.