

УДК 622.276.72

**ВЛИЯНИЕ АСФАЛЬТО-СМОЛО-ПАРАФИНОВЫХ,
СОЛЕВЫХ ОТЛОЖЕНИЙ И МЕХАНИЧЕСКИХ ПРИМЕСЕЙ
НА ПРОДУКТИВНОСТЬ СКВАЖИН**



**INFLUENCE OF ASPHALT-RESIN-PARAFFIN, SALT DEPOSITS
AND MECHANICAL IMPURITIES ON WELL PRODUCTIVITY**

Поварова Лариса Валерьевна

кандидат химических наук, доцент,
доцент кафедры химии,
Кубанский государственный
технологический университет
larispv08@gmail.com

Мунтян Валерия Сергеевна

студентка 2 курса
направления подготовки 21.03.01 «Нефтегазовое дело»
института Нефти, газа и энергетики,
Кубанский государственный
технологический университет
leramunya77@mail.ru

Скиба Анна Сергеевна

студентка 2 курса
направления подготовки 21.03.01 «Нефтегазовое дело»
института Нефти, газа и энергетики,
Кубанский государственный
технологический университет
anya.ivanova.25@mail.ru

Аннотация. В статье рассмотрены способы борьбы со снижением продуктивности скважин на месторождениях Западной Сибири вследствие образования асфальто-парафиновых, солевых отложений и механических примесей.

Ключевые слова: продуктивность скважины, эксплуатация скважины, механические примеси, асфальто-смоло-парафиновые отложения (АСПО).

Povarova Larisa Valeryevna

Candidate of chemical sciences,
Associate Professor,
Associate Professor
of chemistry department,
Kuban state technological university
larispv08@gmail.com

Muntian Valeria Sergeevna

2nd year student training direction
21.03.01 «Oil and gas engineering»
Institute of Oil, Gas and Energy,
Kuban state technological university
leramunya77@mail.ru

Skiba Anna Sergeevna

2nd year student training direction
21.03.01 «Oil and gas engineering»
Institute of Oil, Gas and Energy,
Kuban state technological university
anya.ivanova.25@mail.ru

Annotation. The article discusses how to combat the decline in the productivity of wells in Western Siberia due to the formation of asphalt-paraffin, salt deposits and mechanical impurities.

Keywords: well productivity, well operation, mechanical impurities, asphaltene-resin-paraffin deposits (AFS).

Большая часть добычи нефти в России приходится на северные районы, поскольку Сибирь является крупнейшим нефтегазоносным и нефтегазодобывающим районом. Важнейшая особенность сырьевой базы нефти Сибири заключается в благоприятной структуре разведанных запасов и их высокой концентрации в крупных месторождениях. Вместе с тем, увеличивается доля запасов, разработка которых осложнена большими глубинами и удалённостью от потребителя. Современный этап развития нефтегазового комплекса Западной Сибири характеризуется вступлением наиболее крупных месторождений в позднюю стадию разработки, высокой обводнённостью добываемой продукции, ухудшением структуры извлекаемых запасов нефти и, соответственно, осложнениями при эксплуатации скважин.

Условия эксплуатации оборудования на северных месторождениях можно охарактеризовать как сильно осложненные, вследствие высоких отложений асфальто-смоло-парафиновых соединений (АСПО), солей, гидратообразований, выноса механических примесей и других негативных факторов.

Увеличение солесодержания, обводнённости и количества взвешенных частиц в продукции скважин приводит к целому ряду осложнений, в частности, к коррозионному износу подземного оборудования. В последние годы прослеживается тенденция

роста количества отказов погружного оборудования добывающих скважин вследствие коррозии материалов. Наблюдается коррозия как внутренней стенки насосно-компрессорных труб (НКТ), так и внешней поверхности корпусов погружных электродвигателей (ПЭД). Коррозия ПЭД является причиной примерно 70 % отказов скважин, вышедших из строя вследствие коррозии. Всего же количество отказов погружного оборудования по причине коррозии за последние несколько лет увеличилось в 4–5 раз.

Как показывают исследовательские работы и опыт эксплуатации скважин, снижение коэффициента продуктивности призабойной зоны при первичном и вторичном вскрытии пласта может быть вызвано:

- проникновением в порово-трещинное пространство фильтрата и твёрдой фазы бурового раствора;
- образованием нерастворимых осадков, которые выпадают в порах и трещинах пласта;
- образованием на границе контакта промывочной жидкости с нефтью стойких вязких водонефтяных эмульсий, которые препятствуют продвижению нефти из пласта в скважину.

В связи с этим для эффективной разработки и эксплуатации нефтяных месторождений в условиях крайнего севера необходим подбор технологий, позволяющих предотвращать возникновение различных осложнений и учитывающих особенности конкретных скважин.

При эксплуатации добывающих скважин наиболее часто встречаются следующие основные осложнения, снижающие продуктивность скважин:

- асфальто-смоло-парафиновые отложения (АСПО);
- отложения солей в трубопроводах;
- повышенное содержание механических примесей;
- коррозионный износ подземного и наземного оборудования и др.

Остановимся подробнее на асфальто-смоло-парафиновых отложениях.

Асфальто-смоло-парафиновые отложения (АСПО) образованы в основном парафинами, смолами и асфальтенами, которые в условиях пласта коллоидно растворены в нефти. В группу парафинов входят твёрдые углеводороды от C₁₇H₃₆ до C₇₁H₁₄₄. Чистые парафины – белые кристаллические вещества, которые при определённых термодинамических условиях переходят в жидкое состояние. Парафины стойки по отношению к различным химическим реагентам. Они не взаимодействуют с серной кислотой не только при низких температурах, но и при высоких. Азотная и соляная кислоты, а также щелочи инертны в отношении парафинов.

Смолы представляют собой полициклические соединения, молекулы которых, кроме углерода и водорода, содержат атомы кислорода, серы, азота. В нефти такие соединения обладают коллоидными свойствами и оказывают влияние на начало кристаллизации и рост кристаллов парафина.

Асфальтены имеют наиболее высокую молекулярную массу (2000–140000 а.е.м.), коллоидную или твёрдую консистенцию. Как ПАВ асфальтены в 8 раз активнее смол. Эффективная концентрация асфальтенов, влияющих на кристаллизацию парафина, составляет 0,5 %.

Частицы песка, глины и других механических примесей в нефти способствуют упрочнению АСПО, поскольку выступают центрами кристаллизации парафина.

Повышенное содержание асфальто-смоло-парафиновых соединений в нефти приводит к образованию отложений АСПО на поверхности внутрискважинного и наземного оборудования. Парафинизация оборудования возникает в результате охлаждения газонефтяного потока от пластовой температуры (порядка 120 °С) до температуры ниже температуры насыщения нефти парафином.

Выпадение АСПО на стенках глубинного оборудования скважин зависит от природы материала, из которого оно изготовлено, качества его обработки и степени коррозионного износа поверхности оборудования. Примечательно, что АСПО служат цементирующей основой для взвешенных частиц твёрдой фазы, что приводит к образованию на поверхности оборудования плотной и прочной корки, плохо поддающейся любым обработкам.

Для защиты от возможных отложений АСПО, как правило, используются механические, магнитные и химические методы.

Механические методы включают применение:

- ленточных электрообогревателей (установок прогрева скважин, позволяющих устранить одну из главных причин парафинообразования – снижение температуры по стволу скважины);
- скребков для очистки обсадных колонн;
- труб с покрытием (эмали, лакокрасочные и др.);
- стеклопластиковых труб и др.

Примечательно, что стеклопластиковые трубы универсальны, инертны к большинству агрессивных и высокоминерализованных сред, обладают высокой прочностью, работают при высоких давлениях и температурах. Исходными материалами для их изготовления являются связующие (терморезистивные полимеры) и наполнитель (стекловолоконный ровинг). На стеклопластиковые НКТ отложение асфальтено-смолопарафинистых веществ идёт менее эффективно, чем на стальные и на НКТ со стеклоэмалевым покрытием.

Магнитные методы базируются на создании магнитного поля в потоке жидкости и образовании центров кристаллизации по всему объёму нефтяного потока, что способствует более интенсивному выносу парафина.

Химические методы предполагают использование ингибиторов парафиноотложений комплексного действия (СНПХ-7941 и др.) и удалителей (СНПХ-787, СНПХ-ИПГ-11 марки А, Б, В, сольвент нефтяной тяжёлый, стабильный газовый конденсат, скважины нефрас, гексановая фракция и др.).

Подбор наиболее эффективного ингибитора следует осуществлять на основе результатов лабораторных исследований состава АСПО и ингибирующей способности, применительно к составу нефти данного месторождения с последующими промышленными испытаниями.

Среди многообразия применяемых в настоящее время методов защиты скважин от АСПО следует обратить внимание на установки прогрева скважин типа УПС «Фонтан» или аналоги, которые позволяют устранить главную причину парафинообразования – снижение температуры по стволу скважины (рис. 1).

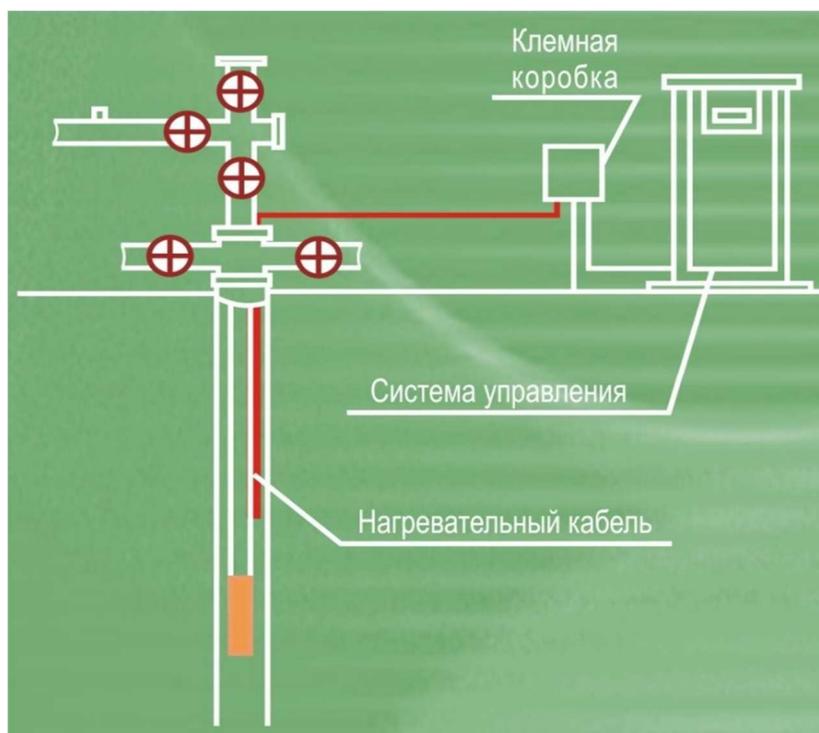


Рисунок 1 – Принципиальная схема установки коррозионный подогрева скважин «Фонтан»

Следующим существенным фактором, приводящим к снижению продуктивности добывающих скважин и наработки на отказ скважинных насосов, является солеотложение.

Осадки солей представляют собой плотные микро- и мелкокристаллические структуры (однородные кристаллы длиной до 5 мм с равномерным включением твёрдых углеводородов). В ряде случаев такие осадки имеют накипеобразный характер. В отложениях солей могут также преобладать кристаллы гипса средних размеров 5–12 мм с включением твердых и жидких углеводородов. Крупнокристаллические осадки, как правило, состоят из крупных игольчатых кристаллов гипса длиной 12–25 мм, образующих каркас. Между ними находятся более мелкие кристаллы солей и углеводородные соединения.

Основной источник солей, выпадающих в осадок при добыче нефти – это попутные воды, добываемые вместе с нефтью, причём наиболее вероятным осадком является кальцит. Отмечено выпадение сульфатных и карбонатных осадков ($BaSO_4$ и $CaCO_3$).

В условиях Сибири причиной отложения солей служит нарушение карбонатного равновесия вследствие изменения термобарических параметров. В скважинах, оборудованных установкой электроприводного центробежного насоса (УЭЦН), отложения солей могут возникать на сетке насоса, поверхности погружного электродвигателя, валах и крыльчатках насоса, токоведущем кабеле. Существенное влияние на кристаллизацию солей из пересыщенного раствора оказывают асфальтены и смолы, выступающие центрами кристаллизации солей, что может привести к формированию осадка. В процессе эксплуатации оборудования и роста обводнённости риски негативного влияния солеотложения растут.

Мониторинг различных отложений показывает, что доля солевых отложений в общем числе отказов центробежных насосов (ЭЦН) варьируется от 12 до 25 %. Интенсивность солеотложения в скважинах различна, это вызвано разной насыщенностью попутно-добываемых вод солями, обводнённостью добываемых флюидов и условиями эксплуатации скважинных насосов.

Для предотвращения отложений солей на рабочих органах насоса необходимо применение специальных химических ингибиторов и принятия мер по оптимизации подбора конструкции погружного оборудования.

Одним из основных и эффективных методов борьбы с солеотложениями является применение химических реагентов (ингибиторов солеотложения), которые дозируются в поток или задавливаются в призабойную зону «солеотлагающих скважин».

Наиболее широко применяются такие ингибиторы отечественного производства, как ОЭДФ (оксиэтилидендифосфоновая кислота), СНПХ-5306 (композиционный состав на основе азотфосфорсодержащих соединений), ПАФ-13А (водный раствор полиаминометиленафосфонатов), СНПХ-5312-Т (фосфорорганический комплексон в водно-метанольной среде), Акватек 511 М, Азол 3010, Сансол 2001 А, СНПХ 5312 Т, СНПХ 5311 и ингибиторы зарубежных фирм – SP-181, SP-203, Деквест 2000 Деквест 2042, Visko-953R, корексит 7642 и др.

Рассмотрим требования, предъявляемые к ингибиторам отложения солей. Прежде всего, реагенты должны быть совместимы с минерализованной водой, иметь низкие температуру застывания, вязкость и коррозионную активность. Они должны обладать хорошими адсорбционно-десорбционными характеристиками, температурной устойчивостью и минимальной токсичностью. Кроме того, ингибиторы не должны оказывать побочные действия на другие химические соединения, применяемые в нефтедобыче.

Подбор наиболее эффективного ингибитора осуществляется на основании лабораторных исследований состава воды и осадков солей данного месторождения с последующими промышленными испытаниями.

Эффективность мер по предотвращению солеотложения зависит от точности выполнения технологии подачи ингибитора и периодичности обработок скважин. Непрерывную подачу ингибитора используют при отложении солей выше приёма насоса. Метод эффективен в скважинах с низким уровнем потока жидкости.

При обработке скважин ингибитором солеотложения следует обеспечить его достаточное количество для более полной адсорбции на породе пласта. Кроме того, возможна периодическая закачка ингибитора в затрубное пространство скважин.

Одним из наиболее эффективных методов химической защиты от выпадения солей является периодическая закачка инкапсулированного ингибитора. На ряде скважин применяются и другие формы доставки реагента, такие как устьевые дозаторы, закачка жидкого ингибитора непосредственно в пласт.

Для предупреждения отложения солей применяются также технологические и физические методы.

К технологическим методам относятся – правильный выбор источников водоснабжения для поддержания пластового давления, увеличение скорости водонефтяного потока в трубах и использование труб с полимерными покрытиями внутренней поверхности.

Физические средства предотвращения солеобразования основаны на обработке добываемого флюида магнитными, электрическими и акустическими полями. Эти методы обеспечивают локальный эффект. Из физических методов борьбы с карбонатными солеотложениями, как и для борьбы с АСПО, рекомендуется применение скважинных магнитоактиваторов (МАС), позволяющих снизить скорость образования кальцита в 4–5 раз.

Для обогащённых полезных ископаемых эффективна технология подачи химических веществ посредством капиллярных трубок «One Source» (Nalco), включающая применение инжекторного сопла, позволяющего подавать химические вещества в необходимых количествах в нужных направлениях как в горизонтальных, так и вертикальных скважинах. В результате его применения оптимизируется производительность скважины и снижается потребление химических веществ.

Так же, как и для борьбы с АСПО, применяются НКТ с внутренним покрытием, на котором не удерживаются солевые отложения.

Для эффективной эксплуатации погружного оборудования, необходимо снижение дополнительного тепловыделения за счёт обеспечения максимального КПД электродвигателя и, прежде всего, насоса. Это возможно при использовании насосов с более высоким конструктивным уровнем КПД. Современные конструкции рабочих органов насоса с улучшенной геометрией проточной части и пониженными адгезионными свойствами, позволяют обеспечить более высокий КПД в широком диапазоне подач, что позволяет свести к минимуму, либо полностью избежать выпадения солей в насосе.

Присутствие механических примесей в продукции нефтяных скважин также является серьёзным осложнением при их эксплуатации, прежде всего, за счёт уменьшения межремонтного периода (МРП) насосов.

В качестве основных мер борьбы с механическими примесями применяются методы предотвращения их попадания на приём насоса за счёт применения предвключённых погружных фильтров и гравитационных сепараторов. Однако данные меры показали свою недостаточную эффективность, поскольку фильтрационные устройства имеют краткосрочный эффект – до момента засорения фильтров или полного заполнения контейнеров для сброса механических примесей.

Для обеспечения надёжности погружного оборудования, а также возможности его долговременной эксплуатации при высоких содержаниях абразива в добываемой продукции, необходимо минимизировать поступление песка на забой скважин. В качестве оборудования, используемого, при размере частиц более 300 мкм рекомендуется применение шламоуловителей.

Рассмотрим основные способы борьбы с механическими примесями:

- внедрение фильтров-насадок для скважин, осложнённых их повышенным содержанием;
- периодический контроль выноса мехпримесей;
- применение входных фильтрующих модулей, шламоуловителей и фильтров;
- использование жидкостей глушения скважин, очищенных от механических примесей;
- выбор оптимальной депрессии на пласт;
- повышение стабильности режимов эксплуатации скважин за счёт стабилизации пластового давления и исключению кратковременных остановок оборудования;
- замена раствора глушения скважины после ремонтных работ нефтью путём промывки с вымыванием из скважины дисперсных загрязнителей;
- очистка насосно-компрессорных труб (НКТ) от продуктов коррозии, песка, солей;
- применение клапана для промывки НКТ и фильтра для нагнетательных скважин, обеспечивающего тонкую очистку воды от механических примесей.

Оптимальный подход к эксплуатации песконесущих скважин включает крепление призабойной зоны пласта (ПЗП) с применением специальных составов и методик. Целесообразно применение насосов абразивостойкого исполнения, изготовленных из материала Ни-Резист и оптимизированной конфигурацией твердосплавных или керамических карбидных радиальных опор (рис. 2).

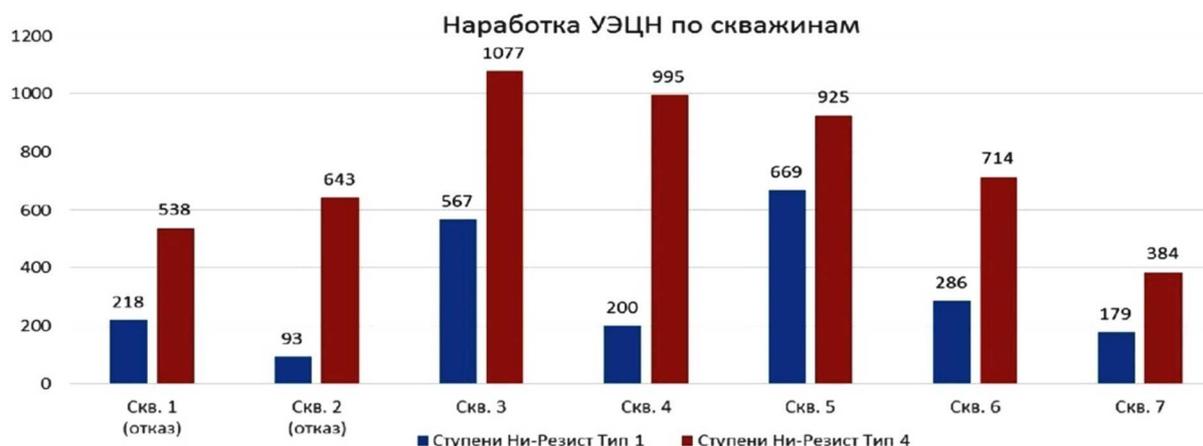


Рисунок 2 – Рост средней наработки на отказ за счёт внедрения насосов компрессионной сборки с рабочими органами из высоколегированного чугуна Ни-Резист Тип 4 (стандарт ASTM A436)

Следует отметить, что с целью интенсификации притока или приёмистости скважин и частичного восстановления первоначальной проницаемости пластов целесообразно применение химической обработки призабойной зоны. Она проводится с помощью кислот, растворителей и ПАВ (солянокислотные и глинокислотные обработки, промывки растворами ПАВ, органическими растворителями).

Для повышения эффективности кислотных и других химических обработок призабойной зоны (ОПЗ) необходимо использовать рекомендации методических указаний «Химическая обработка призабойных зон скважин», которые устанавливают требования по выбору скважин, технологий обработки, методики прогноза технологического эффекта, оценки экономической и технологической эффективности химических обработок призабойных зон пласта добывающих скважин.

В настоящее время для проведения кислотных обработок призабойной зоны (ОПЗ) пласта предлагается очень широкий выбор различных кислотных составов. Выбор конкретного состава для обработки должен определяться исходя из её целей (очистка ПЗП от солевых отложений, парафинов, борьба с эмульсиями и др.). Например, в случае кислотной обработки, готовые товарные формы составов содержат комплекс реагентов: смесь соляной и плавиковой кислот в различных соотношениях с добавками ПАВ, замедлителей реакции, ингибиторов коррозии и солеотложения.

На основании целей обработки подбирается состав. Конкретный химический состав реагента подбирается с учётом требований, регламентируемых нормативными документами. Так все реагенты, закачиваемые в ПЗП должны быть совместимыми с пластовыми флюидами и между собой. Для проведения эффективной кислотной обработки призабойной зоны (ОПЗ), важнейшим является правильный выбор скважины-кандидата под обработку.

Важно отметить, что наибольшим эффектом обладают технологии комплексной обработки призабойной зоны (КОПЗП) скважин, заключающиеся в поочерёдном (циклическом) воздействии на ПЗП комплексом реагентов: растворитель, ПАВ, СКО (ГКО). Высокую эффективность обработки призабойной зоны обеспечивает комплексность воздействия.

Разработаны новые технологии виброволнового воздействия на ПЗП, обеспечивающие её декольматацию при различных типах загрязнений (нефтяных, солевых, механических примесей) и повышение фазовой проницаемости по нефти за счёт применения скважинных генераторов колебаний, спускаемых на забой и приводимых в действие потоком жидкости, закачиваемой с поверхности.

Для терригенных коллекторов хорошие результаты показывает также и технология акустико-химической стимуляции, успешно апробированная на промыслах.

Анализ опыта эксплуатации скважин Западной Сибири демонстрирует положительные результаты от применения комплексного подхода в борьбе с осложнениями при эксплуатации скважин. Несмотря на наличие сильно осложнённых скважинных условий, в последнее время на месторождениях Сибири достигнут значительный рост основных показателей СНО, МРП и энергоэффективности оборудования за счёт внедрения современных разработок в области механизированной добычи.

Дальнейшее повышение эффективности мероприятий по предупреждению осложнений требует создания и функционирования интегрированной системы промысловых и лабораторных исследований, контроля технологических процессов в части, имеющей непосредственное отношение к проявлению осложнений при эксплуатации скважин и систем сбора. В связи с этим необходимо внедрять новые методы борьбы с осложнениями при эксплуатации добывающих скважин.

Литература

1. Булатов А.И., Кусов Г.В., Савенок О.В. Асфальто-смоло-парафиновые отложения и гидратообразования: предупреждение и удаление в 2 томах : учебное пособие. – Краснодар : Издательский Дом – Юг, 2011. – Т. 1–2.
2. Булатов А.И., Савенок О.В. Практикум по дисциплине «Заканчивание нефтяных и газовых скважин» в 4 томах : учебное пособие. – Краснодар : Издательский Дом – Юг, 2013–2014. – Т. 1–4.
3. Булатов А.И., Савенок О.В. Капитальный подземный ремонт нефтяных и газовых скважин в 4 томах. – Краснодар : Издательский Дом – Юг, 2012–2015. – Т. 1–4.
4. Булатов А.И., Савенок О.В., Яремийчук Р.С. Научные основы и практика освоения нефтяных и газовых скважин. – Краснодар : Издательский Дом – Юг, 2016. – 576 с.
5. Покрепин Б.В. Разработка нефтяных и газовых месторождений : учебное пособие. – Волгоград : Издательство «Ин-Фолио», 2010. – 223 с.
6. Савенок О.В., Качмар Ю.Д., Яремийчук Р.С. Нефтегазовая инженерия при освоении скважин. – М. : Инфра-Инженерия, 2019. – 548 с.
7. Савенок О.В., Ладенко А.А. Разработка нефтяных и газовых месторождений. – Краснодар : Изд. ФГБОУ ВО «КубГТУ», 2019. – 275 с.
8. Сургучёв М.Л. Вторичные и третичные методы повышения нефтеотдачи пластов. – М. : Недра, 1985. – 308 с.
9. Савенок О.В., Поварова Л.В., Скиба А.С. Особенности эксплуатации добывающих скважин Западной Сибири // Булатовские чтения: материалы III Международной научно-практической конференции (31 марта 2019 года) в 5 томах : сборник статей / под общ. ред. д-ра техн. наук, проф. О.В. Савенок. – Краснодар : Издательский Дом – Юг, 2019. – Т. 2: Разработка нефтяных и газовых месторождений. – С. 164–167.
10. Савенок О.В., Поварова Л.В., Мунтян В.С. Анализ способов борьбы со снижением продуктивности скважин на месторождениях Западной Сибири // Булатовские чтения: материалы III Международной научно-практической конференции (31 марта 2019 года) в 5 томах : сборник статей / под общ. ред. д-ра техн. наук, проф. О.В. Савенок. – Краснодар : Издательский Дом – Юг, 2019. – Т. 2: Разработка нефтяных и газовых месторождений. – С. 168–173.
11. Савенок О.В., Поварова Л.В., Березовский Д.А. Перспективы использования физико-химического и математического моделирования для разработки высокоэффективной комплексной технологии очистки и подготовки пластовых вод // Экология и промышленность России. – 2019. – Т. 23. – № 3. – С. 66–71.
12. Поварова Л.В. Экологические риски, связанные с эксплуатацией нефтяных месторождений // Наука. Техника. Технологии (политехнический вестник). – 2018. – № 2. – С. 112–122.
13. Савенок О.В., Поварова Л.В., Даниелян Г.Г. Технологическая эффективность геологических мероприятий, применяемых на Вынгапуровском месторождении // Булатовские чтения: материалы II Международной научно-практической конференции (31 марта 2018 года) в 7 томах : сборник статей / под общ. ред. д-ра техн. наук, проф. О.В. Савенок. – Краснодар : Издательский Дом – Юг, 2018. – Т. 2 в 2 ч.: Разработка нефтяных и газовых месторождений. – Ч. 2. – С. 152–156.
14. Поварова Л.В., Яковина А.С., Даниелян Г.Г. Подсчёт запасов нефти и растворённого газа Ковалевского месторождения // Булатовские чтения: материалы II Международной научно-практической конференции (31 марта 2018 года) в 7 томах : сборник статей / под общ. ред. д-ра техн. наук, проф. О.В. Савенок. – Краснодар : Издательский Дом – Юг, 2018. – Т. 2 в 2 ч.: Разработка нефтяных и газовых месторождений. – Ч. 2. – С. 89–100.

15. Савенок О.В., Поварова Л.В., Аванесов А.С. Применение метода гидроразрыва пласта для повышения дебита нефти на Вынгапуровском месторождении // Булатовские чтения: материалы II Международной научно-практической конференции (31 марта 2018 года) в 7 томах : сборник статей / под общ. ред. д-ра техн. наук, проф. О.В. Савенок. – Краснодар : Издательский Дом – Юг, 2018. – Т. 2 в 2 ч.: Разработка нефтяных и газовых месторождений. – Ч. 2. – С. 133–138.
16. Поварова Л.В. Рациональное использование производственных сточных вод // Актуальные вопросы охраны окружающей среды: сборник докладов Всероссийской научно-технической конференции (17–19 сентября 2018 года, Белгород). Секция 2: Очистка природных и сточных вод. – Белгород : Издательство Белгородского государственного технологического университета, 2018. – С. 160–167.
17. Савенок О.В., Поварова Л.В., Гаскаров Н.Р. Повышение продуктивности скважин Вынгапуровского месторождения путём увеличения эффективности перфорационных работ // Булатовские чтения: материалы II Международной научно-практической конференции (31 марта 2018 года) в 7 томах : сборник статей / под общ. ред. д-ра техн. наук, проф. О.В. Савенок. – Краснодар : Издательский Дом – Юг, 2018. – Т. 2 в 2 ч.: Разработка нефтяных и газовых месторождений. – Ч. 2. – С. 129–132.
18. Савенок О.В., Поварова Л.В., Аванесов А.С. Исследование результатов эксплуатации горизонтальных скважин, эффективности бурения боковых стволов и работ по их углублению на Вынгапуровском месторождении // Булатовские чтения: материалы II Международной научно-практической конференции (31 марта 2018 года) в 7 томах : сборник статей / под общ. ред. д-ра техн. наук, проф. О.В. Савенок. – Краснодар : Издательский Дом – Юг, 2018. – Т. 2 в 2 ч.: Разработка нефтяных и газовых месторождений. – Ч. 2. – С. 139–145.
19. Савенок О.В., Поварова Л.В., Гаскаров Н.Р. Эффективность химических методов стимуляции пласта и нестационарного циклического заводнения на Вынгапуровском месторождении // Булатовские чтения: материалы II Международной научно-практической конференции (31 марта 2018 года) в 7 томах : сборник статей / под общ. ред. д-ра техн. наук, проф. О.В. Савенок. – Краснодар : Издательский Дом – Юг, 2018. – Т. 2 в 2 ч.: Разработка нефтяных и газовых месторождений. – Ч. 2. – С. 146–151.
20. Яковлев А.Л., Шамара Ю.А., Даценко Е.Н. Технические средства для обработок скважин с использованием виброволнового воздействия. Скважинные генераторы колебаний // Наука. Техника. Технологии (политехнический вестник). – 2016. – № 1. – С. 139–148.

References

1. Bulatov A.I., Kusov G.V., Savenok O.V. Asphalt-resin-paraffin deposits and hydra formation: prevention and removal in 2 volumes: a training manual. – Krasnodar : South Publishing House, 2011. – Vol. 1–2.
2. Bulatov A.I., Savenok O.V. Workshop on the discipline «Finishing oil and gas wells» in 4 volumes : a training manual. – Krasnodar : South Publishing House, 2013-2014. – Vol. 1–4.
3. Bulatov A.I., Savenok O.V. Oil and gas wells overhaul in 4 volumes. – Krasnodar : Publishing House – South, 2012–2015. – Vol. 1–4.
4. Bulatov A.I., Savenok O.V., Yaremiychuk R.S. Scientific bases and practice of oil and gas wells development. – Krasnodar : Publishing House – South, 2016. – 576 p.
5. Pokrepin B.V. Development of oil and gas fields : a training manual. – Volgograd : In-Folio Publishing House, 2010. – 223 p.
6. Savenok O.V., Kachmar Yu.D., Yaremiichuk R.S. Oil and Gas Engineering in Development of Square-Gin. – M. : Infra-Engineering, 2019. – 548 p.
7. Savenok O.V., Ladenko A.A. Development of the oil and gas fields. – Krasnodar : Ezd. FSBOU VO «KubGTU», 2019. – 275 p.
8. Surguchev M.L. Secondary and tertiary methods of oil recovery enhancement. – M. : Nedra, 1985. – 308 p.
9. Savenok O.V., Povarova L.V., Skiba A.S. Features of exploitation of producing wells in Western Siberia // Bulatovskie readings: Proceedings of the III International Scientific Conference (March 31, 2019) in 5 volumes: a collection of articles / under general editorship of Doctor of Technical Sciences, Professor O.V. Savenok. – Krasnodar : Publishing House – South, 2019. – Vol. 2: Development of oil and gas fields. – P. 164–167.
10. Savenok O.V., Povarova L.V., Muntyan V.S. The analysis of methods of struggle against reduction of productivity of wells on deposits of Western Siberia // Bulatovskie readings: materials of III International scientific-practical conference (March 31, 2019) in 5 volumes : a collection of articles / under general editorship of Dr. O.V. Savenok. – Krasnodar : Publishing House – South, 2019. – Vol. 2: Development of oil and gas fields. – P. 168–173.

11. Savenok O.V., Povarova L.V., Berezovsky D.A. Prospects of using of the physical-chemical and mathematical modeling for development of the high-efficiency complex technology of the formation water treatment and preparation // Ecology and industry of Russia. – 2019. – Vol. 23. – № 3. – P. 66–71.
12. Povarova L.V. Ecological risks connected with the oil fields exploitation // Science. Engineering. Technology (polytechnical bulletin). – 2018. – № 2. – P. 112–122.
13. Savenok O.V., Povarova L.V., Danielyan G.G. Technological efficiency of the geological and technical measures applied in the Vyngapurovskoye field // Bulatovskie readings: Proceedings of the II International scientific-practical conference (March 31, 2018) in 7 volumes: a collection of articles / under general editorship of Dr. O.V. Savenok. – Red-Nodar : Publishing House – South, 2018. – Vol. 2 in 2 pm: Development of oil and gas birth places. – Part 2. – P. 152–156.
14. Povarova L.V., Yakovina A.S., Danielyan G.G. Calculation of oil and dissolved gas reserves in the Kovalevskoye field // Bulatovskie readings: Proceedings of the II International scientific-practical conference (March 31, 2018) in 7 volumes : a collection of articles / under general editorship of Dr. O.V. Savenok. – Krasnodar : Publishing House – South, 2018. – Vol. 2 in 2 part: Development of oil and gas fields. – Part 2. – P. 89–100.
15. Savenok O.V., Povarova L.V., Avanesov A.S. Application of hydraulic fracturing method to increase oil flow rate at Vyngapurovskoye oilfield // Bulatovskie readings: material of II International scientific-practical conference (March 31, 2018) in 7 volumes : a collection of articles / under general editorship of Dr. O.V. Savenok. – Krasnodar : Publishing House – South, 2018. – Vol. 2 in 2 part: Development of oil and gas fields. – Part 2. – P. 133–138.
16. Povarova, L.V. Rational use of the industrial waste waters (in Russian) // Actual questions of environment protection: collection of reports of All-Russian scientific and technical conference (17–19 September 2018, Belgorod). Section 2: Purification of natural and waste water. – Belgorod : Publishing House of Belgorod State University of Technology and Technology, 2018. – P. 160–167.
17. Savenok O.V., Povarova L.V., Gaskarov N.R. Productivity increase of the wells of Vyngapurovskoye field by means of perforation works efficiency increase // Bu-Latovskie readings: materials of II International scientific-practical conference (31 March, 2018) in 7 volumes : a collection of articles / under general editorship of doctor of technical sciences, prof. O.V. Savenok. – Krasnodar : Publishing House – South, 2018. – Vol. 2 in 2 pm: Development of oil and gas fields. – Part 2. – P. 129–132.
18. Savenok O.V., Povarova L.V., Avanesov A.S. Investigation of the results of operation of horizontal wells, the efficiency of sidetracking and work on their deepening on the Vyngapurovskoye field // Bulatovskie readings: Proceedings of the II International Scientific Conference (March 31, 2018) in 7 volumes: a collection of articles / under general editorship of Dr. O.V. Savenok. – Krasnodar : Publishing House – South, 2018. – Vol. 2 in 2 pm: Development of oil and gas fields. – Part 2. – P. 139–145.
19. Savenok O.V., Povarova L.V., Gaskarov N.R. Efficiency of chemical methods of reservoir stimulation and non-stationary cyclic flooding at Vyngapurovskoye oilfield // Bulatovskie readings: Proceedings of the II International scientific-practical conference (March 31, 2018) in 7 volumes : a collection of articles / under general editorship of Dr. Sci. – Krasnodar : Publishing House – South, 2018. – Vol. 2 in 2 part: Development of oil and gas fields. – Part 2. – P. 146–151.
20. Yakovlev A.L., Shamara Yu.A., Datsenko E.N. Technical means for treatment of wells with use of the vibration wave action. Well oscillation generators // Science. Engineering. Technology (polytechnical bulletin). – 2016. – № 1. – P. 139–148.