



УДК 622.276.72

АНАЛИЗ СПОСОБОВ БОРЬБЫ СО СНИЖЕНИЕМ ПРОДУКТИВНОСТИ СКВАЖИН НА МЕСТОРОЖДЕНИЯХ ЗАПАДНОЙ СИБИРИ

ANALYSIS OF THE METHODS OF STRUGGLE WITH DECREASING THE PRODUCTIVITY OF WELLS ON THE FIELDS OF WESTERN SIBERIA

Савенок Ольга Вадимовна

доктор технических наук,
профессор кафедры Нефтегазового дела
имени профессора Г.Т. Вартумяна,
Кубанский государственный
технологический университет
olgasavenok@mail.ru

Поварова Лариса Валерьевна

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

Мунтян Валерия Сергеевна

студентка,
института Нефти, газа и энергетики,
Кубанский государственный
технологический университет
leramunya77@mail.ru

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

Ключевые слова: призабойная зона пласта, эксплуатация скважины, механические примеси, продуктивность скважины, асфальто-смоло-парафиновые отложения.

Savenok Olga Vadimovna

Doctor of technical sciences,
Professor of oil and gas
engineering department
named after professor G.T. Vartumyan,
Kuban state technological university
olgasavenok@mail.ru

Povarova Larisa Valeryevna

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

Muntian Valeria Sergeevna

Student,
Institute of Oil, Gas and Energy,
Kuban state technological university
leramunya77@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: bottom hole formation zone, well operation, mechanical impurities, well productivity, asphaltene-resin-paraffin deposits.

В настоящий момент большая часть Российской добычи нефти приходится на Западную Сибирь. При этом растёт доля трудноизвлекаемых запасов, разработка которых осложнена большими глубинами и удалённостью от потребителя. Условия эксплуатации погружного оборудования на месторождениях Западной Сибири можно охарактеризовать как сильно осложненные вследствие образования асфальто-смоло-парафиновых отложений (АСПО), отложений солей, гидратообразований, выноса механических примесей. Для эффективной разработки и эксплуатации условиях большинства нефтяных месторождений необходим подбор технологий, позволяющих предотвращать возникновение осложнений и учитывающий особенности конкретных скважин.

Для защиты от АСПО устья скважины и открытых участков стальных трубопроводов рекомендуется применять ленточные электрообогреватели во взрывозащищённом исполнении типа ЭНГЛEx-1-1,7 (30) 220-56,8 или аналоги по ТУ 3442-025-03481263-02 с поверхностной теплоизоляцией асбестовым полотном или стеклотканью. В таблице 1 указаны методы борьбы с возможными отложениями АСПО.

Подбор наиболее эффективного ингибитора и рабочих концентраций должен осуществляться на основе тендерных процедур по результатам лабораторных исследований состава АСПО и ингибирующей способности применительно к составу нефти данного месторождения с последующими промысловыми испытаниями.



Таблица 1 – Основные методы борьбы с АСПО

Методы	Технология (оборудование и разработчик)
Механические	1. Скребок С-00.00 (ЗАО «Технология» г. Воткинск)
	2. Скребок «Кыргач-5», «Кыргач-6» («Татнипинефть»)
	3. Лебёдка Сулейманова для ЭЦН и ФОН («Черногорнефть»)
	4. Полуавтоматическая установка ПАДУС-3 для ЭЦН, ФОН (ООО «Прецезион», г. Пермь)
	5. Станция управления установки депарафинизации труб скребками УДС-1М для ЭЦН и ФОН (НПО «Нефтеавтоматика»)
	6. Трубы с покрытием – стекло, эмаль, лакокрасочное
	7. Скребок гидромеханический типа СГМ 146-1 для очистки обсадных колонн (Омск)
	8. Стеклопластиковые НКТ (ООО НПП «Завод стеклопластиковых труб»)
	9. Греющий кабель («Псковгеокабель»)
Магнитные	1. Магнитный аппарат «МАРМ-7» для ЭЦН, ШГН и ФОН («ПермНИПинефть»)
Химические	1. Ингибиторы: СНПХ-7920М, СНПХ-7912М, СНПХ-7909, СОНПАР, X-TOL, ХТ-48-W, ингибитор парафиноотложений комплексного действия СНПХ-7941 и др.
	2. Удалители: СНПХ-7870, СНПХ-ИПГ-11 марки А, Б, В, сольвент нефтяной тяжелый, стабильный газовый конденсат, нефрас, гексановая фракция и др.

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

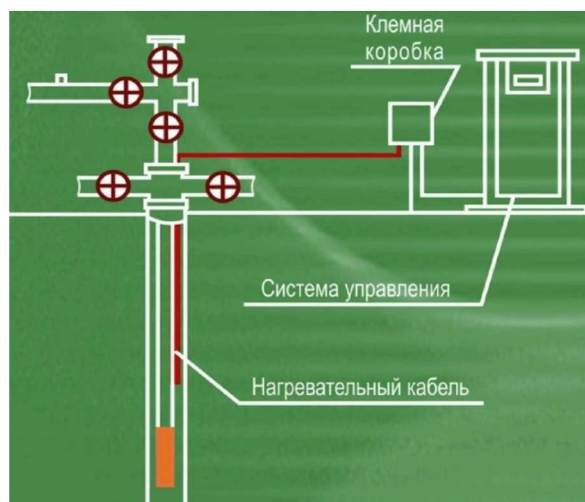


Рисунок 1 – Принципиальная схема установки подогрева скважин «Фонтан»

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

Таким образом, необходимо минимизировать поступление песка на забой скважин и обеспечить необходимую надёжность погружного оборудования с возможностью его долговременной эксплуатации при высоких содержаниях абразива в добываемой продукции.

В качестве оборудования, включаемого в состав ГНО, при размере частиц более 300 мкм рекомендуется применение шламоуловителя ШУМ ЗАО «Новомет-Пермь». Данное оборудование успешно прошло ОПИ на месторождениях Западной Сибири.

Основные способы борьбы с механическими примесями:

- выбор оптимальной депрессии на пласт с учётом устойчивости пород;
- повышение стабильности режимов эксплуатации скважин за счёт стабилизации давления и принятию мер по исключению кратковременных остановок оборудования, например, из-за отключений электроэнергии;



- внедрение фильтров-насадок от мехпримесей для скважин, осложнённых их повышенным содержанием;
- периодический контроль выноса мехпримесей (не реже 1 раза в месяц на скважину) с фиксацией динамического уровня и дебита скважины;
- применение входных фильтрующих модулей, шламоуловителей и фильтров;
- использование жидкостей глушения скважин, очищенных от механических примесей;
- замена раствора глушения скважины после ремонтных работ путём промывки с вымыванием из скважины дисперсных загрязнителей;
- очистка НКТ от продуктов коррозии, песка, солей;
- применение клапана для промывки насосно-компрессорных труб (НКТ) и фильтра для нагнетательных скважин в блочном исполнении, обеспечивающего тонкую очистку воды от механических примесей.

В настоящее время наиболее оптимальный подход к эксплуатации песконесущих скважин включает в себя следующие мероприятия:

- выборочное крепление призабойной зоны пласта (ПЗП) с применением специальных составов и методик;
- применение насосов абразивостойкого исполнения с рабочими органами из материала Ни-Резист Тип 1 (согласно стандарта ASTM A436) и оптимизированной конфигурацией твердосплавных или керамических карбидных радиальных опор (рис. 2).

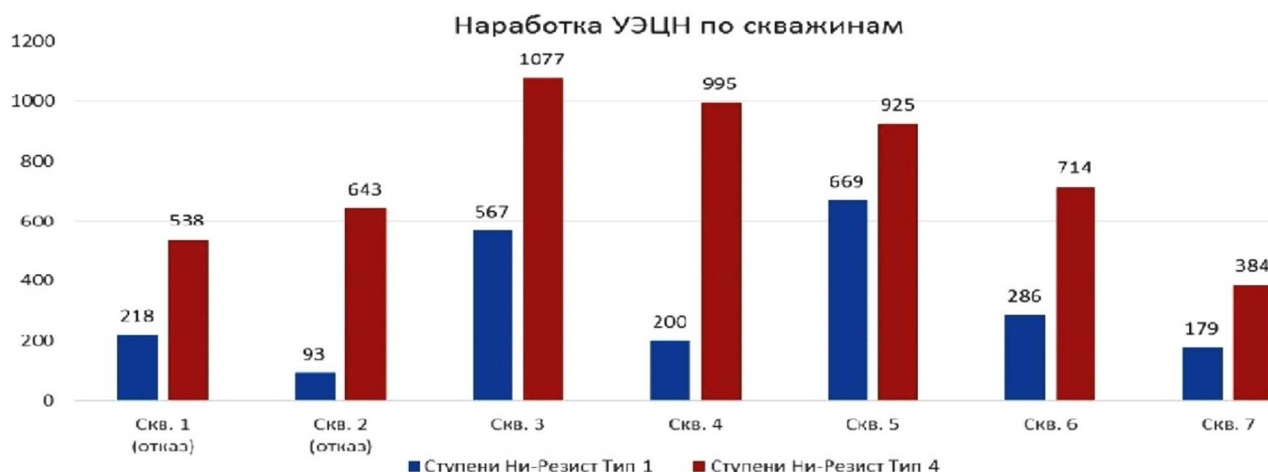


Рисунок 2 – Рост средней наработки на отказ за счёт внедрения насосовкомпрессионной сборки с рабочими органами из высоколегированного чугуна НиРезист Тип 4 (стандарт ASTM A436)

Как показывает многолетняя практика, эффективное предотвращение отложений солей на рабочих органах насоса требует применения оптимально подобранных химических ингибиторов и принятия мер по оптимизации подбора, конструкции и эксплуатации погружного оборудования УЭЦН, в первую очередь, насоса.

В настоящее время наиболее эффективной формой химической защиты от выпадения солей является периодическая закачка инкапсулированного ингибитора.

Кроме того, на ряде скважин применяются и другие формы доставки реагента, такие как устье-вые дозаторы и закачка жидкого ингибитора непосредственно в пласт.

Химический состав реагентов необходимо подбирать с целью предотвращения коррозионного воздействия на компоненты УЭЦН.

С точки зрения подбора и эксплуатации погружного оборудования, основной задачей является снижение дополнительного тепловыделения за счет обеспечения максимального КПД электродвигателя и, особенно, насоса. Этого можно достичь при использовании насосов с более высоким конструктивным уровнем КПД. Новые конструкции рабочих органов насоса с улучшенной геометрией проточной части и пониженными адгезионными свойствами позволяют обеспечить более высокий КПД в широком диапазоне подач, что имеет явно выраженный положительный эффект и позволяет свести к минимуму, либо полностью избежать выпадения солей в насосе.

Наиболее простым и эффективным методом борьбы с солеотложениями является применение химических реагентов (ингибиторов солеотложения), которые дозируются в поток или задавливаются в призабойную зону «солеотлагающих скважин». Подбор ингибиторов может осуществляться на основании известных методик прогнозирования выпадения солей с использованием программных комплексов, а также лабораторно.



Испытанными ингибиторами отечественного производства являются ОЭДФ, СНПХ-5306, ПАФ-13А, 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.

К ингибиторам отложения солей предъявляются следующие требования:

- реагенты должны быть совместимы с минерализованной водой;
- иметь низкие температуру застывания, вязкость и коррозионную активность;
- обладать хорошими адсорбционно-десорбционными характеристиками, температурной устойчивостью, минимальной токсичностью;
- ингибиторы не должны оказывать побочные действия на другие химические реагенты применяемые в нефтедобыче.

Эффективность предупреждения солеотложения зависит от точности выполнения технологии подачи ингибитора и периодичности обработок скважин.

Непрерывную подачу ингибитора осуществляют при отложении солей выше приема насоса. Метод эффективен в скважинах с низким уровнем потока жидкости. При обработке скважин ингибитором солеотложения необходимо обеспечить его достаточное количество для более причине полной адсорбции на породе пласта. При малых дебитах возможна периодическая закачка ингибитора в трубное пространство скважин.

Для предупреждения отложения способ солей существуют также технологические и физические методы.

К технологическим методам относятся:

- правильный выбор источников водоснабжения для поддержания пластового давления;
- увеличение скорости водонефтяного потока в трубах;
- использование труб с полимерными покрытиями внутренней поверхности.

Физические средства профилактики солеобразования основаны на обработке добываемого флюида магнитными, электрическими и акустическими полями. Физические 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.

Также для обогащённых полезных ископаемых может быть рекомендована технология подачи химических веществ посредством капиллярных трубок One Source (Nalco). Ключевым элементом One Source Nalco является запатентованное инжекторное сопло, которое позволяет подавать химические вещества в необходимых количествах в нужные места, 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, приемлем вариант применения НКТ с внутренним покрытием, на котором не удерживаются солевые отложения.

Таблица 2 – Основные методы борьбы с отложениями солей

Методы	Технология (разработчик)
Механические	НКТ с внутренними покрытиями
Магнитные	Магнитный аппарат «МАРМ-7» для ЭЦН, ШГН и ФОН («Перм-НИПИнефть»)
Химические	1. ХПС-001, ХПС-007(ЗАО «Когалымский завод химреагентов»)
	2. СНПХ-5312, СНПХ-5301М (НПО «НИИнефтепромхим»)
	3. Реапон-101. («Гипровостокнефть»)
	4. Акватек 511 М;
	5. ПАФ-13А («СибНИИНП»);
	6. Твёрдые формы ингибиторов для контейнеров (КСТР) и др.

Подбор эффективного ингибитора и рабочих концентраций должен осуществляться на конкурсной основе по результатам лабораторных исследований состава осадка применительно к составу воды данного месторождения с последующими промысловыми испытаниями.

Для частичного восстановления первоначальной проницаемости пластов с целью интенсификации притока или приёмистости скважин на пластах Западной Сибири могут быть применены следующие методы воздействия на призабойную зону:

- химическая обработка призабойной зоны с помощью кислот, растворителей и ПАВ (солянокислотные и глинокислотные обработки, промывки растворами ПАВ, органическими растворителями);
- различные сочетания приводимых физико-химических методов (комплексная обработка ПЗГ нагнетательных скважин и т.д.);
- кислотный гидравлический разрыв пласта – реперфорация.



Для повышения методов кислотных обработок, других химических обработок призабойной зоны (ОПЗ) необходимо использовать рекомендации методических указаний «Химическая обработка призабойных зон скважин» (№ П1-01.03 М0016), которые устанавливают требования по выбору скважин-кандидатов, 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 организациями предлагается очень широкий выбор различных кислотных составов (продукция ЗАО «Полиэкс», НПП «Гелий», группа компаний «Миррико» и т.д.). Выбор конкретного состава для обработки должен определяться исходя из её целей (очистка ПЗП от солевых отложений, парафинов, борьба с эмульсиями и др.).

В случае кислотной обработки, как правило, готовые товарные формы составов содержат комплекс реагентов: смесь соляной и плавиковой кислот (вместо HF может использоваться бифторид-фторид аммония БФФА, фтороводородная кислота и т.д.) различных соотношений с добавками ПАВ, замедлителей реакции, ингибиторов коррозии и солеотложения. На основании целей обработки подбирается состав. Требования к составам регламентируются нормативными документами, в частности, 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.

Наибольшим эффектом обладают технологии комплексной обработки призабойной зоны пласта (КОПЗП) скважин, заключающиеся в поочередном (циклическом) воздействии на ПЗП комплексом реагентов: растворитель, ПАВ, СКО (ГКО). Высокую эффективность обработки призабойной зоны (ОПЗ) обеспечивает комплексность воздействия.

В институте «ВНИИнефтеотдача» и НПФ «Ойл-Инжиниринг» разработаны технологии вибро-волнового 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, опускаемых 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 ОАО «Татнефть».

Современный этап развития нефтегазового комплекса Западной Сибири характеризуется вступлением наиболее крупных месторождений в позднюю стадию разработки, высокой обводнёностью добываемой продукции, ухудшением структуры извлекаемых запасов нефти и, соответственно, осложнениями при эксплуатации состоянию скважин.

Анализ многолетнего опыта эксплуатации скважин Западной Сибири наглядно демонстрирует положительные результаты от применения комплексного подхода борьбы с осложнениями при эксплуатации скважин. Несмотря на наличие сильно осложнённых скважинных условий, в последнее время на месторождениях Западной Сибири достигнут значительный рост основных показателей СНО, МРП и энергоэффективности оборудования за счёт внедрения современных разработок в области механизированной добычи. При этом созданы все условия для дальнейшей успешной реализации практик на других месторождениях с аналогичной проблематикой.

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., Волощенко Е.Ю., Кусов Г.В., Савенок О.В. Экология при строительстве нефтяных и газовых скважин : учебное пособие для студентов вузов. – Краснодар : ООО «Просвещение-Юг», 2011. – 603 с.
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. Практикум по дисциплине «Заканчивание нефтяных и газовых скважин» в 4 томах : учебное пособие. – Краснодар : Издательский Дом – Юг, 2013–2014. – Т. 1–4.
5. 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.
6. Булатов А.И., Качмар Ю.Д., Савенок О.В., Яремийчук Р.С. Освоєння нафтових і газових свердловин. Наука і практика : монографія. – Львів : Сполом.
7. Савенок О.В., Качмар Ю.Д., Яремийчук Р.С. Нефтегазовая инженерия при освоении скважин. – М. : Инфра-Инженерия, 2019. – 548 с.
8. Савенок О.В., Ладенко А.А. Разработка нефтяных и газовых месторождений. – Краснодар : Изд. ФГБОУ ВО «КубГТУ», 2019.
9. Бадовская Л.А., Посконин В.В., Поварова Л.В. Синтез функциональных производных фурана окислением фуранов и формилфуранов пероксидом водорода // Известия Академии наук. – 2017. – Серия: Химическая. – № 4. – С. 593–599.
10. Березовский Д.А., Савенок О.В. Особенности борьбы с гидратами природных газов при разработке месторождений (на примере Северо-Ставропольского месторождения) // Сборник статей научно-информационного центра «Знание» по материалам XX Международной заочной научно-практической конференции «Развитие науки в XXI веке» (13 декабря 2016 года, г. Харьков). – Харьков : научно-информационный центр «Знание», 2016. – Ч. 2. – С. 29–44.



11. Березовский Д.А., Кусов Г.В., Савенок О.В. Методы предупреждения и ликвидации гидратообразования при эксплуатации газовых скважин на примере месторождения Узловое // Наука. Техника. Технологии (политехнический вестник). – 2017. – № 2. – С. 82–108.
12. Савенок О.В. Использование колюбинговых технологий для удаления гидратных пробок и растепления скважин // Булатовские чтения. – 2017. – Т. 2. – С. 261–264.
13. Савенок О.В., Поварова Л.В., Даниелян Г.Г. Технологическая эффективность геолого-технических мероприятий, применяемых на Вынгапуровском месторождении // Булатовские чтения. – 2018. – Т. 2. – Ч. 2. – С. 152–156.
14. 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 // Научно-практический рецензируемый журнал «Экология и промышленность России». – М. : Издательство «Калвис», 2019. – Т. 23. – № 3. – С. 66–71.
15. Savenok O.V., Kusov G.V., Likhacheva O.N., Al Maari Majd. To the question about geological and environmental problems of exploration and operational drilling for oil and gas // International Educational Applied Scientific Research Journal (IEASRJ) – 2017. – Volume 2. – Issue 11, Nov. – P. 6–11. – URL : <http://ieasrj.com/journal/index.php/ieasrj/article/view/74/65>

References:

1. Bulatov A.I., Kusov G.V., Savenok O.V. Asfalto-resin-paraffin deposits and hydrate formation: warning and removal in 2 volumes : textbook. – Krasnodar : Publishing House – South, 2011. – V. 1–2.
2. Bulatov A.I., Voloshchenko E.Yu., Kusov G.V., Savenok O.V. Ecology in the course of the oil and gas wells construction : textbook for the university students. – Krasnodar : LLC Prosveshchenie-South, 2011. – 603 p.
3. Bulatov A.I., Savenok O.V. Overhaul of the oil and gas wells in 4 volumes. – Krasnodar : Publishing House – South, 2012–2015. – V. 1–4.
4. Bulatov A.I., Savenok O.V. Workshop on the discipline «Completion of the oil and gas wells» in 4 volumes : textbook. – Krasnodar : Publishing House – South, 2013–2014. – V. 1–4.
5. Bulatov A.I., Savenok O.V., Yaremichuk R.S. Scientific basis and practice of oil and gas well development. – Krasnodar : Publishing House – South, 2016. – 576 p.
6. Bulatov A.I., Kachmar Y.D., Savenok O.V., Yaremichuk R.S. Development of the naphtha and gas sverdlov-in. Science and practice : monograph. – Lviv : Spole.
7. Savenok O.V., Kachmar Y.D., Yaremichuk R.S. Oil and gas engineering during well development. – M. : Infra-Engineering, 2019. – 548 p.
8. Savenok O.V., Ladenko A.A. Development of the oil and gas fields. – Krasnodar : Published by FGBOU VO KubGTU, 2019.
9. Badovskaya L.A., Pskonin V.V., Povarova L.V. Synthesis of the functional derivatives of furan by oxidation of furan and formylfuran by hydrogen peroxide // Izvestia of the Academy of Sciences. – 2017. – Series: Chemical. – № 4. – P. 593–599.
10. Berezovsky D.A., Savenok O.V. Peculiarities of natural gas hydrate control during field development (on the example of the Severo-Stavropolskoye field) // Collection of articles of the «Knowledge» Research and Information Center based on the materials of the XX International Conference «Science Development in the XXI century». (13 December 2016, Kharkiv). – Kharkiv : Knowledge Research and Information Centre, 2016. – Parts 2. – P. 29–44.
11. Berezovsky D.A., Kusov G.V., Savenok O.V. Methods of prevention and elimination of hydrate formation during the exploitation of gas wells on the example of Uzlovoye field // Science. Engineering. Technology (polytechnical bulletin). – 2017. – № 2. – P. 82–108.
12. Savenok O.V. Application of coiled tubing technologies for removal of hydrate plugs and well melting // Bulatovskie readings. – 2017. – Vol. 2. – P. 261–264.
13. Savenok O.V., Povarova L.V., Danielyan G.G. Technological efficiency of geological and technical measures applied at the Vyngapurovskoye field // Bulatovskie readings. – 2018. – Vol. 2. – Parts 2. – P. 152–156.
14. Savenok O.V., Povarova L.V., Berezovsky D.A. Prospects for the use of physicochemical and mathematical modeling for the development of a highly efficient complex technology of treatment and preparation of formation waters // Research and Practice Reviewed Journal «Ecology and Industry of Russia». – M. : Kalvis Publishing House, 2019. – V. 23. – № 3. – P. 66–71.
15. Savenok O.V., Kusov G.V., Likhacheva O.N., Al Maari Majd. To the question about geological and environmental problems of exploration and operational drilling for oil and gas // International Educational Applied Scientific Research Journal (IEASRJ) – 2017. – Volume 2. – Issue 11, Nov. – P. 6–11. – URL : <http://ieasrj.com/journal/index.php/ieasrj/article/view/74/65>