

4. О государственной программе «Строительство жилья» на 2021–2025 годы. – Режим доступа: <https://pravo.by/document/?guid=3871&p0=C22100051>. – Дата доступа: 20.04.2023.
5. Развитие строительной отрасли Республики Беларусь. – Режим доступа: https://minsk.gov.by/ru/actual/view/209/2019/inf_material_2019_03_1.shtml. – Дата доступа: 20.04.2023.
6. Ондра, Т. В. Альтернативные источники энергии для энергоэффективных жилых районов. – Режим доступа: <https://rep.bstu.by/bitstream/handle/data/243/13-17.pdf?sequence=1&isAllowed=y>. – Дата доступа: 20.04.2023.
7. Сколько квартир построили в Беларуси с начала года. – Режим доступа: <https://officelife.media/news/skolko-kvartir-postroili-v-belarusi-s-nachala-goda/>. – Дата доступа: 20.04.2023.
8. Названы победители конкурса «Лидер энергоэффективности Республики Беларусь – 2022». – Режим доступа: <https://www.energokonkurs.by/novost-10-12-2022.php>. – Дата доступа: 10.05.2023.
9. Ондра, Т. В. Экспериментальные энергоэффективные жилые кварталы в Республике Беларусь / Т. В. Ондра. – Режим доступа: <https://rep.bstu.by/bitstream/handle/data/1578/64-70.pdf?sequence=1&isAllowed=y&ysclid=lmqpdduobw444660724>. – Дата доступа: 10.05.2023.

УДК 622.242.6

ЭФФЕКТИВНОСТИ ЭКСПЛУАТАЦИИ НАСОСНОГО ОБОРУДОВАНИЯ НЕФТЯНЫХ СКВАЖИН В УСЛОВИЯХ ПОВЫШЕННОГО СОЛЕОТЛОЖЕНИЯ

В. В. Фролов

*НГДУ «Речицанефть» РУП «Производственное объединение
«Белоруснефть»*

А. Б. Невзорова

*Учреждение образования «Гомельский государственный технический
университет имени П. О. Сухого», Республика Беларусь*

Проведен анализ условий эксплуатации скважин Южно-Осташковичского месторождения с оценкой характеристик попутных вод и прогнозирования образования осадков солей в насосном оборудовании. Установлено, что технологические обработки 1%-м раствором соляной кислоты стабилизировали работу насосного оборудования и снизили вероятность выпадения карбонатных солевых отложений.

Ключевые слова: солевые отложения, эффективность, насосное оборудование.

OPERATING EFFICIENCY OF OIL WELL PUMPING EQUIPMENT UNDER CONDITIONS OF INCREASED SALT DEPOSITION

V. V. Frolov

INGDU “Rechitsanefit” RUP “Production Association “Belorusneft”

A. B. Nevzorova

Sukhoi State Technical University of Gomel, the Republic of Belarus

An analysis of the operating conditions of wells in the Yuzhno-Ostashkovich field was carried out, assessing the characteristics of associated waters and predicting the formation of salt deposits in pumping equipment. It was found that technological treatments with a 1% hydrochloric acid solution stabilized the operation of pumping equipment and reduced the likelihood of carbonate scale deposits.

Keywords: scale deposition, efficiency, pumping equipment.

Проблема солеотложений на внутрискважинном оборудовании в РУП «Производственное объединение «Белоруснефть» весьма актуальна. Накапливаясь, отложения солей приводят не только к большим материальным затратам в процессе их удаления, но и к значительным потерям в добыче нефти.

Попутно-добываемые воды нефтяных месторождений РУП «Производственное объединение «Белоруснефть» сильно минерализованы (до 300 г/дм³ и более), в основном хлоридно-натриевого или хлоридно-кальциевого типа с содержанием ионов кальция 20–40 г/дм³. По результатам химического анализа состава солеотложений, отобранных с поверхности внутрискважинного оборудования и исследованных в БелНИПИнефть, большинство продуктов солеотложений идентифицировано хлоридом натрия (галит) и карбонатом кальция (кальцит) [1].

Особенно актуальна проблема солеотложения на скважинах Южно-Осташковичского месторождения. Количество отказов оборудования, связанных с солеотложением, на данном месторождении до разработки мероприятий было достаточно высоким и доходило до 10–15 единиц в год.

Цель работы – изучение процессов солеотложений, повышение эффективности эксплуатации насосного оборудования нефтяных скважин в условиях повышенного солеотложения на Южно-Осташковичском нефтяном месторождении.

Для снижения количества отказов подземного оборудования по данной причине был проведен анализ условий эксплуатации скважин с оценкой характеристик попутных вод и прогнозирования образования осадков солей в насосном оборудовании.

В результате выполненного анализа установлены основные причины образования карбонатных солеотложений, вероятность и частота их образования, а также разработаны мероприятия по защите подземного оборудования скважин.

Петриковско-задонская залежь Южно-Осташковичского месторождения заводняется в приконтурный ряд равномерно рассредоточенными нагнетательными скважинами. Закачивается подтоварная вода с ЦППС Осташковичи, разбавленная пресной сточной водой из водозабора Якимова Слобода, через БКНС-3. Попутно-добываемая скважинами вода по компонентному составу близка закачанной для ППД, лишь некоторые скважины вдоль северной границы залежи (201, 208, 205s2) добывают смесь закачанной для ППД воды и пластового рассола. Гидрохимическая ситуация в залежи не однородная. На основании ее анализа выделяются центральный участок, западное крыло и восточное крыло, условно разделенные разрывными нарушениями в структуре. Западное крыло залежи к настоящему времени в большей степени промыто от катагенетического галита и фильтрация происходит по каналам, выполненным карбонатной породой. Контакт закачанной воды с карбонатной породой, особенно если в пластовых условиях имеют место многофазные системы «порода–нефть–вода–газ», сопровождается карбонизацией воды. Вода растворяет карбонаты магния и кальция, что проявляется в показателях ее химического анализа (рост щелочности и показателя рН > 6). В западном крыле залежи попутно-добываемая вода находится в метастабильном равновесии с твердой фазой по карбонатным минералам. На этом участке залежи велика вероятность образования осадков карбонатных солей в добывающих скважинах. По результатам анализа в категорию риска солеотложений отнесены следующие скважины петриковско-задонского горизонта: 127, 128, 133, 137, 168, 169, 190 и 191.

Карбонатные солеотложения на насосном оборудовании Южно-Осташковичского месторождения отмечались в скважинах 128, 133, 137, 169, 190, 191. В скважине 137 карбонаты явились причиной отказа насосного оборудования в 2011 г. В остальных скважинах, где отмечались осадки минеральных солей, насосное оборудование подни-

малось работоспособным. Неоднократно карбонатные отложения фиксировались на подземном оборудовании скважин 133 и 137, в результате чего рекомендовалось проводить технологические обработки 1%-м раствором соляной кислоты. После успешно проведенных опытно-промысловых испытаний ингибитора карбонатных солеотложений марки А на данных скважинах была организована ингибиторная защита с подачей ингибитора в затрубное пространство на динамический уровень ($H_{дин}$) при помощи устьевого дозатора. После внедрения ингибиторной защиты карбонатных солеотложений не отмечалось, при этом был значительно увеличен межочистной период обработок «подкисленной водой». На скважине 133 Южно-Осташковичского месторождения в 2016 г. проведены опытно-промысловые испытания ингибитора карбонатных солеотложений марки Б, в результате которых за время дозирования испытуемого реагента технологические обработки раствором соляной кислоты не проводились, при подъеме насосного оборудования отложений солей не зафиксировано (наработка на отказ подземного оборудования составила 328 суток).

Попутная вода добывающих скважин Южно-Осташковичского месторождения представлена закачиваемой в систему ППД водой, степень насыщения карбонатными солями которой переменна во времени. Это можно объяснить закачкой в систему ППД Южно-Осташковичского месторождения подтоварной воды, разбавленной в различных соотношениях с пресной водой из водозабора «Якимова Слобода», которая, контактируя с породой пласта, способна в разной степени насыщаться карбонатными солями. В основном, при термобарических скважинных условиях, попутная вода находится в метастабильном равновесии с твердой фазой по карбонатным солям и любые условия, способные сместить карбонатное равновесие, могут спровоцировать выпадение карбонатных солей в осадок.

Одним из способов предотвращения солеотложений является увеличение скорости подъема жидкости с целью быстрого перемещения попутной воды, насыщенной карбонатными минералами, к поверхности [3] и использование ингибиторов [4]. В нашем случае увеличение скорости прокачки позволило решить проблему солеотложения на данных скважинах.

Рассмотрим более подробно работу скважины 169, на которой карбонатные отложения обнаружены при подъеме подземного оборудования. Ранее, при подъемах, видимых отложений не наблюдалась, только отмечалась нестабильная работа насосного оборудования (рост давления на приеме, невозврат установки после отключения электроэнергии). Стабилизировать работу насосного оборудования помогали технологические обработки 1%-м раствором соляной кислоты. Кроме того, по результатам анализа состава устьевых проб и расчета карбонатного равновесия отмечалось поступление попутной воды, перенасыщенной карбонатными минералами. В связи с этим скважина была рекомендована в качестве объекта испытаний ингибитора карбонатных солеотложений марки Б. В период проведения ОПИ проблемы при эксплуатации скважины не исчезли, продолжалось проведение периодических технологических обработок 1%-м раствором соляной кислоты. На основании ревизии поднятого ЭЦН и эксплуатации скважины в период дозирования ингибитора карбонатных солеотложений марки Б, испытания ИСО на данной скважине признаны неуспешными. Для стабилизации работы насосного оборудования и снижения вероятности отложения карбонатных солей скважина 169 была переведена на работу с УШГН.

По результатам анализа работы скважины 169 можно сделать вывод, что вероятность выпадения карбонатных солей в осадок существует в скважинах петриковско-задонской залежи Южно-Осташковичского месторождения, эксплуатируемых УЭЦН, где давление на приеме насоса составляет менее 6 МПа и дебит по

жидкости не более 40 м³/сут. На скважинах с эффективной ингибиторной защитой вероятность выпадения карбонатных солей минимальна.

Таким образом, комплексный подход к оценке проблемы солеотложений на подземном оборудовании скважин, эксплуатирующих петриковско-задонскую залежь Южно-Осташковичского месторождения, позволяет снизить риски отказа подземного оборудования по причине образования осадков нерастворимых солей, уменьшить затраты предприятия на ремонтные работы, оптимизировать работу насосного оборудования, сохранить добычу нефти на запланированном уровне.

Л и т е р а т у р а

1. Шангараева, Л. А. Условия и особенности образования отложений солей на поздних стадиях разработки нефтяных месторождений / Л. А. Шангараева, А. В. Петухов // Записки Горного ин-та. – 2013. – Вып. 206. – С. 112–115.
2. Использование гидрохимических показателей для контроля разработки залежей нефти припятской нефтегазоносной области / А. Г. Морозов [и др.] // Георесурсы, геоэнергетика, геополитика. – 2015. – № 2 (12). – С. 13–18.
3. Сайченко, Л. А. Анализ эффективности методов предотвращения солеотложений в скважинном оборудовании / Л. А. Сайченко // Вопросы развития соврем. науки и техники. – 2020. – № 1. – С. 33–38. <https://doi.org/10.24412/cl-36006-2020-1-33-38>
4. Глущенко, В. Н. Фильтрационные исследования новых кислотных составов для обработки карбонатных коллекторов / В. Н. Глущенко, О. А. Пташко // Недропользование. – 2014. – № 11. – С. 46–56.

УДК 621

СПОСОБ ПОВЫШЕНИЯ ЭКОНОМИИ ЭФФЕКТИВНОСТИ ЭНЕРГЕТИЧЕСКОГО ОБОРУДОВАНИЯ, ИСПОЛЬЗУЮЩЕГО СОЛНЕЧНУЮ ЭНЕРГИЮ

М. Б. Худайбердиев

Технологический центр Академии наук Туркменистана, г. Ашхабад

О. Н. Абдыкадырова, Дж. С. Ахмедова

Государственный энергетический институт Туркменистана, г. Мары

Представлен метод повышения эффективности оборудования солнечной энергетики и экономии энергии. Модельные исследования показывают, что подключить в энергетическую систему путем параллельного подключения инверторов и трансформаторов может повысить мощность, надежность и эффективность системы.

Ключевые слова: угловая стабильность, фотоэлектрические (PV), качество электроэнергии, крупная электростанция, напряжение, стабильность частоты.

A METHOD FOR INCREASING THE EFFICIENCY SAVINGS OF POWER EQUIPMENT USING SOLAR ENERGY

M. B. Khudaiberdiev

Technological Center of the Academy of Sciences of Turkmenistan, Ashgabat

O. N. Abdykadyrova, J. S. Akhmedova

State Energy Institute of Turkmenistan, Mary

Achieving energy efficiency by integrating solar energy into a high-voltage network. The article presents a method for increasing the efficiency of solar energy equipment and saving energy. Modeling studies show that connecting inverters and transformers in parallel to the power system can improve the power, reliability and efficiency of the system.