

## ВІДНОВЛЕННЯ І ЗАХИСТ ПОВЕРХНІ ТРУБ НАСОСНО-КОМПРЕСОРНОГО ОБЛАДНАННЯ НАФТОГАЗОДОБУВНИХ СВЕРДЛОВИН

Мельник Т.В., кандидат історичних наук, Національний технічний університет "Харківський політехнічний інститут", Харків, Україна

Посвятенко Н.І., кандидат технічних наук, Національний транспортний університет, Київ, Україна

## RESTORE AND PROTECT THE SURFACE OF THE PIPE OF THE COMPRESSOR EQUIPMENT OIL AND GAS WELLS

Melnik T.V., Ph.D., National Technical University "Kharkiv Polytechnic Institute", Kharkov, Ukraine  
Posviatenko N.I., Ph.D., National Transport University, Kiev, Ukraine

## ВОССТАНОВЛЕНИЕ И ЗАЩИТА ПОВЕРХНОСТИ ТРУБ НАСОСНО-КОМПРЕССОРНОГО ОБОРУДОВАНИЯ НЕФТЕГАЗОДОБЫВАЮЩИХ СКВАЖИН

Мельник Т.В., кандидат исторических наук, Национальный технический университет «Харьковский политехнический институт», Харьков, Украина

Посвятенко Н.И., кандидат технических наук, Национальный транспортный университет, Киев, Украина

### Постановка проблемы.

Нефтегазовые и газоконденсатные месторождения, находящиеся в настоящее время на конечной стадии разработки, требуют к себе повышенного внимания. Как правило, их эксплуатация началась в 1960–1970-е годы, когда требования по охране окружающей среды не были столь жесткими, чем в настоящее время. Вследствие этого территория и зона свободного водообмена таких месторождений существенно загрязнены радионуклидами, нефтепродуктами и тяжелыми металлами. На конечной стадии разработки нефтяных месторождений добываемая продукция сильно обводнена, а минерализованные воды являются именно той агрессивной средой, которая приводит к образованию солевых отложений, к коррозии и разрушению насосно-компрессорных труб и трубопроводов.

Ухудшение эксплуатационных характеристик и остановка скважин вследствие указанных осложнений ведут к разбалансированию системы разработки, разрежению сетки скважин, снижению эффективности процесса управления разработкой объекта и, в конечном счете, – к снижению коэффициента извлечения нефти и потере потенциально извлекаемых запасов нефти.

Эффективность извлечения нефти из нефтеносных пластов современными, промышленно освоенными методами разработки во всех нефтедобывающих странах на сегодняшний день считается неудовлетворительной, притом, что потребление нефтепродуктов во всем мире растет из года в год. Средняя конечная нефтеотдача пластов по различным странам и регионам составляет от 25 до 40%. Остаточные или неизвлекаемые промышленно-освоенными методами разработки запасы нефти достигают в среднем 55–75% от первоначальных геологических запасов нефти в недрах.

Поэтому актуальными являются задачи применения новых технологий нефтедобычи, позволяющих значительно увеличить нефтеотдачу уже разрабатываемых пластов, на которых традиционными методами извлечь значительные остаточные запасы нефти уже невозможно при этом повысив долговечность применяемого оборудования и трубопроводов.

Цель работы – определить наиболее эффективный способ защиты металлического оборудования нефтегазовых добывающих установок.

Во всем мире с каждым годом возрастает интерес к методам повышения нефтеотдачи пластов, и развиваются исследования, направленные на поиск научно обоснованного подхода к выбору наиболее эффективных технологий разработки месторождений.

В целях повышения экономической эффективности разработки месторождений, снижения прямых капитальных вложений и максимально возможного использования реинвестиций весь срок разработки месторождения принято делить на три основных этапа:

– на первом этапе для добычи нефти максимально возможно используется естественная энергия пласта (упругая энергия, энергия растворенного газа, энергия законтурных вод, газовой шапки, потенциальная энергия гравитационных сил);

– на втором этапе реализуются методы поддержания пластового давления путем закачки воды или газа. Эти методы принято называть вторичными;

– на третьем этапе для повышения эффективности разработки месторождений применяются методы увеличения нефтеотдачи.

Нефтяная индустрия нуждается в недорогих и эффективных методах интенсификации добычи углеводородов. Значительная часть мировых запасов углеводородов сосредоточена в карбонатных коллекторах. Для интенсификации добычи в карбонатах используют как обычные, так и специфичные для них методы. Бурение боковых стволов сопряжено с большими затратами денег и времени, так как требует установки буровой и подготовки бригады. Естественное свойство карбонатов растворяться в кислоте используется воздействие через скважину на карбонатные соединения с целью их разрушения, чтобы увеличить проницаемость призабойной зоны пласта и тем самым повысить продуктивность скважины. Применяют большей частью соляную кислоту в концентрации 10—15%. Для повышения эффекта воздействия и ускорения процесса растворения более стойких коллекторов (загипсованные известняки, доломиты) применяют термокислотный метод обработки, основанный на подогреве кислоты при реакции ее с металлическим магнием (Mg) или алюминием (Al). Наоборот, для замедления действия кислоты на чистые известняки добавляют органические ингибиторы: фурфурол, фурфуроловый спирт и т. п. Солянокислотный метод обработки нефтяных скважин широко применяется на месторождениях Украины, России и др. Эффективность метода при правильном его применении достаточно высокая.

С целью организации творческих и научных связей с лабораторией Усинского нефтегазового месторождения, Республика Коми, Россия на кафедре общей и неорганической химии НТУ «ХПИ» проведены поисковые работы в области методов защиты оборудования от солеотложений. Так как кафедра располагает методическими и аппаратными ресурсами, а также и кадровым потенциалом для проведения исследований, то на первом этапе был сделан предварительный анализ двух образцов отложений солей из насосно-компрессорных труб из скважины № 605 Усинского нефтегазового месторождения. С помощью рентгено-флуоресцентного анализа, проведенного на аппарате «СПРУТ-3» был установлен количественный (%) состав металлов, содержащихся в представленных образцах кристаллических отложений солей из скважины. Результаты анализов представлены в таблице 1.

Таблица 1 – Результаты исследований количественного состава металлов в кристаллических отложениях на трубах

№ п/п	Элемент	Процентный состав, %
Образец 1	Железо (№26 Fe)	86,062
	Цинк (№30 Zn)	4,283
	Стронций (№38 Sr)	9,655
Образец 2	Железо (№26 Fe)	81,512
	Стронций (№38 Sr)	10,670
	Цинк (№30 Zn)	4,581
	Медь (№29 Cu)	3,236

Также в ходе дополнительных анализов на данном аппарате установлено содержание неметаллов и металлов в исследуемом образце (таблица 2).

Таблица 2 – Содержание неметаллов и металлов в исследуемых образцах

№ п/п	Элемент	Процентный состав, %
1	Кальций (№20 Ca)	62
2	Железо (№26 Fe)	24
3	Кремний (№14 Si)	6
4	Стронций (№38 Sr)	4
5	Фосфор (№15 P)	2
6	Алюминий (№13 Al)	1
7	Сера (№16 S)	1

Добавочные измерения выявили наличие более легких металлов в образце в незначительных количествах.

Так как данные солевые отложения необходимо удалить из насосно-компрессорных труб, проведены лабораторные исследования и получены следующие предварительные результаты. Образцы кристаллических отложений солей из скважины № 605 массой 0,01 г были растворены в 2,5 мл неорганических кислот. В таблице 3 представлены данные о времени растворения образцов в трех

основных неорганических кислотах: сульфатной, нитратной и хлороводородной. Концентрации кислот – 10 %.

Таблица 3 – Время растворения кристаллических солевых отложений в основных неорганических кислотах

№ п/п	Кислота	Время растворения, с
1	Хлороводородная кислота (HCl)	135
2	Нитратная кислота (HNO <sub>3</sub> )	245
3	Сульфатная кислота (H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> )	Образец практически не растворяется

**Выводы.** Таким образом, исходя из предварительных исследований, можно предположить, что кристаллические отложения состоят преимущественно из солей кальция, железа и стронция. Данные соли растворяются в 10% растворах кислот – хлороводородной или нитратной. Однако в хлороводородной кислоте растворение образца происходит интенсивнее и почти в два раза быстрее. Поскольку необходимо проведение дальнейших исследований, то по нашему мнению они могут быть направлены на усовершенствование и изучение следующих проблем:

- определение качественного и количественного состава материалов (пластовых вод, отложений солей, эмульсий и др.);
- установление и реализация путей и способов переработки различных материалов;
- анализ, определение и прогнозирование скорости коррозионных разрушений в эксплуатационных условиях;
- подбор ингибиторных композиций, пенообразующих составов и других технологических растворов для осуществления мероприятий по восстановлению оборудования нефтегазовых скважин и повышению нефтеотдачи продуктивных пластов.

#### ПЕРЕЧЕНЬ ССЫЛОК

1. Амиян В. А. Повышение производительности скважин / Амиян В. А., Амиян А. В. – М.: Надра, 1986. – 196 с.
2. Антонова Е. О. История эксплуатаций нефтегазовых объектов в России и за рубежом / Антонова Е. О., Брэдман Э. М. – М.: Надра, 2005. – 152 с.
3. Ибрагимов Л. Х. Интенсификация добычи нефти / Ибрагимов Л. Х., Мищенко И. Т., Чепоянц Д. К. – М.: Наука, 2000. – 415 с.
4. Кашавцев В. Е. Солеобразование при добыче нефти / Кашавцев В. Е., Мищенко И. Т. – М.: Орбита-М, 2004, – 432 с.
5. Тахаутдинов Ш. Ф. Современные методы решения инженерных задач на поздней стадии разработки нефтяного месторождения / Тахаутдинов Ш. Ф., Хисамутдинов Н. И. – М.: ВНИИ ОЭНГ, 2000. – 103 с.
6. Швецов И. А. Физико-химические методы увеличения нефтеотдачи пластов / Швецов И. А., Манырин В. Н. – Самара: Самарский университет, 2000, – 336 с.

#### REFERENCES

1. Amiyan V.A. Increasing the productivity of wells / Amiyan V. A., Amiyan A. B. – M.: Nadra, 1986. – 196 p. (Rus)
2. Antonova E. O. History of oil and gas objects operation in Russia and abroad / Antonova E. O., Bradman E. M. – M.: Nadra, 2005. – 152 p. (Rus)
3. Ibragimov L. H. Oil extraction intensification / Ibragimov L. H., Mishchenko I. T., Chepoyants D. K. – M.: Nauka, 2000. – 415 p. (Rus)
4. Kashchavtsev V. E. Salification during extraction of oil / Kashchavtsev V. E., Mishchenko I. T. – M.: Orbita-M, 2004, – 432 p. (Rus)
5. Tahautdinov Sh. F. Modern methods for solving engineering problems at a later stage of development of an oil deposit / Tahautdinov Sh. F., Hisamutdinov N. I. – M.: VNII OENG, 2000. – 103 p. (Rus)
6. Shvetsov I. A. Physico-chemical methods of enhanced oil recovery / Shvetsov I. A., Manyrin V. N. – Samara: Samara University, 2000, – 336 p. (Rus)

#### РЕФЕРАТ

Мельник Т.В. Відновлення і захист поверхні труб насосно-компресорного обладнання нафтогазодобувних свердловин / Т.В. Мельник, Н.І. Посвятенко // Вісник Національного транспортного університету. Серія «Технічні науки». Науково-технічний збірник. – К. : НТУ, 2015. – Вип. 1 (31).

У статті розглянуті ефективні методи захисту насосно-компресорних труб та трубопроводів нафтогазового обладнання від сольових відкладень, виникаючих у результаті дії мінеральної води як агресивного середовища при розробці покладів.

Об'єкт дослідження – технологічні процеси хімічного розчинення солей.

Мета роботи – визначення способів хімічного захисту металевого обладнання нафтогазових добувних пристроїв, що підвищують ефективність вилучення рідких вуглеводнів з нафтофих пластів.

Метод дослідження – рентгено-флюоресцентний аналіз складу кристалічних солей зі свердловини на апараті "СПРУТ-3" кафедри загальної та неорганічної хімії Національного технічного університету "ХПІ".

Результати основних і додаткових аналізів показали, що в кристалічних солях знаходиться кальцій, залізо, стронцій, кремній, цинк, мідь, а також до 2% фосфору і до 1% алюмінію та сірки. Переважаючими елементами при цьому є залізо, кальцій і стронцій. Вміст останнього у межах 10%. Легкі метали у зразках знаходились у невеликій кількості. Дослідження показали, що дані кристалічні утворення ефективно розчиняються у 10%-ій хлороводневій кислоті (HCl). Удвічі менша інтенсивність розчинення спостерігається при використанні 10%-ої нітратної кислоти (HNO<sub>3</sub>).

Результати дослідження, викладені у статті, можна використовувати при відновленні обладнання нафтогазових родовищ, а отже, для підвищення нафтовіддачі продуктивних пластів.

Прогнозні пропозиції щодо розвитку об'єкта дослідження – подальші науково-дослідні роботи по підборі інгібіторних композицій, піноутворюючих сумішей та інших технологічних розчинів що сприяють підвищенню довговічності і відновленню обладнання нафтогазових свердловин.

**КЛЮЧОВІ СЛОВА:** НАСОСНО-КОМПРЕСОРНІ ТРУБИ, ОБЛАДНАННЯ НАФТОГАЗОВИХ СВЕРДЛОВИН, ЗАХИСТ ПОВЕРХНІ ТРУБОПРОВОДІВ, ВІДКЛАДЕННЯ СОЛЕЙ, КИСЛОТНІ ОБРОБКИ, НАФТОНОСНІ ПЛАСТИ

#### ABSTRACT

Melnik T.V., Posviatenko N.I. Restore and protect the surface of the pipe of the compressor equipment oil and gas wells. Visnyk National Transport University. Series «Technical sciences». Scientific and Technical Collection. – Kyiv: National Transport University, 2015. – Issue 1 (31).

In the paper the modern technology used to develop oil reservoirs and methods of improvement is presented.

Object of the study – technological processes of chemical dissolution of salts.

Purpose of the study – determine the most effective way to protect metal equipment oil and gas producing units

Method of the study – X-ray fluorescence analysis of crystalline salts from the well on the device "OCTOPUS-3" of General and Inorganic Chemistry, National Technical University "KPI".

The results of basic and further analysis showed that the crystalline salts are calcium, iron, strontium, silicon, zinc, copper and phosphorus to 2% and 1% aluminum and sulfur. Predominant element in this case is iron, calcium and strontium. Content within the last 10%, light metals in the samples were in small quantities. Research shows that these crystalline formations effectively dissolved in 10% hydrochloric acid (HCl). Half intensity dissolution is observed when using its 10% nitric acid (HNO<sub>3</sub>).

The study, outlined in the article, can be used in the recovery of oil and gas fields equipment, and thus to improve oil recovery of productive strata.

Expected proposals for the development of the research object – further research work on selection inhibitory compositions blowing mixes and other technological solutions that improve durability and recovery equipment oil and gas wells.

**KEYWORDS:** PETROLIFEROUS LAYERS, DEPOSITION OF SALTS, ACID PROCESSING, EQUIPMENT OF OIL AND GAS WELLS, TUBING.

#### РЕФЕРАТ

Мельник Т.В. Восстановление и защита поверхности труб насосно-компрессорного оборудования нефтегазодобывающих скважин / Т.В. Мельник, Н.И. Посвятенко // Вестник Национального транспортного университета. Серия «Технические науки». Научно-технический сборник. – К. : НТУ, 2015. – Вып. 1 (31).

В статье рассмотрены эффективные методы защиты насосно-компрессорных труб и трубопроводов нефтегазового оборудования от солевых отложений, возникающих в результате действия минерализованных вод как агрессивной среды при разработке месторождений.

Объект исследования – технологические процессы химического растворения солей.

Цель работы – поиск способов химической защиты металлического оборудования нефтегазовых добывающих установок, повышающих эффективность извлечения жидких углеводородов из нефтеносных пластов.

Метод исследования – рентгено-флюоресцентный анализ состава кристаллических солей из скважины на аппарате "СПРУТ-3" кафедры общей и неорганической химии Национального технического университета "ХПИ".

Результаты основных и дополнительных анализов показали, что в кристаллических солях содержится кальций, железо, стронций, кремний, цинк, медь, а также до 2% фосфора и до 1% алюминию и серы. Преобладающими элементами при этом являются железо, кальций и стронций. Содержание последнего находится в пределах 10%. Легкие металлы в образцах содержатся в незначительных количествах. Исследования показали, что данные кристаллические отложения эффективно растворяются в 10%-ной хлороводородной кислоте (HCL). Вдвое меньшая интенсивность растворения наблюдается при использовании 10%-ной нитратной кислоты (HNO<sub>3</sub>).

Результаты исследования, описанные в статье, могут быть использованы при восстановлении оборудования нефтегазовых скважин, а следовательно, для повышения нефтеотдачи продуктивных пластов.

Прогнозные предложения о развитии объекта исследования – дальнейшие научно-исследовательские работы по подбору ингибиторных композиций, пенообразующих составов и других технологических растворов для повышения долговечности и восстановления оборудования нефтегазовых скважин.

**КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА:** НАСОСНО-КОМПРЕССОРНЫЕ ТРУБЫ, ОБОРУДОВАНИЕ НЕФТЕГАЗОВЫХ СКВАЖИН, ЗАЩИТА ПОВЕРХНОСТИ ТРУБОПРОВОДОВ, ОТЛОЖЕНИЯ СОЛЕЙ, КИСЛОТНЫЕ ОБРАБОТКИ, НЕФТЕНОСНЫЕ ПЛАСТЫ.

#### АВТОРИ:

Мельник Тамара Василівна, кандидат історичних наук, доцент, Національний технічний університет "Харківський політехнічний інститут", e-mail: melnicktamara@yandex.ua, тел.+380955966210, Україна, 61002, м. Харків, вул. Фрунзе, 21, кафедра технології неорганічних речовин.

Посвятенко Наталія Іванівна, кандидат технічних наук, доцент, Національний транспортний університет, доцент кафедри дорожніх машин, e-mail: natali1963@ukr.net, тел. 044-280-97-73, Україна, 01010, м. Київ, вул. Суворова, 1, к. 226.

#### AUTHOR:

Melnik T.V., Ph.D., associate professor, National Technical University "Kharkiv Polytechnic Institute", associate professor department technology of inorganic substances, e-mail: melnicktamara@yandex.ua, tel.+380955966210, Ukraine, 61002, Kharkiv, Frunze str, 21, department technology of inorganic substances.

Posviatenko Natalia.I., Ph.D., associate professor, National Transport University, associate professor department road vehicles, e-mail: natali1963@ukr.net, tel. 044-280-97-73, Ukraine, 01010, Kyiv, Suvorova str. 1, of.226.

#### АВТОРЫ:

Мельник Тамара Васильевна, кандидат исторических наук, доцент Национальный технический университет "Харьковский политехнический институт", e-mail: melnicktamara@yandex.ua, тел.+380955966210, Украина, 61002, г. Харьков, ул. Фрунзе, 21, кафедра технологии неорганических веществ.

Посвятенко Наталия Ивановна, кандидат технических наук, доцент, Национальный транспортный университет, доцент кафедры дорожных машин, e-mail: natali1963@ukr.net, тел. 044-280-97-73, Украина, 01010, г. Киев, ул. Суворова, 1, к. 226.

#### РЕЦЕНЗЕНТИ:

Ляшенко Б.А. доктор технічних наук, професор, завідувач лабораторії "Зміцнення поверхні елементів конструкції" Інститут проблем міцності ім. Г.С. Писаренка НАН України

Матейчик В.П., доктор технічних наук, професор, Національний транспортний університет, професор кафедри екології та безпеки життєдіяльності, Київ, Україна.

#### REVIEWER:

Liashenko B.A., Ph.D., Engineering (Dr.), professor, Head of the Laboratory "Strengthening the surface of the structure" Institute for Strength named after G.S. Pisarenko NAS of Ukraine, Kyiv, Ukraine.

Mateichik V.P., Ph.D., Engineering (Dr.), professor, National Transport University, professor, department of Environment and Safety, Kyiv, Ukraine.