

УДК 622.279

**Володимир Богданович Воловецький,**

старший науковий співробітник Українського науково-дослідного інституту природних газів, Гімназійна наб., 20, м. Харків, 61010, Україна,  
e-mail: [vvb11@ukr.net](mailto:vvb11@ukr.net), <http://orcid.org/0000-0001-8575-5143>;

**Андрій Володимирович Гнітко,**

старший науковий співробітник Українського науково-дослідного інституту природних газів, e-mail: [agnitko@ukr.net](mailto:agnitko@ukr.net);

**Оксана Миколаївна Щирба,**

старший науковий співробітник Українського науково-дослідного інституту природних газів, e-mail: [omschyrba@ukr.net](mailto:omschyrba@ukr.net)

## ОСОБЛИВОСТІ СОЛЕВІДКЛАДЕННЯ У ГАЗОКОНДЕНСАТНИХ СВЕРДЛОВИНАХ

*У статті розглянуті ускладнення, що виникають у процесі експлуатації газових та газоконденсатних свердловин. Увагу приділено такому виду ускладнень, як солевідкладення. Відкладання солей відбувається переважно на внутрішній поверхні ліфтових труб і негативно впливає на видобувні можливості свердловин. Наслідком цього є зниження робочого тиску та дебіту газу і відповідно зростання затрубного тиску. Основним фактором утворення солевих відкладень є перенасичення водного розчину солями різного типу та вплив гідрогеологічних умов родовища. Наведено способи, які застосовують для запобігання відкладання солей та боротьби з цим видом ускладнення. Для забезпечення стабільної експлуатації свердловин в умовах солевідкладення авторами пропонується здійснювати: аналіз параметрів роботи свердловин, проведення періодичних аналізів води, індивідуальні виміри дебіту газу для визначення тенденції зниження видобування газу на початковій стадії відкладання солей, облаштування ліній для закачування рідини, а також розрахунок прогнозування відкладання солей за різними методиками. За результатами виконання цих заходів можливо встановити період стабільної роботи свердловин та початок виникнення ускладнень, що дозволить своєчасно застосовувати необхідні заходи.*

**Ключові слова:** свердловина, газ, вуглеводневий конденсат, пластова вода, мінералізація води, солевідкладення, ліфтові труби.

**В. Б. Воловецький, А. В. Гнітко, О. Н. Щирба. ОСОБЕННОСТИ СОЛЕОТЛОЖЕНИЯ В ГАЗОКОНДЕНСАТНЫХ СКВАЖИНАХ.** В статье рассмотрены осложнения, возникающие в процессе эксплуатации газовых и газоконденсатных скважин. Внимание уделено такому виду осложнения как солеотложение. Отложение солей происходит в основном на внутренней поверхности лифтовых труб и негативно влияет на добычные возможности скважин. Следствием этого является снижение рабочего давления, а также дебита газа и соответственно рост затрубного давления. Основным фактором образования солевых отложений является перенасыщение водного раствора солями разного типа и влияние гидрогеологических условий месторождения. Приведены способы, которые применяют для предотвращения отложения солей и борьбы с этим видом осложнения. Для обеспечения стабильной эксплуатации скважин в условиях солеотложения авторами предлагается осуществлять: анализ параметров работы скважин, проведение периодических анализов воды, индивидуальные измерения дебита газа для определения тенденции снижения добычи газа на начальной стадии отложения солей, обустройство линий для закачки жидкости, а также расчет прогнозирования отложения солей по разным методикам. По результатам выполнения этих мероприятий возможно определить период стабильной работы скважин и начало возникновения осложнений, что позволит своевременно применять необходимые мероприятия.

**Ключевые слова:** скважина, газ, углеводородный конденсат, пластовая вода, минерализация воды, солеотложение, лифтовые трубы.

**Постановка проблеми в загальному вигляді.** Одним із ускладнень, що негативно впливає на експлуатацію газових та газоконденсатних свердловин, є солеві відкладення. Дані відкладення являють собою тверді непрохідні пробки, а також кіркоподібні нашарування і можуть відкладатися переважно на внутрішній поверхні ліфтових труб на різну довжину (до декількох десятків метрів) та товщину. Відкладення солей часто бувають дуже міцними та порушують стабільну експлуатацію свердловин, а також можуть призвести і до їх повної зупинки. Солевідкладення може відбуватися як у порах колектора привибійної зони, інтервалах перфорації, так і в експлуатаційних колонах, тощо.

**Аналіз останніх досліджень і публікацій.** Дослідженням солевих відкладів у свердловинах присвячена доволі чисельна наукова та науково-технічна література. Так, у роботах закордонних

дослідників [1, 2, 3] розглянуто причини формування солевих відкладень та шляхи боротьби із цим ускладненням.

В Україні цій проблемі також присвячено чимало досліджень, зокрема Р.М. Кондратом, О.Р. Кондратом, М.О. Псюком, М.П. Сміхом, Ю.О. Зарубіним, М.В. Гундою та іншими. Так, результати лабораторних досліджень з вивчення впливу різних хімічних реагентів (деемульгаторів, поверхнево-активних речовин (ПАР) та інгібіторів корозії) на ефективність застосування інгібіторів відкладення солей розкрито у роботі [4], а також щодо впливу метанолу та вуглеводневого конденсату на солезакисні властивості інгібітора у [5]. Проведені дослідження дають змогу отримати корисну інформацію для вибору необхідного інгібітору солевідкладення та його ефективного використання.

У [6] розглянуто проблеми солевідкладення у свердловинах Хрестищенської групи родовищ, до якої входять Хрестищенське, Соснівське, Ланнівське, Єфремівське, Кегичівське, Мелехівське, Східно-Медведівське, Медведівське газоконденсатні родовища. За результатами проведених розрахунків значна частина фонду Хрестищенського, Ланнівського, Кегичівського, Мелехівського, Медведівського родовищ знаходиться в умовах, сприятливих для виникнення відкладень солей хлориду натрію (NaCl галіт). На окремих родовищах спостерігається висока мінералізація супутньої води, збільшення вмісту пластової води в продукції. За даними розрахунків можлива поява дефіциту вологи в газі, тому необхідно проводити закачування води для насичення газу вологою.

У [7] розглянуто зміну термобаричних умов, які впливають на фазові переходи по шляху руху газу від контуру живлення до устя свердловини та відкладання солей хлориду натрію (NaCl). Для цього виділено чотири ділянки, а саме:

- область від контуру живлення до привибійної зони свердловини;
- привибійна зона і стінка свердловини;
- затрубний простір свердловини від верхнього інтервала перфорації до башмака насосно-компресорних труб (НКТ) і простір в експлуатаційній колоні від нижнього інтервала перфорації до башмака НКТ;
- трубний простір від башмака НКТ до устя свердловини.

За результатами проведених розрахунків найбільш ймовірним утворення солевих відкладень існує в привибійній зоні пласта, на вибої свердловини і в НКТ.

У роботі [8] розглянуто технологію комплексної обробки інгібітором та слабокислотним розчином для руйнування солевих відкладень гіпсу та карбонату кальцію. Технологія проведення робіт складається із закачування порційно розчинів у декілька етапів:

- закачування водного розчину ПАР у трубний та затрубний простір з технологічною витримкою між операціями;
- закачування в трубний простір першої та другої порції розчину складом: інгібітор солевідкладення, ПАР, вода технічна з технологічною витримкою між операціями;
- закачування в трубний простір водного розчину ПАР, а також порційно з технологічною витримкою між операціями кислотного розчину складом: ПАР, вода технічна, неорганічна кислота та інгібітор корозії;
- нагнітання у привибійну зону пласта при працюючій свердловині водного розчину ПАР.

При застосуванні даної технології на свердловинах родовищ ГПУ "Полтавагазвидобування" отримали збільшення видобутку:

- на свердловині 37 Копилівського ГКР дебіт до обробки складав 10 тис.м<sup>3</sup>/доб, а після – 14 тис.м<sup>3</sup>/доб;
- на свердловині 82 Чутівського НГКР дебіт до обробки складав 40 тис.м<sup>3</sup>/доб, а після – 50 тис.м<sup>3</sup>/доб;
- на свердловині 93 Чутівського НГКР дебіт до обробки складав 14 тис.м<sup>3</sup>/доб, а після – 25 тис.м<sup>3</sup>/доб.

Вченими здійснюється багато досліджень щодо створення комплексного інгібітору. Так, у [9] наведено характеристику комплексного інгібітору, розробленого Харківським політехнічним інститутом, до складу якого входять спінювач АО, карбамід та інгібітор гідратуутворення – хлористий кальцій.

У [10] розглянуто методику, використовуючи яку можна прогнозувати утворення солевих відкладів у газових свердловинах, інтервали найбільш ймовірного відкладення та період утворення.

**Формулювання завдань досліджень та мета статті.** Мета цієї роботи полягає в аналізі ускладнень, що виникають у процесі експлуатації газових та газоконденсатних свердловин пов'язаних із відкладенням солей та обґрунтуванні заходів щодо запобігання цьому процесу.

**Виклад основного матеріалу досліджень.** Солеві відкладення можуть мати у своєму складі карбонати кальцію, магнію, барію, стронцію, кальцієво-магнієві і залістисті карбонати, сульфати кальцію, магнію, барію і стронцію, двооксид кремнію, хлористий натрій і калій, гідрооксид магнію, оксиди і гідрооксиди заліза, органічні речовини та продукти корозії металоконструкцій та інші [11, 12, 13].

Вклад у вивчення, створення і вдосконалення методів боротьби з відкладенням солей внесли: Ю.В. Антипін, К.Б. Аширов, Г.А. Бабалян, В.І. Вещезеров, Ш.К. Гіматудінов, А.О. Глазков, В.Е. Кашавцев, В.К. Кім, М.С. Маринін, С.О. Михайлов, І.Т. Міщенко, П.М. Южанінов, L.C. Case, L.E. Davis, J.E. Oddo, A.G. Ostroff, H.A. Stiff, M.B. Tomson, O.J. Vetter та багато інших.

У роботі [14] детально розглянуто причини солевідкладення. Аналізуючи їх, видно, що основним джерелом відкладення солей є вода. Її хімічний склад постійно змінюється в міру виснаження запасів родовища та припливу високомінералізованої пластової води, що обумовлює інтенсивність утворення солевих відкладень. Окрім цього, є і інші причини.

Ефективність експлуатації свердловин в умовах сприятливих для відкладання солей зале-

жить від застосування заходів пов'язаних з прогнозуванням утворення цих ускладнень та від правильної організації робіт із їх ліквідації. Існують різні методики для прогнозування відкладання солей. Використовуючи їх можна прогнозувати утворення солевих відкладів у газових та газоконденсатних свердловинах.

Для прогнозування відкладення карбонатних солей використовуються методики Г.П. Волобуєва і Л.Є. Сокирко, А.Ю. Наміота, Дж. Оддо і М.Б. Томсона та інші, а для сульфатних солей: В.П. Зверєва, А.А. Ємкова, Р.Я. Кучумова, Р.Ф. Хайрулліна, Ю.В. Антипіна, М.Д. Валєєва, Дж. Оддо і М.Б. Томсона, В.Е. Кашавцева та інші [15].

Необхідно відмітити, що на родовищах ПАТ "Укргазвидобування", зокрема на Шебелинському ГКР, Мелехівському ГКР, Кегичівському ГКР, Медведівському ГКР, Східно-Медведівському ГКР, Єфремівському ГКР, Хрестищенському ГКР, Кобзівському ГКР, Соснівському ГКР, Ланівському ГКР, Червоноярському ГКР, Острозькому ГКР, Копилівському ГКР, Східно-Полтавському ГКР, Машівському ГКР, Чутівському ГКР, Битків-Бабченському НГКР, при експлуатації свердловин спостерігаються ускладнення пов'язані з відкладанням різних типів солей, що негативно впливає на видобування вуглеводнів.

Необхідно відмітити, що процес відкладання солей має свої особливості. В одному випадку солевідкладення спостерігається у свердловинах родовищ на всіх періодах їх розробки, а в іншому випадку у свердловинах на завершальній стадії розробки родовищ. Це пов'язано із зміною гідрогеологічних умов родовища (зниженням пластового тиску, температури, умов фільтрації, хімічного складу води тощо).

У світовій практиці використовують багато різних способів усунення солевідкладення. За технологією застосування їх можна поділити на дві групи. До першої слід віднести способи запобігання солевідкладення до початку їх утворення, а до другої безпосередньо при їх відкладенні. Отже, розглянемо нижче способи запобігання та боротьби з солевідкладеннями, що використовуються [16].

Для запобігання солевідкладення використовують такі способи:

- постійне подавання інгібітора по існуючих інгібіторопроводах у затрубний простір свердловин з установки підготовки газу за допомогою насосів;

- постійне подавання інгібітора в затрубний простір свердловини або шлейф за допомогою стандартної дозуючої установки, яка розміщена на усті;

- періодичне подавання інгібітора в затрубний простір свердловини за допомогою пересувного насосного агрегата;

- періодичне закачування інгібітора по НКТ і протискування у привибійну зону пласта, де він адсорбується і утримується на поверхні породи. У процесі фільтрації рідини через ПЗП відбувається поступовий процес десорбції, інгібітор вивільняється і з пластової рідиною надходить у свердловину, забезпечуючи попередження відкладення солей;

- періодичне закачування прісної та гарячої води (попередньо очищеної та допустимої по хімічному складу за результатами аналізу на вміст солей, щоб виключити додаткові фактори, які сприятимуть процесу солевідкладення);

- захисні покриття НКТ (скло, емалі, різні лаки, епоксидна смола); покриття наноситься методом напилення або електроосадження, виготовляють із спеціального матеріалу. Слід зазначити, що покриття НКТ не попереджає повністю відкладення солей, але знижує інтенсивність росту їх утворення, тому рекомендується використовувати на свердловинах з помірною інтенсивністю солевідкладення;

- періодичне подавання по НКТ на вибій свердловини інгібіторів солевідкладення у твердому вигляді (гранули, капсули). Наприклад, інгібітор солевідкладення CAPTRON 75 W у вигляді капсул;

- промивка внутрішньої поверхні колони НКТ із використанням колтюбінгової установки та азотної компресорної установки. Цю технологію застосовували на свердловинах Східно-Полтавського ГКР та інших родовищах ГПУ «Полтавагазвидобування», яка дозволяє виконувати промивку внутрішньої поверхні ліфтової колони труб від солевих відкладів без демонтажу фонтанної арматури та глушіння свердловини шляхом спуску безмуфтових довгомірних труб (БДТ) у НКТ та подачі аерованої рідини (розчин ПАР 1–3 % із азотом) зі створенням прямої циркуляції.

Необхідно відмітити, що окрім наведених способів використовують і інші.

Для боротьби з солевідкладенням використовують такі способи:

- розбурювання;
- фрезерування;
- застосування ударного інструменту зворотно-поступальної дії;

- застосування вибійних гідравлічних струминевих систем;

- обробка скребками з подальшим шаблонуванням;

- застосування впливу магнітного поля;
- імпульсної акустичної обробки;

- проведення КРС із заміною ліфтових труб;
- закачування у трубний та затрубний простір свердловини малоконцентрованого розчину кислот оцтової, соляної від 1 до 15 % та інших хім.реагентів [17];

- протискування у привибійну зону пласта розчину кислот.

Слід зазначити, що на практиці використовують і інші способи, а також технології, які постійно вдосконалюються.

Доцільним є застосування комбінації різних способів, тобто використання періодично, наприклад один раз у тиждень інгібітора солевідкладення для карбонату кальцію і відповідно, один раз у місяць розчина оцтової кислоти. Необхідно зазначити, що використання розчинів кислот може сприяти процесу корозії свердловинного обладнання. Тому при їх використанні доцільно застосовувати інгібіторний захист, наприклад періодичне закачування розчину інгібітора корозії [18].

Проведено багато досліджень щодо застосування різної концентрації інгібітора солевідкладення. Слід відмітити, що за результатами лабораторних досліджень у залежності від насичення пластової води складом солей, ефективність використання інгібування солевідкладення одними і тими ж реагентами може суттєво відрізнятись. Тому при застосуванні інгібіторів солевідкладення використовують різне дозування.

Багато з наведених способів для боротьби з солевідкладенням є високовартісними, застосування їх призводить до простою свердловин і відповідно зменшення видобутку, тому доцільно використовувати профілактичні заходи, які є менш дорогими та простими у використанні.

На практиці на промислах ПАТ "Укргазвидобування" для забезпечення стабільної роботи газових та газоконденсатних свердловин і попередження відкладень солей застосовують профілактичні заходи, тобто здійснюють закачування рідини на усті такими способами:

- закачують у затрубний простір свердловини прісну воду при її роботі на установку підготовки газу.

- закачують у трубний простір свердловини прісну воду та здійснюють її пуск у роботу затрубним простором на установку підготовки газу.

- закачують у затрубний простір свердловини прісну воду з подальшим продуванням трубного простору на амбар.

- закачують у затрубний простір свердловини розчину ПАР низької концентрації (до 0,1-0,5 %) при її роботі на установку підготовки газу. Це дозволяє зменшити імовірність з'єднання солей і глинистого матеріалу та утворення міцної пробки.

- закачують у затрубний простір свердловини гарячу воду з подальшим продуванням трубного простору на амбар.

- закачують у трубний або затрубний простір свердловини розчин інгібітора солевідкладення та в подальшому пускають в роботу на установку підготовки газу.

- закачують у трубний та затрубний простір свердловини розчин інгібітора солевідкладення із зупинкою її та подальшим пуском в роботу.

На сьогоднішній день на багатьох родовищах ГПУ "Шебелинкагазвидобування" для попередження солевідкладення галіту часто використовують закачування прісної води. Даний спосіб використовують для покриття дефіциту вологи у газі, а не для розчинення солевих відкладень. Для виконання даного заходу використовують автоцистерну для доставлення безпосередньо на устя прісної води та цементувальний агрегат, наприклад (ЦА-320) за допомогою якого здійснюється закачування [19].

Необхідно відміти, що в залежності від робочих параметрів свердловини об'єм закачуваної води визначають індивідуально на підставі промислових досліджень. З практичного досвіду відомо, що для проведення одного закачування використовують переважно від 0,2 – 1,0 м<sup>3</sup> води, а в окремих випадках і більше, при цьому закачують певний об'єм порційно з інтервалом у часі.

За результатами аналізу промислових досліджень для вибору оптимального режиму експлуатації свердловин визначають спосіб закачування води та її об'єм. Крім цього, контролюють зміну параметрів експлуатації свердловини, трубний та затрубний тиск, що може бути наслідком початку відкладення солей.

З практичного досвіду відомо, що при експлуатації свердловин по колонах ліфтових труб спостерігається відкладання солей на внутрішній поверхні НКТ та відбувається зниження трубного тиску і відповідно зростання затрубного тиску, внаслідок чого може відбутися зниження дебіту свердловини. Ефективним аргументом підтвердження початку виникнення ускладнень буде проведення індивідуального заміру дебіту по газу, який буде відрізнятись від існуючого технологічного режиму по обсягу видобутку. Крім цього, проводять шаблонування НКТ, що дозволяє встановити глибину початку відкладень солей. На підставі цього складають графік проведення закачування рідини у свердловини. У процесі експлуатації свердловин в даний графік вносять певні корективи. Описані заходи виконуються на промислах безпосередньо майстрами з добування нафти, газу та конденсату.

Для свердловин родовищ ПАТ "Укргазвидобування" працівниками УкрНДІгазу виконують-

ся науково-дослідні роботи з такої проблеми, як солевідкладення. Проводять аналіз експлуатації свердловин. Відбирають проби води із свердловин для проведення лабораторних досліджень на вміст солей (молярні концентрації іонів  $\text{Na}^+$ ,  $\text{K}^+$ ,  $\text{Ca}^{2+}$ ,  $\text{Mg}^{2+}$ ,  $\text{Ba}^{2+}$ ,  $\text{Sr}^{2+}$ ,  $\text{Cl}^-$ ,  $\text{SO}_4^{2-}$ ,  $\text{HCO}_3^-$  в мг/л, густину в  $\text{кг/м}^3$ , рН). За результатами досліджень, перевищенням одного із неорганічних сполук, наприклад кальциту ( $\text{CaCO}_3$ ), гіпса ( $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ ) встановлюють тип солей. Використовуючи різні методики проводять розрахунки щодо прогнозування солевідкладення. Надають рекомендації щодо експлуатації свердловин в умовах солевідкладення.

Під час виконання науково-дослідної роботи за результатами промислових досліджень та розрахунків фахівцями УкрНДІгазу запропоновано виконати наступну класифікацію свердловин в яких відбувається зниження видобувних можливостей у межах родовища по групах:

- група 1 – свердловини, у яких спостерігаються солевідкладення протягом 7 днів;
- група 2 – свердловини, у яких спостерігаються солевідкладення протягом 10-14 днів;
- група 3 – свердловини, у яких спостерігаються солевідкладення протягом 30 днів.

Крім цього, запропоновано виконати розподіл свердловин за ступенем загальної мінералізації пластової води на категорії:

- а) до 100 г/л;
- б) від 100-200 г/л;
- в) понад 200 г/л.

Контролювати процес солевідкладення запропоновано за результатами аналізу води, яку відбирають із свердловин. Для кожної свердловини встановлено граничні значення мінералізації. Таким чином, при зростанні мінералізації вище граничного значення працівники промислу своєчасно застосовують певні види робіт. Такий підхід на практиці дозволив отримати позитивні результати завдяки вчасному проведенню профілактичних заходів.

Отже, на підставі аналізу експлуатації свердловин різних родовищ, розрахованих прогнозних результатів щодо солевідкладення у свердловинах за існуючими методиками та порівняння їх з фактичними даними з промислів, фахівцями інституту розроблено ефективні комплексні різнопланові заходи, а саме:

- здійснювати контроль за параметрами експлуатації свердловин, зокрема за тиском трубного та затрубного простору ( $P_{\text{тр}}$ ,  $P_{\text{затр}}$ ) із записом у журнал, щоб спостерігати за динамікою зміни тисків по днях. Для забезпечення постійного моніторингу необхідно впроваджувати новітні технології, встановлювати датчики тиску та температури на усті та на входному газопроводі уста-

новки підготовки газу. Завдяки цьому можна в реальному часі слідкувати за параметрами експлуатації свердловин;

- на свердловинах встановити пробовідбірники, що дозволить проводити відбір води для аналізу;

- один раз на тиждень по кожній свердловині, у якій відкладаються солі, відбирати воду для проведення аналізу на фізико-хімічні показники (хімічний склад, мінералізацію) та фіксувати результати у журнал;

- протягом тижня на свердловинах, в яких відбувається зміна параметрів експлуатації (зниження входного тиску), проводити контрольний замір їх видобувних можливостей на замірній лінії установки підготовки газу, щоб встановити фактичне зниження дебіту із записом у журнал;

- на всіх родовищах свердловини розділити на три групи (1, 2, 3) у залежності від інтенсивності відкладання солей, а також на категорії а, б, в;

- виконувати розрахунки за існуючими методиками та порівнювати їх результати із фактичними даними виникнення солевідкладень під час експлуатації свердловин;

- на свердловинах, в об'язці яких на фонтанній арматурі є буферна засувка, додатково встановити фланець з гайкою швидкого з'єднання та заглушку для герметизації. Це дозволить підключати насосний агрегат та здійснювати закачування рідини (води, розчину ПАР, інгібітора) через буферну засувку;

- на свердловинах, не обладнаних буферними засувками, облаштувати лінію для закачування рідини в свердловину;

- один раз на місяць (квартал) проводити шаблонування НКТ для встановлення глибини відкладання солей та записувати у журнал;

- здійснювати закачування рідини у свердловини оптимальними способами на основі промислових досліджень та згідно певної періодичності із записом у журнал;

- перед закачування у свердловину необхідного інгібітора солевідкладення провести його дослідженні на зниження властивостей при контактуванні з вуглеводневим конденсатом, пластовою водою, метанолом тощо;

- провести дослідження з вибору оптимального складу розчину хімічних реагентів, інгібітора солевідкладення для закачування у свердловину;

- здійснювати закачування малоконцентрованого розчину кислот при попередньому дослідженні на процес корозії свердловинного обладнання, зниження ефективності при контактуванні з вуглеводневим конденсатом, пластовою водою, метанолом із записом у журнал.

Для виконання запропонованих заходів доцільно розробити графіки, що дозволять персоналу промислу своєчасно їх виконувати, а також забезпечувати контроль за експлуатацією свердловини, зокрема:

- графік відбору води по свердловинах;
- графік заміру видобувних можливостей;
- графік закачування рідини (води, розчину ПАР, інгібітора) у свердловини;
- графік шаблонування НКТ у свердловинах;
- графік закачування розчину кислот у свердловини.

У розроблених графіках необхідно вказати свердловину, родовище та дату виконання запланованого заходу.

Для проведення аналізу експлуатації свердловин в умовах солевідкладення доцільно створити електронний журнал, наприклад у файлі MS Excel. В цей журнал слід внести дані по свердловинах із розроблених графіків та фактичні результати із журналів. На основі фактичних даних можна слідкувати за динамікою зміни параметрів експлуатації та різних факторів. Це дозволить своєчасно прийняти відповідні заходи.

Таким чином, виконання вище наведеного дозволить мати достовірну інформацію щодо процесу солевідкладення у газоконденсатних свердловинах.

Для ефективного застосування будь-яких заходів, спрямованих на стабілізацію або підвищення видобутку вуглеводнів, необхідно володіти реальним станом свердловин. Так, для ефективного моніторингу за станом свердловин родовищ ГПУ "Шебелинкагазвидобування" фахівцями УкрНДІгазу створено програмний продукт для автоматичного формування інформації індивідуально по кожній свердловині "VDS 1.0" (свідоцтво про реєстрацію авторського права на твір №38513 від 27.05.2011 р). Крім цього, розроблено програмний комплекс "PSPSKV 1.0" (паспорт свердловини, свідоцтво про реєстрацію авторського права на твір № 38522 від 27.05.2011 р). Паспорт свердловини містить спеціально розроблену форму вибірки даних геолого-технічних та експлуатаційних

параметрів свердловини з технологічного режиму і даних з рапорту по видобутку вуглеводнів. Програми створено для роботи в MS Excel.

Використання "VDS 1.0" та "PSPSKV 1.0" дозволяє отримувати актуальну інформацію щодо існуючого стану свердловини. Завдяки цьому швидко та зручно аналізувати експлуатацію свердловин за місяць та за попередні роки [20, 21]. Необхідно зазначити, що в теперішній час фахівцями УкрНДІгазу розробляється автоматизована методика з прогнозування процесу солевідкладення у свердловинах.

#### **Висновки.**

1. Для забезпечення видобування вуглеводнів із газових та газоконденсатних свердловин в умовах солевідкладення необхідно провести дослідження щодо встановлення типу солей. Визначити періодичність їх відкладення шляхом проведення досліджень свердловин, індивідуальних вимірів дебіту газу для встановлення тенденції зниження видобутку газу на початковій стадії солевідкладення. Крім цього, доцільно використовувати різні методики для прогнозування відкладення солей, що дозволить своєчасно застосувати профілактичні заходи з попередження солевідкладення.

2. Для підвищення ефективності експлуатації свердловин в умовах солевідкладення запропоновано використовувати комплексні заходи, основними з яких є встановлення на усті свердловин пробовідбірників для відбору води на аналіз, на фонтанній арматурі облаштувати лінію для підключення насосного агрегату та закачування рідини і вибрати оптимальний спосіб для проведення цього заходу. Для контролю за виконанням заходів рекомендується розробити графіки.

3. У подальшому необхідно розглянути можливість використання рецептури розчинів хімічних реагентів, інгібіторів солевідкладення, які можна застосовувати для запобігання, як солевідкладення і корозії, так і гідратуотворення, що забезпечить підвищення ефективності роботи свердловин в ускладнених умовах експлуатації.

#### **Література**

1. Борьба с солеотложениями – удаление и предотвращение их образования [Текст] / М. Крабтри, Д. Эслингер, Ф. Флетчер и др. // Нефтегазовое обозрение. – 2002, Осень – С. 52-73.
2. Пути повышения эффективности предотвращения образования отложений неорганических солей в скважинах [Текст] / А. Ш. Сиртланов, Р. А. Фасхутдинов, Ф. Д. Шайдуллин и др. // Нефтяное хозяйство. – 2002. – №4. – С. 59-61.
3. Опыт и перспективы ингибирования солеотложений на месторождениях ОАО Юганскнефтегаз / А. И. Семеновых, Д. В. Маркелов, В. В. Рагулин и др. // Нефтяное хозяйство. – 2005. – №8. – С. 94-97.
4. Кондрат, Р. М. Дослідження взаємного впливу інгібіторів корозії та інгібіторів відкладення солей на їх захисні властивості [Текст] / Р. М Кондрат, М. О. Псюк // Розвідка та розробка нафтових і газових родовищ. – Івано-Франківськ : ІФНТУНГ. - 2013. – Вип. 3 (48). – С. 94–101.

5. Кондрат, Р. М. Промислові дослідження інгібіторного методу боротьби з відкладенням солей під час експлуатації обводнених газових і газоконденсатних свердловин [Текст] / Р. М. Кондрат, О. Р. Кондрат // Розвідка та розробка нафтових і газових родовищ. – Івано-Франківськ : ІФНТУНГ. - 2012. – Вип. 3 (44). – С. 14–21.
6. Аналіз процесів солевідкладення в свердловинах Хрещищенської групи родовищ [Текст] / А.В. Гнітко, С. М. Корнєєв, Л. В. Воловик, В. В. Соболев // Питання розвитку газової промисловості України. – Харків : УкрНДІгаз, 2005. – Вип. XXXIII. – С. 3–6.
7. Гнітко, А. В. Влияние термобарических условий на направление фазовых переходов в газожидкостном потоке и отложение солей [Текст] / А. В. Гнітко // Питання розвитку газової промисловості України. – Харків : УкрНДІгаз, 2005. – Вип. XXXIII. – С. 6–10.
8. Поеднання інгібітора солевідкладень з кислотними композиціями як оптимальне рішення для підвищення видобутку вуглеводнів на свердловинах ГПУ "Полтавагазвидобування" [Текст] / Ю. І. Мазепа, М. В. Зеленський, О. О. Яценко та ін. // Питання розвитку газової промисловості України. – Харків : УкрНДІгаз, 2015. – Вип. XLIII. – С. 95-98.
9. Технологическая инструкция на приготовление и применение комплексного ингибитора. – Харьков : ХПИ им. В.И. Ленина, 1988. – 125 с.
10. Сміх, П. М. Моделювання та прогнозування фазових переходів у неорганічних системах у стовбурі газових свердловин [Текст] / П. М. Сміх, Ю. О. Зарубін, М. В. Гунда // Розвідка та розробка нафтових і газових родовищ. – Івано-Франківськ : ІФНТУНГ. - 2007. – Вип. 3 (24). – С. 62–67.
11. Бойко, В. С. Довідник з нафтогазової справи [Текст] / В. С. Бойко, Р. М. Кондрат, Р. С. Яремійчук; Івано-Франків. нац. техн.ун-т нафти і газу. – Львів. 1996. – 620 с. – ISBN 5-335-01293-5.
12. Ивановский, В. Н. Прогнозирование как способ борьбы с отложением солей в скважинах, оборудованных электроцентробежными насосами [Текст] / В. Н. Ивановский, А. А. Сабиров, Ю. А. Донской // Нефтяное хозяйство. – 2009. – №6. – С. 21-24.
13. Сильнов, Д. В. К вопросу о солеобразовании в процессе добычи нефти на севере Западной Сибири [Текст] / Д. В. Сильнов, А. В. Сиднев // Успехи современного естествознания. – 2011. – №3. – С. 46-47.
14. Кондрат, Р. М. Аналіз причин солевідкладення і методів боротьби з ними під час експлуатації газових і газоконденсатних свердловин [Текст] / Р. М. Кондрат, О. Р. Кондрат // Розвідка та розробка нафтових і газових родовищ. – Івано-Франківськ : ІФНТУНГ. - 2008. – Вип. 2 (27). – С. 39–42.
15. Ивановский, В. Н. Анализ существующих методик прогнозирования солеотложения на рабочих органах УЭЦН [Текст] / В. Н. Ивановский // Производственно-технический нефтегазовый журнал "Инженерная практика". – 2009. – Пилотный выпуск, декабрь. – С. 8-11.
16. Аналіз ускладнень при експлуатації газових і газоконденсатних свердловин та шляхи боротьби з ними [Текст] / В. Б. Воловецький, О. Ю. Витязь, В. І. Коцаба та ін. // Науковий вісник Івано-Франківського національного технічного університету нафти і газу. – Івано-Франківськ : ІФНТУНГ. – 2015. – Вип. 2 (39). – С. 78-88.
17. Кацавцев, В. Е. Солеобразование при добыче нефти [Текст] / В. Е. Кацавцев, И. Т. Мищенко. М. : 2004. – 432 с.
18. Підвищення ефективності експлуатації газоконденсатних свердловин в ускладнених умовах [Текст] / В. Б. Воловецький, В. І. Коцаба, А. В. Дьомін та ін. // Питання розвитку газової промисловості України. – Харків : УкрНДІгаз, 2015. – Вип. XLIII. – С. 106-114.
19. Боротьба із сольовими відкладеннями на родовищах ГПУ «Шебелинкагазвидобування» [Текст] / А. В. Гнітко, В. І. Жмурков, Д. М. Козуч, О. В. Корсун // Нафтогазова галузь України. – Київ. – 2016. – Вип. 4 (22). – С. 28–30.
20. Свідоцтво про реєстрацію авторського права на твір №38513 від 27.05.2011 р. / А.В. Гнітко, В.І. Коцаба, С.В. Кривуля, та ін. / Комп'ютерний комплекс "VDS 1.0".
21. Свідоцтво про реєстрацію авторського права на твір №38522 від 27.05.2011 р. / А. В. Гнітко, В. І. Коцаба, С. В. Кривуля та ін. / Комп'ютерна програма "PSPSKV 1.0".



UDC 622.279

**Volodymyr Volovetskyi,**

Senior Researcher, Ukrainian Scientific Research Institute of Natural Gases,  
Gimnaziyna naberejna, 20, Kharkiv, 61010, Ukraine,  
e-mail: [vvb11@ukr.net](mailto:vvb11@ukr.net), <http://orcid.org/0000-0001-8575-5143>;

**Andrii Hnitko,**

Senior Researcher, Ukrainian Scientific Research Institute of Natural Gases,  
e-mail: [agnitko@ukr.net](mailto:agnitko@ukr.net);

**Oksana Shchyrbra,**

Senior Researcher, Ukrainian Scientific Research Institute of Natural Gases,  
e-mail: [omschyrbra@ukr.net](mailto:omschyrbra@ukr.net)

## CHARACTERISTICS OF SCALE DEPOSITION IN GAS-CONDENSATE WELLS

**Formulation of the problem.** The article deals with one of many possible complications that may occur in the process of gas and gas-condensate wells operation. In fact, scale deposits can be observed in wells at all stages of field development. Scale deposition inside the tubing has a negative impact on hydrocarbons production. This causes the decline of gas production rate. The major factor of scale deposits formation is overtreatment of water solution with different salts and the effect of field hydrogeology. Thus, special methods are used in practice to prevent scale deposition and combat this complication.

**The purpose of the article.** To define the causes of scale deposition, the detailed analysis of well operation should be performed that will help to take the appropriate prevention measures.

**Methods.** The authors' own achievements as well as the research results of domestic and foreign investigators made the methodical basis for the article.

**Results.** The production data of the wells from different fields have provided the information about scale deposition. Many of the described ways of combating and eliminating scale deposits are expensive, their use causes well downtime and production decline. Therefore, it has been proposed to take easy-to-use preventive measures.

**Scientific novelty and practical significance.** During investigation of the production researches results and calculations the specialists of UkrNDIgas proposed to classify the wells with reduced production capacities within the field into groups and categories according to the degree of total salinity of formation water.

It has been proposed to control the process of scale deposition by the results of water analysis, taken from the wells. Each well has the set limit values of salinity.

Based on the operation analysis of wells in different fields, the calculated predicted results of scale deposition in wells according to the existing procedures and their comparison with the factual data from production fields, the specialists of the institute have developed the efficient complex multi-faceted measures.

**Keywords:** well, gas, hydrocarbon condensate, formation water, water salinity, scale deposition, tubing.

### References

1. Krabtri, M., Eslinger, D., Fletcher, F., Miller, M., Dschonson, E., King, D. (2002). *Fighting scaling - Removal and Prevention Education. Oilfield Review. Issue Autumn*, 52-73.
2. Sirtlanov, A., Faschutdinov, R. A., Schajdullin, F. D. et al. (2002). *Ways to improve the efficiency of preventing the formation of inorganic salt deposits in wells. Oil Industry*, 4, 59-61.
3. Semenovich A.I., Markelov D.V., Ragulin V.V. et al. (2005). *Experience and prospects of scaling inhibition in the fields of Yuganskneftegaz. Oil Industr*, 8, 94-97.
4. Kondrat, R. M., Psiuk, M. O. (2013). *Study of the mutual influence of corrosion inhibitors and inhibitors of salt deposits on their protective properties. Prospecting and Development of Oil and Gas Fields. Ivano-Frankivsk: IFNTUOG*, 3 (48), 94-101.
5. Kondrat, R. M., Kondrat, O. R. (2012). *Field research of the inhibitory method of reducing salts deposition during the operation of flooded gas and gas condensate wells. Prospecting and Development of Oil and Gas Fields. Ivano-Frankivsk: IFNTUOG*, 3 (44), 14-21.
6. Hnitko, A. V., Korniyev, S. M., Volovyk, L. V., Sobol, V. V. (2005). *Analysis of salt deposition processes in wells of Khrestyshchensk group of fields. Issues of gas industry development in Ukraine: col. of scientific works. Kharkiv: UkrNDIgas*, XXXIII, 3-6.
7. Hnitko, A. V. (2005). *Influence of temperature and pressure conditions on the direction of phase transitions in the gas-liquid flow and accumulation of salts. Issues of gas industry development in Ukraine: col. of scientific works. Kharkiv: UkrNDIgas*, XXXIII, 6-10.



8. Mazepa, Yu. I., Zelenskyi, M. V., Yashchenko, O. O., Zelenskyi, V. Yu., Otrishko, V. L., Myroshnichenko, D. T. (2015). *Combining the inhibitor of salts deposition with acidic compositions as an optimal solution to increase hydrocarbon production at the wells of Poltavagasvydobuvannya GPD. Issues of gas industry development in Ukraine: col. of scientific works. Kharkiv: UkrNDIgas, XLIII, 95-98.*
9. *Operating procedure for the preparation and use of compound inhibitor. (1988). Kharkov: Kharkiv V.I. Lenin Polytechnic Institute, 125.*
10. Smikh, P. M., Zarubin, Yu. O., Hunda, M. V. (2007). *Modeling and prediction of phase transitions in inorganic systems in gas wellbores Prospecting and Development of Oil and Gas Fields. Ivano-Frankivsk: IFNTUOG, 3(24), 62-67.*
11. Boiko, V. S., Kondrat, R. M., Yaremiichuk, R. S. (1996). *Petroleum engineering handbook. IFNTUOG. Lviv, 620. ISBN 5-335-01293-5.*
12. Ivanovskii, V. N., Sabirov, A. A., Donskoi, Yu. A. (2009). *Forecasting as a way reduce salt deposits in wells, equipped with electric centrifugal pumps. M.: Oil Industry, 6, 21-24.*
13. Silnov, D. V., Sidniev, A. V. (2011). *Towards salt formation in the process of oil production in the north of Western Siberia. M.: Advances in current natural sciences, 3, 46-47.*
14. Kondrat, R. M., Kondrat, O. R. (2008). *Analysis of salt deposition causes and methods of their control during operation of gas and gas condensate wells. Prospecting and Development of Oil and Gas Fields. Ivano-Frankivsk: IFNTUOG, 2 (27), 39-42.*
15. Ivanovskii, V. N. (2009). *Analysis of the existing prediction methods of salt deposition on ESP components. Technical Oil & Gas Journal «Engineering practice». M.: December, Pilot issue, 8-11.*
16. Volovetskyi, V. B., Vytiaz, O. Yu., Kotsaba, V. I., Shchyrba, O. M., Vytvytska, O. M. (2015). *Analysis of complications during operation of gas and gas condensate wells and ways to combat them. Scientific Herald of Ivano-Frankivsk National Technical University of Oil and Gas. Ivano-Frankivsk: IFNTUOG, 2 (39), 78-88.*
17. Kashchavtsev, V. E., Mishchenko, I. T. (2004). *Salt formation in oil production. M., 432.*
18. Volovetskyi, V. B., Kotsaba, V. I., Diomin, A. V., Hnitko, A. V., Vasylenko, S. V., Shchyrba, O. M. (2015). *Improving the operating efficiency of gas condensate wells in abnormal operating conditions. Issues of gas industry development in Ukraine: col. of scientific works Kharkiv: UkrNDIgas, XLIII, 106-114.*
19. Hnitko, A. V., Zhmurkov, V. I., Kohuch, D. M., Korsun, O. V. (2016). *Combating scale deposition in the fields of ShebelynkaGasVydobuvannya Gas Production Division. Oil and gas industry of Ukraine. Kyiv, 4 (22), 28-30.*
20. Hnitko, A.V., Kotsaba, V.I., Kryvulia, S.V., Diomin, A.V., Volovyk, L.V., Fesenko, Yu.L., Kutinov, S.O., Kohuch, D.M., Zhmurkov V.I., Svitlytskyi V.M. *Registration certificate of copyright for the piece of work №38513 of 27.05.2011. Computer complex "VDS 1.0".*
21. Hnitko, A.V., Kotsaba, V.I., Kryvulia, S.V., Diomin, A.V., Volovyk, L.V., Fesenko, Yu.L., Kutinov, S.O., Kohuch, D.M., Zhmurkov, V.I., Svitlytskyi, V.M. *Registration certificate of copyright for the piece of work №38522 of 27.05.2011. Computer program "PSPSKV 1.0".*