

А.НЕМАХ, Б.Х.МУХАМЕДОВ, Д.Ф.ДОНСЬКИЙ, С.В.НЕСТЕРЕНКО

ВИВЧЕННЯ ГІРНИЧО-ГЕОЛОГІЧНИХ ОСОБЛИВОСТЕЙ ПЕРСПЕКТИВНИХ НАФТОВИДОБУВНИХ РАЙОНІВ ІРАКУ

Ірак знаходиться в північно-східній частині Аравійської плити, яка особливо піддавалася тектонічним рухам в минулі геологічні періоди, де знаходиться кілька гігантських родовищ, які містять велику частину запасів нафти цієї країни. Структурні особливості нафтових родовищ півдня Іраку (Мішріф і Зубейр) формують ряд факторів, які ускладнюють будівництво і експлуатацію свердловин для видобутку нафти в цьому регіоні. Були розглянуті можливі негативні наслідки протікання процесів корозії нафтогазового обладнання та перспектив використання нових технологій та матеріалів з огляду на той факт, що в даний час основною технологією при нафтовидобутку в Іраку є заводнення, яке в даних умовах вимагає великої кількості води і несе ряд негативних факторів, які ускладнюють експлуатацію нафтовидобувного обладнання.

Основними цими факторами є вміст кислих газів (сірководню і вуглекислого газу), висока мінералізація пластової води, яка пов'язана з присутністю хлорид-іонів, підвищена температура, яка обумовлена глибиною буріння та експлуатації свердловин. Дослідження базувалось на комплексному підході, який здійснювався шляхом аналізу даних про формування геологічної обстановки на півдні Іраку (тектоніка, стратиграфія, літолого-фаціальний і гідрологічний аналіз), узагальненні світового досвіду використання технологій нафтовилучення, використанні методик оцінки ресурсів нафти і газу.

Ключові слова: вуглеводнева сировина, тектонічні рухи, структурні особливості, гірничо-геологічна будова, експлуатація родовища, ускладнюючі фактори, мінералізація, хлорид-іони, сірководень, вуглекислий газ, температура

А.НЕМАХ, Б.Х.МУХАМЕДОВ, Д.Ф.ДОНСКОЙ, С.В.НЕСТЕРЕНКО

ИЗУЧЕНИЕ ГОРНО-ГЕОЛОГИЧЕСКИХ ОСОБЕННОСТЕЙ ПЕРСПЕКТИВНЫХ НЕФТЕДОБЫВАЮЩИХ РАЙОНОВ ИРАКА

Ирак находится в северо-восточной части Аравийского плиты, которая особенно подвергалась тектоническим движениям в прошлые геологические периоды, где находится несколько гигантских месторождений, содержащих большую часть запасов нефти этой страны. Структурные особенности нефтяных месторождений юга Ирака (Мишриф и Зубейр) формируют ряд факторов, которые затрудняют строительство и эксплуатацию скважин для добычи нефти в этом регионе. Были рассмотрены возможные негативные последствия протекания процессов коррозии нефтегазового оборудования и перспективные использования новых технологий и материалов учитывая тот факт, что в настоящее время основной технологией при нефтедобыче в Ираке является заводнения, которое в данных условиях требует большого количества воды и несет ряд негативных факторов, которые осложняют эксплуатацию нефтедобывающего оборудования.

Основными этими факторами является содержание кислых газов (сероводорода и углекислого газа), высокая минерализация пластовой воды, повязана с присутствием хлорид-ионов, повышенная температура, которая обусловлена глубиной бурения и эксплуатации скважин. Рассмотрены возможные негативные последствия протекания процессов коррозии нефтегазового оборудования. Исследование базировалось на комплексном подходе, который осуществлялся путем анализа данных о формировании геологической обстановки на юге Ирака (тектоника, стратиграфия, литолого-фаціальний и гидрологический анализ), обобщении мирового опыта использования технологий нефтеизвлечения, использовании методик оценки ресурсов нефти и газа.

Ключевые слова: углеводородное сырье, тектонические движения, структурные особенности, горно-геологическое строение, эксплуатация месторождения, усложняющие факторы, минерализация, хлорид-ионы, сероводород, углекислый газ, температура

А.НЕАМАН, В.Н.МУХАМЕДОВ, Д.Ф. ДОНСКИЙ, С.В. НЕСТЕРЕНКО

STUDY OF MINING AND GEOLOGICAL FEATURES OF PROMISING CRUDE OIL-PRODUCING AREAS OF IRAQ

Iraq is located on the northeastern parts of the Arabian Plate, which has been particularly exposed to tectonic movements in past geological periods, where there are several giant fields that contain most of the country's oil reserves. The structural features of the oil fields of southern Iraq (Mishrif and Zubeir) form a number of factors that complicate the construction and operation of wells for oil production in the region.

Possible negative consequences of the corrosion processes of oil and gas equipment and the prospective use of new technologies and materials were considered, taking into account the fact that waterflooding is currently the main technology in oil production in Iraq, which in these conditions requires a large amount of water and carries a number of negative factors that complicate operation of oil production equipment.

These main factors are the content of acid gases (hydrogen sulfide and carbon dioxide), high mineralization of formation water, mainly due to the presence of chloride ions, elevated temperature, which is due to the depth of drilling and well operation. The negative consequences of corrosion of oil and gas equipment are given. The study was based on an integrated approach, which was carried out by analyzing data on the formation of geological conditions in southern Iraq (tectonics, stratigraphy, lithological-facial and hydrological analysis), generalization of world experience in oil production, use of oil and gas resources.

Keywords: hydrocarbon raw material, tectonic movements, structural features, mining and geological structure, field operation, complicating factors, mineralization, chloride ions, hydrogen sulfide, carbon dioxide, temperature.

© А.Немах, Б.Х.Мухамедов, Д.Ф.Донський, С.В.Нестеренко, 2020

Вступ. Мета даної роботи полягала в вивчення особливостей гірничо-геологічної будови перспективних нафтових і газових родовищ півдня Іраку і труднощів, що виникають при їх освоєнні, а також деталізації факторів, що ускладнюють нафтовидобуток, розкритті та обґрунтуванні перспектив використання комплексних технологій освоєння вуглеводневих ресурсів.

Основні завдання дослідження

1. Встановлення особливостей геологічної будови родовищ вуглеводнів півдня Іраку.

2. Вивчення седиментаційних особливостей нафтогазоносних покладів півдня Іраку і оцінка порід-колекторів і порід-флюїдоупорів.

3. Оцінка запасів і ресурсів нафти і газу на родовищах-полігонах.

4. Деталізація факторів, що ускладнюють нафтовидобуток в Іраку.

5. Обґрунтування застосування комплексних технологій освоєння вуглеводневих ресурсів на родовищах півдня Іраку.

Як відомо, родовища півдня Іраку характеризуються многопластового і розчленованістю. Основними продуктивними свитами є Мішріф і Зубейр. Свита Мішріф, що складається з карбонатних рифових (рудістових) порід, поширюється регіонально і простежується на всіх родовищах півдня Іраку. Вивчення геологічних особливостей (седиментологічних, петрофізичних і петрографічних) свити Мішріф і визначення можливих причин виникнення проблем при видобутку нафти в рифових рудістових породах, що характеризуються високою неоднорідністю пористості, показує, що використання методу закачування води не завжди є доцільним, але ще достатньо широко використовується в процесах нафтовидобутку. Отже, виходячи з особливостей геологічної будови, необхідно обґрунтувати використання сучасних технологій при видобуванні нафти на родовищах півдня Іраку [1-7].

Методика проведення експерименту. Дослідження базувалось на комплексному підході, який здійснювався шляхом аналізу даних про формування геологічної обстановки на півдні Іраку (тектоніка, стратиграфія, літолого-фаціальний і гідрологічний аналіз), узагальненні світового досвіду використання технологій нафтовилучення, використанні методик оцінки ресурсів нафти і газу.

Існує ряд особливостей тектонічного впливу Аравійської плити на розвиток геологічних процесів на території Іраку. Так як Ірак знаходиться на північно-східній частині Аравійської плити, ця територія

особливо піддавалась тектонічним рухам в минулі геологічні періоди, такі як каледонський, герцинський і альпійський орогенез [8-16].

Результати та їх обговорення. В результаті протікання гірничих процесів виділилися три головні тектонічні зони.

1. Зона – розлом. Ця зона знаходиться на північному сході околиці Іраку, є сусідами з горами Загрос і не містить вуглеводневих родовищ.

2. Зона складчастого поясу Загрос, яка знаходиться на півночі Іраку, містить більшість родовищ півночі Іраку.

3. Зона Месопотамського басейну, який розташований в центрі і на півдні Іраку і включає більшість родовищ вуглеводнів.

Структури, що становлять зону складчастого поясу, мають північно-західне і південно-східне простягання. Це вказує на те, що на ці структури мав вплив альпійський орогенез, який зароджувався в період верхньої крейди та раннього палеоцену, в умовах рифтінгу Червоного моря в напрямку зі сходу і колізії Аравійської та Євразійської плит на заході. У зв'язку з цим утворилися гори Загрос, які простягаються з півночі Іраку на південь Ірану в напрямку з північного заходу на південний схід. Також Альпійський орогенез привів до стиснення в основі структури, яка вплинула на седиментаційних пласти в зоні складчастого поясу, і зіграло важливу роль в складкоутворення цих пластів і формуванню антикліналі, яка простягається в північно-західному і південно-східному напрямках.

Крім Альпійського орогенезу на формування нафтових запасів мав місце вплив розвиток потужних соляних товщ на півдні, якою є соляна товща Ормуз. Багатьма дослідниками встановлено, що будова фундаменту Південного Іраку з півночі на південь, ймовірно, контролює орієнтування основних напрямків простягання структур, але в опосередкованому вигляді. При цьому будова фундаменту контролювала орієнтування горстів і грабенів, що формувалися в рифсе. Таким чином, потужність соляної товщі Ормуз повинна бути більше в грабенах північного простягання, ніж в горстах північного простягання. Сучасні синкліналі залягають на рифейських грабенах, а сучасні антикліналі - на рифейських горстах.

З огляду на те, що басейн Месопотамії, є одним з найважливіших нафтогазоносних басейнів в світі, і займає територію центрального і південного Іраку, ряд дослідників припускають, що заснувався він, коли море Ніо-Титіс виступало на східній околиці Аравійської плити. При цьому велика частина нафти

надійшла з формації Сулай (пізньої юри), яка і заповнила гірські породи Месопотамського басейну. В даний час встановлено, що більшість колекторів родовищ району Месопотамії сформувалося в крейдяному періоді, так як в них відклалися потужні товщі відкладень карбонатних і піщанистих порід, які стали основними колекторами на півдні Іраку, наприклад, свити Мішріф, Ямам, Зубейр і Нахр-Умер. при цьому сланці і мергелісті вапняки крейдового періоду є покришками для багатьох великих нафтових резервуарів у Месопотамському басейні, як, наприклад, свита Хасіб на півдні Іраку.

Як відомо, пошук і розвідка нафти в Месопотамському басейні і складчатому поясі Загрос були зосереджені переважно на структурних і стратиграфічних пастках. У південній частині Месопотамського басейну головними структурами пасток є великі антиклиналі в напрямку з півночі на південь, які почали формуватися в палеозої і продовжили формування з тривалим, але більш обмеженим ростом, в мезозої і ранньому кайнозої.

Відомі і інші умови формування нафтогазоносних областей півдня Іраку. Так на Аравійській плиті спостерігалось кілька тектонічних подій від докембрійського до теперішнього часу. Стратиграфічна колонка складається з 11 тектоно-стратиграфічних мегасеквенцій циклів (AP1 - AP11). Восьмий цикл (AP8) є найважливішим циклом на Аравійській плиті, особливо в Південних областях Іраку тому, що в ньому сформувалися нафтові колектори; деякі з них складаються з карбонатних порід (свити Мішріф і Ямам), а інші - з піщаних порід (свити Зубейр і Нахр-Умер). Цикл (AP8) розділений на три підцикли, найостанніший - це цикл (сеноман-турон), в якому відклалися свита Мішріф. Свита Мішріф віку пізньої крейди (сеноман) є одним з основних нафтових колекторів півдня Іраку. Вона розташована на глибинах близько 2000 м нижче рівня моря. Товщина свити в середньому становить 150 м, збільшуючись на схід і зменшуючись на захід. Вона являє собою дуже складну послідовність порід, спочатку охарактеризовану як комплекс органогенних детритових вапняків, що містять іноді водоростеві, рудистові і коралово-рифові вапняки, перекриті лімонітовими прісноводними вапняками. Свита Мішріф складена трьома добре помітними літостратиграфічними підрозділами - нижньої, середньої і верхньої пачками, що складаються з вапняків. Середня пачка є найбільш важливою через найвищий показник нафтонасиченості і характеризується хорошими петрофізичними властивостями на родовищах півдня

Іраку і зі збільшенням потужності в напрямку північного сходу вони покращуються. Пористість тут сформувалася в результаті декількох факторів: кавернозно-поровий тип колектора, межчасткова пористість, тріщини (включаючи стілоліти) і ін. Така пористість дуже різна в об'ємі. Розміри рудистових уламків в світі Мішріф варіюють у великих межах і в більшості варіюються від 2 мм і менше, місцями от 1 до 2 см, здебільшого вони згладжені, незграбні, і слабо-, середньо-сортовані, зцементовані мікрітовою основною масою. Біокласти частково зазнали інтенсивну мікрітізацію сверддящими водоростями і грибами і власне утворили аллохімічні видозмінені пелоїдальні структури. Інші біокласти були місцями розчинені, розвиток отримав кавернозно-поровий тип структури з подальшим безперервним розчиненням, що призвело, зрештою, до виникнення складної системи сполучених каверн і пор.

Початкова межчасткова пористість частково зазнала інтенсивну цементацию рівномірно тонко і грубозернистими мозаїчними структурами і цементами ізопакічного наростання з подальшим утворенням системи несполучених пор, тоді як в інших місцях спостерігалось збільшення мережі загальної пористості. Крім цього свита Мішріф містить різних розмірів уламки рудистів, вони сильно піддавалися ерозії і процесам розчинення в період залягання, в результаті цього утворилися неоднорідні пори в породах свити Мішріф.

Свита Хасіб (покришка) поширена на півдні Іраку, її середня товщина складає близько 60 м, її литологічний переріз представлений пластами мергелістих вапняків і пластів глин. У зв'язку з тим, що є мергелісті вапняки, тріщини в покришці Хасіб відсутні. Крім того, Хасіб містить кілька шарів глин, які перешаровуються мергелістими вапняками. І це друга причина для того, щоб вважати Хасіб дуже хорошою покришкою.

Оцінка стану запасів і ресурсів нафти Іраку.

В Іраку розташовано близько 80 родовищ вуглеводнів, п'ять з них газові і тільки одне знаходиться на півдні Іраку [17-26]. Доведені запаси нафти в Іраку перевищують 113 млрд.барелів (близько 10% світових ресурсів нафти), а запаси газу 4,5 трлн. м³. На півдні Іраку перебувають кілька гігантських родовищ, які містять велику частину запасів нафти Іраку. Геолого-технологічний аналіз і огляд видобутку нафти поліпшеними методами (в Іраку і світі) показує, що коефіцієнт вилучення нафти можна підвищити шляхом застосування методів збільшення нафтовіддачі (МЗН) на різних родовищах. Зростання видобутих

запасів – суттєвий фактор, який спостерігається в тій чи іншій мірі, майже на всіх нафтових родовищах Іраку. За 20-річний період (1981 - 2001рр.) На родовищах в середньому спостерігається збільшення в 1,6 рази (або на 60%) доведених видобутих запасів. З огляду на періодичну переоцінку ресурсів, застосування нових технологій і вдосконаленого обладнання в майбутньому може також привести до збільшення видобутку нафти. У стратегічному плані в майбутньому Ірак планує використання нових методів (МЗН) при розробці нафтових родовищ з метою поліпшення показників нафтовилучення. У той же час в останні роки спостерігається істотне погіршення структури запасів нафти країни, збільшення кількості важковидобувних запасів. Використання звичайних технологій заводнення для їх вилучення часто недостатньо ефективно, а іноді просто неможливо.

Проте, на більшості родовищ вдається збільшити видобуток нафти з пластів за допомогою заводнення. За середньосвітовими даними, ефективність цього заходу виражається в зростанні видобутку нафти на 20-50%. Тому, можна вважати, що на родовищах Іраку є можливість видобутку додатково 10-15% або 7 млрд. МЗ нафти. При видобутку нафти вторинними методами на півдні Іраку із застосуванням закачування води на багатьох родовищах виникає певна проблема - при видобутку нафти з нафтових свердловин, які експлуатують колектори Мішріф, нафта вилучається з великою кількістю закачаною води.

Однією з можливих причин даної проблеми є те, що свита Мішріф складається з гідрофобних карбонатних рудістових порід і піддається сильному розчиненню, отже, формуються високі неоднорідні по проникності зони. У зв'язку з цим вода поширюється нерівномірно і водне-нафтовий контакт (ВНК) піднімається неоднаково на всій протяжності родовища. Даний вторинний метод видобутку нафти прийнятний для свит, що складаються з піщаних порід, де міжзернові пори є найголовнішим видом пористості. Ці пори приблизно рівні за розміром і, отже, ВНК піднімається рівномірно. Прикладом є свита Зубейр, що розташована на півдні Іраку [27-30]. Родовище Зубейр знаходиться в південній частині республіки Ірак, в 20 кілометрах на південний захід від м. Басра, у 12 кілометрах на захід від родовища Туба. Структура родовища Зубейр представляє антиклінальну складку, що тягнеться з півночі на південь. Родовище Зубейр морфологічно складається з двох піднятих: Шуайба і Хаммар, що знаходяться на півночі структури і містять нафту. На півдні є підняття Рафдія з меншою висотою, ніж Шуайба і Хаммар.

Ця структура водоносна. Довжина родовища 35 км, а ширина 12 км. Найвищу оцінку (-2179,9 м) покривля пласта має в південній частині родовища (скв. Zb-10), найменшу (-2410,7 м) - в східній частині родовища (скв. Zb-52). Крутизна схилів масиву майже не змінюється, схили пологі (до 20 °). На родовищі Зубейр виділяються дві свити: Мішріф (колектор) і Хасіб (покришка) [31-39].

Петрофізичні характеристики свити Мішріф родовища Зубейр: пористість від 5,8% до 24,5%, проникність від 7×10^{-4} до 0,150 мкм², а щільність сирої нафти 898 кг / м³. Родовище Зубейр є одним з найбільших на півдні Іраку. Видобуток нафти ведеться з 1967 р. В даний час на родовищі видобувається приблизно 160 тис. бар нафти на добу (22 тис. т / добу). Підраховані запаси нафти становлять 5,9 млрд. бар (808 млн. т).

Поклади нафти виявлені також в вапняках свит Джубейра (верхня юра) і Друмев (середня юра), верхньокрейдяних пісковиках свити вару і нижньокрейдяних вапняках свити ратаві (Саффанія-Хафджі, Зулуф, Маніфо). Глибина залягання продуктивних горизонтів у відкладеннях пермі 2,5-3,5 км, юри 1-2,7 км, крейди 0,8-2 км. Щільність нафт варіює від 845 кг / м³ (Абу-Хадрія) до 889 кг / м³ (Саффанія-Хафджі), переважають середні і важкі, сірчисті і високосірчисті нафти (S до 3%). Для підземних вод країни в цілому характерна інверсійна гідрохімічна зональність, обумовлена специфікою кліматичних умов. Вздовж узбережжя Перської затоки поширені прісні і солонуваті води, що переходять с глибиною і по падінню пластів в розсоли високої концентрації. Мінералізація глибоких пластових вод до 150 г / л, склад СГ - Ca²⁺-Na⁺, температура від 90 до 110 °С, присутній також СО₂ від 2 до 7%. Запаси прісних і солонуватих вод оцінюються в 1,21•10⁶ млн.м³ і контактують з палеогеновими і неогеноценовими вапняками. Води палеогенового комплексу - прісні і солонуваті, мінералізація 0,5-6 г / л, склад НСО₃⁻ - Ca²⁺; SO₄²⁻ - Cl⁻ - Ca²⁺ - Na⁺. Дебіти свердловин 5-6 л / с, сумарний водовідбір 28 • 10⁶ м³ / рік. Склад вод неогеноценового комплексу SO₄²⁻ - Ca²⁺ - Mg²⁺ і SO₄²⁻ - Ca²⁺ - Na⁺; мінералізація 1-4 г / л, максимальні дебіти свердловин в зонах тріщинуватості до 230 л / с [17].

Практично, кожне родовище характеризується присутністю як сірководневих, так і вуглекислотних компонентів у широких інтервалах, на фоні присутності соляних штоків, що сприяє утворенню високо мінералізованої пластової води і створює найбільш небезпечне середовище для труб, гирлового і наземного устаткування [40-42].

Як відомо, основними факторами, що впливають на вуглекислотну корозію обладнання, концентрація CO_2 в природному газі (K_{CO_2}), парціальний тиск вуглекислого газу (P_{CO_2}), загальний (пластовий) тиск природного газу (P), температура середовища, швидкість руху газорідного потоку, напружений стан металу, об'ємне співвідношення водного і вуглеводневого конденсатів в рідкій фазі потоку. У газоконденсатних родовищах з рівним вмістом сірководню і вуглекислоти, але з різним гідростатичним тиском парціальний тиск сірководню і вуглекислоти різняться. За величиною парціального тиску CO_2 можна говорити про ймовірність виникнення вуглекислотної корозії і її інтенсивності. Умови: при $P_{\text{CO}_2} > 0.21$ МПа - корозія завжди неминуча, при $P_{\text{CO}_2} = 0.021-0.21$ МПа - корозія можлива, при $P_{\text{CO}_2} < 0.021$ МПа - корозія зазвичай мало ймовірна [40-42].

При наявності CO_2 і H_2S корозія може проявитися при низьких концентраціях сірководню (0.1 мг / л) в газі, воді і низькому парціальному його тиску (10^{-4} МПа), яке визначають за формулою $P_{\text{H}_2\text{S}} = PC / 100$, де С-об'ємна частка H_2S в газі, %.

Особливістю сірководню є залежність його розчинення у воді від рН. Сірководень інтенсивно розчиняється в воді при $\text{pH} < 7$, утворюючи сірководневу кислоту H_2S , при $\text{pH} > 7$ -гідросульфід-іони HS^- і деяку кількість S^{2-} , при $\text{pH} > 11$ -сульфід -іони [40-42]. Слід також зауважити, що розчинність обох газів у пластовій воді має досить складну залежність від її солевмісту і температури.

Загалом стійкість вуглецевих і низьколегованих сталей в середовищах, що містять сірководень та оксид вуглецю, визначається комплексною взаємодією різних параметрів, що включають:

а) хімічний склад, технологію виробництва, форму виробу, міцність, твердість матеріалу і її локальні відхилення, холодну обробку, термічну обробку, мікроструктурну неоднорідність, розмір зерна, чистоту меж кристалітів; б) парціальний тиск або еквівалентну концентрацію у водній фазі кислих газів; в) концентрацію хлорид-іонів у водній фазі; г) рН (кислотність) водної фази; е) присутність кисню або інших окислювачів; г) температуру водної фази; ж) сумарний вплив напруг (прикладених і залишкових) [44].

До негативних наслідків процесів корозії можна віднести: 1) втрата герметичності колони насосно - компресорних труб (НКТ), що, в свою чергу, призводить до марної енерго-витратної внутрішньо-свердловинної циркуляції видобутої суміші флюїдів і, в особливо тяжких випадках, до обриву колони НКТ

та зупинки нафтовидобутку з послідуочим доволі витратним ремонтним періодом; 2) втрата герметичності обсадних колон, що сприяє вкрай небажаним перетоками між спочатку роз'єднаними пластами, що несе екологічну небезпеку; 3) пориви промислових нафтопроводів, що призводять до утворення витоків рідких вуглеводнів і забруднення навколишнього середовища [43, 44].

До факторів, що збільшують швидкість корозії обладнання можна віднести: 1) значну мінералізацію пластової води, що добувається попутно з нафтою (від 140 до 230 г / л і вище); 2) механічні домішки (переважно у вигляді піщинок, переважно, SiO_2 ; 3) високу температуру видобутої суміші флюїдів (близько 105°C) [44]. Перераховані вище фактори необхідно враховувати при виборі матеріалів для обладнання що використовується при видобутку нафти і газу в середовищах, що містять сірководень та вуглекислий газ, бо проблема сірководневої корозії нафтового обладнання є актуальною [43].

В подальшому на основі проведеної оцінки геологічної будови родовищ півдня Іраку було виконані роботи з використанням методики по оцінці впливу вказаних факторів на корозійні руйнування матеріалу, який в більшості випадків, використовується для виготовлення низу обсадної колони [45]. Факторами корозійного руйнування нафтопромислового обладнання є температура, агресивні іони пластової води та супутні кислі гази CO_2 і H_2S , які разом присутні у пластовій воді, що є створює особливі умови для протікання конкурентних процесів корозії нафтового обладнання на півдні Іраку. Нами запропоновано розглядати конструкційні елементи обсадної колони, якими є сама обсадна колона і створена навколо неї оболонка з цементного каменю в цілому, а не окремо. Показана можливість використання удосконаленого потенціостатичного методу для дослідження захисної дії цементного каменю, отриманого із суміші тампонажних матеріалів, для підвищення корозійної стійкості конструкційних сталей в складних умовах експлуатації [45]. Показано, що добавки коксохімічних продуктів до складу композиції тампонажних розчинів можуть підвищувати захисні властивості цементного каменю, які експлуатуються в складних гірсько-геологічних умовах Іраку [45]. В результаті постановки експерименту з вивчення впливу покриття на основі портландцементу марки G і комплексною добавкою на основі аміновмісних компонентів на корозійну стійкість сталей Ст45 і SAF 2507 отримані рівняння регресії, які в цілому адекватно відображають залежність швидкості корозії для сталей Ст45 і SAF 2507

під шаром цементного покриття з інгібітором корозії в залежності від дії різних агресивних факторів підземного середовища: солевмісту, температури, вмісту CO₂ та вмісту H₂S, проведений їх дисперсійний і графічний аналізи [46].

Крім того нами було проведено вивчення пітингової корозії вуглецевої сталі в умовах нафтопромислів Іраку [47]. Склад пластової води нафтопромислів Іраку з щільністю 1,147 кг/дм³ та загальною мінералізацією 201,708 г/дм³. Експериментальні дослідження проводили на лабораторній установці, яка складається з автоклава та дозуючих пристроїв, за допомогою яких моделювали взаємний вплив різних факторів, граничні значення яких були вибрані на основі реальних умов роботи кількох свердловин іракського родовища Мішріф [47].

Глибину пітингів визначали за допомогою профілометрів. Досліджувалися отримані вольтамперограми, які характеризували швидкість протікання загальної корозії. Зразки досліджуваних матеріалів були встановлені в агресивні середовища в промислових умовах, що моделюють реальні умови на промислах півдня Іраку. Паралельно для визначення загальної корозійної стійкості в касети включали зразки вуглецевої сталі K55 [48].

Були проведені також гравіметричні випробування дослідних зразків бетонів і сталей. Корозійну активність пластової води визначали потенціометричним методом, на базі потенціостата EP-20 A, автоматично керованого програмою за допомогою комп'ютера [49]. Проведені випробування показують, що вміст в високомінералізованій пластовій воді сірководню, вуглекислого газу при підвищеній температурі надають односпрямований вплив на посилення процесів корозії, а саме її локальних видів. Посилення локальної корозії і її прояв у вигляді пітингів при спільній дії CO₂ і H₂S, мабуть, пов'язано з конкурентним утворенням спільних несущільних захисних плівок FeS і FeCO₃ [50].

Висновки.

1. Встановлено особливості геологічної будови родовищ півдня Іраку, які полягають в наступному:

а) поклади приурочені до антиклінальними структурам, які простягаються з півночі на південь, близько розташовані один до одного в результаті впливу Альпійського орогенезу і потужної соляної товщі Ормуз, і мають регіонально витримані непроники для газу покришки;

б) одним з основних нафтових колекторів є свита Мішріф пізньої крейди (сеноман), відкласти на карбонатній платформі мілководного моря, до мінливих

фациями від рифових до рудістових лагунних гідрофобних вапняків, неоднорідними петрофізическіми властивостями (пори різних видів, мікротріщини, канали), які є однією з можливих причин зниження видобутку нафти.

2. Встановлені геологічні особливості формування покладів нафти і газу. Доведено, що породи-колектори свити Мішріф в результаті ерозії, сильного руйнування і процесів розчинення мають високу ступінь неоднорідності фільтраційно-емнісних властивостей і є гідрофобними.

3. Оцінені ресурси вуглеводневої сировини на родовищах-полігонах.

4. При видобутку нафти вторинними методами на півдні Іраку із застосуванням закачування води на багатьох родовищах виникає певна проблема, зокрема при видобутку нафти з нафтових свердловин родовища Мішріф і Зубейр, нафта видобувається з великою кількістю води, що ускладнює процеси їх розділення, збільшує корозію обладнання, скорочує строки його експлуатації.

5. Головними несприятливими експлуатаційними чинниками на родовищах Мішріф і Зубейр, на нашу думку, є одночасна присутність в пластовій воді кислих газів (вуглекислого газу і сірководню) на тлі високої мінералізації (вміст хлорид-іонів) і досить високою пластовою температурою (близько 100°C), яка характерна для глибини 1800-2300 м. Це потребує комплексного підходу для оцінки використання перспективних технологій та матеріалів, що можуть бути застосовані на цих родовищах.

Список літератури

1. Beydoun Z.R. Геология и потенциальные запасы углеводородов Аравийской плиты в свете тектоники плит. Американская ассоциация геологов-нефтяников. Геологические исследования. 1991. Вып. 33.77 с.
2. Sharland P.R., Archer R., Casey D.M., Davies R.B., Hall S.H., Heward A.P., Horbury A.D., Simmons M.D. Стратиграфия разреза Аравийской плит // «ГеоАравия», Специальный выпуск, № 2. Бахрейн: Галф Петро-Линк, 2001. 371 с.
3. Konert G., Al-Afifi A.M., Al-Hajri S.A. Стратиграфия палеозоя и локализация углеводородов Аравийской плиты. 2001. Т. 6, № 3. С. 407-442.
4. Al-Naqib K.M. Геология Аравийского полуострова. Южный Ирак. Геологическая служба США. Специальное издание 560-G. 1967. 54 с.
5. Mutris R.J. Средний Восток: Стратиграфическая эволюция и локализация нефти // Бюллетень Американской ассоциации геологов-нефтяников. 1980. Т. 64. С. 597-618.
6. Al-Husseini M.I. Стратиграфия юрских отложений западной и восточной части Аравийского залива // «ГеоАравия». 1997. Т. 2. № 4. С. 361-382.
7. Махави М.М., Тахер А.К., Зайбель Х.Г., Сиднев А.В. Общая схема тектонической эволюции Аравийской плиты в фанерозое

- // НТЖ «Фундаментальные исследования». М.: 2009. Вып. 1. С. 35-37.
8. Al-Husseini M.I. Происхождение структур Аравийской плиты: Амарское столкновение и рифт Наджд // «ГеоАравия». 2000. Т. 5. № 4. С. 527-542.
 9. Loosveld R.J.H., Bell A., Terken J.J.M. Тектоническая эволюция внутренней части Омана // «ГеоАравия». 1996. Т. 1. № 1. С. 28-51.
 10. Ziegler M.A. Эволюция позднепермско-голоценовых палеофаций Аравийской плиты и залежи углеводородов // «ГеоАравия». 2001. Т.6. №3. С. 445-504.
 11. Ameen M.S. Влияние тектонических процессов в фундаменте на образование, миграцию и аккумуляцию углеводородов в Северном Ираке // Бюллетень Американской ассоциации геологов-нефтяников. 1992. Т. 76. С. 356-370.
 12. Beydoun Z.R., Skinder A.H. Аденский залив Красного моря: Переоценка потенциальных запасов углеводородов // Морская и нефтяная геология. 1992. Т. 9. С. 474-485.
 13. Hooper R.J., Baron I.R., Agah S., Hatcher R.D. Развитие южной окраины Тетиса в Иране от сеноманского времени до современности / Под ред. М.И. Хуссейни. Нефтяная геология Среднего Востока, Гео'94. Бахрейн: Галф ПетроЛинк, 1995.Т. 2.С. 505-516.
 14. Stoneley R. Обзор нефтематеринских пород в некоторых частях Среднего Востока /Под ред. Дж. Брукса и А.Дж. Флита. Морские нефтематеринские породы. Геологическое общество (Лондон). Специальный выпуск, № 26. 1987. С. 263-269.
 15. Alsharhan A.S., Naim A.E.M. Осадочные бассейны и геология нефти Среднего Востока. Нидерланды: Изд-во «Эльзевир», 1997. 843с.
 16. Sadooni F.N., Aqrawi A.A.M. Стратиграфия мелового разреза и потенциальные запасы нефти Месопотамского бассейна, Ирак // Модели юрско-меловых карбонатных систем Среднего Востока. Специальный выпуск ООГ № 69. 2000. С. 315-334.
 17. Al Habba Y.Q., Abdullah M.B. Геохимическое исследование материнских пород углеводородов на северо-западе Ирака (на арабском яз.) // Журнал «Сотрудничество с арабскими странами в области нефти». 1989. Т. 5. С. 1151.
 18. Beydoun Z.R., 1993. Эволюция северо-восточной окраины Аравийской плиты и шельфа: локализация углеводородов и предположительные ресурсы их на будущее. 1993.Т. 48. №4.С. 312-345.
 19. Al-Fares A.A., Vouman M., Jeans P. Новый взгляд на стратиграфию средне-нижнемеловых отложений побережья Кувейта // «ГеоАравия». 1998. Т. 3. № 4.С. 543-560.
 20. Ibrahim M.W. Геология нефти южной части Ирака // Бюллетень Американской ассоциации геологов-нефтяников. 1983. Т. 67. С. 97-130.
 21. Al-Siddiki A., 1978. Подземная геология южной части Ирака. X Арабский Нефтяной Конгресс, Триполи, Ливия. 1978. № 141 (В-3). С. 1-47.
 22. Dunnington H.V. Образование, миграция, накопление и разложение нефти в Северном Ираке. ААБГ, 1988. С. 1194-1251.
 23. Lovelock P.E.R. Обзор тектоники северной части Средневосточного региона // Геологический журнал. 1984. Т. 121. № 6. С. 577-587.
 24. Bein A. Рифы, окаймленные рудистовыми образованиями, мелководной карбонатной платформы мелового возраста в Израиле // Бюллетень Американской ассоциации геологов-нефтяников. 1976. Т. 60. № 2. С. 258-272.
 25. Al Gailani M., 2003. Оценивая нефтяной потенциал Ирака // «Геотаймс». 2003.Т. 48.С. 16-20.
 26. Al Shididi S., Thomas G., Delfaud J. Осадконакопление, диагенез и локализация нефти группы Камчука нижнемелового возраста, Северный Ирак // Бюллетень Американской ассоциации геологов-нефтяников. 1995. Т. 79.С. 763-779.
 27. Информационная служба «Ай Эйч Эс Энерджи» (ранее консультанты по нефти). Международная база данных по поискам и добыче нефти. База данных, представленная компанией «Ай Эйч Эс Энерджи», 15 Инвернесс Уэй Ист, Инглвуд, Колорадо, 80112. США. 1996.
 28. Buday T. Региональная геология Ирака: Стратиграфия и палеогеография. Государственная организация по минералам. Багдад, 1980. 445с.
 29. Махави М.М., Котенёв Ю.А. Уточнение геологических характеристик месторождений Южного Ирака и оценка перспективных технологий извлечения нефти // НТЖ «Геология, геофизика и разработка нефтяных и газовых месторождений». М.: Изд-во «ВНИИОЭНГ». 2010.№2.С. 39-44.
 30. Заибель Х.Г., Тахер А.К., Махави М.М., Сиднев А.В. Месторождения супергиганты бассейна персидского залива и технологии их разработки // Актуальные проблемы технических, естественных и гуманитарных наук. Матер. Междунар. научн-техн. Конф. Уфа, 2008.С.42-45.
 31. Котенёв Ю.А., Махави М.М., Лю Гуантао, Ми Чжунжун. Классификация залежей нефти Южного Приуралья по тектонической приуроченности и особенностям геологического строения // Проблемы освоения трудноизвлекаемых запасов нефти и газа. Уфа: Монография, 2008.Вып. 5.С.11-13.
 32. Махави М.М., Тахер А.К., Заибель Х.Г., Сиднев А.В. Общая схема тектонической эволюция Аравийской плиты в фанерозе // НТЖ «Фундаментальные исследования». М.: 2009. Вып. 1. - С. 35-37.
 33. Махави М.М., Заибель Х.Г., Котенёв Ю.А., Сиднев А.В. Анализ секвентной стратиграфии по разрезу свиты Мишриф Южного Ирака // НТЖ «Фундаментальные исследования».М.: 2009. Вып. 1. С. 3739.
 34. Махави М.М. Петрофизические и петрографические особенности свиты Мишриф на месторождении Зубейр южного Ирака // НТЖ «Современные наукоёмкие технологии». М.: 2009. Вып.6. С.17.
 35. Махави М.М., Котенёв Ю.А. История геологического развития южного Ирака // Проблемы ресурсо- и энергосбережения в технологиях освоения трудноизвлекаемых запасов углеводородов. Матер. VIII конгресса нефтепромышленников России. Уфа: Изд-во «Монография», 2009. С.77-78.
 36. Махави М.М., Котенёв Ю.А. Тектонические зоны и геоморфология Ирака // Проблемы ресурсо- и энергосбережения в технологиях освоения трудноизвлекаемых запасов углеводородов. Матер. VIII конгресса нефтепромышленников России. Уфа: Изд-во «Монография». 2009. С.75-76.
 37. Махави М.М., Котенёв Ю.А. Палеофаций и сеноманско-туронский цикл на Аравийской плите // Проблемы ресурсо- и энергосбережения в технологиях освоения трудноизвлекаемых запасов углеводородов. Матер. VIII конгресса нефтепромышленников России.Уфа: Изд-во «Монография». 2009. С.79-81.
 38. Sharland P.R., Archer R., Casey D.M., Davies R.B., Hall S.H., Heward A.P., Horbury A.D., Simmons M.D. Стратиграфія розрізу Аравійської плит // «ГеоАравія», Спеціальний випуск, № 2. Бахрейн: Галф ПетроЛинк, 2001. 371 с.
 39. Al-Husseini M.I. Стратиграфія юрських відкладень західної і східної частини Аравійського затоки // «ГеоАравія». 1997. Т. 2. № 4. С. 361-382.
 40. NACE standarts MR-01-75. Materials for valves for resistance to sulfide stress cracking in production and pipeline service replacements/NACE Publication 1F166.Houston,Texas.1982-1983.

41. А.В. Ляшенко, Р.А. Жирнов, Д.В. Изюмченко Опыт защиты от коррозии скважин при добыче углеводородной продукции с высоким содержанием сероводорода и диоксида углерода. Научно-технический сборник · ВЕСТИ ГАЗОВОЙ НАУКИ. № 4 (15). 2013.С.-28-35.
42. Гулянец Г.М. Противикидне обладнання свердловин, стійке до сірководню: Довідковий посібник М.: Надра, 1991. 348с.
43. Energy-saving intensification of gas-condensate field production in the east of Ukraine using foaming reagents /A.Shendrik, M. Fyk, V. Biletskyi, S. Kryvulia, D. Donskyi, A. Alajmeen, A. Pohylko// Mining of mineral deposits. 2019. 13 (2), pp.82-90. <https://www.scopus.com/inward/record.uri?eid=2-s2.0-85068132301&doi=10.33271%2fmining13.02.082&partnerID=40&md5=8717ee990bb32ae3ea7fca35ab7216c2> DOI: 10.33271/mining13.02.082 (Scopus).
44. Немах А., Донський Д.Ф., Нестеренко С.В. Вивчення впливу CO₂, H₂S і температури пластової води нафтового родовища на розвиток пітингової корозії. Комунальне господарство міст. Науково-технічний збірник. Х.:ХНУМГ ім.О.М.Бекетова.2019.Вип. 3 (149).С.58-68.DOI 10.33042/2522-1809-2019-3-149-58-68.
45. Немах А., Донський Д.Ф., Нестеренко С.В. Лабораторний експрес-метод оцінки ризиків руйнування матеріалу обсадної колони при корозійному впливі. Матеріали 1-го міжн. науково-технічного форуму з хімічних технологій і нафтогазопереробки. Мінськ, 27-30.11. 2018.Мінськ: БГТУ.2018.Ч.1.333с.ISBN 978-985-530-723-6. belstu.by > Portals > science-fund-kz-statipovosti-forum-nefte.
46. Немах А.М., Донський Д.Ф., Нестеренко С.В. Оцінка захисних властивостей цементного каменю в агресивних середовищах нафтових родовищ Іраку. Вісник Національного технічного університету «ХПІ». Серія: Математичне моделювання. 2020. № 1. С. 43-50. ISSN: 2079-0821.
47. Амір Н., Донський Д.Ф., Нестеренко С.В. Вивчення точкової корозії в пластовій воді нафтового родовища Іраку. Вісник Національного технічного університету «ХПІ». Серія: Хімія, хімічна технологія та екологія. 2020. № 1. С. 47-52. ISSN: 2079-0821.
48. Амір Н., Нестеренко С.В., Донський Д.Ф. Дослідження динаміки сірководневої корозії металу під шаром модифікованого бетону. Комунальне господарство міст. 2020.Т. 3. Вип. 156. С.49-55, ISSN 2522-1809.
49. Нестеренко С.В., Донський Д. Ф., Немах А. Моделювання антикорозійного захисту матеріалу обсадної колони в лабораторних умовах. Вісник Національного Технічного Університету «ХПІ». Серія: Інноваційні дослідження у наукових роботах студентів. 2019. № 21(1346) 69 УДК 622.279:620.197.3 doi: 10.20998/2220-4.
50. Немах А., Донський Д., Нестеренко С. Вивчення корозійної стійкості аустенітно-феритних сталей в пластовій воді нафтового родовища //Фізико-хімічна механіка матеріалів. 2020. Спеціальний випуск № 6. Проблеми корозії та протикорозійного захисту матеріалів. С. 307-312.
- hydrocarbon localization of the Arabian plate. 2001. - V. 6, No. 3. P. 407-442.
4. Al-Naqib K.M. Geology of the Arabian Peninsula. Southern Iraq. United States Geological Survey. Special Edition 560-G. 1967 . 54 p.
5. Murriss R.J. The Middle East: Stratigraphic Evolution and Oil Localization // Bulletin of the American Association of Petroleum Geologists. 1980. V. 64.P. 597-618.
6. Al-Husseini M.I. Stratigraphy of the Jurassic deposits of the western and eastern parts of the Arabian Gulf // GeoArabia. 1997. V. 2, No. 4. P. 361-382.
7. Mahavi M.M., Taher A.K., Seibel H.G., Sidnev A.B. General scheme of the tectonic evolution of the Arabian plate in the Phanerozoic // Scientific and Technical Journal "Fundamental Research". M.: 2009. Issue. 1. P. 35-37.
8. Al-Husseini M.I. The origin of the structures of the Arabian plate: Amar collision and the Najd rift // GeoArabia. 2000. V. 5, No. 4. P. S. 527-542.
9. Loosveld R.J.H., Bell A., Terken J.J.M. Tectonic evolution of the inner part of Oman // "GeoArabia". 1996. V. 1, No. 1. P. 28-51.
10. Ziegler M.A. Evolution of the Late Permian-Holocene paleofacies of the Arabian plate and hydrocarbon deposits // "GeoArabia". 2001. Vol.6, No. 3. P. 445-504.
11. Ameen M.S. Influence of tectonic processes in the basement on the formation, migration and accumulation of hydrocarbons in Northern Iraq // Bulletin of the American Association of Petroleum Geologists. 1992. V. 76. P. 356-370.
12. Beydoun Z.R., Skinder A.N. Gulf of Aden, Red Sea: Reassessment of Potential Hydrocarbon Reserves // Marine and Oil Geology. 1992. V. 9.P. 474-485.
13. Hooper R.J., Baron I.R., Agah S., Hatcher R.D. Development of the southern outskirts of Tethys in Iran from the Cenomanian time to the present / Ed. M.I. Hussein. Petroleum Geology of the Middle East, Geo'94. - Bahrain: Gulf PetroLink, 1995. V. 2.P. 505-516.
14. Stoneley R. Review of oil source rocks in some parts of the Middle East / Ed. J. Brooks and A.J. Fleet. Offshore oil source rocks. Geological Society (London). Special issue, No 26. 1987. P. 263-269.
15. Alsharhan A.S., Nairn A.E.M. Sedimentary basins and oil geology of the Middle East. Netherlands: Publishing house "Elsevier", 1997. 843 p.
16. Sadooni F.N., Aqrabi A.A.M. Stratigraphy of the Cretaceous section and potential oil reserves of the Mesopotamian basin, Iraq // Models of the Jurassic-Cretaceous carbonate systems of the Middle East. Special issue of OOG No. 69. 2000.P. 315-334.
17. Al Habba Y.Q., Abdullah M.V. Geochemical Study of Source Rocks of Hydrocarbons in North-West Iraq (in Arabic) // Journal of Oil Cooperation with Arab Countries. 1989. V. 5.P. 1151.
18. Beydoun Z.R., 1993. Evolution of the northeastern edge of the Arabian plate and shelf: localization of hydrocarbons and their estimated resources for the future. 1993.V. 48, No. 4.P. 312-345.
19. Al-Fares A.A., Bouman M., Jeans R. A new look at the stratigraphy of the Middle-Lower Cretaceous deposits of the Kuwait coast // "GeoArabia". 1998.V. 3, No. 4.P. 543-560.
20. Ibrahim M.W. Petroleum Geology of Southern Iraq // Bulletin of the American Association of Petroleum Geologists. 1983.V. 67. P. 97-130.
21. Al-Siddiki A., 1978. Underground geology of southern Iraq. X Arab Petroleum Congress, Tripoli, Libya. 1978. No. 141 (B-3). P. 1-47.
22. Dunnington H.V. Formation, migration, accumulation and decomposition of oil in Northern Iraq. AABG, 1988 .P. 1194-1251.
23. Lovelock P.E.R. Review of tectonics of the northern part of the Middle East region // Geological journal. 1984. V. 121, No. 6. P.

References (transliterated)

1. Beydoun Z.R. Geology and potential hydrocarbon reserves of the Arabian Plate in light of plate tectonics. American Association of Petroleum Geologists. Geological research. 1991. Issue. 33. -77 p.
2. Sharland P.R., Archer R., Casey D.M., Davies R.B., Hall S.H, Heward A.P., Horbury A.D., Simmons M.D. Stratigraphy of the section of the Arabian plates // "GeoArabia", Special issue, No. 2. Bahrain: Gulf PetroLink, 2001. -371 p.
3. Konert G., Al-Afifi A.M., Al-Hajri S.A. Paleozoic stratigraphy and

- 577-587.
24. Bein A. Reefs, bordered by ore formations, shallow carbonate platform of the Cretaceous age in Israel // Bulletin of the American Association of Petroleum Geologists. 1976. V. 60, No. 2. P. 258-272.
 25. Al Gailani M., 2003. Assessing the Oil Potential of Iraq // GeoTimes. 2003.V. 48.P. 16-20.
 26. Al Shididi S., Thomas G., Delfaud J. Sedimentation, diagenesis and localization of oil from the Kamchuk group of the Lower Cretaceous age, Northern Iraq // Bulletin of the American Association of Petroleum Geologists. 1995. V. 79.P. 763-779.
 27. Information Service "HS Energy" (formerly oil consultants). International database of oil prospecting and production. Data base provided by HS Energy, 15 Inverness Way East, Inglewood, Colorado, 80112. USA. 1996.
 28. Buday T. Regional geology of Iraq: Stratigraphy and paleogeography. State Organization for Minerals. Baghdad, 1980. 445 p.
 29. Mahavi M.M., Kotenev Yu.A. Refinement of the geological characteristics of the fields in southern Iraq and the assessment of promising technologies for oil extraction // NTZh "Geology, geophysics and development of oil and gas fields. M.: Publishing house "VNIIOENG", 2010.№2.P. 39-44.
 30. Zaibel HG, Taher A.K., Mahavi M.M., Sidnev A.B. Deposits of supergiants in the Persian Gulf basin and technologies for their development // Actual problems of technical, natural and humanitarian sciences. Mater. Int. scientific and technical conf, Ufa: 2008.P.42-45.
 31. Kotenov Yu.A., Mahavi MM, Liu Guantao, Mi Zhongzhong. Classification of oil deposits in the Southern Urals by tectonic confinement and features of the geological structure // Problems of development of hard-to-recover oil and gas reserves. Ufa: Monograph. 2008. Iss. 5.P.11-13.
 32. Mahavi M.M., Taher A.K., Zaibel H.G., Sidnev A.B. General scheme of the tectonic evolution of the Arabian plate in the Phanerozoic // Scientific and Technical Journal "Fundamental Research". M.: 2009. Issue. 1.P. 35-37.
 33. Mahavi M.M., Zaibel H.G., Kotenev Yu.A., Sidnev A.B. Analysis of sequential stratigraphy along the section of the Mishrif Formation of Southern Iraq // Scientific and Technical Journal "Fundamental Research". M.: 2009. Issue. 1. P. 3739.
 34. Mahavi M.M. Petrophysical and petrographic features of the Mishrif Formation at the Zubeir field in southern Iraq // Scientific and Technical Journal "Modern Science-Intensive Technologies". M.: 2009. Issue 6. P. 17.
 35. Mahavi M.M., Kotenev Yu.A. The history of geological development of southern Iraq // Problems of resource and energy conservation in technologies for the development of hard-to-recover hydrocarbon reserves. Mater. VIII Congress of Russian Oil Industrialists. Ufa: Publishing house "Monograph", 2009. P.77-78.
 36. Mahavi M.M., Kotenev Yu.A. Tectonic zones and geomorphology of Iraq // Problems of resource and energy saving in technologies for the development of hard-to-recover hydrocarbon reserves. Mater. VIII Congress of Russian Oil Industrialists. Ufa: Publishing house "Monograph", 2009. P.75-76.
 37. Mahavi M.M., Kotenev Yu.A. Paleofacies and Cenomanian-Turonian cycle on the Arabian plate // Problems of resource and energy saving in technologies for the development of hard-to-recover hydrocarbon reserves. Mater. VIII Congress of Russian Oil Industrialists. Ufa: Publishing house "Monograph", 2009. P.79-81.
 38. Sharland P.R., Archer R., Casey D.M., Davies R.B., Hall S.H., Heward A.P., Horbury A.D., Simmons M.D. Stratigraphy of the section of the Arabian plates // "GeoArabia", Special issue, № 2. Bahrain: Gulf Petrolink, 2001. 371 p.
 39. Al-Husseini M.I. Stratigraphy of Jurassic sediments of the western and eastern parts of the Arabian Gulf // "GeoArabia". 1997. V. 2, № 4. P. 361-382.
 40. NACE standards MR-01-75. Materials for valves for resistance to sulfide stress cracking in production and pipeline service replaces /NACE Publication 1F166. Houston, Texas. 1982-1983.
 41. Lyashenko A.V., Zhirmov R.A., Izyumchenko D.V. Experience in corrosion protection of wells in the production of hydrocarbon products with a high content of hydrogen sulfide and carbon dioxide. Scientific and technical collection. VESTI GAS SCIENCE. No. 4 (15) . 2013. P. 28-35.
 42. Gulyants G. Anti-theft equipment of wells resistant to hydrogen sulfide: Reference manual. M.: Nadra, 1991. 348p.
 43. Energy-saving intensification of gas-condensate field production in the east of Ukraine using foaming reagents /A.Shendrik, M. Fyk, V. Biletskyi, S. Kryvulia, D. Donskyi, A. Alajmeen, A. Pohylko// Mining of mineral deposits. 2019. 13 (2), pp.82-90. <https://www.scopus.com/inward/record.uri?eid=2-s2.0-85068132301&doi=10.33271%2fmining13.02.082&partnerID=40&md5=8717ee990bb32ae3ea7fca35ab7216c2> DOI: 10.33271/mining13.02.082 (Scopus).
 44. Neamah A., Donsky D., Nesterenko S. Study of the influence of CO₂ and H₂S and the temperature of the reservoir water of the oil field on the development of pitting corrosion / Municipal utilities. Scientific and technical collection. H.: KhNUMG named after O.M. Beketov. 2019. Issue 3 (149). P.58-68.
 45. Neamah A., Donsky D.F., Nesterenko S.V. Laboratory rapid method for assessing the risks of destruction of the casing material under corrosion. Proceedings of the 1st International Scientific and Technical Forum on Chemical Technologies and Oil and Gas Refining Minsk, 27-30.11. 2018. Minsk: BSTU. 2018. Ch.1.333p. ISBN 978-985-530-723-6. belstu.by/Portals/science-fund-kz-stati-novosti-forum-nefte.
 46. A. Neamah, D.F. Donsky, S.V. Nesterenko Estimation of protective properties of cement stone in aggressive environments of oil fields of Iraq // Bulletin of the National Technical University "KhPI". Series: Mathematical modeling, 2020. № 1. P. 43-50. ISSN: 2079-0821.
 47. N. Ameer, D.F. Donsky, S.V. Nesterenko Study of point corrosion in reservoir water of an Iraqi oil field // Bulletin of the National Technical University "KhPI". Series: Chemistry, chemical technology and ecology, 2020. № 1. P. 47-52. ISSN: 2079-0821.
 48. N. Ameer, S.V. Nesterenko, D.F. Donsky Investigation of the dynamics of hydrogen sulfide corrosion of metal under a layer of modified concrete. Municipal utilities, 2020, vol. 3, issue 156 P.49-55, ISSN 2522-1809.
 49. C.V. Nesterenko, D.F. Donsky, A. Nemakh Modeling of anticorrosive protection of casing material in laboratory conditions // Bulletin of the National Technical University "KhPI". Series: Innovative researches in scientific works of students, 2019. № 21 (1346) 69 UDC 622.279: 620.197.3 doi: 10.20998 / 2220-4.
 50. Nemah A., Donsky D., Nesterenko S. Study of corrosion resistance of austenitic-ferritic steels in reservoir water of an oil field // Physico-chemical mechanics of materials. Special issue №6 Problems of corrosion and corrosion protection of materials. 2020. P. 307-312.

Надійшла (received) 24.09.2020

Немах Амір Мохаммед Аладжмін (Немах Амир Мохаммед Аладжмин, Neamah Ameer Mohammed Alajmeen) - аспірант, Національний технічний університет «Харківський Політехнічний Інститут», м. Харків; e-mail- ameernema30@gmail.com, Orcid code 0000-0001-5929-7847

Мухамедов Бегенч Халатовіч (Мухамедов Бегенч Халатович, Muhamedov Begench Halatovich) - аспірант, Національний технічний університет «Харківський Політехнічний Інститут», м. Харків; ; e-mail- vubegench@gmail.com, Orcid code 0000-0001-9286-6415

Донський Дмитро Федорович (Донской Дмитрий Федорович, Donsky Dmytro Fedorovich) - кандидат технічних наук, доцент, Національний технічний університет «Харківський Політехнічний Інститут», м. Харків; e-mail- dfdonsky@gmail.com, Orcid code 0000-0003-3546-6110 конт.тел.+380-95-810- 4536

Нестеренко Сергій Вікторович (Нестеренко Сергей Викторович, Nesterenko Sergii Viktorovich) - кандидат технічних наук, доцент, Харківський національний університет міського господарства ім. О.М. Бекетова, м. Харків; e-mail- nester.hnamg@gmail.com. Orcid code 0000-0002-2089-6786