ISNN 3030-3907

2026
JUNE
ISSUE - 6
VOLUME -1

DEVELOPMENT OF SCIENCE

scientific journal



Development of science

Ilmiy jurnal

IYUN 2026
Issue - 6, VOLUME – 1

ISSN 3030 -3907

Ilmiy jurnal OAK rayosatining 2024 yil 27 sentabrdagi 361-son qaroriga asosan 02.00.00 kimyo fanlari hamda 2025 yil 12 fevral 367- son qaroriga asosan 05.00.00 texnika fanlari bo‘yicha falsafa doktori (PhD) va fan doktori (DSc) ilmiy darajasiga talabgorlarning dissertatsiya ishlari yuzasidan dissertatsiyalari asosiy ilmiy natijalarini chop etish tavsiya etilgan milliy ilmiy nashrlar ro‘yxatiga kiritilgan.

BOSH MUHARRIR:
Temirov Alisher Hoshim o‘g‘li – texnika fanlari falsafa doktori (PhD),Dotsent.
TAHRIRIYAT KENGASH RAISI:
Fozilov Sadriddin Fayzullayevich – texnika fanlari doktori, professor
TAHRIRIYAT KENGASH A’ZOLARI

TEXNIKA FANLARI/ TECHNICAL SCIENCES/ ТЕХНИЧЕСКИЕ НАУКИ

Bozorov G‘ayrat Rashidovich
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, professor
Abdurahmonov Olim Rustamovich
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, professor
Adizov Bobur Zamirovich
O‘zbekiston Respublikasi Fanlar akademiyasi Umumiy va noorganik kimyo instituti, professor
Hayitov Ruslan Rustamjonovich
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, professor
Jumayev Qayum Karimovich
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, professor.
Berdiyev Dorob Murodovich
Islom Karimov nomidagi Toshkent Davlat Texnika Universiteti, professor
Maxmudov Rafiq Amonovich
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, professor.
Tilloyev Lochin Ismatilloyevich
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, dotsent.
Raxmonov Qahramon Sanakulovich
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, dotsent.
Barakayev Nusratullo Rajabovich
Islom Karimov nomidagi Toshkent Davlat Texnika Universiteti, professor.
Jo‘rayev Xayrullo Fayziyevich
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, professor.
Panoyev Erali Rajabboyevich
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, dotsent.
Ataullayev Sherzod Nabiullyevich
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, dotsent.
Murodov Malik Negmurodovich
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, dotsent.
Axmedova Ozoda Bahronovna
Islom Karimov nomidagi Toshkent Davlat Texnika Universiteti.
Safarov Bahri Jumayevich
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, dotsent.
Xaydarov Axtam Amonovich
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, dotsent.
Safarov Jasur Alijon o‘g‘li
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, dotsent.

KIMYO FANLARI/ CHEMICAL SCIENCES/ ХИМИЧЕСКИЕ НАУКИ

Axmedov Voxid Nizomovich
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, professor
Umarov Baqo Bafoyevich
Buxoro Davlat Universiteti, professor
Kodirov Abduaxad Abduraximovich
Qarshi davlat Universiteti, professor
Qurbonov Mingniqul Jumagulovich
Qarshi davlat Universiteti, dotsent
Turemuratov Sharibay Naurizbaevich
O‘zbekiston Respublikasi Fanlar akademiyasi Qoraqalpog‘iston bo‘limi Bosh ilmiy kotibi, professor
Tursunov Kaxor Shonazarovich
Qarshi davlat Universiteti, professor
Do‘stov Hamro
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, professor
Panoyev Nodir Shavkatovich
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, dotsent.
Olimov Bobur Bahodir o‘g‘li
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, dotsent.
Kasimov Sherzod Abduazimovich
Termiz Davlat Universiteti, professor.
Aliqulov Rustam Valiyevich
Termiz Davlat Universiteti, professor
Tropov Xamza Tursunovich
Samarqand Davlat Universiteti, professor

IQTISODIYOT FANLARI/ ECONOMICS/ ЭКОНОМИЧЕСКИЕ НАУКИ

Nizamov Aslitdin Badreddinovich
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, professor.
Boboyev Akmal Choriyevich
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, professor.
Ergashxojayeva Shaxnoza Djasurovna
Toshkent davlat iqtisodiyot universiteti, professor
Saidaxmedova Nodira Ilxomovna
Toshkent davlat iqtisodiyot universiteti, professor
Muxsinov Bekzod Toxirovich
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, dotsent.
Shakarov Qulmat Ashirovich
Renessans ta'lim universiteti,dotsent.
Jumaeva Zulfiya Qayumovna
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, dotsent.
Norova Salomat Yusupovna
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, dotsent.
Avezova Shaxnoza Maxmudjonovna
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, dotsent.
Jalilov Jamshid G‘anijonovich
Toshkent davlat iqtisodiyot universiteti, dotsent
Xasanova Gulruh Djumanazarovna
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, dotsent.

PEDAGOGIKA FANLARI/ PEDAGOGICAL SCIENCES / ПЕДАГОГИЧЕСКИЕ НАУКИ

Siddiqova Sadoqat G‘afforovna
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, dotsent.
Zoyirov Erkin Xalilovich
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, DSc, professor
Gaffarov Feruz Hasanovich
Puchon Universiteti, *professor*
Ruziyev Davron Yuldashevich
Buxoro Davlat Universiteti, professor
Muradova Firuza Rashidovna
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, professor.
Yunusova Gulandon Samiyevna
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, professor.
To‘xtayeva Zebo Sharifovna
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, professor.
Navro‘zova Gulchixra Nigmatovna
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, dotsent.
Uzoqova Laylo Polvonovna
Buxoro muhandislik – texnologiya instituti, dotsent.
To‘raqulova Marjona Qiyom qizi
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, dotsent.
Muradova Zarina Rashidovna
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, dotsent.
Murodov Sanjar Aslonovich
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, dotsent.
Shodiyev Jahongir Jo‘raqulovich
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, dotsent
Gaffarov Laziz Hasanovich
Buxoro muhandislik – texnologiya instituti, dotsent.

Tahririyat a’zolarning to‘liq ro‘yxati jurnalning www.devos.uz saytida keltirilgan.

Tahririyat hay’ati a’zolarining tarkibini o‘zgartirish hamda qo‘shimcha kiritish yoki tahririyat a’zoligidan chiqarish bosh muharrir tomonidan amalga oshiriladi.

ISSN 3030-3907

Development of science ilmiy jurnali 2024 yil 15 aprel kuni №256445 sonli guvohnoma bilan Davlat ro‘yxatidan o‘tgan.

To‘plam elektron ko‘rinishda (pdf formatida) mualliflarga taqdim etiladi. To‘plamga kiritiladigan maqolalarning mazmuni, ulardagi statistik ma’lumotlar va me’yoriy hujjatlarning to‘g‘riligiga hamda har qanday fikr - mulohazalarga mualliflarning o‘zlari mas’ul hisoblanadilar. Talablarga javob bermaydigan maqolalar to‘plamga kiritilmaydi. Tashkiliy qo‘mita maqola matnini qisqartirish, qisman tuzatish kiritish, seksiyalarga joylashtirish huquqiga ega.

ISSN 3030-3907

ИССЛЕДОВАНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ ИНГИБИТОРОВ КОРРОЗИИ ГРАВИМЕТРИЧЕСКИМ МЕТОДОМ В УСЛОВИЯХ ШУРТАНСКОГО ГАЗОКОНДЕНСАТНОГО МЕСТОРОЖДЕНИЯ

Евстафеев Евгений Александрович
Филиал РГУ нефти и газа (НИУ) имени И.М. Губкина в г. Ташкенте, преподаватель
E-mail: johnnygeniy@mail.ru
Сафонов Энвер Дмитриевич
Филиал РГУ нефти и газа (НИУ) имени И.М. Губкина в г. Ташкенте, студент

Annotatsiya. Mazkur ishda Sho‘rtan gaz-kondensat koni quduqlarini ekspluatatsiya qilish sharoitlarini modellashtiruvchi muhitda po‘lat korroziyasini ingibirlash samaradorligi tadqiq etildi. Korroziya tezligi gravimetrik usul yordamida, tarkibida xloridlar va karbonat angidrid mavjud bo‘lgan hamda qatlam suvini imitatsiya qiluvchi eritmada metall namunalarning massa yo‘qotishi asosida baholandi. Ingibitor sifatida titan oksidi (TiO_2) nanozarrachalari hamda amidamin turidagi IK GRDC-0421 ingibitori ko‘rib chiqildi. Shuningdek, ingibitorlar qo‘llanilmagan holatda korroziya tezligi gazkondensat konlarining agressiv muhitlariga xos bo‘lgan yuqori qiymatlarga yetishi ko‘rsatildi.

Kalit so‘zlar: korroziya, ingibitor, gravimetrik usul, nanozarrachalar, gaz-kondensat koni, quduq.

Аннотация. В данной работе исследована эффективность ингибирования коррозии стали в условиях, моделирующих эксплуатацию скважин Шуртанского газоконденсатного месторождения. Оценка скорости коррозии проводилась гравиметрическим методом по потере массы металлических образцов в растворе, имитирующем пластовую воду с содержанием хлоридов и углекислого газа. В качестве ингибиторов рассматривались наночастицы оксида титана (TiO_2) и ингибитор амидоаминного типа ИК GRDC-0421. Также показано, что в отсутствие ингибиторов скорость коррозии достигает высоких значений, характерных для агрессивных сред газоконденсатных месторождений.

Ключевые слова: коррозия, ингибитор, гравиметрический метод, наночастицы, газоконденсатное месторождение, скважина.

Abstract. This study investigates the efficiency of steel corrosion inhibition under conditions simulating the operation of wells at the Shurtan gas condensate field. The corrosion rate was evaluated using the gravimetric method based on the mass loss of metal samples in a solution simulating formation water containing chlorides and carbon dioxide. Titanium oxide (TiO_2) nanoparticles and the amidoamine-type inhibitor IK GRDC-0421 were considered as corrosion

inhibitors. The study also demonstrates that, in the absence of inhibitors, the corrosion rate reaches high values characteristic of aggressive environments in gas condensate fields.

Key words: corrosion, inhibitor, gravimetric method, nanoparticles, gas condensate field, well.

ВВЕДЕНИЕ.

В процессе эксплуатации нефтегазовых скважин одной из основных проблем является коррозионное разрушение металлов [1-3], обусловленное воздействием агрессивных компонентов пластовых флюидов, таких как углекислый газ, вода и хлориды [2,3]. Коррозия приводит к снижению прочности трубопроводов, увеличению гидравлических потерь и сокращению срока службы оборудования [1].

Одним из наиболее перспективных ингибиторов, позволяющих эффективно бороться с коррозией при добыче газа является диоксид титана (TiO_2), который представляет собой неорганическое соединение, широко применяемое в различных отраслях промышленности благодаря своей химической стабильности, низкой токсичности и высокой устойчивости к агрессивным средам [1,2]. К основным особенностям наночастиц TiO_2 относятся: высокая удельная поверхность, повышенная адсорбционная способность, увеличение химической активности, способность к формированию устойчивых защитных покрытий. Ингибирующее действие наночастиц TiO_2 реализуется за счет комплекса физико-химических процессов. Во-первых, частицы адсорбируются на поверхности металла, формируя плотный защитный слой (рисунок 1). Во-вторых, данный слой выполняет барьерную функцию, препятствуя диффузии агрессивных компонентов среды, таких как ионы хлора (Cl^-), углекислый газ (CO_2) и кислород.

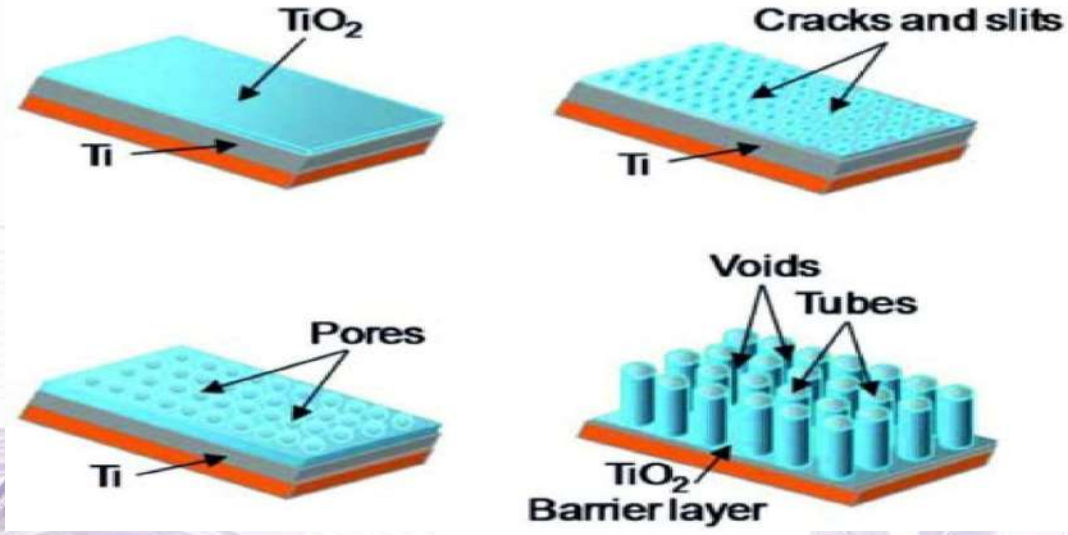


Рисунок 1 – Структура и развитие пористой оксидной пленки TiO_2 [1]

ISSN 3030-3907

Кроме того, наночастицы TiO_2 оказывают влияние на электрохимические процессы коррозии, снижая скорость как анодных, так и катодных реакций. Таким образом, ингибирование коррозии в присутствии TiO_2 носит адсорбционно-пленочный характер. Указанные свойства обусловливают их высокую эффективность в процессах ингибирования коррозии металлов [1,2].

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ. Оценка скорости коррозии в данной работе проводилась гравиметрическим методом, основанным на определении потери массы металлического образца после воздействия агрессивной среды.

Сущность метода заключается в сравнении массы образца до и после проведения эксперимента. Потеря массы характеризует количество металла, перешедшего в раствор в результате коррозионных процессов. Данный метод является одним из наиболее простых и наглядных способов количественной оценки коррозии металлов [4,5].

К основным преимуществам гравиметрического метода относятся: высокая точность при соблюдении условий эксперимента, простота реализации, возможность прямого определения скорости коррозии. Однако метод имеет ряд ограничений, связанных с необходимостью строгого соблюдения условий проведения эксперимента. В частности, требуется полное удаление продуктов коррозии с поверхности образца без дополнительного механического повреждения, что может влиять на точность измерений [5].

Скорость коррозии при гравиметрическом методе определяется по величине потери массы, отнесенной к площади поверхности образца и времени воздействия среды:

$$V = \frac{\Delta m}{S \cdot \mathrm{t}} \qquad (1)$$

где Δm – потеря массы образца, г; S – площадь поверхности образца, м²; t – продолжительность испытания, ч.

Для перевода скорости коррозии в мм/год использовалось соотношение:

$$v_k = \frac{8{,}76 \cdot \mathrm{V}}{\rho} \qquad (2)$$

где v_k – скорость коррозии, мм/год; V – скорость коррозии, г/(м²·ч); ρ – плотность металла, г/см³.

Эффективность ингибирования определялась по формуле:

$$\eta = \frac{v_{k0} - v_k}{v_{k0}} \cdot 100\ \% \qquad (3)$$

ISSN 3030-3907

где v_{k0} – скорость коррозии без ингибитора; v_k – скорость коррозии при использовании ингибитора.

Полученные значения позволяют оценить интенсивность коррозионного разрушения и эффективность применяемых ингибиторов.

ОБСУЖДЕНИЕ И РЕЗУЛЬТАТЫ. На основе экспериментальных данных выполнен расчет потери массы, скорости коррозии на образце без ингибитора, с ингибитором ИК GRDC-0421 и с TiO_2 в качестве ингибитора. Дополнительно определена эффективность ингибирования и проведена оценка влияния коррозионных процессов на срок службы оборудования. Результаты расчета приведены в таблице 1.

Таблица 1

Результаты гравиметрического расчета

Случай	Δm, г	V, г/м²·ч	v_k, мм/год	η, %
Без ингибитора	0,3	1,25	1,4	0
ИК GRDC-0421	0,14	0,583	0,65	53,333
TiO_2	0,1	0,417	0,47	66,667

Сравнительный анализ полученных данных показывает, что применение ингибиторов приводит к существенному снижению скорости коррозии. В частности, использование ингибитора ИК GRDC-0421 снижает скорость коррозии более чем в 2 раза по сравнению с исходным случаем. При этом эффективность ингибирования составляет более 50%. Наиболее высокий защитный эффект наблюдается при использовании наночастиц TiO_2, где снижение скорости коррозии достигает примерно 3 раз, а эффективность ингибирования составляет около 67%, это связано с высокой удельной поверхностью наночастиц и их способностью формировать плотный защитный слой на поверхности металла. Полученные результаты свидетельствуют о том, что наноструктурированные материалы обладают более выраженными защитными свойствами по сравнению с традиционными ингибиторами.

Полученные результаты согласуются с опубликованными исследованиями, посвященными применению покрытий и защитных слоев на основе диоксида титана. Согласно литературным данным, эффективность TiO_2 определяется не только его химической стойкостью, но и способностью формировать плотный барьерный слой на поверхности металла, препятствующий проникновению агрессивных компонентов среды.

Анализ экспериментальных данных, представленных на рисунке 2, показывает, что увеличение толщины покрытия TiO_2 приводит к устойчивому снижению скорости коррозии независимо от температуры

ISSN 3030-3907

эксплуатации. При отсутствии покрытия наблюдаются максимальные значения скорости коррозии, тогда как увеличение толщины защитного слоя обеспечивает последовательное снижение интенсивности коррозионного разрушения. Это подтверждает адсорбционно-пленочный механизм действия TiO_2, рассмотренный ранее.

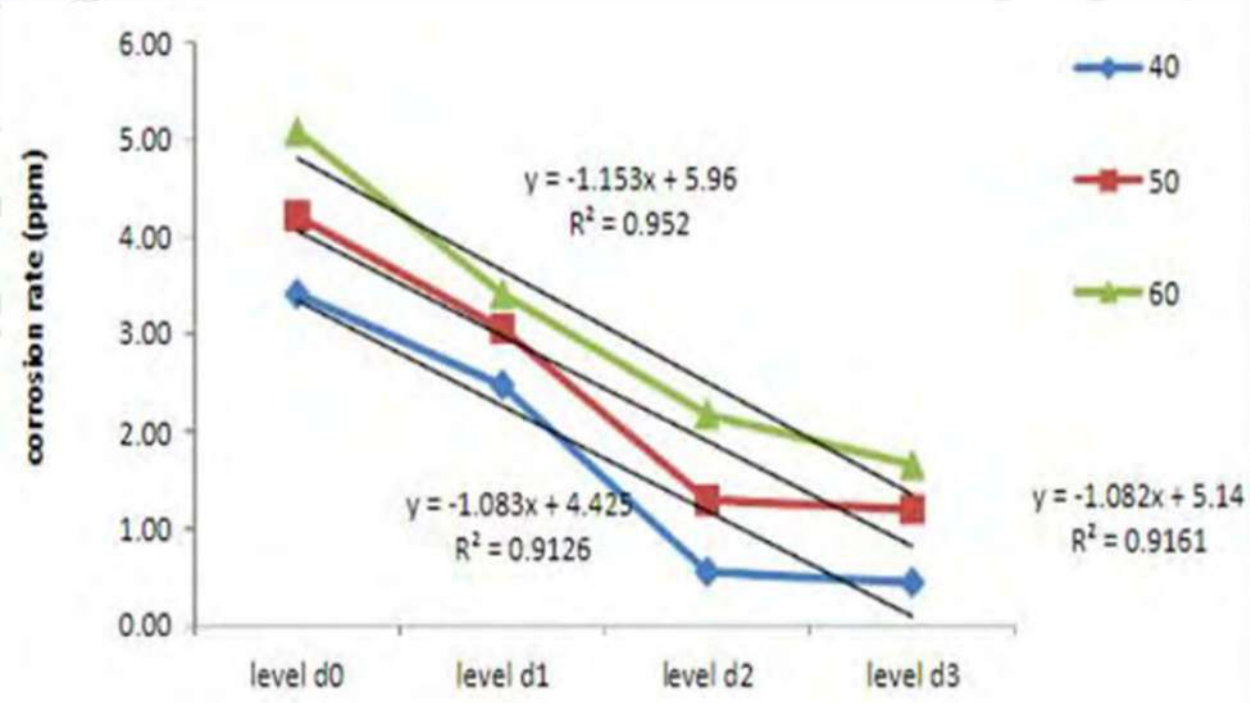


Рисунок 2 – Влияние толщины покрытия TiO_2 на скорость коррозии при различных температурах [6]

Особый интерес представляет влияние температуры на эффективность защитного покрытия. Как видно из рисунка 3, повышение температуры от 40 до 60 °C сопровождается увеличением скорости коррозии во всех исследованных случаях. Однако наличие покрытия TiO_2 существенно уменьшает интенсивность этого роста. При максимальной толщине покрытия скорость коррозии остается значительно ниже по сравнению с незащищенной поверхностью даже при повышенных температурах.

ISSN 3030-3907

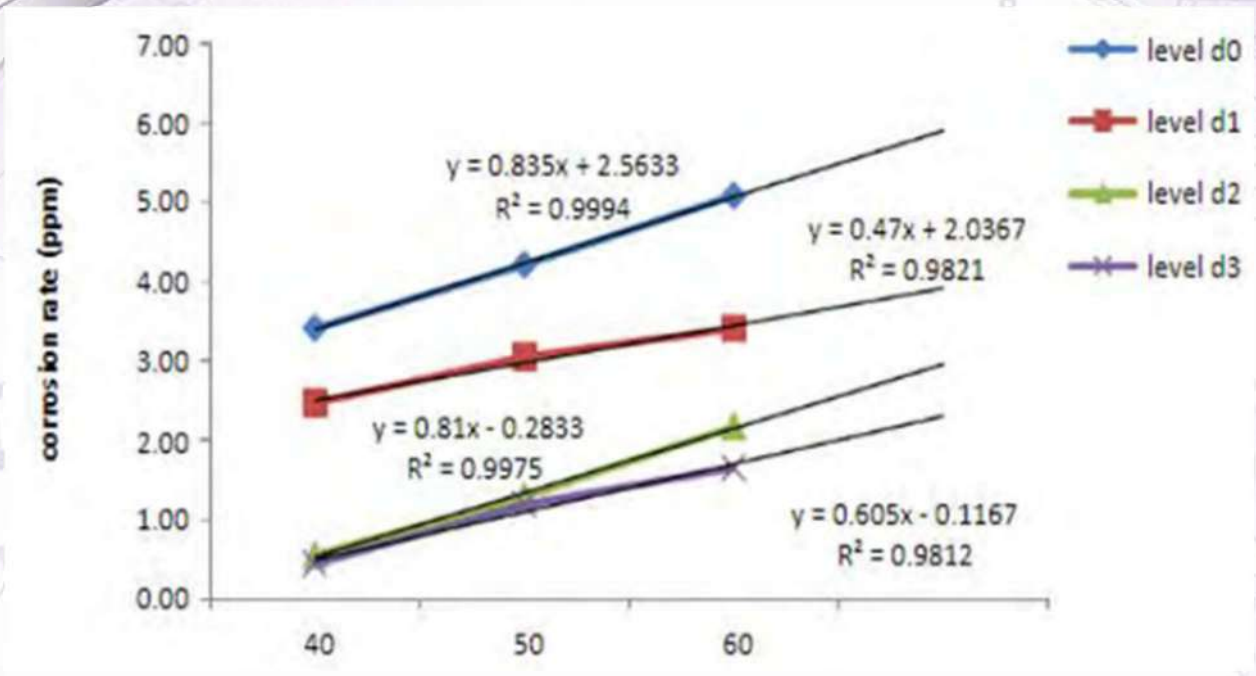


Рисунок 3 – Влияние температуры на скорость коррозии при различных уровнях покрытия TiO_2 [6]

Полученные зависимости подтверждают возможность применения наночастиц TiO_2 в условиях нефтегазовых месторождений, где оборудование подвергается воздействию агрессивных пластовых вод, углекислого газа и повышенных температур. Формирование устойчивого защитного слоя способствует не только снижению скорости коррозии, но и увеличению срока службы технологического оборудования.

Следует отметить, что интенсивность коррозии в условиях эксплуатации скважин существенно зависит от скорости потока флюида. Увеличение скорости приводит к росту дебита, однако одновременно усиливает коррозионные процессы. При высоких скоростях потока происходит разрушение защитных пленок и усиление массопереноса агрессивных компонентов к поверхности металла, что приводит к резкому увеличению скорости коррозии [2,3]. Таким образом, существует оптимальный диапазон скоростей потока, при котором достигается компромисс между повышением дебита и минимизацией коррозионного износа оборудования. Зависимость интенсивности коррозии от скорости потока (рисунок 4) показывает, что при увеличении скорости движения флюида наблюдается нелинейный рост скорости коррозии.

ISSN 3030-3907

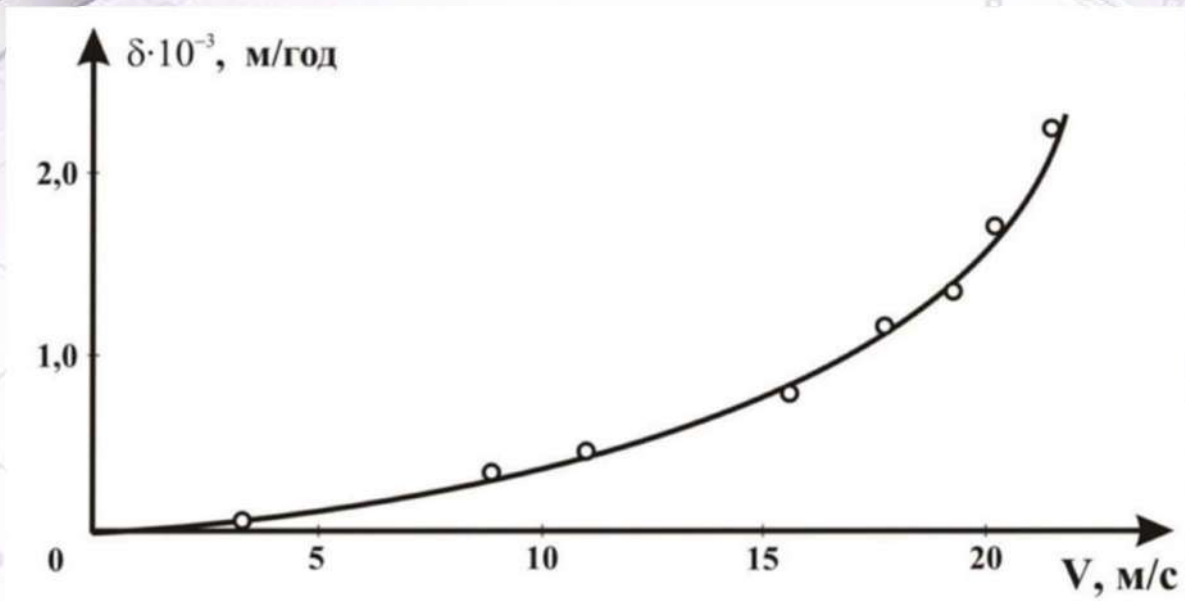


Рисунок 4 – Характер интенсивности коррозии от скорости [2]

Полученные экспериментальные значения скорости позволяют сделать вывод о расширении допустимого диапазона скоростей потока при использовании ингибиторов. В частности, снижение скорости коррозии при применении TiO_2 позволяет увеличить допустимую скорость потока без превышения критических значений коррозионного износа, что приводит к увеличению дебита скважины. Приняв допустимую скорость коррозии 1 мм/год получим увеличенные значения скорости потока флюида, результаты приведены в таблице 2.

Таблица 2

Оценка влияния ингибиторов на допустимую скорость потока и дебит

Случай	v_k,мм/год	v*, м/с	Q/Q_0
Без ингибитора	1,4	4,3	0,71
ИК GRDC-0421	0,65	9,2	1,54
TiO_2	0,47	12,8	2,13

ВЫВОДЫ И ПРЕДЛОЖЕНИЯ.

Таким образом, результаты проведенного исследования показывают, что применение ингибиторов коррозии существенно снижает интенсивность коррозионного разрушения оборудования в условиях, моделирующих эксплуатацию скважин Шуртанского газоконденсатного месторождения. Наиболее высокой эффективностью характеризуются наночастицы оксида титана TiO_2, обеспечивающие снижение скорости коррозии примерно в 3 раза по сравнению с исходным случаем без ингибитора. Установлено, что снижение скорости коррозии позволяет увеличить допустимую скорость потока флюида без превышения критических значений коррозионного износа оборудования. Это создает

ISSN 3030-3907

предпосылки для повышения дебита скважин и увеличения эффективности доразработки месторождения. В частности, применение TiO_2 позволяет увеличить допустимую скорость потока более чем в 2 раза по сравнению с эксплуатацией без ингибитора. Полученные результаты подтверждают перспективность использования наноструктурированных ингибиторов для защиты нефтегазопромыслового оборудования в агрессивных средах газоконденсатных месторождений и повышению надежности эксплуатации скважин.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. Розенфельд И. Л. Ингибиторы коррозии — М.: Химия, 1977. — 350 с.
2. Томашов Н. Д., Чернова Г. П. Теория коррозии и защиты металлов — М.: Металлургия, 1974. — 400 с.
3. Жук Н. П. Курс теории коррозии и защиты металлов — М.: Металлургия, 1976. — 472 с.
4. Тихвинская М. Ю., Волынский В. Е. Практикум по химической технологии — М.: Просвещение, 1984. — 160 с.
5. Ямпольская А. М. Контроль качества защитных покрытий — Л.: Машиностроение, 1966. — 232 с.
6. K. Somayeh, G. Bahram, Y. Reza. The effect of nanoparticle coating on anticorrosion performance of centrifugal pump blades // Jordan J Mech Ind Eng. – 2018. – Vol. 12. – No. 2. – P. 117-122.

ISSN 3030-3907