

ҚАЗАҚСТАН РЕСПУБЛИКАСЫНЫҢ ҒЫЛЫМ ЖӘНЕ ЖОҒАРЫ БІЛІМ МИНИСТРЛІГІ
МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РЕСПУБЛИКИ КАЗАХСТАН

ҚОРҚЫТ АТА АТЫНДАҒЫ ҚЫЗЫЛОРДА УНИВЕРСИТЕТІ
КЫЗЫЛОРДИНСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ ИМЕНИ КОРКЫТ АТА



KORKYT ATA
UNIVERSITY

**«ШАХМАРДАН ЕСЕНОВ ЖӘНЕ ОНЫҢ ҚАЗАҚСТАН
ҒЫЛЫМЫ МЕН МҰНАЙ-ГАЗ САЛАСЫН ДАМУДАҒЫ РӨЛІ»**
республикалық ғылыми-тәжірибелік конференция
МАТЕРИАЛДАРЫ

♦
МАТЕРИАЛЫ

республиканской научно-практической конференции
**«ШАХМАРДАН ЕСЕНОВ И ЕГО РОЛЬ В РАЗВИТИИ НАУКИ
КАЗАХСТАНА И НЕФТЕГАЗОВОЙ ОТРАСЛИ»**

♦
PROCEEDINGS

of the republican scientific and practical conference
**«SHAKHMARDAN YESENOV AND HIS ROLE IN THE DEVELOPMENT
OF SCIENCE AND THE OIL AND GAS INDUSTRY IN KAZAKHSTAN»**

**ҚАЗАҚСТАН РЕСПУБЛИКАСЫНЫҢ ҒЫЛЫМ ЖӘНЕ ЖОҒАРЫ БІЛІМ МИНИСТРЛІГІ
МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РЕСПУБЛИКИ КАЗАХСТАН**

**ҚОРҚЫТ АТА АТЫНДАҒЫ ҚЫЗЫЛОРДА УНИВЕРСИТЕТІ
КЫЗЫЛОРДИНСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ ИМЕНИ КОРКЫТ АТА**



**«Шахмардан Есенов және оның Қазақстан ғылымы мен мұнай-газ саласын
дамытудағы рөлі»
РЕСПУБЛИКАЛЫҚ ҒЫЛЫМИ- ТӘЖІРИБЕЛІК КОНФЕРЕНЦИЯ МАТЕРИАЛДАРЫ**

**МАТЕРИАЛЫ РЕСПУБЛИКАНСКОЙ НАУЧНО-ПРАКТИЧЕСКОЙ КОНФЕРЕНЦИИ
«Шахмардан Есенов и его роль в развитии науки Казахстана и нефтегазовой отрасли»**

**PROCEEDINGS OF THE REPUBLICAN SCIENTIFIC AND PRACTICAL CONFERENCE
«Shakhmardan Yesenov and His Role in the Development of Science and the Oil and Gas
Industry in Kazakhstan»**

УДК 622.32 (574)
ББК 33.36 (5Қаз)
ШЗІ

Редакциялық ұжым: т.ғ.к., профессор П.А.Таңжарыков, т.ғ.к., Н.С.Сүлейменов, т.ғ.к., қауымдастырылған профессор Т.Ж.Жұмағұлов

Редакционная коллегия: к.т.н., профессор П.А.Танжариков, к.т.н., Н.С.Сулейменов, к.т.н., ассоциированный профессор Т.Ж.Жумагулов

Editorial team: Cand.Sc., professor P.A.Tanzharikov, Cand.Sc., N.S. Suleimenov, Cand.Sc., Associate Professor T.Zh.Zhumagulov

«Шахмардан Есенов және оның Қазақстан ғылымы мен мұнай-газ саласын дамытудағы рөлі» атты РЕСПУБЛИКАЛЫҚ ҒЫЛЫМИ-ТӘЖІРИБЕЛІК КОНФЕРЕНЦИЯ МАТЕРИАЛДАРЫ
13 қараша 2025 жыл – Қызылорда: Қорқыт Ата атындағы Қызылорда университеті, 2025.– 145 б.

МАТЕРИАЛЫ РЕСПУБЛИКАНСКОЙ НАУЧНО-ПРАКТИЧЕСКОЙ КОНФЕРЕНЦИИ
на тему **«Шахмардан Есенов и его роль в развитии науки Казахстана и нефтегазовой
отрасли»**. 13 ноября 2025 года – Кызылорда:

Кызылординский университет имени Коркыт Ата, 2025.- 145 с.

PROCEEDINGS OF THE REPUBLICAN SCIENTIFIC AND PRACTICAL CONFERENCE
**«Shakhmardan Yesenov and His Role in the Development of Science and the
Oil and Gas Industry in Kazakhstan»**.

November 13, 2025 - Kyzylorda: Kyzylorda University named after Korkyt Ata, 2025 – 145 p.

Жинаята академик Ш. Есеновтың 100 жылдық мерейтойына арналған республикалық ғылыми-тәжірибелік конференция материалдары ұсынылған. Басылымда көрнекті ғалымның ғылыми мұрасы, Қазақстанның геологиялық ғылымы мен минералдық-ресурстық базасының даму бағыттары қарастырылған. Сонымен қатар, мұнай-газ саласындағы инновациялық технологиялар, инженерлік геология және геоэкологиялық қауіпсіздік мәселелері бойынша зерттеулер қамтылған. Жинақ ғалымдарға, магистранттар мен студенттерге, сондай-ақ өндіріс мамандарына арналған.

В сборнике представлены материалы республиканской научно-практической конференции, посвященной 100-летию юбилею академика Ш. Есенова. В издании рассмотрены научное наследие выдающегося ученого, направления развития геологической науки и минерально-сырьевой базы Казахстана. Также включены исследования по инновационным технологиям в нефтегазовой отрасли, вопросам инженерной геологии и геоэкологической безопасности. Сборник предназначен для ученых, магистрантов и студентов, а также специалистов производства.

ISBN 978-601-285-170-0

Техникалық хатшы: ж.ғ.м., аға оқытушы С.М.Аппазова, білім алушы М.Н.Әбжан, білім алушы Е.Ж.Жунусов.

Технический секретарь: м.е.н., старший преподаватель С.М.Аппазова, студент М.Н.Абжан, студент Е.Ж.Жунусов.

Technical Secretary: m.n.s., senior lecturer S.M.Appazova, student M.N.Abzhan, student E.Zh.Zhunusov.

Шығарылған материалдағы мәліметтердің шынайылығына авторлар жауапты.

За достоверность информации в опубликованных материалах ответственность несут авторы публикаций.

For the authenticity of information in published materials are responsible the authors of publications.

Кызылординский университет имени Коркыт Ата, 2025

МАЗМҰНЫ

**БАҒЫТ № 1
ҚАЗАҚСТАНДАҒЫ ГЕОЛОГИЯЛЫҚ ҒЫЛЫМНЫҢ ДАМУЫ:
ТАРИХЫ МЕН БОЛАШАҒЫ**

1	Ажғалиев Д.К., Аккулов А.А., Исенов С.М. Результаты поисково-разведочных работ и комплексное изучение осадочных бассейнов Казахстана	5
2	Амангельдиева Г.Б., Юсупова Л.Е. Оңтүстік Торғай бассейніндегі мұнай өндіруші жыныстардың органикалық құрамын пиролиз әдісі арқылы зерттеу	9
3	Демеуова А.Б., Мадишева Р.К. Перспективы нефтегазоносности южно-торгайского осадочного бассейна	13

**БАҒЫТ № 2
МИНЕРАЛДЫҚ РЕСУРСТАРДЫ ИГЕРУДІҢ ЗАМАНАУИ ҒЫЛЫМИ НЕГІЗДЕРІ**

4	Әбжан М.Н., Жунусов Е. Минералдық ресурстарды игеруде заманауи технологиялардың рөлі: цифрлық геология мен АІ қолдану	20
5	Жансеркеева А.А., Сатханова Н.М., Күшербаева А.С., Кеженева А.С., Теңелбай А.Т. Геолого-геохимические критерии нефтегазоносности и углеводородные системы шу-сарыусуского осадочного бассейна	26

**БАҒЫТ № 3
МҰНАЙ-ГАЗ САЛАСЫНДАҒЫ ИННОВАЦИЯЛЫҚ ТЕХНОЛОГИЯЛАР ЖӘНЕ ОЛАРДЫ
ҚОЛДАНУ МҮМКІНДІКТЕРІ**

6	Танжариков П.А., Макашев А.Б. Мұнай өндірудің механикалық әдісіндегі инновациялық технологиялар	34
7	Әбілдаев Н.Ә., Әлімхан Н.Н. Диагностикалау арқылы электр ортадан тепкіш сораптардың техникалық күйлерін бағалау	40
8	Әшімбекова Ф.Н. Штангілі терең сорапты қондырғылардың тозуын азайтуды жетілдіру	45
9	Істібаева Г.Қ., Дуйсенова А.Б. Мұнай-газ саласындағы инновациялық технологиялар және оларды қолдану мүмкіндіктері	54
10	Орақова А.Н. Ұңғымалық электр ортадан тепкіш сораптар қондырғыларының беріктігін және төзімділігін арттыру және жетілдіру	59
11	Сулейменов Н.С., Құрбанов Д.Т. Формирование и влияние кольматационного экрана при заканчивании скважин с открытым стволом	69

12	Таңжарықов П.А., Әбілдаев Н.Ә., Боранбаев А. Күрделі жағдайлардағы кен қабаттарының мұнай бергіштігін арттыру мақсатында сорапты-эжекторлы қондырғыларды қолдану	74
13	Таңжарықов П.А., Әбілдаев Н.Ә., Ахметов Н.Х. Су айдау арқылы мұнай кен орынында қабат қысымын ұстау жүйесін жетілдіру іс шаралары	85
14	Байниязова А.Т., Таңжарықов П.Ә., Ахметова Н.Х. Мұнай-газ саласындағы магистральды құбырлардың коррозиялық тұрақтылығын зерттеу	92
15	Юсупова Л.Е., Байниязова А.Т., Таңжарықов П.Ә., Ахмет Б.Н. Мұнай өндіру өнеркәсібіндегі сорапты-компрессорлы қондырғылардың коррозиялық жағдайын зерттеу	105

БАҒЫТ № 4

ИНЖЕНЕРЛІК ГЕОЛОГИЯ ЖӘНЕ ГЕОЭКОЛОГИЯЛЫҚ ҚАУІПСІЗДІК МӘСЕЛЕЛЕРІ

16	Өмірбай Р.С., Аршидинова М.Т., Төлеш А.Ж., Қабыкен.С.Қ. Жасанды интелектің табиғатты қорғау мен экологиялық мәселелерді шешудегі рөлі	110
17	Жакипов К.Б., Мухтаров А.С., Баймаханов О.С., Акылбаев К.И., Мүсіреп А. Воздействие грунтовых вод на рисовый севооборот в Жанакорганском районе Кызылординской области	114
18	Асан Н.С., Сулейменов М.У., Бекмурзаева Н.Б., Ермуханова Н.Б. Өндірістік тәуекелді бағалау әдістерімен еңбек қауіпсіздігін басқаруды қамтамасыз ету тәжірибелері	119
19	Ермуханова Н.Б., Тасқараева Г.М. Мұнай-газ өнеркәсібіндегі радиобелсенді қалдықтарды басқару	124
20	Жунусов Е., Әбжан М.Н. Сейсмикалық қауіпті аймақтарда инженерлік-геологиялық қауіпсіздікті бағалау және экологиялық тәуекелдерді төмендету тәсілдері (Алматы қаласының мысалында)	131

БАҒЫТ № 5

МҰНАЙ-ГАЗ САЛАСЫНДАҒЫ БИОТЕХНОЛОГИЯ ЖӘНЕ СУ РЕСУРСТАРЫН ҚОРҒАУ

21	Мұхиддин Н.М., Акылбеков Н.И., Аппазов Н.О. Күріш қауызынан алынған аморфты кремний диоксидінен силикагель алу	137
----	--	-----

БАҒЫТ № 1
ҚАЗАҚСТАНДАҒЫ ГЕОЛОГИЯЛЫҚ ҒЫЛЫМНЫҢ ДАМУЫ:
ТАРИХЫ МЕН БОЛАШАҒЫ

УДК 553.982.2

РЕЗУЛЬТАТЫ ПОИСКОВО-РАЗВЕДОЧНЫХ РАБОТ И КОМПЛЕКСНОЕ ИЗУЧЕНИЕ
ОСАДОЧНЫХ БАССЕЙНОВ КАЗАХСТАНА

АЖГАЛИЕВ ДУЛАТ КАЛИМОВИЧ, АККУЛОВ АСЫЛБЕК АНУАРБЕКОВИЧ,
ИСЕНОВ СЕРИК МУХАМБЕТОВИЧ
Республиканское общественное объединение «Ветераны нефтегазового комплекса»,
эксперты по региональной геологии и геофизике
dulat.azhgaliev@gmail.com

Аннотация. Приведены результаты регионального отраслевого проекта «Комплексное изучение осадочных бассейнов РК» за 2009-2013 гг. Дано выполнение и результаты по принятым по данному проекту рекомендациям. Уточнены важные особенности строения осадочных бассейнов и перспективы их дальнейшего изучения.

Приведены результаты выполнения программы региональных геотраверсов, бурения и проводки сверхглубоких скважин (Прикаспийский и Южно-Торгайский бассейн). Также, дана характеристика выполнения программы изучения глубоких палеозойских горизонтов Прикаспийского бассейна (2014-2020 гг.) и Геологической разведки по малоизученным бассейнам юго-восточного Казахстана (2021-2025 гг.). Даны результаты обоснования прогноза крупных подсоловых объектов, постановки на них поисковых работ на обнаружение залежей с низким содержанием или отсутствием сероводорода.

Обоснованы благоприятные геолого-геофизические предпосылки, которые указывают на обновление представлений на модели внутреннего и глубинного строения бассейнов. С учетом полученных результатов обоснована необходимость и предложения для проведения очередной количественной оценки перспектив нефтегазоносности и прогнозных ресурсов по всем 15-ти бассейнам Казахстана.

Ключевые слова: осадочный бассейн, прогнозные ресурсы, перспективы нефтегазоносности, углеводороды, локальный объект, подсоловый комплекс, поисковые работы.

Аңдатпа. 2009–2013 жылдар аралығында іске асырылған «Қазақстан Республикасының шөгінді алаптарын кешенді зерттеу» атты салалық өңірлік жобаның нәтижелері келтірілген. Жоба бойынша қабылданған ұсынымдардың орындалуы мен нәтижелері көрсетілді. Шөгінді алаптардың құрылысының маңызды ерекшеліктері нақтыланып, олардың әрі қарай зерттелу болашағы айқындалды.

Өңірлік геотраверстер бағдарламасын орындау, сондай-ақ аса терең ұңғымаларды бұрғылау және жүргізу (Каспий маңы және Оңтүстік Торғай алаптары) нәтижелері берілді. Сонымен қатар, Каспий маңы алабының палеозой қабаттарын зерттеу бағдарламасының (2014–2020 жж.) және Оңтүстік-Шығыс Қазақстанның аз зерттелген алаптары бойынша геологиялық барлау бағдарламасының (2021–2025 жж.) орындалу сипаттамасы келтірілген.

Күкіртсутегі аз немесе мүлде жоқ ірі тұзасты объектілерін болжау мен олар бойынша іздестіру жұмыстарын қою нәтижелері көрсетілді. Бассейндердің ішкі және терең құрылымының үлгілерін жаңартуға мүмкіндік беретін қолайлы геологиялық және геофизикалық алғышарттар негізделген. Алынған нәтижелерді ескере отырып, Қазақстанның барлық 15 алабы бойынша мұнай-газдылықтың перспективаларын және болжамдық қорларын сандық тұрғыда қайта бағалау қажеттілігі мен ұсыныстар негізделді.

Кілт сөздер: шөгінді алап, болжамдық қорлар, мұнай-газдылық перспективалары, көмірсутектер, жергіліктіобъект, тұзасты кешені, іздестіру жұмыстары.

Annotation. *This paper presents the results of the regional industry project “Comprehensive Study of Sedimentary Basins of the Republic of Kazakhstan” conducted during 2009–2013. The implementation and outcomes of recommendations developed under this project are summarized. Key structural features of the sedimentary basins have been refined, and prospects for their further investigation have been identified.*

The results of implementing regional geotraverse programs and drilling and logging of ultra-deep wells (in the Pre-Caspian and South Torgai basins) are provided. Additionally, the paper describes the implementation of the program for studying the deep Paleozoic horizons of the Pre-Caspian Basin (2014–2020) and the geological exploration program for poorly studied basins of southeastern Kazakhstan (2021–2025).

Results are presented for the justification of major sub-salt targets and the initiation of exploration aimed at discovering hydrocarbon accumulations with low or no hydrogen sulfide content. Favorable geological and geophysical conditions are substantiated, indicating the need to revise existing models of the internal and deep structure of the basins. Based on the results obtained, the necessity and proposals for a new quantitative assessment of hydrocarbon potential and prospective resources for all 15 sedimentary basins of Kazakhstan are justified.

Keywords: *sedimentary basin, prospective resources, hydrocarbon potential, hydrocarbons, local structure, sub-salt complex, exploration works.*

Комплексное изучение осадочных бассейнов способствует своевременному обновлению геологических представлений на модель их внутреннего и глубинного строения, проведению количественной оценки перспектив нефтегазоносности. Вместе с этим уточняется методология и подходы к анализу и интерпретации накопленных геолого-геофизических материалов и данных. В период 2009-2013 гг. были проведены исследования по региональному отраслевому проекту «Комплексное изучение осадочных бассейнов Республики Казахстан» (далее – Проект КИОБ РК), инициированные АО НК «КазМунайГаз» (далее – КМГ) и Комитетом геологии. Наряду с количественной оценкой перспектив нефтегазоносности прогнозных ресурсов, не менее важным в данной работе являлась выработка единой долгосрочной стратегии поисковых работ и придания системного характера в изучении недр и укрепления минерально-сырьевого комплекса по нефти и газу [1, 6].

Авторский коллектив составили известные и видные ученые и специалистов геологоразведочного производства (Акчулаков У.А., Шагиров Б.Б., Коврижных П.Н., Урдабаев А.Т., Рабинович А.А., Оздоев С.М., Петровский В.Б., Абилхасимов Х.Б. и др.). Комплексные исследования проведены на базе АО «Казахский институт нефти и газа» и Консорциума из ведущих профильных сервисных компаний (ТОО «Ак-Ай Консалтинг», «НПЦ Геокен», РГП «Специализированное гравиметрическое предприятие», КазНИГРИ, ТуранГео, и др.). Реализация данного проекта явилась первым успешным опытом проведения комплексных геолого-геофизических исследований и уникальной с точки зрения широкомасштабного характера и охвата всех 15-ти осадочных бассейнов [6].

Реализация решений ресурсной оценки за период 2009-2013 гг. С учетом основных результатов исследований по Проекту КИОБ РК и полученной довольно высокой оценки прогнозных ресурсов в целях последующего планомерного изучения недр выполнены ниже следующие мероприятия.

Данные результаты составили основу «Отраслевой программы ГРП и изучения недр на период 2015-2019 гг.». Комитета геологии. В состав данной программы были включены геотраверсы, региональные профили 2Д-МОГТ и бурение опорных сверхглубоких скважин.

Фактически работы по геотраверсам выполнены в Шу-Сарыуском, Сырдарьинском, Прииртышском, Южно-Торгайском и Северо-Торгайском бассейне. Всего предусмотрено 12 геотраверсов общим объемом 11480 пог км (все 15 бассейнов). В т.ч.: 8 геотраверсы первой очереди (2015-2019 гг.). Состав геотраверсов включает ГСЗ-КМПВ, высокоточная профильная гравиразведка, магниторазведка, сейсморазведка 2Д-МОГТ, электроразведка, геохимические исследования. Работы по геотраверсам продолжены. Региональные сейсмические исследования 2Д-МОГТ включают 12 профилей (3 западные бассейны) общей протяженностью 4300 пог км.

По Программе бурения сверхглубоких скважин (5 скважин проектной глубиной 5,5-8,5 км) выполнены работы в Прикаспийском и Южно-Торгайском бассейне. Проведено бурение на структурах Алга-Кобяковская, Южный Торгай, Каратон. Имеются благоприятные условия и прогнозы для проводки скважин Узень Глубокий и Тенгиз Глубокий, расширения, таким образом, диапазона продуктивности известных зон нефтегазоаккумуляции (ЗНГН).

КМГ принята Программа развития и дальнейшего восполнения запасов УВ на период до 2020 г. (Исказиев К.О., Исенов С.М., Каримов С.Г., Аккулов А.А.). Проведение работ рассчитано с учетом нижнего предела изучения до отметки -7,0 км, по которой выполнена оценка прогнозных ресурсов в 2009-2013 гг.

На уровне Правительства РК в 2013 г. была принята Программа изучения глубоких горизонтов Прикаспийского бассейна. Выполнено обобщение и всесторонний анализ результатов проводки сверхглубоких поисковых скважин Г-1 Тасым Юго-Восточный, К-3 Кобланды, Шр-1 Ширак, Г-2, 3 Ансаган, У-5 Урихтау, др. [2, 4] Накопленные данные позволили осуществить анализ и оценку глубинной структуры палеозойской толщи Прикаспийского бассейна до отметки 7,5-8,0 км. По результатам этих исследований обоснован прогноз мегаподнятий, новых поисковых аномальных объектов, представляющих группу (зону) из нескольких крупных поднятий, объединенных общностью разреза и тектонической структуры, имеющие единый контур на уровне верхний девон – нижний карбон (Ажгалиев Д.К., Каримов С.Г.) [2, 8].

Выполнены мероприятия по Программе Геологической разведки в период 2021-2025 гг. с целью активизации поисковых работ и вовлечения в работу малоизученных бассейнов (МИОБ РК). Проведены исследования в Шу-Сарысуйском, Сырдарьинском, Северо-Торгайском, Прииртышском, Аральском бассейне.

Новые данные и обоснование новой комплексной оценки прогнозных ресурсов.

По западным бассейнам по результатам интерпретации данных АМП и комплексирования методов дана оценка глубинам залегания перспективного девонского комплекса отложений. Выделена т.н. геомагнитная ступень, соответствующая южной, юго-восточной, восточной и частично северо-восточной части Прикаспийского бассейна [2]. Дана оценка глубине залегания перспективного девонского комплекса (верхний девон) до отметки 8,0-10,0 км.

Результаты проводки сверхглубоких скважин на площадях Тасым Юго-Восточный, Урихтау, Кобланды, Ширак, Алга, Кобяковская, Акжар Восточный, Есекжал, Эмбинская, Маткен – Карашунгул, Биикжал – Улькентобе Юго-Западный, Бекбулат-Сазтобе, Сазтобе Южный показали отсутствие сероводорода в залежах УВ. В т.ч.: в разрезе внутренней прибортовой и относительно глубоководной части Прикаспийского палеозойского бассейна. На основании данных результатов сделан прогноз крупных залежей с малосернистой нефтью в разрезе бассейновой депрессионной части бассейна осадконакопления (Исказиев К.О., Ажгалиев Д.К., Каримов С.Г.) [4, 5].

Показана ошибочность представлений о высокой вероятности сероводорода в палеозойской толще по всему бассейну. Выполнен прогноз расширения площади перспективности для постановки поискового бурения на крупные палеозойские поднятия в областях преимущественно терригенного и карбонатно-терригенного осадконакопления.

Обоснована высокая перспективность палеозойских отложений западной части Туранской плиты в разрезе Устюрт-Бозашинского и Мангышлакского бассейна в разрезе квазиplatformенного комплекса (КПК). На это указывают новые результаты по блокам Узень – Карамандыбас, Ракушечное поднятие (Оймаша), Курмангазы и структуры Южного Приаралья (Узбекистан) [9].

В разрезе юго-восточных осадочных бассейнов (МИОБ РК) проведенные геофизические исследования (прямые методы и др.) позволили существенно расширить спектр видов (методов) работ. В результате была показана достаточно высокая эффективность комплексирования преимущественно недорогих геолого-геофизических методов поисков и разведки, в т.ч.: исследований по инновационным технологиям.

По результатам проведенных исследований обоснованы ниже следующие важные предпосылки.

- В разрезе нефтегазоносных бассейнов расширен стратиграфический диапазон продуктивности, выявлены новые дополнительные продуктивные свиты и горизонты.

- Обоснованы и предварительно изучены новые модели и представления на морфологию локальных объектов (структур) в палеозойской толще и доюрском комплексе западных бассейнов, а также в разрезе МЗ толщи и КПК бассейнов на юго-востоке страны (Южно-Торгайский, Северо-Торгайский бассейн).

- Практически по всем бассейнам спектр локальных объектов и поисковые ориентиры уточняются в связи с широким распространением ловушек неантиклинального типа [9].

- По Прикаспийскому бассейну обоснован прогноз распространения крупных залежей малосернистой нефти в палеозойской толще в относительно глубоководной внутренней части в областях с терригенным и карбонатно-терригенным осадконакоплением.

- По данным Южно-Торгайского бассейна выявлены и обоснованы нетрадиционные породы-коллекторы глинистого слабопроницаемого состава в условиях прогибов и опущенных блоков («сланцевое» направление поисковых работ) [3].

- В связи с благоприятными геолого-геофизическими предпосылками на новом уровне представляются перспективы разворота поисковых работ по малоизученным бассейнам на юго-востоке Казахстана.

Выводы и заключение.

1. Предлагается осуществить в ближайшие годы с участием всех профильных организаций количественную оценку перспектив нефтегазоносности и прогнозных ресурсов осадочных бассейнов. Для этого получены и созданы благоприятные условия по основным и малоизученным бассейнам, имеются необходимые объективные геолого-геофизические предпосылки.

2. На регулярной основе следует проводить скоординированные действия по управлению новыми проектами в рамках утвержденных Правительственных программ по изучению осадочных бассейнов. Бурение аномальных по характеристикам скважин должно проходить широкое экспертное и публичное обсуждение в целях максимального снижения геологических и экологических рисков.

3. Активное привлечение и участие в анализе новых бассейновых данных крупных научных (НИИ, институты) и образовательных учреждений (университеты).

4. Необходимо придерживаться этапности ГРП при проведении региональных, поисковых и детальных исследований. Актуальным является обеспечение фонда подготовленных кондиционных структур для постановки поискового бурения.

5. Рекомендуются согласование и принятие отдельной программы проведения (внедрения) новых и инновационных технологий, которые позволят осуществить объективное изучение и оценку глубинного строения сложных геологических участков (блоков). Исследования должны учитывать выборочность и индивидуальность с учетом специфики геологии и внутреннего строения каждого бассейна.

Список литературы:

1. Акчулаков У.А. Новая ресурсная база углеводородов Республики Казахстан и пути возможной их реализации. Под ред. Б.М.Куандыков, О.С.Турков и др. / Нефтегазоносные бассейны Казахстана и перспективы их освоения. ОО «КОНГ». – Алматы. – 2015. – С.21-29.

2. Ажгалиев Д.К., Каримов С.Г. Тектоника девонского комплекса южной части Прикаспийского бассейна (Казахстан) по данным комплекса геолого-геофизических методов / Геотектоника. Москва (ISSN 0016-853X). – 2020. – № 4. – С.84-100.

3. Ажгалиев Д.К., Бигараев А.Б. Новые объекты и направления поисковых работ в Южно-Торгайском осадочном бассейне / Геология и охрана недр. АМР. Алматы. – 2023. – № 3 (88). – С.54-64.

4. Исказиев К.О., Ажгалиев Д.К., Каримов С.Г. О перспективах поисков малосернистой нефти в Казахстане / «OilandgasofKazakhstan». Алматы. – 2014. – № 3. – С.102-109.

5. Исенов С.М., Каримов С.Г., Ажгалиев Д.К. Новые возможности обработки и интерпретации сейсмических данных в оценке перспективности локальных объектов / Известия Уральского ГГУ. – Екатеринбург. – 2019. – Вып.1(53). – С.48-59.

6. Карабалин У.С., Искандеров К.О., Ажгалиев Д.К. Комплексное изучение осадочных бассейнов – основа эффективного прогноза нефтегазоносности новых территорий / PETROLEUM. Алматы. – 2013. – № 6. – С.22-28.

7. Каримов С.Г., Исаев А.А., Ажгалиев Д.К. Региональное изучение – следующий важный этап в оценке нефтегазоносного потенциала осадочных бассейнов Западного Казахстана / Георесурсы. – Казань. – 2018. – Том 20. – № 1 (I кв). – С.16-24.

8. Куандыков Б.М., Надырбаев А.А., Ажгалиев Д.К. Оценка глубинного строения и прогноз нефтегазоносности девонских отложений южной части Прикаспийской впадины / Науки о Земле в Казахстане. Международный геологический конгресс МГК-37. Южная Корея (Пусан). Доклады казахстанских геологов. Алматы. 2024. С.189-201.

9. Таскинбаев К.М., Курметов Б.К., Нурсултанова С.Н. и др. Палеозойский комплекс осадочных бассейнов запада Туранской плиты и территории к востоку от Уральской складчатой системы / ГЕОФИЗИКА. – Москва. – 2020. – № 1. – С.60-69.

ГТАХР 553.982.2

ОҢТУСТІК ТОРҒАЙ БАССЕЙНІНДЕГІ МҰНАЙ ӨНДІРУШІ ЖЫНЫСТАРДЫҢ ОРГАНИКАЛЫҚ ҚҰРАМЫН ПИРОЛИЗ ӘДІСІ АРҚЫЛЫ ЗЕРТТЕУ

АМАНГЕЛЬДИЕВА ГҮЛМАДИНА БУЛАТОВНА

«Болашақ» университетінің аға оқытушысы,
техника ғылымдарының магистрі, Қызылорда қаласы

ЮСУПОВА ЛЕНА ЕРГЕНБАЕВНА

Қорқыт Ата атындағы Қызылорда университетінің аға оқытушысы,
техника ғылымдарының магистрі, Қызылорда қаласы

Аңдатпа: Бұл жұмыста Арысқұм иілісіндегі бастапқы жыныстардың мұнай мен газ түзу әлеуетін бағалау мақсатында геохимиялық талдау жүргізілді. Талдауға пиролиз деректері енгізілді: жалпы органикалық көміртек мөлшері (ТОС%), генерациялық потенциал (S₂), өнімділік индексі (PI), оттегі және сутегі индекстері (OI, HI), сондай-ақ T_{max} мәні. Зерттеу нәтижелері бор және юра кезеңдеріне жататын аналық жыныстардың II және III типтегі керогенге кедей екенін және көмірсутектерді генерациялау қабілетінің төмендігін көрсетеді.

Кілт сөздер: мұнай, түрлену, органикалық заттар, кероген, термиялық жетілу.

Аннотация: В данной работе проводится геохимический анализ исходных пород Арысқумского прогиба с целью оценки их нефтегазогенерационного потенциала. В анализ включены данные пиролиза: общий органический углерод (ТОС%), генерационный потенциал (S₂), индекс продуктивности (PI), кислородный и водородный индексы (OI, HI) и T_{max}. Результаты исследования показывают, что материнские породы мелового и юрского периодов бедны керогеном II и III типов и обладают низкой способностью к генерации углеводородов.

Ключевые слова: нефть, преобразование, органическое вещество, кероген, термическая зрелость.

Annotation: This study presents a geochemical analysis of the source rocks in the Arysquum trough to evaluate their hydrocarbon generation potential. The analysis includes pyrolysis data such as total organic carbon (TOC%), generative potential (S₂), production index (PI), oxygen and hydrogen indices (OI, HI), and T_{max}. The results indicate that the parent rocks of the Cretaceous and Jurassic periods are poor in type II and III kerogen and have low hydrocarbon generation potential.

Keywords: oil, transformation, organic matter, kerogen, thermal maturity.

Мұнай аналық тау жынысы термиялық жетілу арқылы көмірсутектерді түзе алатын органикалық заттарға бай, ұсақ түйіршікті шөгінді жыныстарға жатады. Мұнайлы тау жынысы көмірсутегі жүйесінің негізгі элементтерінің бірі болып табылады. Сондықтан көмірсутектер орналасқан аумақты анықтау үшін ең алдымен бастапқы тау жынысын және оның сипаттамаларын зерттеу қажет. Термиялық жетілу – мұнай аналық жыныстан мұнайды, газды немесе конденсатты

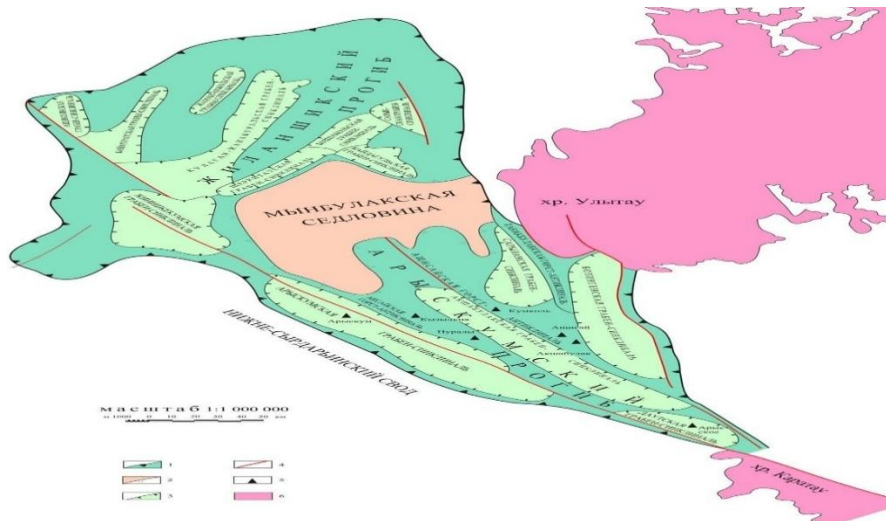
шығара алатынын анықтайтын негізгі фактор. Мұнай аналық жыныстарды бағалау үшін әртүрлі зертханалық әдістер пайдаланылады. Осы әдістердің ішінде – пиролиз әдісі өнеркәсіпте мұнай мен газды барлаудың стандартты әдісі ретінде кеңінен қолданылады[1].

Зерттеудің негізгі мақсаты Оңтүстік Торғай бассейніндегі (ОТБ) Арыскұм иілісіндегі мұнай көздері қабаттарынан мұнай өндіру әлеуетін анықтау үшін органикалық материалды бағалау болып табылады.

Бұл жұмыста келесі мәселелерді зерттеу қажет: органикалық материалдың геохимиялық қасиеттері, термиялық жетілуі, түрлену (генерация) потенциалы.

Мұнай-газ потенциалын бағалау кезінде органикалық заттардың термиялық жетілуі маңызды параметрлердің бірі болып табылады. Бұл зерттеуде ОТБ мезозойлық бастапқы тау жыныстарының жетілуі мен көмірсутектік әлеуетін анықтау үшін геохимиялық талдау қолданылды. Біз аналитикалық зерттеулер арқылы органикалық материалдар жоғарылаған сайын термиялық жетілу артады деп күтеміз. Сонымен қатар, бұл зерттеу органикалық материал мен термиялық жетілу арасындағы байланысты сипаттауға арналған. Зерттелген үлгілердегі бастапқы мұнай өндіруші жыныстар мезозой кезеңіне кіреді (құмкөл және акшабұлақ свитасы) [2].

Арыскұм иілісінің құрылымдық-тектоникалық сипаттамасы. Қазіргі уақытта ОТБ ҚР оңтүстік-шығыс бөлігінде орналасқан мұнай және газды аймақтарының бірі болып табылады. Аймақтық жағынан ОТБ Ұлытау антиклиналы мен төменгі сырдария доғасы арасындағы бастапқы Қаратау жотасының оңтүстік бөлігінде орналасқан. Палеотектоникалық жағынан ол жер қыртысының көлденең созылуының үлкен сызықты құрылымын білдіреді, оның жоғарғы бөлігінде юра дәуірінің терригендік шөгінділерімен толтырылған қатпарлы типті бұзылулармен, грабен тәрізді ойпатпен шектелген. Мезозой-кайнозойлық түзілімдердің құрылымдық ерекшеліктеріне қарай Торғай мегақұрылысының оңтүстік бөлігі дербес геокұрылымдық бірлік ретінде ерекшеленеді [3]. ОТБ құрылымдық жағынан Жыланшық пен Арыскұм иілістері және оларды бөліп тұрған Мыңбұлақ иілісімен ажыратылады (1-сурет).

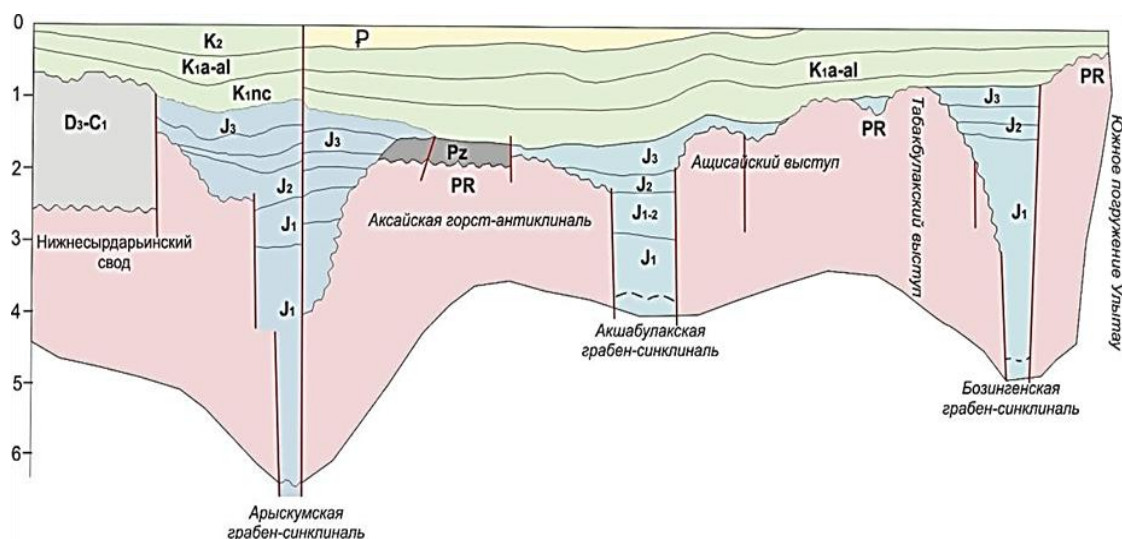


Сурет 1 - Арыскұм иілісінің құрылымдық картасы

Негізінен ОТБ екі үлкен құрылымдық қабаттан тұрады: жоғары протерозой мен төменгі палеозойлық метаморфталған іргетастан құралған. Ол триас-юра иілісі мен бор-кайнозойлық иілудің құрылымдық қабаттарынан тұрады. Ерте және орта триастағы Торғай мегаиілуінің контурлары оңтүстік бағытта ығысып, орта юра кезеңіне дейінгі қозғалыс векторы қарама-қарсы бағытта кері белгіге өзгерді. Нәтижесінде грабен аралық проекциялар, антиклинальдар пайда болды. Бұл өз кезегінде грабен синклиналдарының солтүстіктен оңтүстікке қарай біртіндеп жасаруына әкелді.

Екінші суретте іргетас пен шөгінділердің көтерілу және иілу үрдісі байқалатынын көруге болады. Бұл ойпатта көптеген құрылымдық тұзақтар дамыған, бірақ көпшілігі іргетастың шығыңқы жеріне қарсы үйілген биіктіктерді жабатын құрылымдар мен көлденең ығысудың антиклиналдар

пайда болған. Көп сатылы құрылымдардың көтерілуінің болуы, әсіресе жоғарғы юра, ортаңғы юра және төменгі юра эрасының соңында, сондай-ақ бор және палеогеннің аяғында байқалады [4].



Сурет 2-Ұлытау массиві төменгі сырдария қоймасы сызығы бойынша Арыскұм иілісінің ендік өңірлік геологиялық профілі

Рифт кезеңі және аймақтың қалыптасу шарттары. Құрылымдық-формациялық кешен (ҚФК) деректері ОТБ-нің дамуының негізгі кезеңдерін анықтайды. ОТБ қалыптасуы және шөгінділердің жиналуы вулканогендік-шөгінді материалдың келуімен байланысты. Юра литологиялық-стратиграфиялық кешендерінің басты ерекшелігі олардың тек ішкі құрлықтағы түзілу жағдайлары және мезозой рифтинің белсенді кезеңінің нәтижесі болған күшті шөгінділері болып табылады. Рифттік кезеңнің соңына қарай қарастырылып отырған аумақта шөгінділердің жоғары қарқынына байланысты жалпы шөгу байқалды. Юраға дейінгі кешеннің шығыңқы жерлері (палеозойға дейінгі іргетасы мен жоғарғы палеозой) кей жерлерде су бетінен жоғары көтерілген. Бұл ежелгі тау жыныстарының жиектерінде қалың үгілу қыртысының пайда болуына әкелді. Юраның соңында терригенді-көміртекті, терригенді-сазды және карбонатты-терригенді, таяз сулы шөгінділерге толы терең грабендер пайда болды [5,6]. Науалардағы рифттің юра толтыруының қалыңдығы шамамен 3,0 км немесе одан да көпке жетті (1-кесте).

Кесте 1 - Тірек ұңғымаларының кесінділерін стратиграфиялық бөлшектеу және юра рифін толтырудың қалыңдығы

Стратиграфиялық кешен, свита	П-1 Бозінген, м	П-1 Бектас, м	П-2 Акшабулак Сол., м
1	2	3	4
Палеоген		150	140
Жоғарғы бор, турон-сенон	235	478	380
Жоғарғы бор, сеноман	330	638	492
Төменгі бор, апт-альб	520	874	1087
Төменгі бор,неоком	711	1169	1630
1	2	3	4
Жоғарғы юра	1655	2016	2690
Орта юра	2440	2778	2927
Төменгі юра	3722 (түбі)	4036 (түбі)	4774 (түбі)
Юра толтыруының жалпы қалыңдығы (м)	3011	2867	3144

Органикалық заттардың геохимиялық зерттеулеріне Rock Analyzer анализаторындағы пироликалық талдау кіреді. Бір грамм бос көмірсутектер жынысына (S1) және ұшпайтын органикалық заттарға (S2) миллиграмм (мг)HC мөлшері анықталды. Пиролиз кезінде жалпы органикалық көміртектің мөлшері (TOC) және температура (Tmax) анықталды, онда көмірсутектердің максималды бөлінуі керогеннің жарықтарынан пайда болады.

Үлгілер және аналитикалық әдістер. Бұрғылауға арналған керн және кесу материалы тереңдігі 1682,9 м-ден 1897,36 м-ге дейінгі ұңғымалардан жиналды (2-кесте). Үлгілердің көпшілігі бор және юра кезеңдерінен алынған. Әр үлгіден шамамен 70 мг Rock-Eval/TOC нұсқасын пайдаланып талданған. Жалпы органикалық анықталып, S1, S2, S3 және T_{max} мәндері алынды (1-кесте). Параметр S1 – 300°C температурада (керогендік крекингсіз) бөлінген бос көмірсутек мөлшері (мгHC/г тау жынысы). S2-бағдарламаланатын температурада (300-600°C) пиролизде кероген (мгHC/г тау жынысы) және ауыр көмірсутектер крекингінде бөлінетін көмірсутектердің мөлшері, Арысқұм мұнай кен орнының идеалды стратиграфиялық реттілігі болып табылады [7]. Органикалық заттар, көмірсутек потенциалы және аналық жыныстардың термиялық жетілуі тау жыныстарынан мұнай алушы әлеуетін білдіреді. S3 300-390°C температурада алынған керогендегі карбоксил топтарының және басқа оттегі бар қосылыстардың жойылуынан болатын CO₂ мөлшерін білдіреді. TOC екінші пеште (ауада 600°C) пиролиз қалдықтарын тотықтыру арқылы анықталады. Сутегі индексі (HI) - мгHC/gTOC түрінде көрсетілген нормаланған S2 мәні (S2/TOC) болады. Оттегі индексі (OI) керогендегі оттегінің мөлшерімен байланысты және мгCO₂/gTOC түрінде көрсетілген S3 (S3/TOC) нормаланған мәні болып табылады. Өндіріс индексі (PI) термиялық жетілу деңгейін көрсетеді. S2/S3 мәндері төмен және орташа жетілу үлгілері үшін органикалық заттардың түрін көрсетеді [8].

Кесте 2- Мезазой дәуірінің бастапқы жыныстарындағы жалпы органикалық көміртегі мөлшері

№	Қалып тасу	Depth	TOC	S1	S2	S1+S2	S3	T _{max}	HI	OI	S2/S3	S1/TOC*100	PI
1	K _{1nc1a} r	1682.9	0.52	0.97	1.6	2,57	1.03	413.02	298	198.1	2	187	0.385
2	K _{1nc1a} r	1686.4	0.53	0.57	2.2	2,77	0.75	437.49	417	141.5	3	108	0.205
3	K _{1nc1a} r	1687.43	1.12	2.05	3.1	5,15	0.25	445.16	277	22.3	12	183	0.398
4	J _{3km2}	1880.45	0.67	0.3	2.6	2,9	0.11	434.19	388	16.4	24	45	0.103
5	J _{3km}	1883.85	0.47	0.24	1.1	1,34	0.41	440.33	238	87.2	3	51	0.176
6	J _{3km}	1887.67	0.57	0.37	2.3	2,67	0.35	432.6	407	61.4	7	65	0.138
7	J _{3km}	1896.54	0.68	0.49	2.8	3,29	0.32	330.67	412	47.1	9	72	0.149
8	J _{3km}	1897.19	0.71	0.22	2	2,22	0.47	437.8	283	66.2	4	31	0.099
9	J _{3km}	1897.36	1.41	1.65	9	10,65	0.99	434.11	640	70.2	9	117	0.155

Геохимиялық әдістер. Органикалық көміртектің құрамын және бастапқы жыныстардың жетілуін бағалау үшін әртүрлі факторлар қарастырылды, соның ішінде органикалық заттардың сапасы мен мөлшері, Өндіріс мүмкіндіктері, Органикалық заттардың түрі және термиялық жетілу.

2-кестедегі нәтижелер бор дәуірінің бастапқы жыныстарындағы жалпы органикалық көміртегі мәндері 0,47-ден 1,41 мас. % қа дейін екенін көрсетеді. Бұл жақсы бастапқы жыныстардың болуын көрсетеді.

Қорытындылай келе, жүргізілген геохимиялық зерттеулердің нәтижелері бойынша HI>300 (мг/г) сипатталатын Арысқұм иілуінің мұнай өндіруші жыныстары керогенге қатысты II типті, мұнай өндірумен жақсы немесе өте жақсы бастапқы жыныстарды көрсететіні анықталды. I–III және II типті керогені бар мұнай мен газ өндіруге қабілетті HI <300 (мг/г) сипатталатын тау жыныстары II-III типті керогенді мұнай мен газ өндіруді көрсетеді. Төменгі және орта юра шөгінділеріне қатысты жоғары Сог мәндері олардың өте жоғары генерациялау әлеуетін көрсетеді[9].

Біздің деректеріміз бойынша Rock-Eval көмегімен мұнай пиролизін жүргізу мұнай мен мұнайаналық жыныстар арасындағы жетілу мен корреляцияны бағалау үшін пайдалы және жылдам ақпарат беретінін көрсетеді.

Әдебиеттер тізімі:

1. Жолтаев Г.Ж. Теоретические основы оценки перспектив нефтегазоносности палеозойских осадочных бассейнов Казахстана // Известия НАН РК. Сер. геол. и техн. наук. 2018. № 428. С. 185-192
2. Жолтаев Г.Ж., Парагульгов Т.Х. Геология нефтегазоносных областей Казахстана (геология и нефтегазоносность Южно-Торгайской впадины). Учебное пособие. Алматы: ИИА Айкос, 1998. 287 с.
3. Ажгалиев Д.К., Исказиев К., Карабаев У.. (2013) Комплексное изучение осадочных бассейнов является основой для эффективного прогноза нефтегазоносности новых территорий. Нефть6 (84).
4. Акчулаков У.А., Жолтаев Г.Ж., Исказиев К.О., Коврижных П.Н., Куандыков Б.М., Огай Е.К. Научное обоснование углеводородного потенциала Республики Казахстан. Карта перспектив нефтегазоносности осадочных бассейнов Казахстана. Алматы, 2015
5. Парагульгов Т.Х., Парагульгов Х.Х., Фазылов Е.М., Мусина Э.С. Южно-Торгайский осадочный бассейн - вещественный состав и нефтегазоносность домезозойских образований // Известия НАН РК. Сер. геол. и техн. наук. 2013. № 1. С. 44-54.
6. Акишев Т.А., Курманов С.К., Сапожников Р.Б. (1986) О геологическом строении и перспективах нефтегазоносности Южно-Торгайской впадины в свете новых геофизических данных. Геология нефти и газа, 3, с.14-18.
7. Бигараев А.Б., Филиппов Г.П. (2009) Особенности геологического строения и закономерности размещения залежей углеводородов в Арысском прогибе Южно-Торгайской впадины. Нефть и газ, 2, с.50-56.
8. Исказиев К.О., Ажгалиев Д.К. (2009) Перспективы нефтегазоносности верхнепалеозойского комплекса Южно-Торгайской впадины. Нефть и газ, 6, с.22-33.
9. Мадишева Р.К., Серебренникова О.В., Исаев В.И., Портнов В.С., Оздоев С.М. (2020) Состав биомаркеров и происхождение нефтей Арысской впадины (Южный Казахстан). Вестник Томского политехнического университета. Разработка геоактивов 7 (331):116-130. <https://doi.org/10.18799/24131830/2020/7/2724>

УДК 55.550.4

**ПЕРСПЕКТИВЫ НЕФТЕГАЗОНОСНОСТИ ЮЖНО-ТОРГАЙСКОГО ОСАДОЧНОГО
БАСЕЙНА.**

ДЕМЕУОВА АКМАРАЛ БАХИТБЕКОВНА

докторант НАО «Карагандинский технический университет имени Абылкаса Сагинова»
г.Караганда, Республика Казахстан

МАДИШЕВА РИМА КОПБОСЫНОВНА

ассоциированный профессор НАО «Карагандинский технический университет имени
Абылкаса Сагинова», доктор PhD, г.Караганда, Республика Казахстан

***Аннотация:** общее содержание органического углерода является ключевым показателем при оценке нефтегазогенерирующего потенциала пород: чем выше его значение, тем выше способность пород образовывать углеводороды. Пиролитический анализ считается широко используемым методом, который позволяет точно определить потенциал и тип органического вещества.*

Южно-Тургайский осадочный бассейн, расположенный на юге Казахстана, остается одним из важнейших нефтегазодобывающих регионов страны, однако многолетняя разработка месторождений привела к сокращению разведанных запасов. Результаты пиролиза керн-материалов из домезозойских пород и значения ТОС указывают на то, что материнские породы обладают значительными генерирующими возможностями, что свидетельствует о высокой нефтегазоносности бассейна.

Ключевые слова: Южно-Тургайский нефтегазоносный бассейн, нефтегазоносность, углеводороды, органическое вещество, пиролиз.

Аңдатпа: Органикалық көміртектің жалпы мөлшері жыныстардың мұнай-газ генерациялау әлеуетін бағалауда негізгі көрсеткіш болып табылады: оның мәні неғұрлым жоғары болса, жыныстардың көмірсутектер түзу қабілеті соғұрлым жоғары. Пиролитикалық талдау органикалық заттың әлеуеті мен түрін дәл анықтауға мүмкіндік беретін кеңінен қолданылатын әдіс болып саналады.

Қазақстанның оңтүстігінде орналасқан Оңтүстік Торғай шөгінді бассейні еліміздің маңызды мұнай-газ өндіретін аймақтарының бірі болып қала береді, алайда кен орындарын ұзақ жылдар бойы игеру барланған қорлардың азаюына алып келді. Домезозойлық жыныстардан алынған керн материалдарының пиролиз нәтижелері мен ТОС мәндері аналық жыныстардың едәуір генерациялық мүмкіндіктерге ие екенін көрсетеді, бұл бассейндің жоғары мұнай-газдылығын дәлелдейді.

Кілт сөздер: Оңтүстік Торғай мұнай-газды бассейні, мұнай-газдылық, көмірсутектер, органикалық зат, пиролиз.

Annotation: The total organic carbon content is a key indicator of the hydrocarbon-generation potential of rocks: the higher the TOC value, the greater the ability of the formation to generate hydrocarbons. Pyrolysis analysis is widely used to accurately determine the generative potential and type of organic matter, allowing for a detailed assessment of its quality and hydrocarbon-forming capacity.

The South Turgay sedimentary basin in southern Kazakhstan remains an important oil- and gas-producing region, although long-term field development has led to a decline in proven reserves. Analysis of pre-Mesozoic core samples—including pyrolysis results and TOC data—demonstrates that the source rocks possess significant generative potential, confirming the high petroleum prospectivity of the basin.

Keywords: South Turgay petroleum basin, petroleum potential, hydrocarbons, organic matter, pyrolysis.

Введение.

Южно-Тургайский бассейн является одним из ключевых нефтегазовых регионов Казахстана, поэтому оценка его нефте- и газогенерационного потенциала, изучение типов керогена, степени его преобразования и фациальных условий накопления органического вещества остаются актуальными задачами. Основная цель работы заключается в уточнении ареалов распространения очагов генерации углеводородов и их эволюции на основе геохимических данных. Геохимические методы играют важную роль в прогнозе и поиске залежей, поскольку позволяют повысить эффективность поисково-разведочных работ и сократить затраты при оценке нефтегазоносности разрезов.

Одним из наиболее информативных методов количественной оценки свойств нефтематеринских пород является пиролиз, особенно с использованием установок типа Rock-Eval. Пиролитический анализ позволяет определить тип органического вещества, степень его катагенетического преобразования и потенциальный объем генерируемых углеводородов. Преимущества метода включают автоматизированный процесс, минимальную подготовку проб и возможность получения данных о параметрах S0–S3 по небольшому количеству материала. Важнейшими критериями оценки нефтегенерационного потенциала являются содержание ТОС и тип керогена: типы I и II обычно формируют жидкие углеводороды, тип III преимущественно генерирует газ, а тип IV практически не обладает генерационным потенциалом.

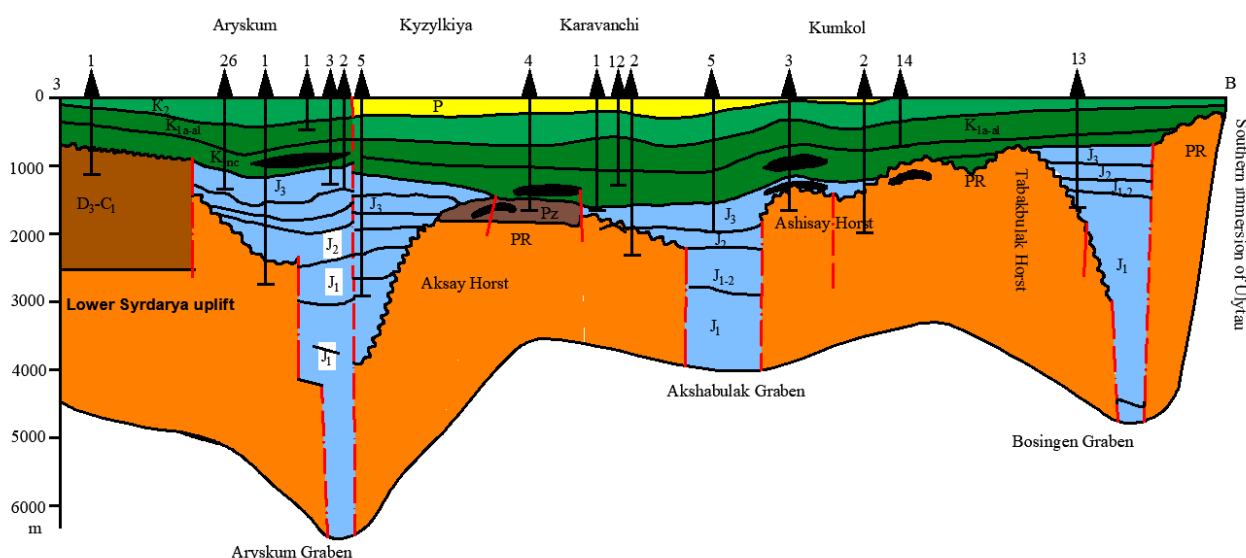


Рисунок 1 – Геологический профиль Арыскупского прогиба ЮТБ (Атлас, 2020) [7]

Условные обозначения:

J₁ – нижняя юра, J₂ – средняя юра, J₃ – верхняя юра

K_{1a-al} – нижний мел, K₂ – верхний мел

Pz – палеозой, PR – протерозой, D₃-C₁ – верхний девон-нижний карбон

Современный структурный план Южно-Торгайской впадины хорошо изучен сейсморазведкой, в пределах которого выделяются два прогиба – Арыскупский и Жыланшикский, разделенные Мынбулакской седловиной и соответственно расположенные на юге и севере. В их пределах основными структурами являются грабен-синклинали и горст-антиклинали и осложняющие их структуры более низкого порядка (Рисунок 1) [3].

Среди горст-антиклиналей Арыскупского прогиба наибольшее значение имеют Аксайская и Ащисайская структуры, расположенные в его центральной части и содержащие значительное количество залежей углеводородов. Характерное сочетание грабен-синклиналей и горст-антиклиналей формирует «клавиатурный» тип структурной блокады, позволяющий эффективно разграничивать территории Южно-Торгайского бассейна по перспективности нефтегазоносности.

В строении бассейна протерозойский и нижнепалеозойский кристаллический фундамент, сложенный метаморфическими породами, перекрывается переходным квазиплатформенным комплексом, а сверху — мощным мезокайнозойским осадочным чехлом. Слабо метаморфизованный КПК представлен красноцветными породами среднего-верхнего девона и карбона, а также известняками фаменско-турнейского возраста. Юрские отложения делятся на три подкомплекса и включают шесть свит, различающихся литологией от песчаников и алевролитов до известковистых аргиллитов. Неокомские континентальные красноцветные породы подразделяются на песчаную нижнюю и глинистую верхнюю подсвиты. Юрские и меловые отложения в Арыскупском прогибе являются основными природными резервуарами, аккумулирующие УВ, представленные песчаниками и алевролитами, накопленные в дельта-флювиальных условиях. Региональной покрывкой служит мощная толща нижнемеловых аргиллитов K_{1nc1}. Основными коллекторами в разрезе выделяются верхнеюрские и нижнемеловые отложения обладают высоким емкостно-фильтрационными свойствами с открытой пористостью до 30%, проницаемость в отдельных случаях достигает 6 мкм². Глинистые пласты в разрезе служат флюидоупорами и обеспечивают условия для сохранения залежей УВ в коллекторах.

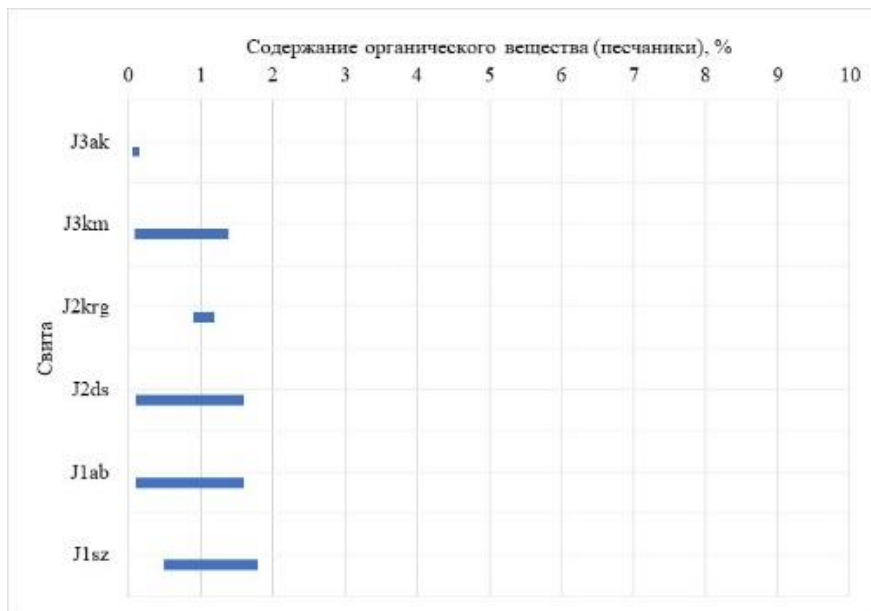
Нефтепроизводящим комплексом пород Южно-Торгайского НГБ, вероятно, является юрский, характеризующийся высоким содержанием ОВ. Генерируемые нефтематеринскими породами углеводороды в основном мигрировали из центральной впадины в край по латеральным путям миграции и накапливались в литолого-стратиграфических ловушках на окраине впадины. Образовавшийся углеводород мигрировал в сторону разломы по путям боковой миграции, а затем

мигрировали поднимались вверх по разломам и скапливались в неглубоких ловушках. В Южно-Тургайской впадине сформировались три типа нефтегазоносных структур. В районе горста образовались антиклинальные ловушки, в районе склона грабена литолого-стратиграфические ловушки, а по обеим сторонам зоны сдвиговых разломов - ловушки носа разлома или блока разломов [5].

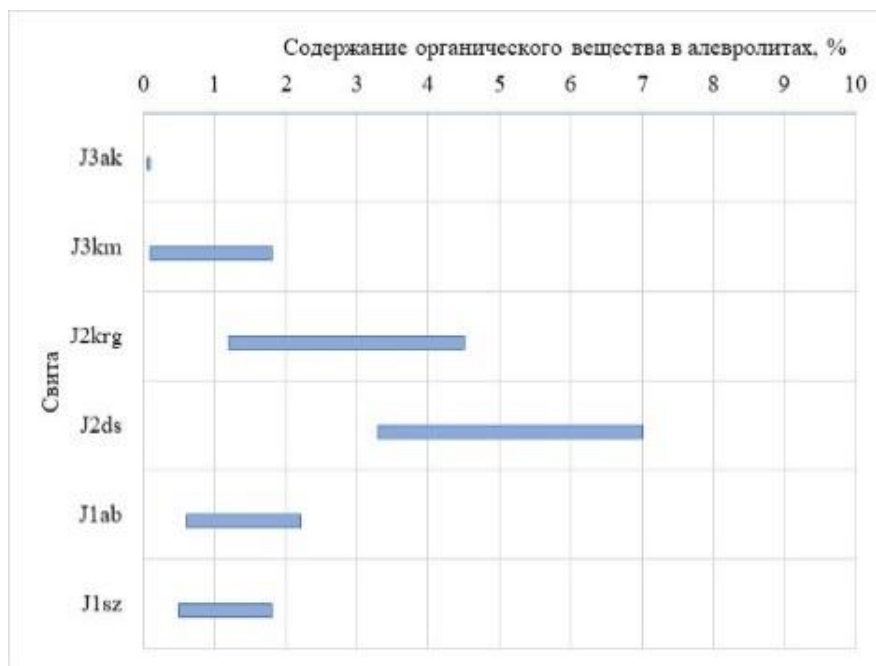
Геохимическая характеристика нефтей Южно-Тургайского нефтегазоносного бассейна [8] среднее содержание органического вещества (C_{org}) по литологическим типам пород (глины, алевролиты, песчаники, горючие сланцы и обогащенные ОВ породы) показали, что в юрских отложениях органическое вещество по типу представлено в основном гумусовой разновидностью. Установлено, что юрско-меловые образования характеризуются достаточно высокими содержаниями различного типа органических веществ – от гумусовых до сапропелевых, концентрация органических веществ в которых, превышает кларковые значения.

На рисунке 2 представлено изменение концентрации процентного содержания органического углерода в юрских отложениях Арыскупского прогиба.

а)



б)



в)

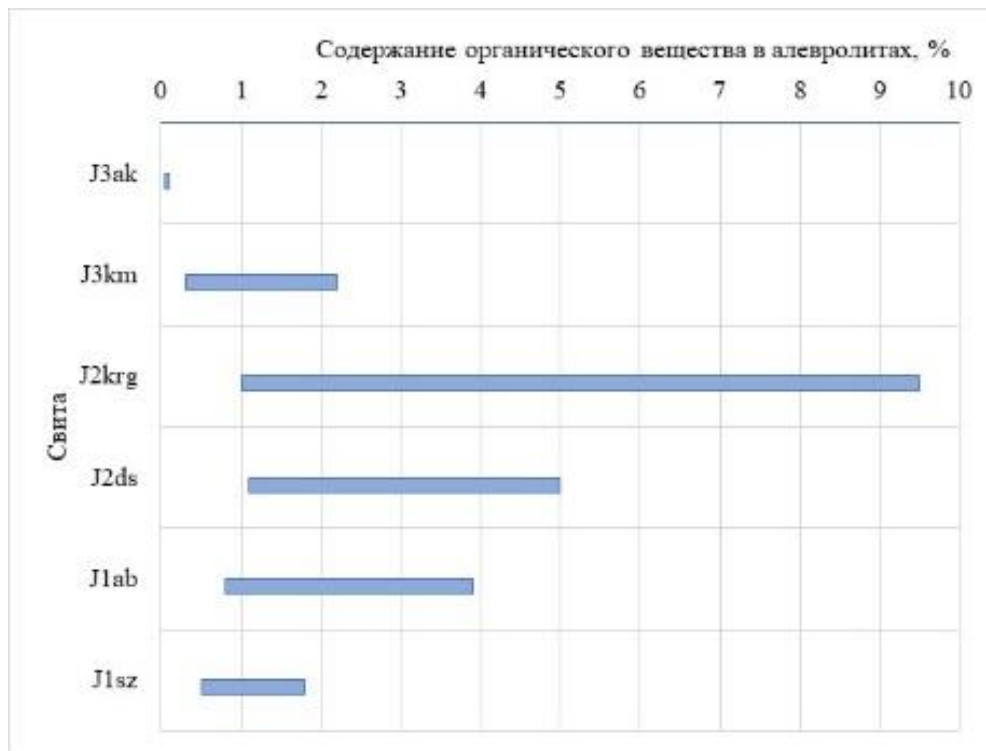


Рисунок 2. Содержание органического вещества:

а) в песчаниках, б) в алевролитах, в) в аргиллитах в юрских отложениях

Сравнительный анализ содержания $C_{орг}$ в песчаниках показывает, что максимальное значение отмечается в отложениях айбалинской и дощанской свит, составляя 1,5%, в то время как $C_{орг}$ в отложениях акшабулакской свиты незначительное - 0,05%. Максимальное значение $C_{орг}$ в алевролитах соответствует дощанской свите - 7%, в то время как минимальное значение 0,05% отмечается в акшабулакской свите. Максимальное значение $C_{орг}$ в юрских отложениях прогиба установлено в аргиллитах карагансайской свиты, достигая 9,5%, в то время как минимальный показатель в аргиллитах отмечается акшабулакской свите до 0,1%.

Таким образом, анализ содержания $C_{орг}$ в алевролитах, аргиллитах и песчаниках нижне-, средне- и верхнеюрских отложений Арыскупского прогиба Южно-Торгайского осадочного бассейна показывает значение $C_{орг}$ ниже нижней концентрации, с которого начинается отдача УВ в отложениях акшабулакской свиты верхней юры, а максимальные показатели характерны дощанской свите средней юры. Анализ представленных данных свидетельствуют о том, что нефтематеринские породы – глины, аргиллиты, глинистые алевролиты, глинистые известняки обладают «бедным», «хорошим» и «богатым» генерационным потенциалом в зависимости от концентрации $C_{орг}$, содержащихся в них.

На рисунке 3 представлен геохимический разрез исходных пород образцов кернового материала юрской нефтематеринской толщи из разведочных скважин Южно-Торгайского бассейна, определенная пиролизическим методом [6] с целью оценки их углеводородного потенциала.

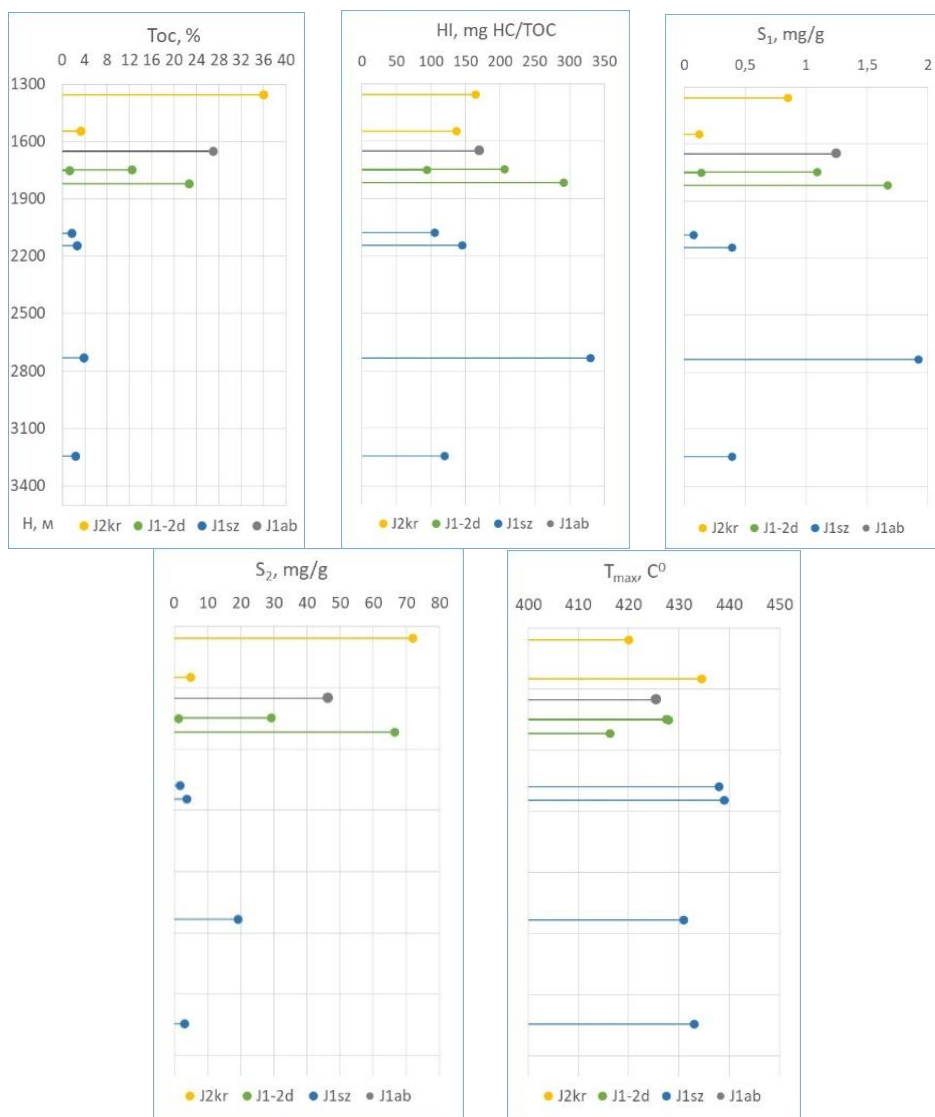


Рисунок 3 – Параметры пиролиза Rock-Eval образцов нижнеюрских отложений Арыскупского прогиба.

Количество органического вещества в породе, кероген, а также присутствующие углеводороды в образце – определяются параметром Общего Органического Углерода – ТОС. Концентрация общего органического углерода варьирует от 1,7 до 36,0 %, наименьшие значения которого (от 1,7 до 3,88%) соответствуют сазымбайской свите нижней юры (J_{1sz}), а максимальная величина в 36% отмечается против отложений карагансайской свиты средней юры (J_{2kr}). Таким образом, согласно классификации нефтегазоматеринских пород исследованные образцы по концентрации ТОС относятся к богатым и очень богатым, что позволяет оценить углеводородный потенциал нижнеюрских отложений как очень высокий, что соотносится с результатами предыдущих исследований.

Заключение.

В ходе исследования установлено, что нефтематеринские породы Арыскупского прогиба представлены глинами, аргиллитами, глинистыми алевролитами и глинистыми известняками, обладающими различным — от низкого до высокого — генерационным потенциалом. Концентрации общего органического углерода (ТОС) указывают на диапазон от «бедного» до «отличного», при этом нижнеюрские отложения демонстрируют исключительно высокую нефтегенерационную способность.

Результаты пиролитического анализа подтверждают повышенные значения Сорг в алевролитах дощанской свиты средней юры; в аргиллитах карагансайской свиты показатели варьируют от 1 до 9,5%; в песчаниках дощанской и айбалинской свит отмечаются сходные

значения. Сравнение концентраций Сорг в различных литотипах юрских свит показывает минимальные значения в акшабулакской свите и максимальные — в дошанской. В отдельных образцах нижнеюрских нефтематеринских толщ содержание органического углерода достигает 75,88%, что свидетельствует о крайне высоком потенциале генерации углеводородов.

Органическое вещество юрских пород в основном относится к гумусовому типу, реже — к гумусо-сапропелевому (кероген III и II типа). Изотопные данные показывают, что нефти мелового и юрского возраста генетически связаны преимущественно с сапропелевым органическим веществом (кероген I и II типа).

Список литературы:

1. Конторович А. Э. Геохимические методы количественного прогноза нефтегазоносности. //М.: Недра,- 1976.
2. Оздоев С.М., Мадиева Р.К., Сейлханов Т.М., Портнов В.С., Исаев В.И. О нефтегазоносности коры выветривания складчатого фундамента Арыкумского прогиба Южно-Торгайского бассейна. //Нефть и газ.- 2020. № 1. С. 17—32.
3. Смабаева Р.К. О некоторых прогнозах нефтегазоносности Жиланшикского прогиба Южно-Торгайского бассейна// Известия НАН РК. Сер. геол. и техн. наук.- 2015. № 2. С. 43-48.
4. Турков О.С. К вопросу о глубинной нефти Южно-Торгайского бассейна.// Нефть и газ.- 2020. № 5.С. 70—83.
5. Парагульгов Т.Х., Парагульгов Х.Х., Фазылов Е.М., Мусина Э.С. Южно-Торгайский осадочный бассейн - вещественный состав и нефтегазоносность домезозойских образований // Известия НАН РК. Сер. геол. и техн. наук.- 2013. № 1. С. 44-54.
6. Болат Е. Условия формирования и закономерности размещения скоплений нефти и газа в Южно-Торгайском бассейне //Керимов В.Ю.: дис. канд. геол.-мин. наук: – М., 2020.
7. Linqi Zhu. Total organic carbon content logging prediction based on machine learning: A brief review//Xueqing Zhou, Weinan Liu, Zheng Kong. – China, 2022.
8. Даукеев С.Ж. Глубинное строение и минеральные ресурсы Казахстана: Том 3. Нефть и газ.// Алматы,- 2002.
9. Қайшыбай А.А. Геодинамическая модель и нефтегазоносность Аксайской горст-антиклинали: дис. на соиск. степ. маг.: Алматы, 2020.
10. Мадиева Р.К., Портнов В.С. О нефтегазоносности Арыкумского прогиба Южно-Торгайского осадочного бассейна // Нефть и газ.- 2020. №5 (131). С. 26-37.
11. Гольшев С.И., Падалко Н.Л. Мадиева Р.К. и др. Изотопный состав нефтей Арыкумского прогиба (Южный Казахстан) // Известия Томского политехнического университета. – 2020. – Т. 331, №3. С. 80-89
12. Paragulgov T.H., Paragulgov H.H., Fazylov E.M., Shabalin L.V. Torgaysko-Syrdaryinsky region – evolyutsiyaglubinnogostroeniyai problem mineragenii. //Regional Geology, News of the National Academy of Sciences of the Republic of Kazakhstan,- 2013, no. 2, pp. 8–18.
13. Daukeev S.Zh., Uzhkenov B.S., Abdulin A.A., Bespaev H.A., Votsalevsky E.S., Lyubetskiy V.N., Mazurov A.K., Miroshnichenko L.A. Deep structure and mineral resources of Kazakhstan. Oil and gas. Vol. III. //Almaty, Republican State Enterprise «Information and Analytical Center of Geology and Mineral Resources of the Republic of Kazakhstan» Publ.,- 2002. 248 p.
14. Akchulakov U.A., Bigaraev A.B., Kuanyshiev M.A., Ozdoyev S.M. Aral basin – structural features and oil and gas prospects. //Bulletin of the National Academy of Sciences of the Republic of Kazakhstan. Ser. Geol.,- 2013, no. 5, pp. 48–56.
15. Peters K.E., Walters C.C., and Moldowan J.M. The Biomarker Guide I. Biomarkers and Isotopes in the Environment. 2nd ed. Vol 1. //Cambridge: Cambridge University Press, -2005. -474 pp.

БАҒЫТ № 2
МИНЕРАЛДЫҚ РЕСУРСТАРДЫ ИГЕРУДІҢ ЗАМАНАУИ ҒЫЛЫМИ НЕГІЗДЕРІ

УДК 553.04

МИНЕРАЛДЫҚ РЕСУРСТАРДЫ ИГЕРУДЕ ЗАМАНАУИ ТЕХНОЛОГИЯЛАРДЫҢ РӨЛІ:
ЦИФРЛЫҚ ГЕОЛОГИЯ МЕН АІ ҚОЛДАНУ

ӘБЖАН МАДИЯР НҰРЖАНҰЛЫ, ЖУНУСОВ ЕЛДӨС ЖОЛДАСҰЛЫ
«Қорқыт Ата атындағы Қызылорда университеті» ҚеАҚ
В071 Тау-кен ісі және пайдалы қазбаларды өндіру БББ-ның 3-курс студенттері.
Қазақстан Республикасы, Қызылорда қаласы

Аңдатпа. Мақалада минералдық ресурстарды игеруде заманауи технологиялардың, атап айтқанда цифрлық геология мен жасанды интеллект (АІ) қолданудың рөлі қарастырылады. Цифрлық модельдеу, 3D/4D карталау, деректерді өңдеу және АІ алгоритмдері кен орындарын барлау мен бағалауды тиімді етіп, ресурстарды рационалды пайдалануға мүмкіндік береді. Сонымен қатар, мақалада минералдық ресурстарды игерудің экологиялық аспектілері мен технологиялық инновациялардың экономикалық тиімділігі талқыланады.

Кілт сөздер: минералдық ресурстар, цифрлық геология, жасанды интеллект, барлау, ресурстарды тиімді пайдалану.

Аннотация. В статье рассматривается роль современных технологий, в частности цифровой геологии и применения искусственного интеллекта (АІ), в освоении минеральных ресурсов. Цифровое моделирование, 3D/4D картирование, обработка данных и алгоритмы АІ повышают эффективность разведки и оценки месторождений, способствуя рациональному использованию ресурсов. Также рассматриваются экологические аспекты освоения минеральных ресурсов и экономическая эффективность технологических инноваций.

Ключевые слова: минеральные ресурсы, цифровая геология, искусственный интеллект, разведка, эффективное использование ресурсов.

Annotation. The article explores the role of modern technologies, particularly digital geology and artificial intelligence (AI), in the development of mineral resources. Digital modeling, 3D/4D mapping, data processing, and AI algorithms enhance the efficiency of exploration and evaluation of mineral deposits, facilitating the rational use of resources. The article also discusses the environmental aspects of mineral resource development and the economic efficiency of technological innovations.

Keywords: mineral resources, digital geology, artificial intelligence, exploration, efficient resource utilization.

Минералдық ресурстардың экономикалық және стратегиялық мәні

Минералдық ресурстар – кез келген мемлекеттің экономикалық дамуы мен индустриялық тәуелсіздігі үшін стратегиялық маңызды элемент болып табылады. Олар энергетикалық қауіпсіздік, өндіріс материалдары, құрылыс және химия өнеркәсібі сияқты салалардың тұрақты жұмысын қамтамасыз етеді. Өлемдік тәжірибеде минералдық ресурстарды игеру елдің экономикалық әлеуетін арттырудың негізгі факторларының бірі болып саналады.

Қазақстан аумағы минералдық ресурстарға бай елдердің бірі: мыс, қорғасын, мырыш, никель, марганец, хром, уран, тас көмір, мұнай және табиғи газ сияқты пайдалы қазбалар кең таралған. Мысалы, тек қана уран қорлары бойынша Қазақстан дүние жүзінде жетекші орында (UNSCEAR, 2020). Сонымен қатар, мұнай және газ саласы елдің экспорттық табысының 50%-дан астамын құрайды (ҚР Энергетика министрлігі, 2023). Бұл көрсеткіштер минералдық ресурстардың тек экономикалық ғана емес, стратегиялық мәнін де айқындайды.

Заманауи технологиялардың минералдық ресурстарды игерудегі қажеттілігі.

Жалпы геологиялық барлау және пайдалы қазбаларды игеру әдістері қазіргі таңда тиімділігін жоғалтып, деректерді өңдеу және қорларды дәл бағалау мәселесінде шектеулі болып отыр.

Сондықтан заманауи **цифрлық геология** және **жасанды интеллект (AI)** технологиялары минералдық ресурстарды игеруде негізгі рөл атқарады.

Цифрлық геология арқылы кен орындарының құрылымы мен қабаттарын үшөлшемді (3D) немесе төртөлшемді (4D) моделдеуге болады. Бұл геологиялық деректердің визуализациясын жақсартып, барлау шығындарын азайтады. Сонымен қатар, **AI алгоритмдері** көмегімен үлкен көлемдегі геофизикалық, геохимиялық және геологиялық деректерді талдау арқылы кен орындарының болашақтағы орналасуын, сапасы мен мөлшерін жоғары дәлдікпен болжауға болады.

Мысалы, нейрондық желілер минералдық қорларды болжау кезінде дәстүрлі әдістерге қарағанда 15–20% жоғары дәлдік көрсеткен, ал машиналық оқыту әдістері деректерді автоматтандырылған түрде талдап, барлау уақытын қысқартады (AI in Mineral Resource Evaluation, Springer, 2021).

Мәселен осының негізінде минералдық ресурстарды игерудің дәстүрлі және заманауи әдістерін салыстыру барысында, заманауи әдістерді қолдану басымдылыққа ие екендігін байқаймыз (1-кесте).

Кесте 1 - Минералдық ресурстарды игерудің дәстүрлі және заманауи әдістерін салыстыру

Әдіс	Дәстүрлі геология	Заманауи цифрлық геология + AI
Деректерді жинау	Қолмен, жергілікті өлшеулер	3D/4D сканерлеу, сенсорлар
Деректерді өңдеу	Қолмен есептеулер	Автоматтандырылған анализ, машиналық оқыту
Болжау дәлдігі	Орташа	15–20% жоғары
Уақыт тиімділігі	Ұзақ	Қысқарған
Қалдықтар мен шығын	Жоғары	Азайтылған

Зерттеу әдістері

Цифрлық геология – минералдық ресурстарды игеруде дәстүрлі геологиялық зерттеу әдістерін цифрлық құралдармен алмастыру арқылы деректерді жинау, өңдеу, интеграциялау және визуализациялаудың кешенді тәсілі. Бұл әдіс геологиялық, геофизикалық, геохимиялық және кен орындарына қатысты басқа да көпөлшемді деректерді біріктіруге мүмкіндік береді, нәтижесінде кен қабаттарының құрылымы мен кеңістіктік орналасуы 3D және 4D моделдер арқылы толық көрнекіленеді.

Цифрлық геологияның негізгі артықшылықтарына тоқталар болсақ, **дәлдік пен сенімділік:** Дәстүрлі әдістерге қарағанда кен қорының болжамдық көлемін анықтауда $\pm 5\text{--}10\%$ дәлдікке қол жеткізуге болады. **Уақыт үнемдеу:** Барлау жұмыстарының уақытын 4–6 есе қысқарту, деректерді жылдам өңдеу. **Интеграцияланған талдау:** Геологиялық, сейсмикалық, геохимиялық және құрылымдық деректерді біріктіріп, кен орнының толық сипаттамасын алу. **Визуализация:** 3D және 4D моделдер арқылы кен қабаттарының кеңістіктегі орналасуы, қалыңдығы, құрылымдық ерекшеліктері көрнекі түрде ұсынылады. **Экономикалық тиімділік:** Барлау шығындарын азайту, кен орындарын игеру процесін оңтайландыру.

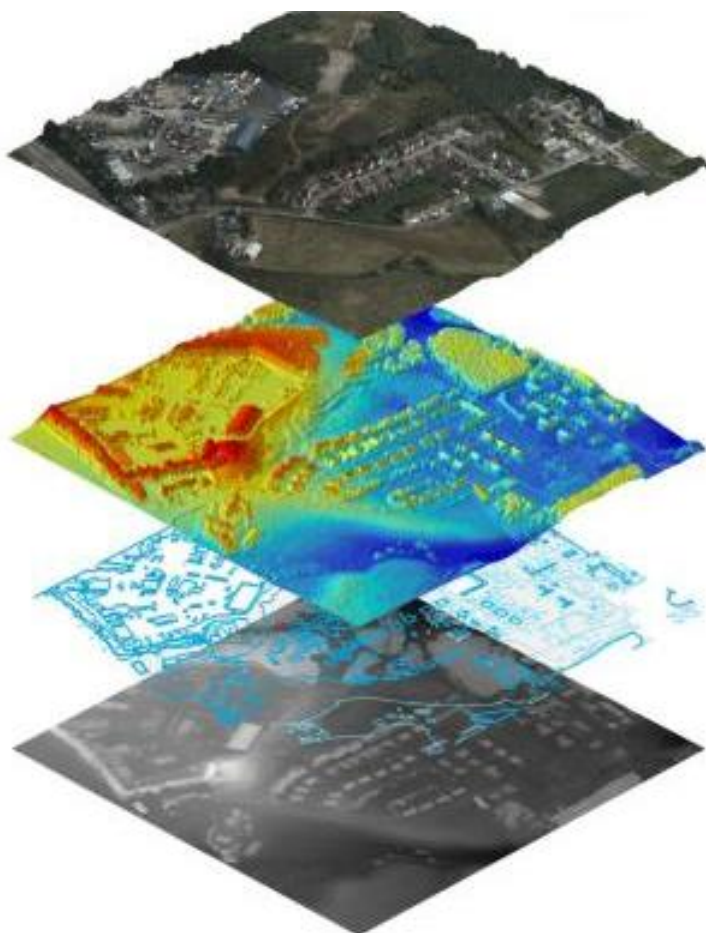
Қолдану саласы: цифрлық геология кен орындарын барлауда, геологиялық құрылымдарды зерттеуде, қорларды бағалауда және минералдық ресурстарды тиімді басқаруда кеңінен қолданылады. Сонымен қатар, ол жасанды интеллект (AI) алгоритмдерімен біріктірілгенде кен орындарын болжауда, деректерді автоматты түрде өңдеуде және өндірістік шешімдер қабылдауда қосымша тиімділік береді.

Кен орындарын цифрлық модельдеу арқылы Petrel бағдарламасының деректері бойынша бағалау жүргізуге мысал келтірсек (2-кесте).

Кесте 2 - Кен орындарын цифрлық модельдеу арқылы бағалау (Petrel деректері бойынша)

3D және 4D карталау мен модельдеу – минералдық ресурстарды игеруде кен қабаттарының кеңістіктік құрылымы мен уақыт бойынша өзгерісін визуализациялау әдісі. Бұл әдістер кен орындарының барлау, бағалау және игеру процесінде маңызды рөл атқарады (1-сурет).

Кен орны	Қабат қалыңдығы (м)	Резерв мөлшері (тонна)	3D модель дәлдігі (%)	4D динамика көрсеткіші
Кен А	12-35	150 000	95	0,85
Кен Ә	8-28	90 000	93	0,78
Кен Б	20-45	200 000	97	0,88



Сурет 1 - 3D және 4D карталау мен модельдеу

3D модельдеу – кен қабаттарының ұзындығы, ені және қалыңдығы бойынша нақты кеңістікте көрсетілуі. Ол: қабатаралық байланыстарды және құрылымдық ерекшеліктерді анықтауға; қор көлемін және сапасын дәлірек бағалауға; барлау шығындарын азайтуға мүмкіндік береді.

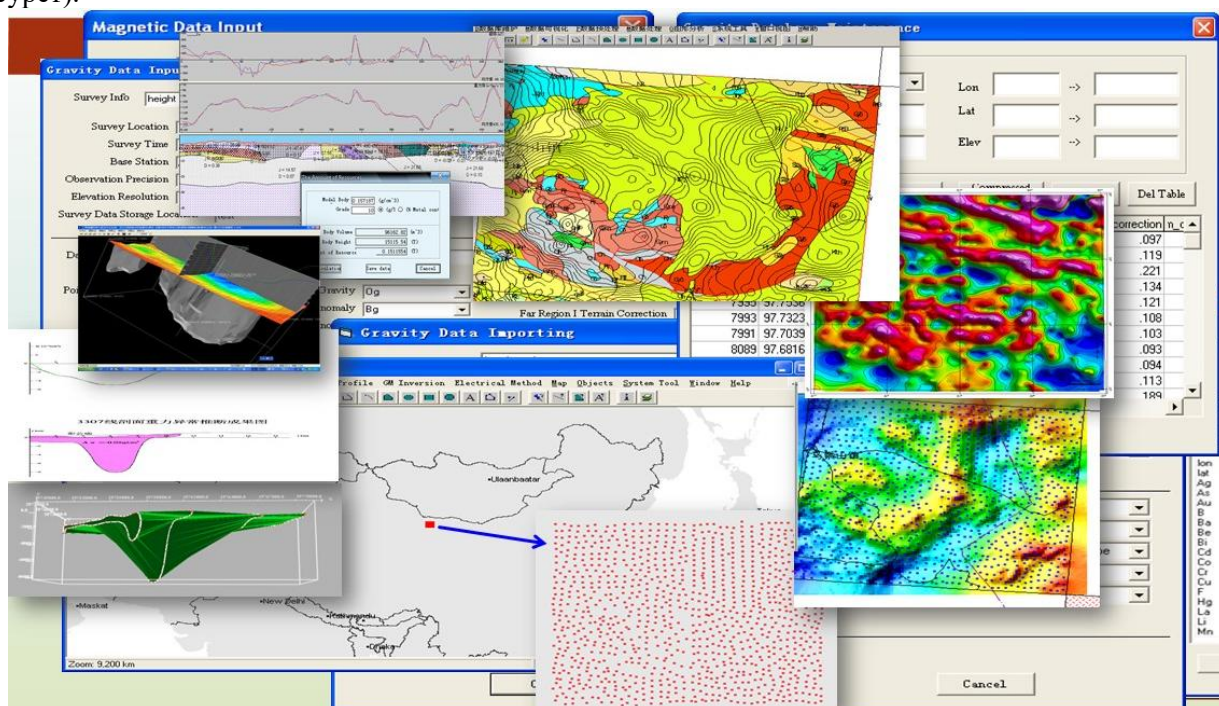
4D модельдеу – уақыт факторы қосылған 3D модель, кен қорының динамикасын және игеру процесін бақылауға арналған. 4D модельдеу көмегімен:кен қабаттарының уақыт бойынша өзгерісі мен игеру процесінің қарқыны бақыланады;өндіріс жоспары тиімдірек жасалады; резервтердің қалдық көлемі мен сапасы болжауға ыңғайлы болады.

Негізгі артықшылықтарына келесілер жатады: дәстүрлі әдістерге қарағанда кен орнын бағалауда 15–20% жоғары дәлдік; барлау уақыты 2–4 есе қысқарады; геологиялық деректерді визуалды көрсету арқылы инженерлік шешім қабылдауды оңайлатады.

Мысалы бұл әдісті Қазақстанда Оңтүстік Торғай бассейнінде қолданды. Яғни бор және юра дәуірінің қабаттарды 3D моделдеуден өткізіп, қабаттардың құрылымы мен қалыңдығын нақты көре алды; кен қорларының болжамдық көлемі дәстүрлі әдістерге қарағанда 15–20% дәл анықталған.

Деректерді интеграциялау – минералдық ресурстарды игеруде әртүрлі көздерден алынған геологиялық, геофизикалық, геохимиялық және құрылымдық деректерді біріктіру процесі. Бұл әдіс кен орындарының толық және дәл сипаттамасын жасау үшін маңызды болып табылады. Негізгі

мақсаты: кен орнының құрылымы мен қабаттарын нақты көрсету; барлау және игеру процесінде ақпараттық үйлесімділікті қамтамасыз ету; қор көлемін және сапасын болжамдық түрде есептеу. (2-сурет).



Сурет 2 - Интеграцияланған деректер қоры

Интеграцияланатын деректер түрлері:

1. **Геологиялық деректер** – қабаттық құрылым, минералдық құрам, аналық жыныстар сипаттамалары;
2. **Геофизикалық деректер** – сейсмикалық профильдер, магниттік және гравитациялық карта;
3. **Геохимиялық деректер** – кен минералдарының химиялық құрамы, негізгі элементтердің концентрациясы;
4. **Өндірістік деректер** – барлау және өндіру бойынша алынған мәліметтер.

Басқа әдістеден артықшылығы: деректердің әртүрлі көздерінен алынған ақпаратты бір платформада біріктіру; қабатаралық байланыстарды және кен құрылымының күрделілігін түсінуді жеңілдету; қор көлемін, сапасын және өндіріс тиімділігін дәлірек болжау;

Мысалы бұл әдісті Қазақстанда Оңтүстік Торғай бассейнінде қолданды. Геологиялық, геофизикалық және геохимиялық деректер біріктіріліп, кен қабаттарының кеңістіктік орналасуы мен көлемі жоғары дәлдікпен бағалауға қол жеткізді. Дәстүрлі бөлек деректерді талдауға қарағанда, интеграцияланған деректер қорларды болжауда 10–15% дәлірек нәтиже көрсеткен.

Зерттеу нәтижелері

Цифрлық геология көмегімен алынған деректер

Цифрлық геология әдістерін қолдану арқылы кен орындарының орналасуы, қабаттардың құрылымы және ресурстардың мөлшері жоғары дәлдікпен бағаланды. 3D/4D модельдер көмегімен қабаттардың қалыңдығы, құрылымдық ерекшеліктері және кеңістіктегі орналасуы нақты көрнекіленді. **Мысалы:** Оңтүстік Торғай бассейнінде бор және юра дәуірінің қабаттары Petrel және Leapfrog бағдарламалары арқылы модельделді. 3D/4D визуализация қабатаралық байланыстарды нақты көрсетіп, кен орындарының ресурстарын дәлірек есептеуге мүмкіндік берді.

AI алгоритмдерін қолдану нәтижелері

Жасанды интеллект (AI) және машиналық оқыту (ML) әдістерін қолдану деректерді өңдеуді автоматтандырып, ресурстарды бағалауда дәлдікті арттырды. Нейрондық желілер мен регрессиялық модельдер кен орындарының көлемін, сапасын және құрылымдық өзгерістерін болжамдауда тиімді болды. **Мысалы:** ОТБ-дағы сейсмикалық және геохимиялық деректер

нейрондық желілер арқылы талданып, дәстүрлі әдістерге қарағанда кен орындарының болашақтағы орналасуын 15–20% дәлірек болжамдады.

Экономикалық тиімділік.

Заманауи технологияларды қолдану уақыт пен шығындарды едәуір үнемдеуге мүмкіндік береді (3-кесте).

Кесте 3 - Минералдық ресурстарды барлаудың дәстүрлі және цифрлық әдістерін экономикалық тұрғыда салыстыру

Параметр	Дәстүрлі әдістер	Цифрлық геология + AI	Үнемделген ресурс, %
Барлау шығыны (млн \$)	10–12	6–7	40–45%
Барлау мерзімі (ай)	12–18	4–6	60–70%
Қорларды бағалау дәлдігі	±12%	±4%	+8%

Цифрлық геология мен AI әдістерін салыстыру

Цифрлық геология және жасанды интеллект (AI) әдістері минералдық ресурстарды игеруде әртүрлі, бірақ бір-бірін толықтыратын тәсілдер болып табылады. Цифрлық геология кен орындарының нақты құрылымын және қабаттарын анықтауға мүмкіндік берсе, ал AI алгоритмдері алынған деректерді өңдеп, кен орындарының көлемін және сапасын болжауға көмектеседі. Екеуін бірге қолдану дәлірек нәтижелерге қол жеткізуге мүмкіндік береді.

Қолдану артықшылықтары және шектеулеріне тоқталар болсақ: *Артықшылықтары* : дәлдік – кен орындарының құрылымын, қалыңдығын және қор көлемін дәлірек бағалау; жылдамдық – деректерді өңдеу және талдау процесін жылдамдату; экологиялық қауіпсіздік – қажетсіз қазуды азайту, қалдықтарды төмендету; экономикалық тиімділік – уақыт пен шығындарды үнемдеу; үлкен деректерді өңдеу мүмкіндігі – кең көлемдегі геологиялық, геохимиялық және сейсмикалық деректерді талдау. *Шектеулері*: деректер сапасына тәуелділік – толық емес немесе дәл емес деректер нәтижелерді бұрмалауы мүмкін; бағдарламалық қамтамасыз ету мен AI алгоритмдерінің күрделілігі – арнайы білім мен тәжірибе қажет; жүйенің бастапқы құны – 3D/4D модельдеу және AI құралдары қымбатқа түседі; жергілікті ерекшеліктерді ескере алмау – кейде алгоритм жергілікті геологиялық жағдайларды толық түсінбеуі мүмкін.

Алынған нәтижелердің практикалық маңызы: Минералдық қорларды тиімді игеру: Цифрлық геология мен AI алгоритмдері кен орындарының орналасуын дәл болжауға және барлау жұмыстарын аз уақыт ішінде жүргізуге мүмкіндік береді. **Экологиялық жауапкершілік:** Қажетсіз қазу жұмыстары азайып, қоршаған ортаға теріс әсер минималды болады. **Экономикалық тиімділік:** Барлау шығындары 30–45%, уақыт 60–70% қысқартылған. Бұл тәсіл дәстүрлі әдістерге қарағанда шығынды едәуір үнемдейді. **Стратегиялық жоспарлау:** Дәлірек деректер арқылы кен орындарын игеру жоспарларын оңтайландыруға болады. **Инновациялық даму:** Қазақстанның минералдық ресурстар саласында заманауи технологияларды қолдану ғылыми-зерттеу және өндірістік тәжірибені жақсартады.

Цифрлық геология мен AI әдістерін біріктіру минералдық ресурстарды игеруді тиімді, дәл және экологиялық қауіпсіз етеді. Бұл тәсіл кен орындарын барлау, бағалау және өндіруде заманауи стандарттарға сай келеді.

Қорыта келе, минералдық ресурстарды игеруде заманауи технологиялардың, атап айтқанда **цифрлық геология мен жасанды интеллект (AI)** қолданылуы елдің экономикалық, экологиялық және стратегиялық мүдделерін қамтамасыз етуде маңызды рөл атқаратындығын нақты атай аламыз. Зерттеу барысында келесі негізгі нәтижелер анықталды: 1) **Цифрлық геологияның рөлі:** 3D және 4D карталау арқылы кен орындарының құрылымы мен қабаттары толық көрнекіленеді, бұл барлау мен игеру процесін жылдам және дәл жүргізуге мүмкіндік береді. Деректерді интеграциялау арқылы геологиялық, геофизикалық, геохимиялық және өндірістік ақпарат бір платформада біріктіріледі, нәтижесінде кен қорларының болжамдық көлемі дәлірек есептеледі. Petrel, Leapfrog және ArcGIS сияқты бағдарламалар кен қабаттарын цифрлық модельдеуге, қабатаралық байланыстар мен

құрылымдық ерекшеліктерді анықтауға көмектеседі.2) **AI алгоритмдерінің тиімділігі:** Машиналық оқыту (ML) және нейрондық желілер (NN) арқылы алынған деректерді өңдеу автоматтандырылған түрде жүргізіліп, болжау дәлдігі дәстүрлі әдістерге қарағанда 15–20% жоғары болды. Кен орындарының көлемін, сапасын және құрылымдық өзгерістерін алдын ала болжау мүмкіндігі артты. AI қолдану барлау уақытын қысқартуға және өндірістік шығындарды азайтуға мүмкіндік береді (кесте 3).3) **Экологиялық тиімділік:** Заманауи технологиялар қажетсіз қазуды азайтады, қалдықтарды төмендетеді және қоршаған ортаға теріс әсерді минималды етеді. Кен орындарының нақты қарталануы экологиялық жоспарлауды жеңілдетеді және табиғатты қорғау шараларын тиімді ұйымдастыруға мүмкіндік береді. 4) **Экономикалық пайда:** Барлау жұмыстарының уақыты 60–70% қысқарған, ал шығындар 40–45% төмендеді. Қорларды бағалау дәлдігі дәстүрлі әдістерге қарағанда $\pm 12\%$ -дан $\pm 4\%$ -ға жетіп, ресурстарды рационалды пайдалануға жол ашылды. Стратегиялық жоспарлау жеңілдеді: кен орындарын игеру жоспарлары дәлірек және тиімді болды. 5) **Болашақтағы мүмкіндіктер:** Цифрлық геология мен AI әдістерін одан әрі жетілдіру арқылы Қазақстандағы минералдық ресурстарды барлау мен игерудің тиімділігін арттыруға болады. Үлкен деректерді (Big Data) өңдеу және нақты уақыт режимінде мониторинг жасау арқылы өндіріс процесін автоматтандыруға мүмкіндік туады. Жаңа алгоритмдер мен 4D модельдеу әдістерін енгізу экологиялық зиянды азайтып, өндірістік жоспарларды оңтайландырады.

Яғни цифрлық геология мен жасанды интеллекттің интеграциясы минералдық ресурстарды игеруде дәлірек, тиімді және экологиялық қауіпсіз әдісті қамтамасыз етеді. Бұл тәсіл тек экономикалық тұрғыдан тиімді емес, сонымен қатар стратегиялық және инновациялық даму үшін маңызды фактор болып табылады. Қазақстанның минералдық ресурстар саласында осы технологияларды кеңінен қолдану елдің индустриялық тәуелсіздігі мен ғылыми-зерттеу әлеуетін арттыруға мүмкіндік береді.

Әдебиеттер тізімі:

1. ҚР Энергетика министрлігі. Мұнай және газ саласы статистикалық мәліметтері, 2023. – Алматы.
2. Жұбанов, Ә. Қазақстандағы минералдық ресурстар мен олардың тиімді пайдалануы. Ақтөбе, 2020.
3. Сүлейменов, Б. Қазақ жеріндегі кен орындарын барлау және өндіру әдістері. Алматы, 2019.
4. ҚазҰУ Геология факультеті. Минералдық ресурстарды зерттеу және бағалау. Алматы, 2021.
5. Аманкұлова, Г., Жаксыбаев, Д. Цифрлық геология және жер қойнауын тиімді игеру әдістері. Астана, 2022.
6. М.Л. Нозик. Научно-методические основы обеспечения радиозэкологической безопасности на предприятиях нефтегазового комплекса. Автореферат диссертации, Москва, 2010.
7. Technogenic impact of radionuclides on oil and gas facilities (On the example of the Kumkol field). ARPN Journal of Engineering and Applied Sciences, VOL. 16, NO. 8, April 2021, P.858-866.
8. Трифонов А.Н. Радиационный контроль и мониторинг как инструменты системы индикации состояния окружающей среды территории размещения объектов нефтегазодобычи. Труды пятой международной научно-практической конференции, М.: Буки-Веди, 2017, С.223-227.
9. Petrel Software User Guide. Schlumberger, 2022.

ГЕОЛОГО-ГЕОХИМИЧЕСКИЕ КРИТЕРИИ НЕФТЕГАЗОНОСНОСТИ И УГЛЕВОДОРОДНЫЕ СИСТЕМЫ ШУ-САРЫСУСКОГО ОСАДОЧНОГО БАССЕЙНА

ЖАНСЕРКЕЕВА АЙНУРА АЛТАЕВНА^{1,2}

PhD, старший преподаватель, главный проектный менеджер
департамента развития науки и инноваций, a.zhanserkeyeva@qq.kz
САТХАНОВА НАГИМА МУСЛИМОВНА¹

Главный проектный менеджер, департамент геологии и разработки
КУШЕРБАЕВА АЙГУЛЬ САМАУАТОВНА¹

Ведущий специалист, департамент геологии и разработки
КЕЖЕНЕВА АРУАНА СЕРИКОВНА¹

Главный специалист департамента геологии и разработки
ТЕҢЕЛБАЙ АРИАНА ТӨЛЕНБАЙҚЫЗЫ¹

Специалист департамента геологии и разработки

¹ТОО «QazaqGazНаучно-технический центр»,

Республика Казахстан, г. Астана, ул. Алихана Бокейхана, 12

²Satbayev University, Институт геологии и нефтегазового дела им. К.Турысова,

Кафедра «Гидрогеология, инженерная и нефтегазовая геология»,

Республика Казахстан, г. Алматы, ул. Сатпаева, 22

Аннотация. В работе рассмотрены геолого-геохимические критерии нефтегазоносности и особенности формирования углеводородных систем Шу-Сарысуского осадочного бассейна. На основе комплексного анализа стратиграфических, литологических, геохимических и тектонических данных охарактеризованы верхнедевонская и нижнекаменноугольная углеводородные системы как основные генерационно-аккумуляционные системы бассейна. Показано, что нефтегазоматеринские толщи карбона содержат органическое вещество III типа с высокой степенью термической зрелости и обеспечивают преимущественно газообразование. Пермские залежи интерпретируются как вторичные аккумуляции, сформированные за счёт вертикальной миграции углеводородов из подстилающих нижнекарбонных отложений. Формирование и сохранность залежей контролируются развитием эвапоритовых толщ, выполняющих роль региональных и зональных флюидоупоров.

Уточнение тектоно-стратиграфической модели и проведение новейших биостратиграфических и седиментологических исследований на современном этапе изучения Шу-Сарысуского бассейна является актуальным в связи с необходимостью обоснования новых перспективных объектов.

Ключевые слова: Шу-Сарысуский осадочный бассейн, квазиплатформенный комплекс, нефтегазоносность, породы-коллекторы.

Аңдатпа. Мақалада Шу-Сарысу шөгінді бассейнінің мұнай-газдылығын айқындайтын геологиялық-геохимиялық критерийлер және көмірсутек жүйелерінің қалыптасу ерекшеліктері қарастырылған. Стратиграфиялық, литологиялық, геохимиялық және тектоникалық деректердің кешенді талдауы негізінде бассейнді негізгі генерация-аккумуляция жүйелері ретінде жоғарғы девондық және төменгі таскөмірлік көмірсутек жүйелері сипатталған. Карбонның мұнай-газматериндік жыныстары III типті органикалық затпен және жоғары термиялық жетілу дәрежесімен ерекшеленіп, негізінен газ түзілуіне бейім. Пермь жиналымдары төменгі таскөмірлік қабаттардан көмірсутектердің тік миграциясы нәтижесінде қалыптасқан екіншілік аккумуляциялар ретінде түсіндіріледі. Жиналымдардың қалыптасуы мен сақталуы аймақтық және зоналық флюидтік тосқауыл қызметін атқаратын эвапоритті қабаттардың дамуымен бақыланады.

Шу-Сарысу бассейнін зерттеудің қазіргі кезеңінде тектоно-стратиграфиялық модельді нақтылау және заманауи биостратиграфиялық және седиментологиялық зерттеулер жүргізу жаңа перспективалы объектілерді негіздеу тұрғысынан өзекті болып табылады.

Кілт сөздер: Шу-Сарысу шөгінді бассейні, квазиплатформалық кешен, мұнай-газдылық, коллектор жыныстар.

Annotation. The paper examines the geological and geochemical criteria of hydrocarbon potential and the formation features of petroleum systems in the Chu–Sarysu sedimentary basin. Based on an integrated analysis of stratigraphic, lithological, geochemical and tectonic data, the Upper Devonian and Lower Carboniferous petroleum systems are characterized as the main generation–accumulation systems of the basin. The Carboniferous source rocks contain type III organic matter with a high level of thermal maturity and are predominantly gas-prone. Permian reservoirs are interpreted as secondary accumulations formed due to vertical migration of hydrocarbons from the underlying Lower Carboniferous strata. The formation and preservation of accumulations are controlled by the development of evaporite sequences acting as regional and zonal fluid seals.

Refinement of the tectono-stratigraphic model and the application of modern biostratigraphic and sedimentological studies at the present stage of investigation of the Chu–Sarysu Basin are considered essential for substantiating new prospective exploration targets.

Key words: Chu–Sarysu Sedimentary Basin, quasi-platform complex, petroleum potential, reservoir rocks.

Введение. Шу-Сарысуский осадочный бассейн характеризуется неравномерной геолого-геофизической изученностью. Поисковое бурение проводилось в период 1950-1983 гг. Большая часть сейсмических исследований проводилась методом отраженных волн, отмечается значительная изменчивость волнового поля по площади.

Фундамент Шу-Сарысуского бассейна сложен докембрийскими и частично нижнепалеозойскими образованиями. Докембрийские и нижнепалеозойские образования, интенсивно дислоцированные и метаморфизованные широко распространены по периферии прогибов Шу-Сарысуского бассейна (хребты Улытау, Малый Каратау, Киргизский, Шу-Илийский, массив Кендыктас). В пределах бассейна под квазиplatformенным чехлом каледониды имеют ограниченное распространение или отсутствуют.

Стратиграфический объем пород квазиplatformенного чехла охватывает комплекс отложений (мощностью до 5000 м) - от ниже-среднедевонских до пермских включительно. Мезозой-кайнозойские отложения со стратиграфическим несогласием залегают на верхнепалеозойских. Сложный литолого-минералогический состав и наложение постседиментационных процессов определяет значительную изменчивость коллекторских свойств верхнепалеозойских отложений и развитие сложнопостроенных резервуаров.

Стратиграфический этаж газоносности охватывает отложения от верхнедевонских и нижнекаменноугольных до нижнепермских. К перспективным газоносным районам отнесен Кокпансорский, Мойынкумский, Тасбулакский прогибы. Мойынкумский прогиб характеризуется относительно высокой степенью изученности (Рис. 1), выявленные газоконденсатные залежи вовлечены в промышленную разработку (Амангельды, Айракты, Анабай, Малдыбай, Ушарал-Кемпиртобе, Кумырлы). В пределах южной окраины Кокпансорского прогиба выявлены месторождения Придорожное, Тамгалытар, Орталык и Западный Оппак, которые на настоящий момент не вовлечены в разработку.

В пределах бассейна по данным [1] прогнозные геологические ресурсы по категории D1 оцениваются до 3714 млн. тонн, достоверность прогнозов требует проведения значительного объема комплексных геофизических работ с оконтуриванием локальных объектов и постановкой на них поискового бурения.

Назрела необходимость уточнения тектоно-седиментационной модели на основе комплексирования результатов сейсморазведки с литологическими, биостратиграфическими и геохимическими данными с целью установления закономерностей распределения коллекторов и флюидоупоров.

Уточнение тектоно-стратиграфической модели и проведение новейших биостратиграфических и седиментологических исследований на современном этапе изучения Шу-Сарысуского бассейна является актуальным в связи с необходимостью обоснования новых перспективных объектов.

Нефтегазоносность. Обобщение и анализ стратиграфической приуроченности промышленных притоков газа и его проявлений позволили выделить в толще квазиplatformенных отложений верхнего палеозоя три региональных газоносных комплекса: верхнедевонский,

нижекаменноугольный и нижнепермский. Наиболее изученным является терригенно-карбонатный комплекс пород нижнего карбона, который широко развит на дневной поверхности и отличается относительно высокими содержаниями битумов. Непосредственно в бассейне нижекаменноугольные образования залегают на глубинах от 500 м до 3000 м.

По результатам газопоисковых работ, изучения геологического строения и нефтегазоносности, геохимических показателей и структурно-тектонического районирования в пределах Шу-Сарысуского бассейна было выделено три газоносных (Моинкумский, Кокпансорский и Таласский) и три газоперспективных (Тасбулакский, Сузак-Байкадамский, Центральнo-Сарысуский) района. Моинкумский и Кокпансорский газоносные районы, Тасбулакский и Сузак-Байкадамский перспективные районы расположены в одноименных прогибах, Таласский и Центральнo-Сарысуский районы приурочены к одноименным поднятиям (Рис.1).

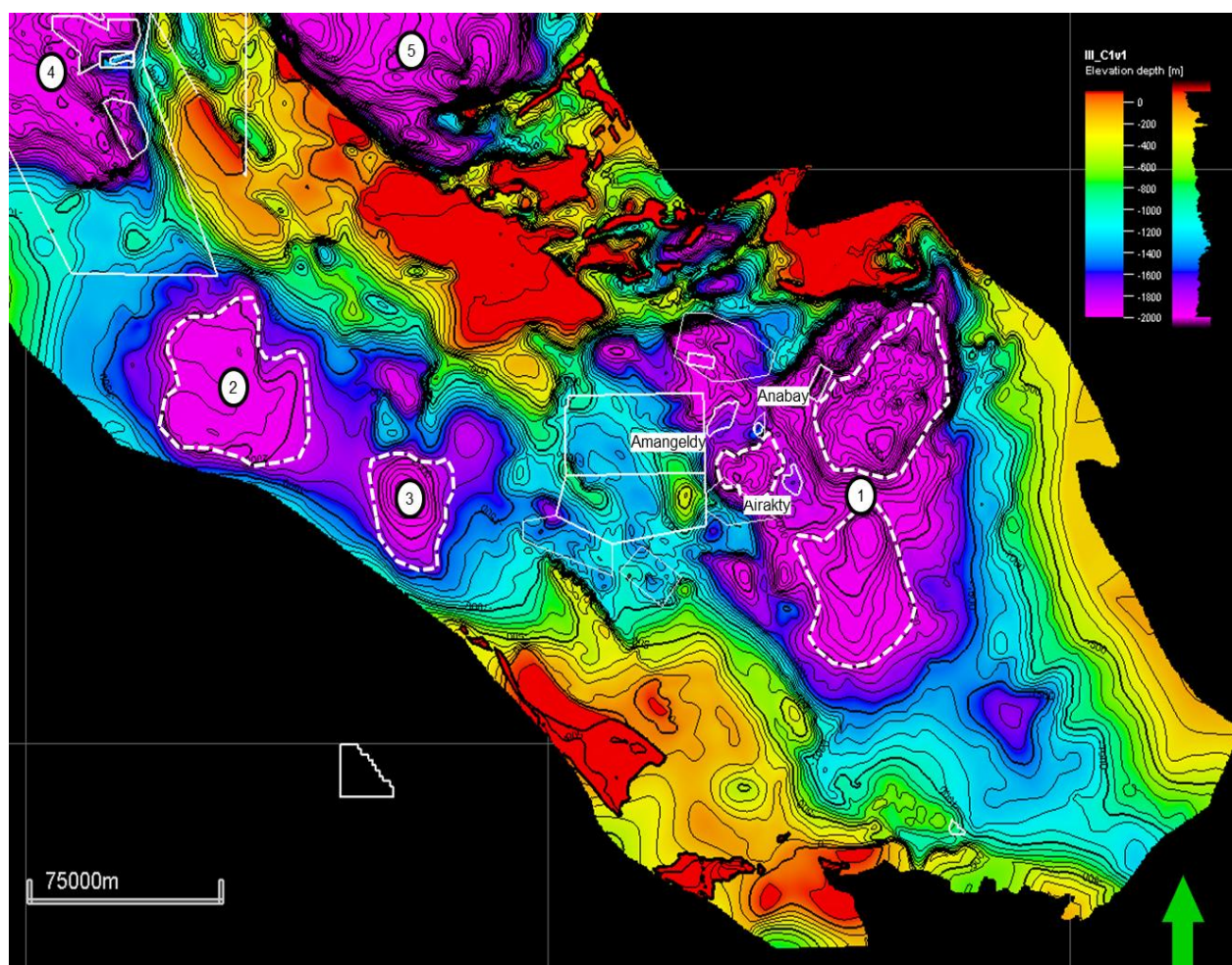


Рисунок 1. Структурная карта по ОГ III (кровля нижневизейских отложений). Зоны прогибов: 1- Моинкумский, 2-3 - Сузак-Байкадамский, 4- Кокпансорский, 5- Тасбулакский

Верхнедевонская углеводородная система. В пределах Кокпансорского прогиба геохимическим исследованиям подвергнуты разрезы скважин 1-П Тереховская и 1-П Западный Булак, а в Тасбулакском - 1-П Северный Изыкыр и 1-П Жатыктау. В пределах Моинкумского прогиба геохимические исследования проведены в значительно больших объемах, чем по северной половине Шу-Сарысуского бассейна.

Верхнедевонская углеводородная система продуктивна в пределах Кокпансорского прогиба и контролируется площадью распространения верхнедевонских (фаменских) каменных солей, выполняющих здесь роль газопора. Также локально верхнедевонские соли установлены в зоне

сочленения Тасбулакского прогиба и Нижнешусского поднятия, и в северо-западной части Моинкумского прогиба.

Промышленная газоносность рассматриваемого комплекса пород установлена на Придорожной структуре, где коллекторами являются горизонты красноцветных мелкозернистых глинистых песчаников с открытой пористостью до 16%. По компонентному составу газы Придорожного месторождения относятся к сухим, с содержанием метана до 71 %.

Коллекторы представлены песчаниками красно-коричневыми, кварц-полевошпатовыми, мелко- и среднезернистыми. Цемент глинисто-кремнистый, железистый, редко слабокарбонатный: среднее содержание глин 12,8%, карбонатов 10%.

Результаты аналитических исследований показали, что эффективная газопроницаемость в коллекторах фамена появляется со значений абсолютной проницаемости 0,0012 мкм² и остаточной газонасыщенности порядка 75%. С учетом результатов опробования скважин нижний предел газопроницаемости коллекторов фамена может быть принят равным 0,001 мкм². Обобщение данных по коллекторам фамена Шу-Сарыуского бассейна позволило установить, что пределу абсолютной проницаемости 0,001 мкм² соответствует открытая пористость порядка 7%. Наилучшие коллекторы в рассматриваемом ГК выявлены в Кокпансорском прогибе на структурах Западно-Оппакской и Придорожной, где они характеризуются значениями пористости 11,2%, проницаемости 0,011 мкм² и 9,04%, 0,012 мкм² соответственно.

На указанных структурах в подсолевых отложениях фаменского яруса выявлены газовые залежи. На Придорожной структуре залежь промышленная (коммерческого значения), на Западно-Оппакской запасы газа незначительны из-за малой площади и небольшой высоты залежи.

На Придорожной структуре газоносность установлена также и в межсолевых терригенно-карбонатных прослоях фаменских образований, пористость пород которых по одиночным образцам керна достигает 26,9%.

На структуре Орталык того же Кокпансорского прогиба выявлена вторичная залежь, приуроченная к трещиноватым породам протерозойского фундамента, перекрытых толщей фаменской каменной соли.

В Моинкумском прогибе на структуре Анабай из фаменских отложений при опробовании пластоиспытателем получен фонтан газа дебитом более 200 тыс. м³/сут. Помимо этого, здесь же, на структуре Амангельды из тех же отложений фаменского яруса получен слабый приток газа.

В Нижнешуской солянокупольной зоне кратковременные газопроявления зафиксированы при разбуривании терригенно-карбонатных прослоев фаменской соленосной толщи на структурах Колькудук, Бестобе и Койтас. Кроме того, на пл. Бестобе из этих прослоев (скв. Г-4, интервал 1727-2280 м) поднят керн с выпотами нефти.

Значительное выделение газа отмечалось при рапопроявлении, осложнявшем проходку соленосной толщи пл. Каменистая.

Состав газа углеводородный и азотно-метановый с содержанием гомологов метана до 3%. Содержание метана колеблется от 89 (площадь Орталык) до 54% (площадь Бестобе), соответственно азота – от 11 до 46%. Исключение составляет газ из рапы площади Каменистая, состоящий на 91% из азота и инертных (в том числе гелия 0,76%), и метана.

В Жезказганском прогибе на Талап-Жездинском поднятии получены газопроявления из нижнепермских подсолевых, серпуховско-визейских и таскудукских отложений нижнего-среднего карбона в скважине № 1700 и Г-4 площади Талап. Кроме того, разгазирование промывочной жидкости с частыми газопроявлениями отмечались также в процессе бурения скважин Г-2 Кызылкак, Г-3 Сарысу и Г-1 Сарыдала.

Нижне каменноугольная углеводородная система характеризуется наибольшей продуктивностью и площадным распространением. Нижний подэтаж приурочен к песчано-алевроитовой толще, турне-нижнего визе и установлен в пределах Моинкумского прогиба на структурах Айракты, Жаркум и Амангельды. Общая мощность достигает 300 м. Продуктивные горизонты связаны здесь с плотносцементированными мелко- и разноезернистыми плохосортированными глинистыми песчаниками и перекрытыми толщей ангидритов (Рис. 2). Доминирующее положение в компонентном составе газа занимает метан. Подавляющее большинство промышленных скоплений газа в разрезе нижнекаменноугольных отложений

контролируется развитием нижнепермской соленосной толщи, выполняющего роль регионального флюидоупора. Также установлены локальные покрывки.

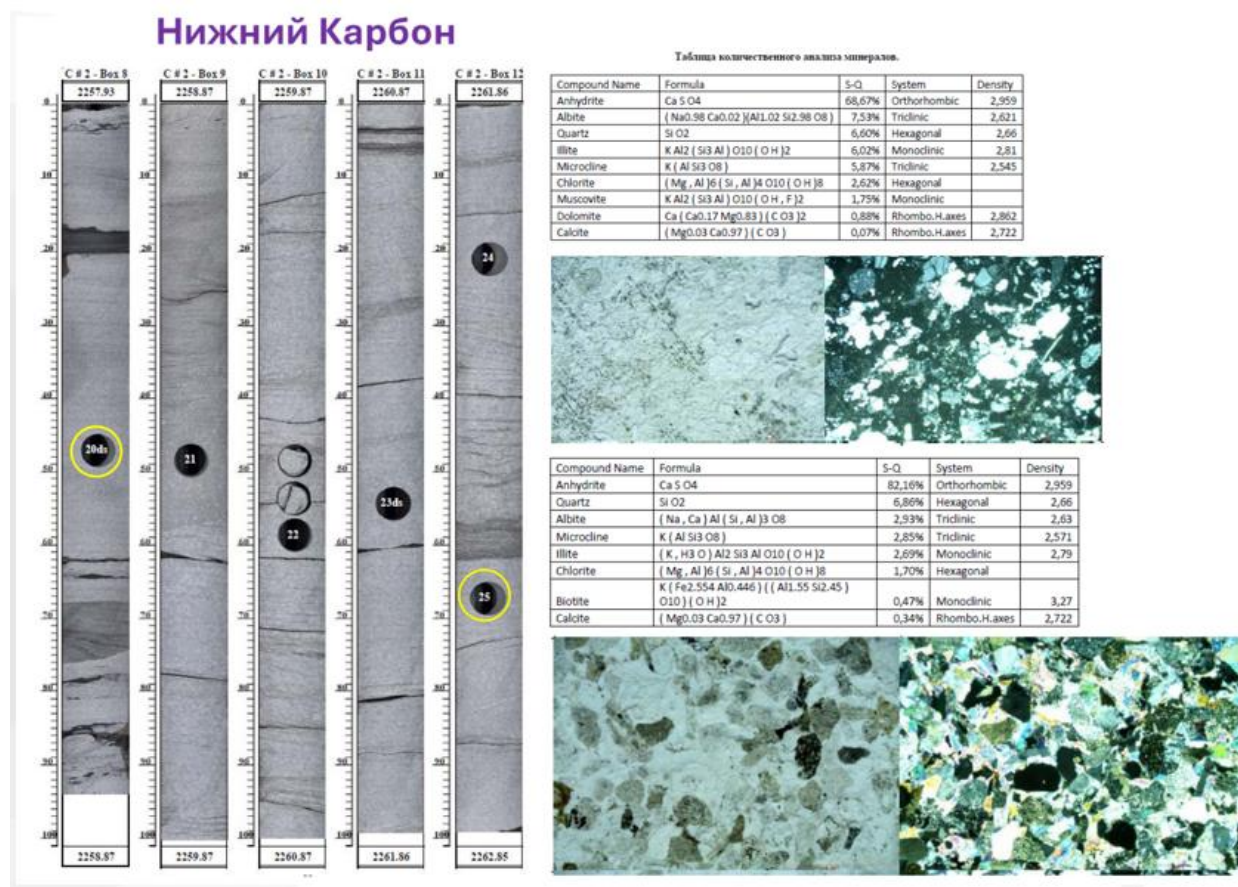


Рисунок 2. Тектурный облик и минералого-петрографические характеристики керна
нижнекаменноугольных отложений (месторождение Амангельды)

Покрывками служат слои галитов, ангидритов или сульфатизированных карбонатных и терригенных пород. Коллекторы в турнейских и нижневизейских отложениях нижнего карбона представлены мелко- и среднезернистыми кварц-полевошпатовыми песчаниками на карбонатно-гидрослюдистом цементе пленочного и регенерационного типов. Значения открытой пористости достигают 21,4%, проницаемости – 0,19 мкм². В приразломных участках структур отмечено развитие трещиноватости.

Коллекторы в средневизейском, верхневизейском подъярусе и в серпуховском ярусе нижнего карбона представлены известковистыми песчаниками участками трещиноватыми с пористостью до 18%.

В пределах Шу-Сарысуского бассейна на структурах Ортасынырлы и Уванас встречены прослои известняков-ракушечников толщиной до 10 м, состоящих из скоплений крупных брахиопод с пустотами между ними до 1,5 см. Помимо этого, на Шуской структуре в кровельной части серпуховских отложений вскрыты органогенные (коралловые) известняки толщиной 5 м. с видимой пористостью. На структуре ИзыкырТасбулакского прогиба в низах толщи серпуховских отложений в процессе бурения фиксировалось аномальное поглощение промывочной жидкости, перешедшее в водопроявление. Развитие аналогичных органогенных известняков с повышенными фильтрационными характеристиками возможно, по данным сейсморазведки (МОГТ), бурения и опробования, в районе Тереховская площади Кокпансорского прогиба.

Нижнекаменноугольные отложения содержат около 70% разведанных запасов УВ газов (категории C1+C2) Шу-Сарысуского бассейна. В Кокпансорском прогибе залежи газа установлены на структурах Придорожная и Орталык в песчаниках визейского яруса нижнего карбона, на структуре Тамгалытар – в отложениях верхневизейского подъяруса – серпуховского яруса (органогенные известняки).

В Моинкумском прогибозалежи газа установлены на структурах Айракты (C_{1t2-v1}), Амангельды (C_{1v1}), Анабай (C_{1v2-3}), Малдыбай (C_{1v1}). Помимо этого фонтанные притоки газа были получены также на структурах Жаркум, Барханная и Саякпай.

Мелкие залежи УВ газа установлены в отложениях нижнего карбона структур Ушарал, Кумырлы и Алимбет. Кратковременные активные газопроявления в процессе бурения отмечались из тех же отложений на площадях Тогузкен и Кожекудук.

На структурах Кумырлы и Бособа из отложений визейского яруса был поднят керн, представленный известняками, с выпотами и включениями капельно-жидкой нефти. Аналогичные признаки нефтеносности также были отмечены в структурно-поисковых скважинах 2-С и 4-С, пробуренных в Миштинской котловине Моинкумского прогиба, а также на структурах Шуская, Бестобе, Койтас, Кентарал, Тантай и Казангап Нижнешуской зоны соляного тектогенеза.

Проявления спонтанного УВ газа и слабые его притоки получены из нижнекаменноугольных отложений в скважинах, пробуренных на площадях Озерная и Барс в Сузак-Байкадамском прогибе и Талап в Жезказганском прогибе.

Газ по составу почти повсеместно углеводородный от сухого до жирного, с незначительным содержанием гелия (от 0,06 до 0,32%). В составе углеводородов наместорождениях Амангельды, Айракты, Жаркум, Анабай и Барханная также присутствует конденсат от десятков до 112 см³/м³. Пластовые давления превышают условное гидростатическое на 12-25%. Дебиты газа достигают 240 тыс.м³/сут (Амангельды, Сква. 5).

Продуктивность нижнепермских отложений установлена на структурах Айракты, Амангельды Моинкумского прогиба, а также на Таласском поднятии связана с нефтегазоматеринскими толщами нижнего карбона. Характерная особенность газа - высокое содержание азота, составляющего от 43,8 до 99%. Продуктивные горизонты представлены трещинно-поровым типом коллекторов с невысокой эффективной пористостью, перекрытых каменной солью. Для всех выявленных залежей газов свойственно высокое содержание гелия.

Продуктивность нижнепермских отложений выявлены на структурах Алимбет, Ушарал, Северный и Западный Ушарал, Кемпыртобе, Айракты, Амангельды и Жаркум, на Ушарал-Кемпыторбинской группе структур и на месторождениях Амангельды и Айракты. Кратковременные низкодебитные притоки газа получены в скважинах на площадях Елемес, Акбий, Жуалы и Кожекудук.

На месторождениях Моинкумского прогиба по составу газы многокомпонентные - от азотно-углеводородных (Айракты) до чисто азотных (Ушарал-Кемпыртобе), гелиеносные.

Газоносность нижнепермских отложений также контролируется соленосной толщей нижней перми, выполняющей роль региональной крышки. Коллекторы, изученные по антиклинальным структурам представлены мелкозернистыми песчаниками и алевролитами подсолевой толщи нижней перми, реже межсолевыми терригенными прослоями. Песчаники повсеместно трещиноваты на сводах структур. Песчаники кварц-полевошпатовые на кремнисто-карбонатном и сульфатном цементе. Значения открытой пористости достигают 19-22%, проницаемости до 0,133 мкм². В подошвенной части газовых залежей коллекторы часто запечатаны галитом и вторичными минералами. Это резко снижает проницаемость пород в зонах контакта газ-вода и создает непроницаемые барьеры между газо- и водонасыщенными частями залежи, определяя газонапорный энергетический режим месторождений. Условия гидравлической изоляции, вероятно, характерны для всех газоносных комплексов Шу-Сарысуского бассейна, что обеспечивает формирование и сохранение в залежах АВПД (аномально высокое пластовое давление), как создаваемых мигрирующими углеводородами, так и унаследованных от палеогидродинамических режимов.

Красноцветные терригенные отложения нижней перми характеризуются низким содержанием органических веществ и не могли выступать в качестве самостоятельных нефтегазоматеринских толщ (НГМТ). В Разрезе нижней перми северо-западной части бассейна установлены сероцветные мергелисто-глинистые образования, однако данные отложения не изучены геохимическими методами.

В пермское время вся территория Шу-Сарысуского бассейна, подвергалась коренной перестройке структурных планов. Вследствие активных вертикальных тектонических подвижек в позднепермское время происходило переформирование и разрушение залежей.

Нефтегазоматеринские толщи. В качестве основной НГМТ многие исследователи признают терригенно-карбонатные отложения нижнего карбона, сформировавшиеся в прибрежно-морских и прибрежно-континентальных условиях, содержащие большое количество ОВ и широко распространенные на всей территории Шу-Сарысуского бассейна [3].

Основной объем исследований по изучению органического вещества (ОВ) пород по керну глубоких и структурно-поисковых скважин Моинкумского прогиба выполнен в 1968-1976 годах. В значительно меньших объемах геохимическим исследованиям охарактеризован керновый материал северной половины бассейна.

Новейшие результаты по исследованию ОВ нижнекаменноугольных отложений получены по площади Марсель (Орталык, Западный Опак, Придорожное). Результаты показали, что среднее содержание остаточного органического углерода (ТОС) для визейских (C1v) и серпуховских (C1sr) отложений составили 0,79 % и 0,5 % соответственно. Установлен III тип керогена, что указывает на газоносный потенциал нижнекаменноугольных отложений. ОВ характеризуется высокой термической зрелостью, отражательная способность витринита (Ro) составляли 1,51 % для нижневизейских и 1,23 % для нижнесерпуховских отложений. Интенсивное погружение в пермский период способствовало созреванию ОВ, последующие инверсия и эрозия привели к частичному разрушению углеводородной системы.

К нефтематеринским породам палеозойского комплекса Кокпансорского и Тасбулакского прогибов могут быть отнесены породы турнейского, визейского и нижней части серпуховского ярусов. Более высоким генерационным потенциалом, по-видимому, первоначально обладали осадки Тасбулакского прогиба.

Катагенетическая эволюция органических веществ НГМТ осуществлялась на фоне длительных во времени непрерывно-прерывистых тектонических движений. Последние предопределили многофазную геологическую историю Тасбулакского и Кокпансорского прогибов.

Породы-коллекторы. Поровые коллекторы распространены преимущественно в терригенных красноцветных и пестроцветных субформациях верхнего девона, карбона и перми, характеризующихся либо региональным, либо зональным развитием. Наиболее широко развиты поровые коллекторы, приуроченные к горизонтам песчаников среднего-верхнего карбона и низов перми. Они встречены на территории почти всего Моинкумского прогиба и широко представлены в Кокпансорском. В средне-верхнекаменноугольных и нижнепермских отложениях поровые коллекторы более распространены, особенно на юге Моинкумского прогиба. Мощность горизонтов песчаников достигает здесь 50 м. В Кокпансорском прогибе в составе рассматриваемых отложений также присутствуют отдельные горизонты песчаников мощностью 15-20 м на Придорожной, Орталыкской и Северо-Придорожной структурах. В центральной и западной частях бассейна они замещаются плотными непроницаемыми разновидностями (Иркудук, Центральная, Катинкамыс). На большинстве локальных структур Таласского поднятия они отсутствуют.

С фаменскими песчаниками связаны скопления углеводородных газов на месторождении Придорожном. Полные разрезы верхнедевонских отложений вскрыты глубокими скважинами, пробуренными в Тасбулакском (структуры Каменистая, Жатыктау), Кокпансорском (структуры Придорожная, Южно-Придорожная, Сев. придорожная, Тереховская, Опак и др.) прогибах и на Нижне-Шуской седловине (структура Бестобе).

В большинстве районов Шу-Сарысуского бассейна отложения верхней перми без видимых несогласий продолжают разрез нижней. Определенной границей здесь служит соленосная толща. Учитывая однородность литологического состава отложений верхнепермского времени, они объединены в терригенно-карбонатный комплекс.

В северо-западной части Шу-Сарысуского бассейна отложения верхней перми выделяются как карбонатно-терригенная субформация, сложенная чередующимися красноцветными песчаниками, алевролитами, аргиллитами, темно-серыми мергелями и редкими прослоями серых и темно-серых глинистых известняков преимущественно в верхней части толщи.

В пределах Кокпансорского прогиба отмечается резкое увеличение мощностей верхней перми с востока на запад, составляя в скважине 1-П Западный Булак около 400 м и резко возрастая до 1500 м и более в районе скважины 1-П Тереховская. Необходимо отметить, что завершающая стадия герцинского тектогенеза привела к интенсивному погружению западной окраины Кокпансорского прогиба. Здесь сформировался узкий меридиональной ориентировки наложенный прогиб, в

котором по результатам структурного бурения и анализа материалов сейсморазведки мощности верхней перми могут составлять порядка 2000 м.

Верхнепалеозойский комплекс пород Шу-Сарысуского бассейна был выведен на дневную поверхность и подвергнут эрозии не только в бортовых частях, но и на центральном Тастинском поднятии. Эти процессы создали благоприятные условия для смены эллизионного режима фильтрационным.

Породы-покрышки. В качестве основных экранов выступают эвапоритовые образования, представленные каменной солью и ангидритами. В Шу-Сарысуском бассейне соленосные отложения распространены в фамене, серпухове и нижней перми. Локальные покрышки, развитые внутри нижнекаменноугольных отложений, сложены ангидритами и сульфатизированными породами небольшой мощности, которые в условиях микро- и макротрещиноватости теряют экранирующие свойства (Саякпай, Малдыбай?).

В составе средне-верхнепалеозойских отложений квазиplatformенного комплекса нижнепермские галогенно-терригенные образования служат региональным флюидоупором.

В Кокпансорском, Моинкумском и Сузак-Байкадамском прогибах роль зональных газопорывов выполняет выдержанная по площади пачка переслаивающихся ангидритов с прослоями соли (Кокпансорский прогиб) и ангидритизированных плотных известняков, залегающая в верхах карбонатов визейского и серпуховского ярусов, а также перекрывающая ее регрессивная толща сульфатизированных аргиллитов и алевролитов со слоями ангидрита. Под этим газопорывом на глубине 1200-1600 м сосредоточены залежи газа на Придорожном и Амангельдинском месторождениях, а также многочисленные залежи на других структурах, оказавшиеся непромышленными из-за низкой емкости коллекторов. В то же время на сравнительно меньшей глубине (600-800 м) в прибортовых частях прогибов, где отмечается выклинивание ангидритов в верхах серпуховского яруса, экранирующие свойства покрышки существенно деградируют вследствие интенсивной макро- и макротрещиноватости (Кумырлы).

Эвапоритовые горизонты D₃ и C₁ являются зональной, а нижнепермские толщи – региональной покрышкой для всей углеводородной системы бассейна. Морские глинистые отложения карбона образуют локальные покрышки для отдельных газовых месторождений.

Выводы.

Катагенетические процессы здесь наиболее интенсивно протекали в конце палеозойской эры, что было обусловлено максимальными скоростями осадконакопления и тектонического погружения. Потенциальные НГМТ верхнего девона и нижнего карбона были вовлечены в зону активного развития процессов генерации нефти во второй половине нижнепермской эпохи. Высокая скорость осадконакопления способствовала процессам генерации и аккумуляции углеводородов. К началу верхнепермской эпохи породы достигли зоны конечных градаций мезокатагенеза.

История развития Кокпансорского и Тасбулакского прогибов свидетельствует о том, что формирование квазиplatformенного чехла происходило в условиях интенсивного прогибания территории с мощным компенсированным осадконакоплением.

Фаменские и нижнекаменноугольные отложения рассматриваются в качестве потенциально нефтегазоматеринских толщ, достигли этапов позднего мезокатагенеза - начального апокатагенеза (МК₅-АК₁) в основном уже к концу верхнепермской эпохи.

В Кокпансорском прогибе к этой категории пород могут быть отнесены темно-серые аргиллиты, приуроченные к верхней части терригенно-галогенных образований фаменского яруса. Здесь при общей мощности отложений 400-500 м на долю терригенных пород приходится 150-200 м.

В Тасбулакском прогибе и Нижнешуской седловине основной объем генерируемых УВ, вероятно, связан с прибрежно-морскими терригенно-карбонатными образованиями нижнего и среднего визе. В Моинкумском прогибе выявленные промышленные скопления углеводородов, вероятнее всего, являются следствием преобразования ОВ, заключенного в породах угленосной толщи нижнего и частично среднего визе.

Список литературы:

1. Комплексное изучение осадочных бассейнов Республики Казахстан (2009–2011 гг.): Шу-

Сарысуский осадочный бассейн. – Астана: Комитет геологии и недропользования, Министерство индустрии и новых технологий Республики Казахстан, 2012. – 3 т.

2. Абдуллин А.А., Цирельсон Б.С., Быкадоров В.А., Арефьев В.Н., Компанейцев В.П., Насонов В.А., Страшевский Н.Л. Тектоника области сочленения структур Урала, Тянь-Шаня и Центрального Казахстана. – Алма-Ата: Наука, 1976. – 238 с.

3. Zhao Zh., Pang X., Li Q., Hu T., Wang K., Li W., Guo K., Li J., Shao X. Depositional environment and geochemical characteristics of the Lower Carboniferous source rocks in the Marsel area, Chu-Sarysu Basin, Southern Kazakhstan // *Marine and Petroleum Geology*. – 2017. – Vol. 81. – P. 134–148. – ISSN 0264-8172. – DOI: 10.1016/j.marpetgeo.2016.12.021.

БАҒЫТ № 3 МҰНАЙ-ГАЗ САЛАСЫНДАҒЫ ИННОВАЦИЯЛЫҚ ТЕХНОЛОГИЯЛАР ЖӘНЕ ОЛАРДЫ ҚОЛДАНУ МҮМКІНДІКТЕРІ

ОӘК 622.276

МҰНАЙ ӨНДІРУДІҢ МЕХАНИКАЛЫҚ ӘДІСІНДЕГІ ИННОВАЦИЯЛЫҚ ТЕХНОЛОГИЯЛАР

**ТАНЖАРИКОВ П.А., техника ғылымдарының кандидаты, профессор
МАКАШЕВ А.Б., магистрант
«Қорқыт ата атындағы Қызылорда университеті» КеАҚ
Қазақстан Республикасы, Қызылорда қаласы**

Аннотация. Бұл мақалада әлемдік мұнай өндірісінде кеңінен қолданылатын бұрандалы сорап қондырғыларының (PCP – *Progressive Cavity Pump*) пайдалану процесінде туындайтын негізгі эксплуатациялық және техникалық мәселелер жан-жақты қарастырылған. Аталған проблемалардың салдары, оларды шешудің тиімді тәсілдері, сондай-ақ бұрандалы сораптардың жұмыс сенімділігіне ықпал ететін факторлар талданады. Үйкеліс пен тозу деңгейін төмендетуге бағытталған заманауи наноқаптамалардың (титан нитриді, хром нитриді, *Diamond-Like Carbon*, титан-алюминий нитриді) пайдалану сипаттамалары, оларды енгізу нәтижелері мен артықшылықтары көрсетіледі.

Сонымен бірге наноқаптамаларды қалыптастырудың қазіргі инновациялық әдістері, атап айтқанда физикалық буландыру және конденсациялау, химиялық буландыру арқылы қабат тұндыру, сондай-ақ жоғары энергиялы плазма көмегімен металл бетіне наноқабат енгізу технологиялары сипатталады. Наноқаптамамен өңделген және өңделмеген бұрандалы сорап қондырғыларының эксплуатациялық көрсеткіштері салыстырмалы түрде талданып, олардың тиімділігі бағаланады.

Шетелдік мұнай компанияларының кен орындарындағы өндірістік тәжірибелері негізінде нақты деректер келтіріліп, наноқаптамалардың тиімділігі сораптардың нақты жұмыс көрсеткіштері арқылы кестелер мен графиктерде ұсынылған. Зерттеу нәтижелері наноқаптамаларды қолдану бұрандалы сораптардың қызмет ету мерзімін 1,5–3 есе арттырып, сенімділігін жоғарылататынын және жөндеуаралық пайдалану уақытын едәуір ұзартатынын дәлелдейді. Сонымен қатар мұнай өндіру саласындағы инновациялық технологияларды дамытудың келешектегі перспективалары айқындалады.

Түйін сөздер: бұрандалы сорап қондырғысы, наноқаптама, наноқұрылымдық қаптама, инновациялық бағыт, үйкеліс, коррозия.

Аннотация. В статье всесторонне рассмотрены основные эксплуатационные и технические проблемы, возникающие в процессе использования винтовых насосных установок (PCP – *Progressive Cavity Pump*), широко применяемых в мировой нефтедобывающей отрасли. Проанализированы последствия указанных проблем, эффективные способы их решения, а также факторы, влияющие на надежность работы винтовых насосов. Представлены эксплуатационные

характеристики современных нанопокровтий, направленных на снижение трения и износа (нитрид титана, нитрид хрома, Diamond-Like Carbon, нитрид титана-алюминия), а также результаты их внедрения и основные преимущества.

Наряду с этим описаны современные инновационные методы формирования нанопокровтий, в частности технологии физического осаждения из паровой фазы и конденсации, химического осаждения из газовой фазы, а также введения нанослоев на металлическую поверхность с использованием высокоэнергетической плазмы. Проведен сравнительный анализ эксплуатационных показателей винтовых насосных установок с нанопокровтиями и без них, на основе которого дана оценка их эффективности.

На основе производственного опыта зарубежных нефтяных компаний на месторождениях приведены фактические данные, а эффективность нанопокровтий представлена в виде таблиц и графиков с использованием реальных эксплуатационных показателей насосов. Результаты исследований подтверждают, что применение нанопокровтий увеличивает срок службы винтовых насосов в 1,5–3 раза, повышает их надежность и значительно продлевает межремонтный период эксплуатации. Также обозначены перспективы дальнейшего развития инновационных технологий в сфере нефтедобычи.

Ключевые слова: винтовая насосная установка, нанопокровтие, наноструктурированное покрытие, инновационное направление, трение, коррозия.

Annotation. This paper provides a comprehensive analysis of the main operational and technical problems that arise during the use of progressive cavity pump (PCP) systems, which are widely applied in the global oil production industry. The consequences of these problems, effective approaches to their mitigation, and the factors affecting the reliability of progressive cavity pumps are examined. The operational characteristics of modern nanocoatings aimed at reducing friction and wear—such as titanium nitride, chromium nitride, diamond-like carbon (DLC), and titanium–aluminum nitride—are presented, along with the results of their implementation and key advantages.

In addition, contemporary innovative methods for nanocoating formation are described, including physical vapor deposition and condensation techniques, chemical vapor deposition processes, and the application of nanoscale layers to metal surfaces using high-energy plasma. A comparative analysis of the performance parameters of progressive cavity pump systems with and without nanocoatings is conducted, providing an assessment of their effectiveness.

Based on the field experience of international oil companies at production sites, empirical data are presented, and the effectiveness of nanocoatings is illustrated through tables and graphs using actual pump performance indicators. The research results demonstrate that the application of nanocoatings increases the service life of progressive cavity pumps by 1.5–3 times, enhances their reliability, and significantly extends the maintenance-free operating period. Prospects for the further development of innovative technologies in the oil production sector are also outlined.

Keywords: progressive cavity pump system, nanocoating, nanostructured coating, innovative approach, friction, wear, corrosion.

Кіріспе. Бұрандалы сорап – көлемдік әрекет принципімен жұмыс істейтін сорап түрі болып табылады және ол металл ротордан (бұрандалы білік) және эластомер қабатымен қапталған статордан тұрады. Ротордың айналмалы қозғалысы нәтижесінде сұйықтық бір камерадан келесісіне ығыстырылып, ұңғыманың түбінен жер бетіне үздіксіз тасымалданады.

Бұрандалы сорап қондырғыларының негізгі ерекшеліктеріне төмендегілер жатады:

- тұтқырлығы жоғары мұнайды тиімді өндіру мүмкіндігі;
- құрамында құм, су және газ мөлшері көп қабат сұйықтықтарында тұрақты жұмыс істеу қабілеті;
- құрылымының салыстырмалы түрде қарапайымдылығы, алайда тозуға бейімділігі.

Бұрандалы сорап қондырғылары жоғары тұтқыр, механикалық қоспаларға бай және газ факторы жоғары қабат сұйықтықтарын өндіру кезінде әлемдік мұнай өндіру тәжірибесінде ең нәтижелі технологиялардың бірі ретінде кеңінен қолданылады. Дегенмен, олардың ұзақ мерзімді пайдаланылуын шектейтін басты себеп – ротор мен статор беттерінде жүретін қарқынды абразивтік және коррозиялық тозу үдерістері болып табылады [1].

Бұрандалы сорап қондырғыларын пайдалану барысында жиі кездесетін негізгі мәселелерге мыналар жатады:

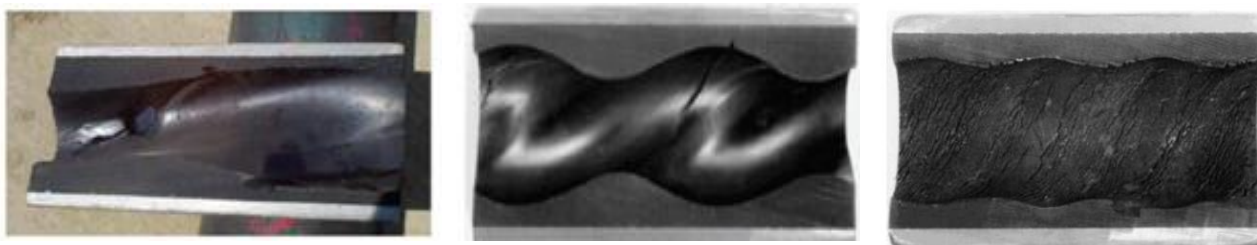
Механикалық және коррозиялық тозу – мұнай мен газ құрамындағы агрессивті химиялық компоненттер сораптың металл бөлшектеріне кері әсер етіп, олардың беріктігі мен қызмет ету мерзімін төмендетеді.

Газ факторының ықпалы – қабат сұйықтығында газдың көп мөлшерде болуы оның тығыздығын азайтып, сораптың қалыпты жұмыс режимін бұзады, соның салдарынан көтеру қабілеті төмендейді.

Құм мен қатты бөлшектердің әсері – механикалық қоспалардың ротор мен статор бетімен үйкелісі нәтижесінде беткі қабаттың жедел тозуы байқалады, бұл сораптың тиімділігіне теріс ықпал етеді.

Температуралық және химиялық факторлар – ұңғыма бойындағы температураның өзгеруі металл бөлшектердің кеңеюі мен сығылуын тудырып, олардың құрылымдық тұрақтылығына әсер етеді және қосымша механикалық тозуға әкеледі [2].

Төменде келтірілген 1-суретте бұрандалы сорап қондырғыларында пайдалану барысында тозуға ұшыраған статор эластомерлері мен металл бөлшектерінің мысалдары көрсетілген.



Сурет 1. Пайдалану барысында тозуға ұшыраған бұрандалы сораптың статорлары мен эластомер қабаттарының жалпы көрінісі.

Жоғарыда сипатталған факторлардың әсерінен бұрандалы сорап қондырғыларының жұмысына бірқатар жағымсыз салдарлар тән болады. Ең алдымен, сорап элементтерінің тозуы оның өнімділігі мен қуаттық көрсеткіштерінің төмендеуіне әкеледі, соның нәтижесінде мұнайды көтеру тиімділігі 15–30% аралығында азаяды.

Сонымен қатар механикалық тозудың күшеюі сорап жүйесінің өзге де тораптарына қосымша жүктеме түсіріп, энергия шығынының артуына себеп болады. Бұл жағдай жоспардан тыс жөндеу жұмыстарын көбейтіп, техникалық қызмет көрсету уақытының ұлғаюына алып келеді. Тозу деңгейінің жоғарылауы жөндеуаралық кезеңнің қысқаруына да әсер етіп, сорапты жиі ауыстыру немесе қалпына келтіру қажеттілігін туындатады, нәтижесінде өндірістік шығындар өседі [3].

Сораптың жекелеген бөліктерінің газбен толып қалуы мұнайдың көтерілу процесін бұзып, өндірудің тұрақсыздығын арттырады. Мұндай жағдайда сорап сұйықтықсыз немесе жартылай сұйықтық режимінде жұмыс істеп, оның жұмыс қабілеттілігі мен сенімділігі едәуір төмендейді.

Төменде келтірілген 2-суретте ұзақ мерзімді пайдалану нәтижесінде тозуға ұшыраған бұрандалы сорап роторларының беткі зақымданулары көрсетілген.



Сурет 2. Тозу белгілері айқын байқалатын бұрандалы сорап роторлары.

Аталған жағымсыз әсерлерді азайту немесе олардың даму қарқынын баяулату мақсатында өндірісте түрлі техникалық және технологиялық шешімдер қолданылады. Негізгі бағыттарға мыналар жатады:

Материалдарды жетілдіру – тозуға және коррозияға төзімді жабындарды, сондай-ақ жаңа буын эластомер материалдарын қолдану арқылы сорап элементтерінің қызмет мерзімін арттыру.

Газ факторының ықпалын төмендету – ұңғыма сағасында немесе сорап алды аймағында газды бөліп алуға арналған сепараторларды орнату, қысым режимін тұрақты бақылау арқылы сорап жұмысының тиімділігін оңтайландыру.

Құм мен қатты бөлшектерге қарсы шаралар – қабат сұйықтығынан механикалық қоспаларды бөлу үшін құм тұтқыштар мен алдын ала сүзу жүйелерін енгізу.

Жетек жүйесін жетілдіру – қабат жағдайына сәйкес сораптың жетегі мен қосалқы бөлшектерін дұрыс таңдап, конструкциялық өзгерістер енгізу.

Мониторинг және диагностика жүйелерін қолдану – жүктемелерді уақтылы бақылап, артық жұмыс режимдерінің алдын алу арқылы сораптың сенімділігін арттыру [4].

Зерттеу материалдары мен әдістері. Соңғы жылдары үйкеліс коэффициентін төмендетуге бағытталған наноқұрылымды жабындарды қолдану бұрандалы сорап қондырғыларының ротор беттерінің пайдалану қасиеттерін жақсартатыны және жүйенің жалпы сенімділігін едәуір арттыратыны тәжірибелік зерттеулермен дәлелденді. Үйкеліс пен тозуды азайтудың тиімді тәсілдерінің бірі ретінде наноқаптамаларды пайдалану ерекше маңызға ие.

Наноқаптама – қалыңдығы шамамен 10–100 нм аралығында болатын, металл бетінде қорғаныш қызметін атқаратын қатты әрі беріктігі жоғары қабат [5]. Мұндай жабындар металл бетінде үйкелісті азайтып, коррозияға төзімділікті арттырады, сондай-ақ жоғары температуралық және механикалық әсерлерге қарсы тұру қабілетін күшейтеді.

Наноқаптамалардың тиімділігі олардың құрылымдық ерекшеліктері мен физика-химиялық қасиеттеріне тікелей байланысты. Зерттеу нәтижелері ротор бетіне енгізілген көміртекті және нитридті негіздегі қатты наноқабаттардың тозу үдерісін микродеңгейде бәсеңдететінін көрсетеді.

Наноқаптамаларды алу барысында наноқұрылымды материалдар және жабын құрамына нанокоспаларды енгізудің әртүрлі химиялық және физикалық әдістері қолданылады. Бұл тәсілдер жабын құрылымын өзгертіп, толығымен немесе ішінара нанобөлшектерден тұратын қабаттардың қажетті эксплуатациялық қасиеттерін қамтамасыз етеді [6].

Қазіргі таңда наноқаптамаларды қалыптастырудың келесі негізгі технологиялық әдістері кеңінен қолданылады:

- қорытпа құрамына қатты аморфты фазаларды енгізу арқылы кристаллит өлшемін азайту және TiAlN+Si, TiMoN+Si, TiCrN тәрізді наноқұрылымды материалдарды алу;
- ауысымалы наноқабаттардан тұратын көпқабатты жабындарды қолдану;
- мозаикалық катодтарды жоғары жылдамдықпен шашырату арқылы наноқұрылымды қабаттарды қалыптастыру;
- иондық сәулелерді пайдалану негізінде наноқұрылымдарды синтездеу.

Қазіргі уақытта жұқа қорғаныш қабаттарды алуда кеңінен қолданылатын технологиялардың бірі – PVD (Physical Vapor Deposition) әдісі. Бұл технология вакуумдық ортада жабын материалының булануы және оның субстрат бетіне конденсациялануы арқылы жұқа қабат қалыптастыруға негізделген. PVD процесінде жабын материалы (мысалы, титан немесе хром) вакуумда буланып, пайда болған атомдар мен молекулалар өңделетін беттің үстіне шөгіп, біркелкі пленка түзеді [7].

PVD әдісі металдардан, керамикалық материалдардан, шыны мен полимерлерден жасалған әртүрлі субстраттарға жұқа пленкалар түсіруге мүмкіндік береді. Қабат түсіру алдында субстрат беті мұқият майсыздандырылып, механикалық және химиялық жолмен тазартылады, қажет болған жағдайда термиялық өңдеуден немесе жылтыратудан өткізіледі. Дайындалған бөлшек вакуумдық камераға орналастырылып, онда қысым атмосфералық деңгейден едәуір төмендетіледі. Материалды буландыру үшін катодты шашырату, электронды-сәулелік немесе термиялық буландыру әдістері қолданылады. Буланған бөлшектер вакуумда қозғалып, кей жағдайларда азот немесе оттегі газдарымен әрекеттесе отырып, субстрат бетінде қалыңдығы шамамен 0,25–4 мкм аралығындағы жұқа және тығыз жабын түзеді. Қабат қалыптасқаннан кейін бөлшекке қосымша өңдеу, мысалы, бет сапасын жақсарту мақсатында жылтырату жүргізілуі мүмкін [8].

Жұқа қабаттар алудың тағы бір тиімді тәсілі – CVD (Chemical Vapor Deposition), яғни химиялық буландыру арқылы шөгінді қабат алу әдісі. Бұл технология газ тәрізді прекурсорларды пайдалану арқылы жоғары температура жағдайында субстрат бетінде қатты материал қабатын қалыптастыруға негізделген. Процесс арнайы камерада жүзеге асырылады, мұнда газ қоспалары қыздырылып, ыдырау нәтижесінде қажетті элементтер бөлініп шығады да, субстрат бетінде химиялық реакциялар арқылы біртекті қатты қабат түзеді [9].

CVD әдісі тозуға, коррозияға және химиялық әсерлерге төзімді жоғары сапалы жабындар алуға мүмкіндік береді. Құрамында қажетті элементтері бар газ прекурсорлары камераға беріліп, жоғары температура әсерінен ыдырайды, ал пайда болған атомдар субстрат бетінде бірігіп немесе реакцияға түсіп, қажетті жабын түзеді. Реакция нәтижесінде түзілген газ тәрізді қалдықтар камерадан шығарылып, арнайы тазарту жүйелері арқылы бейтараптандырылады. Бұл әдістің негізгі артықшылықтарына қабаттың жоғары біркелкілігі, күрделі геометриялық пішіндердің ішкі беттерін қоса жабу мүмкіндігі, сондай-ақ әртүрлі материалдық құрамдағы жабындарды алу мүмкіндігі жатады. Сонымен қатар CVD жабындары металл бөлшектерді агрессивті орта әсерінен тиімді қорғайды [10].

Наноқаптама алудың заманауи әдістерінің бірі – плазмалық-ионды бүрку, яғни жоғары энергиялы плазма көмегімен металл бетіне наноқабат енгізу технологиясы. Бұл процесс вакуумдық камерада жүргізіледі, онда жабын материалы буланып, плазмалық күйге өтеді. Электр өрісінің әсерінен жылдамдатылған иондар субстрат бетіне жоғары энергиямен соғылып, оның беткі атомдарымен берік химиялық және металлургиялық байланыстар түзеді. Нәтижесінде өте қатты, тығыз және тозуға төзімді қорғаныш қабат қалыптасады. Аталған әдіс бұрандалы сорап роторларының болат бетінде жұқа, бірақ жоғары беріктік пен тегістікке ие жабын алуға мүмкіндік береді [11].

Нәтижелер және талқылау. Жүргізілген талдау көрсеткендей, аталған технологиялар қолдану мақсаты мен қажетті эксплуатациялық талаптарға байланысты таңдалады. Плазмалық-ионды бүрку бұрандалы сорап қондырғыларының сенімділігін арттыруда ең тиімді наноқаптама әдістерінің бірі болып саналады, себебі ол ротор бетінің механикалық беріктігін күшейтіп, үйкеліс коэффициентін төмендетеді және коррозиялық әрі абразивтік тозуды айтарлықтай азайтады.

CVD технологиясын қолдану бұрандалы сорап роторларының тозуға төзімділігін, коррозияға қарсы тұрақтылығын және сыртқы орта әсеріне беріктігін арттырады. Ал PVD әдісі жабынның қаттылығын, тозуға төзімділігін және бет сапасын жақсартуға мүмкіндік береді. Аталған технологияларды өндірісте енгізу экономикалық тұрғыдан тиімді болып табылады, себебі сораптардың істен шығуынан туындайтын тоқтап қалу уақыты мен жөндеу шығындары бірнеше есе қысқарады [12].

Зерттеу нәтижелері наноқаптамалар қолданылған роторларда үйкеліс коэффициенті 40–60% төмендейтінін, олардың қызмет ету мерзімі 2–3 есеге дейін артатынын және сораптардың жөндеуаралық пайдалану кезеңі орта есеппен 25–30% ұзарғанын көрсетті.

Жалпы алғанда, әлемдік тәжірибеде қолданылып жүрген наноқаптамалардың түрлері жыл сайын қарқынды түрде жетілдіріліп, олардың функционалдық мүмкіндіктері кеңейіп келеді. Салыстырмалы тұрғыдан алғанда, наноқаптамаларды өнеркәсіпте пайдалану әлі де жаңа әрі перспективалы технологиялық бағыттардың қатарына жатады [13].

Қорытынды. Зерттеу жұмысында бұрандалы сорап қондырғыларын пайдалану барысында өндірісте жиі кездесетін негізгі мәселелерді шешудің тиімді жолы ретінде наноқаптамаларды қолдану мүмкіндігі жан-жақты қарастырылды. Бұрандалы сораптардың роторлары мен статор беттеріне наноқаптамаларды енгізу Қазақстанның мұнай өндіру саласында ресурстарды үнемдеуді қамтамасыз етумен қатар, технологиялық тәуелсіздікті арттыруға бағытталған стратегиялық маңызы бар шешімдердің бірі болып табылады. Алдағы кезеңде бұл технологияларды кең көлемде енгізу және оларды отандық ғылыми-зерттеу әлеуетімен үйлестіру басты мақсат ретінде айқындалады.

Алынған ғылыми және тәжірибелік нәтижелерге сүйене отырып, Қазақстанда бұрандалы сорап жабдықтарын жетілдіру бағытында төмендегі стратегиялық басымдықтарды белгілеуге болады:

Жергілікті наноқаптама орталықтарын дамыту – мұнай өндіру қарқынды жүргізілетін өңірлерде өндірістік және зертханалық инфрақұрылымды қалыптастыру;

Қаптама материалдарының номенклатурасын кеңейту – DLC, TiN, CrN, Al₂O₃ және көпқабатты гибриді жабындарды тәжірибелік сынақтан өткізу;

Жұмыс жағдайына бейімделген қаптамаларды жобалау – парафинге, тұзға және механикалық қоспаларға бай ұңғымалар үшін арнайы құрылымдық шешімдер әзірлеу;

Цифрлық мониторинг жүйелерін енгізу – бұрандалы сораптардың (PCP) негізгі жұмыс параметрлерін нақты уақыт режимінде бақылау және тозу үдерістерін болжау модельдерін жасау;

Ғылыми-өндірістік ынтымақтастықты нығайту – ұлттық зерттеу университеттері мен халықаралық инженерлік орталықтармен бірлескен ғылыми-техникалық жобаларды жүзеге асыру.

Аталған шараларды кешенді түрде іске асыру ұзақ мерзімді перспективада Қазақстанның мұнай-газ секторының технологиялық дербестігін арттыруға, бұрандалы сорап жабдықтарының сенімділігі мен пайдалану тиімділігін жоғарылатуға, сондай-ақ отандық ғылыми-техникалық әлеуетті жаңа сапалық деңгейге көтеруге мүмкіндік береді.

Әдебиеттер тізімі:

1. Е.С. Көшекбаев, П.А. Танжариков, Н.С. Сулейменов. Штангалы бұрандалы сорапты қондырғылармен жабдықталған ұңғылардың жұмыс тиімділігін арттыру. Нефть и газ. – 2024. – №1(139) – 95-105 [E.S. Koshekbayev, P.A. Tanzharikov, N.S. Sulejmenov. Shtangaly burandaly sorapty qondyrgylarmen zhabdyktalghan ungylardyn zhumys tiimdiligin arttyru. Neft' i gaz. – 2024. – №1(139) – 95-105].
2. Gabisov R.R. et al. Elastomer degradation in screw pump stators under extreme thermal load // Oilfield Engineering. – 2017. p. 41-48
3. Сэнди Уильямс, Джей Ф. Ли. Винтовые насосные установки. Часть 2. – 2014, с. 3-5 [Sjendi Uil'jams, Dezhj F. Li. Vintovye nasosnye ustanovki. Chast' 2 – 2014, S. 3-5].
4. Валовский В.М. Винтовые насосы для добычи нефти: учебное пособие. 2012г. с. 248 [Valovskij V.M. Vintovye nasosy dlja dobychi nefti: uchebnoe posobie. 2012g. s 248].
5. Zhang, X., & Smith, J. Nanocoatings for Tribological Applications in Oil & Gas. Materials Today, 2020, p. 45–60.
6. Patel, R., et al. Diamond-Like Carbon (DLC) Coatings in Downhole Equipment: A Review. Tribology International, 2019, p. 213–230.
7. Holmberg K., Matthews A. Coatings Tribology: Properties, Techniques and Applications in Surface Engineering., Elsevier, 2009, p. 315-317.
8. Robertson J. Diamond-like amorphous carbon: structure, properties and applications // Materials Science and Engineering R. – 2002, Vol. 37. – p. 129–131.
9. Mattox D.M. Handbook of Physical Vapor Deposition (PVD) Technology. – Elsevier, 2010, p. 213-215.
10. Ohring M. Materials Science of Thin Films: Deposition and Structure, Academic Press, 2002, p. 257-260.
11. Smith, A., & Lee, K. Field Trials of TiN and CrN coatings on rotating shafts. Journal of Engineering Solutions, 2021, p. 102–118.
12. Veprek S., Argon A.S. "Mechanical properties of superhard coatings, Surface and Coatings Technology, 2002, p. 146-147, 175-182.
13. Fox-Rabinovich G., Totten G., Self-Organization During Friction: Advanced Surface Engineered Materials, CRC Press, 2006, p. 95-98.

ӘӨЖ 622.276.5:622.244.25

ДИАГНОСТИКАЛАУ АРҚЫЛЫ ЭЛЕКТР ОРТАДАН ТЕПКІШ СОРАПТАРДЫҢ ТЕХНИКАЛЫҚ КҮЙЛЕРІН БАҒАЛАУ

Н.Ә. ӘБІЛДАЕВ техника ғылымдарының кандидаты, аға оқытушы
ӘЛІМХАН Н.Н. білім алушы
«Қорқыт Ата атындағы Қызылорда университеті» ҚсАҚ
Қазақстан Республикасы, Қызылорда қаласы

Аннотация. В данной работе рассмотрены общие предпосылки для проведения процесса технического диагностирования, профилактики, технического обслуживания и ремонта ЭЦН. Существует целый перечень методических рекомендаций по проведению подобных операций. Во многих случаях они основаны на анализе информации, полученной из системы телеметрии. Средства диагностики кнопочных электроприборов отличаются от средств методов диагностики других устройств тем, что кнопочное оборудование имеет ряд технологических и эксплуатационных особенностей. Они различаются как по характеристикам измеряемым и анализируемым по структуре и составу систем диагностики, так же по результатам, используют большое количество методик определения и прогнозирования кнопочных электроприборов.

Ключевые слова. Техническое состояние, диагностика, измеряемые физические величины, отказы, техническое обслуживание.

Annotation. In this paper, the general prerequisites for carrying out the process of technical diagnostics, prevention, maintenance and repair of electronic control systems are considered. There is a whole list of methodological recommendations for conducting such operations. In many cases, they are based on the analysis of information received from the telemetry system. Diagnostic tools for push-button electrical appliances differ from diagnostic tools for other devices in that push-button equipment has a number of technological and operational features. They differ both in the characteristics measured and analyzed in the structure and composition of diagnostic systems, as well as in the results, and use a large number of methods for determining and predicting push-button electrical appliances.

Keywords. Technical condition, diagnostics, measurable physical quantities, failures, maintenance.

Сорап деп әртүрлі сұйықтарды айдауға арналған құрылғыны атайды. Олардың жұмыс жасау принципі құбыр бойымен сұйықтың орын ауыстыруына шығын жұмсаумен негізделеді. Сұйықты бір пунктен келесі пунктке дейін жеткізу үшін осы пункттерді қосатын құбырда жылжымайтын сорап орналасады. Сорап сұйыққа қозғалу үшін энергия береді, яғни бір жағынан сұйықты сорады және екінші жағынан сұйықты айдайды.

Сәйкесінше, сораптың жұмысын құбырға қосудан бөлек қарастыратын болсақ, онда оның жұмыс жасауы төмен қысым кеңістігінен жоғары қысым кеңістігіне сұйықтың орын ауыстыруына негізделген. Мұнай газ өңдеу өнеркәсібіндегі ортадан тепкіш сораптарды негізінен келесі топтарға бөлуге болады:

Суық – айдалып жатқан мұнай өнімдерінің температурасы 250°C-ға дейін

Ыстық – айдап жатқан өнімдердің температурасы 250°C-дан 400°C-ға дейін

Қышқыл және сілтілерді айдау

Мұнай газдары мен су айдауға арналған электр ортадан тепкіш сораптарға техникалық қызмет көрсету.

Бұл процедураның жиілігі көптеген факторларға байланысты, мысалы: тұтқырлық, қаттылық, айдалатын ортаның температурасы, қатты қоспалардың болуы, қосылған кернеудің сипаттамалары, қозғалтқыш түрі және т.б. бұл көбінесе жабдықтың жұмыс жағдайына байланысты: жабдық неғұрлым ауыр жағдайда жұмыс атқаратын болса, соғұрлым орталықтан тепкіш сорапқа қызмет көрсету қажет болады.

Егер бұл процедуралар уақтылы орындалса, орталықтан тепкіш сораптар істен шықпай, ұзағырақ жұмыс істейді. Бұл қосалқы бөлшектерді үнемдеуге мүмкіндік береді.

Келесі қадамдар сорапты агрегатқа тұрақты техникалық қызмет көрсету шеңберінде жүзеге асырылады (шамамен әр 700-750 сағат сайын)

- * Мойынтірек жинағындағы майды ауыстыру.
- * Май желілерін шайып шығу.
- * Машинаның дұрыс жұмыс істеуін тексеріңіз (қажет болса реттеңіз).
- * Картерді шайыңыз және оны бөгде заттардан тазалау.
- * Мойынтіректерді тексеріп, қажет болса оларды ауыстыру.
- * Тығыздағыштарды тексеру.
- * Муфталар мен арнайы тығыздағыштарды тексеру.
- * Қосылымдардағы гидравликалық қорғанысты үрлеңіз.

Ортадан тепкіш сорап 4300-4500 сағат жұмыс істеген кезде жоспарлы техникалық қызмет көрсету қажет. Бұл жағдайда келесі қадамдар орындалады.

- * Құрылғы толығымен бөлшектеледі.
- * Әрбір жеке компонент рұқсат етілген жұмыс параметрлеріне сәйкестігі тексеріледі.
- * Ротордың орнына тығыз орналасқанына көз жеткізу үшін тексеріледі. Ортадан тепкіш сорап жұмыс істеп тұрған кезде сұйық корпустан ағып кетпеуі керек.
- * Барлық бөлшектер сәйкестікке мұқият тексеріледі. Егер қандай да бір ақаулар анықталса, олар мамандандырылған жабдықты қолдана отырып, тапсырыс берушінің өз күшімен жойылады. Егер бұл мүмкін болмаса, бөлшектерді ауыстыру қажет болады.
- * Домалау мойынтіректерінің жалпы жағдайына қарамастан, олар ауыстырылуы керек.
- * Корпуста жарықтардың бар - жоғын тексеру үшін арнайы жабдық-дефектоскоп қолданылады.

Егер сорап-қозғалтқыш қондырғысы шамамен 25000 сағат жұмыс істесе немесе толығымен істен шықса, келесі қадамдар орындалады:

- * Ең алдымен білікті маман ортадан тепкіш сорапқа тұрақты техникалық қызмет көрсетуді, содан кейін жоспарлы жөндеуді ұйымдастыру қажет.
- * Осыдан кейін арнайы құралдарды қолдана отырып, барлық қозғалатын бөліктер мен әртүрлі компоненттерге мұқият диагноз қойылады.
- * Егер қандай да бір бөлшек рұқсат етілген нормадан жоғары тозған болса, оны ауыстыру қажет.

Сорап қондырғысын бөлшектеп содан кейін блоктың негізгі тақтасындағы орындарды қолайлы деңгейге дейін жөндеу, тегістеу және нығайту қажет. Қажет болған жағдайда бекіту орындары қайта бұрғыланады. Содан кейін сорап жиналып іске қосылады. Құрылғы максималды рұқсат етілген қысымнан шамамен 0,5 МПа жоғары жүктелуі керек. Егер бәрі жақсы болса, күрделі жөндеу аяқталған болады.

Айта кету керек, ортадан тепкіш сорап агрегаттарына техникалық қызмет көрсету және жөндеу бойынша барлық жұмыстар электр қуаты мен объектідегі дренаж жүйесі ажыратылғаннан кейін ғана жүргізілуі керек. Барлық процедуралар құрылғыны орнату орнында орындалады, ал компоненттер мамандандырылған кәсіпорында қалпына келтіріледі.

Сорап жақсы жұмыс істеп тұрса да, белгіленген техникалық қызмет көрсету аралықтарын сақтау қажет. Мұны техникалық қызмет көрсету бөлімі сорап түрінің дизайны туралы жеткілікті білімі болған жағдайда жасай алады. Сондықтан, егер инженерлердің құзыреттілігіне күмән туындаса, бұл жұмысты жеткізушіге немесе осы жұмыс түріне мамандандырылған компанияға тапсырған дұрыс.

Жабдықты тексеру барлық тозатын бөліктердің диагностикасын қамтуы керек: жетек жүйелері, мойынтіректер және тығыздағыштар. Дәл осы соңғы фактор сораптардың ақауларының көпшілігінің себебі болып табылады.



Сурет 1. Диагностикалау жұмысы

Тұрақты тексерулерге балама-диагностикалық жабдықты қолдана отырып, сенсорлық көрсеткіштермен немесе тұрақты өлшемдермен сорапты үнемі бақылайды. Бұл өлшемдер көбінесе үш шаманы қамтиды: діріл, температура және ультрадыбыстық. Діріл өлшегішті тікелей сорапқа орнатуға болады және діріл жиілігін, жылдамдығын және қозғалысын үздіксіз басқара алады және оларды номиналды мәндермен салыстыра алады. Діріл қозғалатын бөліктердің, әсіресе ротордың және домалау мойын тіректерінің күйі туралы түсінік береді, ал тіркелген ауытқулар осы бөліктердің тозуы туралы нақты түсінік береді.

Жылу камерасы арқылы температураны өлшеу ұқсас функцияны орындайды. Температураның жергілікті көтерілуіне байланысты бұл компоненттің тозуы немесе дұрыс жұмыс істемеуі ықтималдығы жоғары. Мұны ультрадыбыстық құралмен тексерген кезде сигнал деңгейінің басқа нүктелерден айырмашылығы да көрсетеді. Сонымен қатар, ультрадыбысты кавитация құбылыстарын диагностикалау үшін қолдануға болады: жарылған ауа көпіршіктері құрылғымен оңай анықталатын ерекше дыбыс шығарады.

Жүйедегі қысым сенсоры сораптың күйі туралы жалпы ақпарат береді. Қысымды үнемі бақылап отыру арқылы ол болашақ өлшеулер үшін сілтеме ретінде қызмет ететін анықтамалық мәнді қамтамасыз етеді.

Электр ортадан тепкіш сорапты қондырғыларды (ЭОТСК) техникалық диагностикалау мен жөнделуінің алдын-алудың үдерісін жүргізудің жалпы алғы шарттары жоқ, алайда бұл секілді операцияларды жүргізу бойынша әдістемелік ұсыныстардың бүтін тізімі бар. Көптеген жағдайларда олар телеметрия жүйесінен алынған ақпаратты талдауға негізделген. Батырмалы электржабдықтарды диагностикалаудың әдістерімен құралдары басқа құрылғыларды диагностикалау әдістерімен құралдарынан ерекшеленеді, себебі батырмалы жабдықтар жоғарыда көрсетілген бірқатар технологиялық және пайдалану ерекшеліктеріне ие. Олар диагностикалау жүйелерінің құрылымы мен құрамы бойынша өлшенетін және талданатын сипаттамалар бойынша да ажыратылады және де, нәтижесі ретінде, батырмалы электржабдықтарының техникалық күйін анықтау мен болжаудың үлкен көптеген әдістемелері қолданылады.

Техникалық күйді диагностикалау критерийлері деп бақылау жүйесімен өлшенетін физикалық шамалар, олар батырмалы электржабдықтардың техникалық күйін талдау үшін пайдаланылады. Электр ортадан тепкіш сорапты қондырғыларға қатысты алғанда, диагностикалау объектісі динамикалық типтегі қалақтық сорап болып табылады, бұл типтегі жабдықтардың техникалық күйін келесідей сипаттамалар бойынша бағаланылуы мүмкін:

- құрастырылым тораптарының дірілі;
- корпус температурасы;
- электрлік сипаттамалар (ток,кернеу, ПЭК, және т.б.)

Техникалық диагностикалау үдерісін әртүрлі іске асырулар бар, оларды қолданылатын зерттеу әдістеріне тәуелді түрде келесідей топтарға жіктеуге болады:

-пайдалану сипаттамаларын және белгінің амплитудалық-жиіліктік сипаттамаларын талдауды тіркеу әдістері;

-нейрондық желілерді, анық емес логиканы, детерминерленген ретсіздікті қолдану;

-ықтималдық-статистикалық әдістер.

Фролов С.В., Алиев Т.М. [1] жұмыстарында мұнайкәсіпшілік жабдықтарды пайдалану сипаттамаларынан істен шығуға дейін жұмыс істеудің регрессиялық тәуелділіктерін салу жолымен жабдықтардың істен шықпай жұмысын болжауды қамтамасыз ету сұрақтары қарастырылған. Жұмыста, электр ортадан тепкіш сорапты қондырғылардың істен шығуға дейінгі жұмысы, қондырғының құрастырылымдық ерекшеліктерімен, пайдалану шарттарымен(ұңғыманың геологиялық құрылымымен жұмыс режимі, қабаттың коллекторлық қасиеттері мен термодинамикалық қасиеттері, мұнай құрамы, климаттық шарттар және т.с.с.) анықталатындығы көрсетілді. Автор мұнайкәсіпшілік жабдықтарды пайдалану жөнінде қорытынды жасайды, қондырғыға әсер ететін берілген шамалар, стохастикалық сипатқа ие, бұл өз кезегінде электр ортадан тепкіш сорапты қондырғылардың істен шығуға дейінгі жұмысын кездейсоқ шама деп сипаттайды. Ұсынылған әдістеме келесідей тұжырымдарды басшылыққа ала отырып қалыптасады: кез келген жабдық пайдалануын белгілі бір шарттарына есептеледі(механикалық қоспалар, ілу тереңдігі, қабат сұйықтығының сулануы және т.с.с.)

Бұл шарттар оларды күнделіктің бірнеше категориясына болумен келесідей жинақтап қорытылады, ұңғыманың сипаттамаларының жиынтығы бойынша, осы ұңғымада берілген қондырғыны қолдануға мақсатқа лайықты бола ма әлде жоқ па. Әдісті іске асыру төменде келтірілген: Электр ортадан тепкіш сорапты қондырғылар істен шығуға дейін жұмысына аспалы түйірлердің мөлшері (АТМ), қанығу қысымы мен ұңғыма оқпанының қысықтығы, қабаттағы қысым әсер ететін ұңғыманың факторлар тізімі(сипаттамалары) қабылданады.(мамандар тәжірибесі мен регрессиялық талдауға негізделі отырып). «Айып баллдары» деп аталатын енгізіледі және бұл баллдардың санының таңдалған сипаттамалардың мәнінен тәуелділігі анықталады. Мысалы, Моос бойынша техникалық қоспалардың қаттылығы үшін <5 мәні кезінде «айып баллдарының» қосындысы 0 тең, 5 аса - «айып баллдарының» қосындысы әрбір бөлек жағдайда жекеше анықталатын коэффициенттермен сызықтық тәуелділік бойынша анықталады. Мамандар тәжірибесі негізінде ұңғыманың белгілі бір күрделілік категориясын беретін «айып баллдарының» қосындысы анықталады. Әрі қарай бұл сипаттамалардың категориялықты жалпы бағалау кезіндегі салмақтылығы (маңыздылығы) анықталады. Бұл мәндер әрі қарай жаңа статистикалық мәліметтерді алу үдерісінде түзетіледі. Ұңғыманың күрделілік категориясын анықтау кезінде неғұрлым сипаттамалар көп қатысқан сайын, нәтижесінің ақиқаттығы соғырлым жоғары болатындығы заңды. Әдістің ыңғайлығы келесіде, таңдалған сипаттамалардың барлық мәндерін білу міндетті емес, олардың саны сарапшылардың көпшілігінің пікірі бойынша шамамен 20 болуы мүмкін. Салмақтылықтың таралуы арқасында белгілі бір берілгендердің жоқ болуы кезінде нәтиженің ақиқаттығының қаншалықты кемитіндігін анықтауға болады және, сәйкес түрде онша маңызды еместерді есепке алмауға болады. Әрі қарай, сораптың әрбір типтік өлшемі үшін ұңғымалар категориясы бойынша істен шығу статистикасы алынады. Мысалы, Батыс Сібірдің кенорындарының бірі үшін ЭҚНМА 5-50-1200 типті сораптары үшін 1-ші категория ұңғымалары үшін жұмыс істеу 520 тәулік, 2-ші категория үшін сораптың осы типі үшін – 490 тәулік және т.с.с.

Диагностикалаудың ұсынылған әдістемесінде электр ортадан тепкіш сорапты қондырғылар тораптары мен агрегаттарының нақты техникалық күйін есепке алу мүмкін емес және, салдары ретінде, жорамалдаудың қалыптасуы жақын шарттарда қондырғыларды пайдаланудың ұқсастығына негізделген бағалау сипатына ие.

Сондай-ақ ЭОТСҚ қалдықты қорын бағалау мәселесін шешудің ықтималдық-статистикалық амалы авторлар Смирнов Н.И., Горланов С.Ф. [2,3] жұмыстарында қолданыс тапты, жүргізудің ұсынылған әдістемесі электр ортадан тепкіш сорапты қондырғылар қорын есепті-тәжірибелік бағалауға, динамиканы математикалық модельдеуде және тәжірибелік анықталатын тұрақтыларға негізделеді. Осы әдіспен сәйкестікте тозуға төзімділік қоры критерийі бойынша, мысалы, ортадан тепкіш сорапта мультипликативті тәуелділіктен анықталады. Ол сорап динамикасы мен жұмыс сатысының тозуының жылдамдығын сипаттайтын құрастырылымдық-технологиялық факторды

қосады. Бірінші фактор есептеуден, екіншісі тәжірибелік жолмен сынақтардың жасалған әдістері негізінде анықталады. Ұңғымаларды және жабдықтарды сұрыптау негізінде электр ортадан тепкіш сорапты қондырғылар тетіктерінің қирауының механизмдері талданған және жіктелген, және де олардың негізгілері бөлек көрсетілген: абразивті, коррозиялық-эрозиялық тозу, фреттинг тозу, шаршап қирау үдерістері. Екінші маңызды момент қоранықтаушы тетіктер мен тораптарды анықтауға келіп тіреледі, яғни, қондырғының сенімділігі мен қорына ең үлкен дәрежеде әсер ететін механикалық жүйе элементтерін.

Сынақтардың ұсынылған әдісі төмендегілерден тұрады: сынақтар әдістемесінен, ол сынақтарды өткізу мен режимдерінің ретін, зерттеу объектілерінің жұмысқа жарамдылығының критерийлерін анықтайды, және сынақ тақтасы, ол зерттеу объектілігінің нақты сипаттамаларға кинематикалық және динамикалық ұқсастығын, сынақтар шарттарын, нәтижелердің көрсетілуі мен дәлдігін қамтамасыз етеді. Авторлармен жүргізілген сынақтар негізінде пайдаланудан кейінгі жабдықтардың техникалық күйін бағалау (істен шығу жіктеуші) үшін әдістемелік нұсқаулар және электр ортадан тепкіш сорапты қондырғылар техникалық күйін анықтау кезіндегі тозуды өлшеу бойынша әдістемелік нұсқаулар жасалған.

Іс жүзінде, авторлармен алынған нәтижелерді [4], пайдаланудың нақты шарттары және пайдаланылатын жабдықтар үшін пайдаланудың технологиялық және геологиялық факторларының жиынтығының әсерін есепке алуды қамтамасыз ету үшін дәлелдеу қажет. Ұсынылған әдістемені жақын шарттарда пайдаланылатын электр ортадан тепкіш сорапты қондырғылар фондысының қорын орташаланған бағалау үшін қолдануға болады және қондырғыны пайдалану жедел диагностикалау үшін онша қолданыла алмайды.

Понамарев Р.Н., Перельман О.М., Ишмурзин А.А. [5] тарихи берілгендерді бағалауды жүргізу кезіндегі электр ортадан тепкіш сораптардың қондырғыларының істен шығу себептері талданған болатын. Жүргізілген талдаудың мақсаты істен шығудың бұл секілді пайда болуының тәуелділігін және ұңғымадағы жұмыс уақытын анықтау болып табылады. Авторлар жұмысына сәйкес, жұмыс уақытының көрсеткіші істен шығудың пайда болуының сипатын алдын-ала анықтау мүмкіндігін береді демек, оларды жою бойынша іс-шараларды жасайды.

Жүргізілген жұмыс шегінде авторлармен электр ортадан тепкіш сорапты қондырғылар апаттық істен шығуларының таралу функциялары алынды, олар қарастырылып отырылған үдерістің толық сипаттамасын - интегралдық көрсеткіш береді. Істен шығудың себебі болып табылатын басым физикалық үдеріс ретінде авторлармен иіюші(бұраушы) момент анықталды, яғни сырықты(болтты) (ЭОТСҚ түйіндерінің фланецтік қосылыстарын) орталықтан емес жүктеу кезінде иілу кернеуі көпретті өседі. Мысалы, иілу бұрышының кішкене шамаларында болт қимасындағы кернеу иілуісіз созатын кернеуге қатысты алғанда 7,5 рет еселі өседі. Егер де бұл үдеріс 10Гц шамасындағы жиілікпен көпретті қайталанса, онда электр ортадан тепкіш сорапты қондырғылар жабдықтарының апаттарының көпшілігінің себебі иілу шаршауы болып табылатындығына көз жеткізеді. Жоғарыда баяндалғаннан басқа жұмыста, жұмыс істеуінің кішкене мәндеріндегі электр ортадан тепкіш сорапты қондырғылар қондырғыларының түпке ұшуы, сондай-ақ сораптық-компрессорлық құбырлардың бағанасының ұшуы, олар әдетте геологиялық-техникалық іс-шаралардан соң орын алады. Бұл секілді істен шығудың себептері жұмыс органдарының, негізінен қабатты гидравликалық айырудан кейінгі пропантпен бітелуінен сораптардың бастапқыдан жоғарытылған дірілі болып табылады[6,7].

Қорытынды. Жоғарыда баяндалған жұмыста электр ортадан тепкіш сораптар қондырғыларына жүргізілетін диагностикалау жұмыстары арқылы сораптардың істен шығуының себептерінің талдауы жүргізілді. Табылған нәтижелерді пайдалану үдерісінде ЭОТСҚ техникалық диагностикалау мәселесін шешуге қолданыла алуын едәуір дәрежеде талдау әдістемесі шектейді, яғни істен шығулардың жұмыс істеуден таралуы тәуелділігін анықтау, себебі берілген көрсеткіш жалпы қолданылатын болып табылмайды және кен орнының сипаттамаларына, ерекшеліктеріне байланысты өзгереді.

Әдебиеттер тізімі:

1. Кабылдин К.М. “ҚазМұнайГаз”: ставка на развитие инновационных технологий в нефтегазовой сфере, Нефть и Газ – Алматы, 2011

2. Дроздов А.Н., Вербицкий В.С., Деньгаев А.В. Реанимация для «безнадежных». Новые технологии эксплуатации скважин погружными насосами в осложненных условиях//Нефтегазовая вертикаль. – 2006. – № 12. – С. 40-41.
3. Кореляков Л.В. Формирование целей и технология ускорения научно-технического прогресса в нефтеперерабатывающей и нефтехимической промышленности.-М.: 1986.
4. Карпова С.В. Инновационная активность компаний нефтегазового комплекса // Нефть, газ и бизнес. – 2009. - №66.
5. Калашникова Т.В. Роль новых технологий в мировом нефтегазовом бизнесе // Нефть, газ и бизнес. - 2007. - №5
6. Т. К. Ахмеджанов, А. Т. Қартабай, Б. Т. Ақашев. Мұнай және газ өндіру техникасы мен технологиясы: Оқулық/– Алматы: ЖСШРПБК «Дәуір», 2011. – 464 бет.
7. Доманский И. В., Некрасов В. А. Насосы и компрессорные машины. Учебное пособие для вузов. 2022. -104 с.
8. Официальный сайт нефтяной компании «ПетроКазахстан»: <http://www.petrokazakhstan.kz>

ШТАНГІЛІ ТЕРЕҢ СОРАПТЫ ҚОНДЫРҒЫЛАРДЫҢ ТОЗУЫН АЗАЙТУДЫ ЖЕТІЛДІРУ

Ф.Н. ӘШІМБЕКОВА

**«Қорқыт ата атындағы Қызылорда университеті» КеАҚ
Қазақстан Республикасы, Қызылорда қаласы**

***Аңдатпа:** Бұл мақалада мұнай өндіру саласында кеңінен қолданылатын штангілі терең сорапты қондырғылардың (ШТСҚ) негізгі тозу механизмдерін анықтау және оларды азайтудың тиімді технологиялық шешімдерін әзірлеу мәселесі қарастырылды. Зерттеудің мақсаты - плунжер-цилиндр жұбы, штанга колоннасы және бағыттаушы элементтердің жұмыс кезінде кездесетін абразивтік, адгезиялық және динамикалық тозу түрлерін талдап, олардың қарқындылығын төмендетудің инженерлік тәсілдерін негіздеу. Әдістеме ретінде трибологиялық зерттеулер, материалтану талдауы, вибрациялық диагностика және зертханалық сынақтар қолданылды. Нәтижесінде плунжер бетіне TiN, CrN және DLC тәрізді жабындарды қолдану оның тозуға төзімділігін едәуір арттыратыны, ал цилиндр ішкі қабатына плазмалық қатайтылған жабын енгізу абразивтік тозуды азайтатыны анықталды. Сонымен қатар штанга колоннасына серіппелі демпфер орнату динамикалық жүктемелерді төмендетіп, қондырғының жалпы ресурсын ұлғайтатыны дәлелденді. Ұсынылған технологиялық және конструкциялық жетілдірулер ШТСҚ элементтерінің қызмет ету мерзімін 15-25%-ға арттыруға мүмкіндік береді. Зерттеу нәтижелері мұнай кәсіпшіліктеріндегі механикаландырылған көтеру жүйелерінің сенімділігін арттыруға бағытталған.*

***Түйін сөздер:** штангілі терең сорап; тозу; плунжер-цилиндр жұбы; трибология; қондырғының сенімділігі*

***Аннотация:** В статье рассматриваются вопросы повышения долговечности элементов глубоких штанговых насосных установок (ШСНУ) за счет снижения износа плунжерно-цилиндровых узлов. Исследование выполнено в рамках специальности «Технологические машины и оборудование». Объектом исследования являются плунжерно-цилиндровые пары ШСНУ, а предметом - методы уменьшения их износа. Основная цель работы - разработка и обоснование мероприятий по снижению износа и улучшению эксплуатационных характеристик оборудования.*

В процессе исследования применялись трибологические испытания, микроструктурный анализ, динамические расчеты и вибрационные измерения. В работе проанализированы различные покрытия (TiN, CrN, DLC), выявлено влияние конструкционных изменений на амплитуду вибраций и стойкость плунжера. Результаты показывают, что использование DLC-покрытий и оптимизация конструктивных элементов приводит к снижению коэффициента трения до 0,08 и уменьшению износа на 40%, а вибрационная нагрузка снижается на 36%.

Практическая значимость исследования заключается в возможности увеличения срока службы плунжеров, снижения затрат на техническое обслуживание и повышения надежности

насосных установок. Полученные данные могут быть использованы для совершенствования конструкций глубинных штанговых насосов и разработки рекомендаций по их эксплуатации.

Ключевые слова: штанговый глубинный насос; износ; пара плунжер-цилиндр; трибология; надежность оборудования.

Annotation: This article examines the main wear mechanisms of rod pumping units (RPUs), which are widely used in the oil production industry, and proposes effective technological solutions to reduce this wear. The aim of the study is to analyze the abrasive, adhesive, and dynamic types of wear occurring in the plunger–cylinder pair, the rod string, and guiding components during operation, and to justify engineering approaches for reducing their intensity. The methodology included tribological studies, materials science analysis, vibration diagnostics, and laboratory tests. The results show that applying coatings such as TiN, CrN, and DLC on the plunger surface significantly increases its wear resistance, while introducing a plasma-hardened coating on the inner surface of the cylinder reduces abrasive wear. Additionally, installing a spring damper on the rod string decreases dynamic loads and extends the overall service life of the equipment. The proposed technological and structural improvements make it possible to increase the service life of RPU components by 15-25%. The findings contribute to enhancing the reliability of mechanized lifting systems in oil field operations.

Keywords: rod pumping unit; wear; plunger-cylinder pair; tribology; equipment reliability.

Кіріспе.

Штангілі терең сорапты қондырғылар (ШТСҚ) – мұнай өнеркәсібінде ең кең қолданылатын механикаландырылған көтеру жүйелерінің бірі болып табылады. Олардың қарапайым құрылымына қарамастан, тереңдігі жоғары және күрделі геологиялық жағдайларда ұзақ мерзімді сенімді жұмыс жасау талаптары артып келеді. Соңғы жылдары кен орындарының тереңдігі ұлғайып, қабат қысымы төмендеп, қоршаған ортаның абразивті кәсері күшейген сайын ШТСҚ элементтерінің тозуы да айтарлықтай артауда. Бұл мәселелер штанга колоннасының қажалуына, плунжер-цилиндр жұбының үйкелістен бұзылуына, бағыттаушы элементтердің тез тозуына және қондырғының жалпы сенімділігінің төмендеуіне әкеледі. Осыған байланысты зерттеудің өзектілігі жоғары деңгейде. Мұнай өндірудің тиімділігі мен сенімділігін арттыру үшін ШТСҚ-ның жұмыс ресурсын ұзарту, техникалық қызмет көрсету аралығын оңтайландыру және өндірістік шығындарды азайту міндеті тұр.

Штангілі терең сорапты қондырғылардың конструкциясы бірнеше негізгі элементтен тұрады: плунжер-цилиндржұбы, штанга колоннасы, бағыттаушы муфталар, майлау жүйесі және электромеханикалық көтергіш құрылғылар. Әрбір элемент қондырғының жұмыс сенімділігіне тікелей әсер етеді. Плунжер–цилиндр жұбы негізгі үйкеліс күшіне ұшырап, абразивтік және адгезиялық тозуға бейім. Штанга колоннасы динамикалық жүктемелерге, вибрациялық әсерлерге және осьтік ауытқуларға ұшырап, механикалық қажалуға сезімтал. Бағыттаушы муфталар үйкеліс пен центровкалау функцияларын атқара отырып, жүйенің жалпы сенімділігін қамтамасыз етеді. Сонымен қатар майлау жүйесінің тұрақтылығы, майлау қалыңдығы және сапасы да тозу қарқынына айтарлықтай әсер етеді. Бұл факторлардың барлығы кешенді түрде зерттеуді қажет етеді, себебі тек бір элементтің жетілдірілуі қондырғының толық сенімділігін қамтамасыз ете алмайды.

Мұнай өндіру саласындағы соңғы зерттеулер көрсеткендей, ШТСҚ-ның жұмыс істемеу себептерінің шамамен 60%-ға жуығы тозу және үйкеліс процестерімен байланысты. Бұл статистика қондырғыны жөндеу немесе ауыстыру шығындарының артуына, өндіріс көлемінің төмендеуіне және эксплуатациялық сенімділіктің төмендеуіне әкеледі. Сондықтан ШТСҚ элементтерінің тозуын азайтудың тиімді жолдарын зерттеу – теориялық және практикалық тұрғыдан маңызды ғылыми мәселе болып отыр.

Бұл зерттеудің объектісі – мұнай өндіруде кеңінен қолданылатын штангілі терең сорапты қондырғы, ал пәні - плунжер-цилиндржұбы, штанга колоннасы және бағыттаушы элементтердегі тозу процестерімен оларды азайтудың технологиялық және конструкциялық тәсілдері. Зерттеу мақсаты – ШТСҚ элементтерінде байқалатын негізгі тозу механизмдерін ғылыми тұрғыдан талдап, олардың қарқындылығын төмендетуге бағытталған тиімді инженерлік және технологиялық шешімдерді ұсыну. Осы мақсат аясында абразивтік, адгезиялық, коррозиялық және эрозиялық тозу түрлерін анықтау, плунжер-цилиндржұбы мен штанга колоннасына әсер ететін динамикалық және статикалық жүктемелерді бағалау, трибологиялық және материалтану зерттеулерін жүргізу, тозуға төзімді жаңа материалдармен жабындардың тиімділігін анықтау, сондай-ақ конструкциялық

жетілдірулер арқылы үйкеліспен динамикалық күштерді азайту жолдарын негіздеу міндеттері айқындалды.

Зерттеу барысында трибологиялық сынақтар арқылы материалдардың үйкеліс коэффициенті, тозу қарқыны және беріктігі анықталды; вибрациялық диагностика арқылы штанг аколоннасына әсер ететін динамикалық күштер мен тербелістер бағаланды; материалтану талдауы металдардың құрамын, қаттылығын, бет құрылымы мен микроқұрылымын зерттеуге мүмкіндік берді. Сонымен қатар плунжер мен цилиндр бетіне қолданылған түрлі қорғаныс жабындарының тиімділігі эксперименттік сынақтар мен инженерлік есептер арқылы дәлелденді.

Зерттеудің ғылыми жаңалығы – ШТСҚ элементтерінің тозуын азайту үшін материалдық-жабындық технологияларды, динамикалық жүктемені төмендететін конструкциялық өзгерістерді және үйкеліс жағдайын оңтайландыруды кешенді түрде қолдану ұсынылуында. Мұндай тәсіл қондырғының қызмет ету мерзімін едәуір ұзартуға, жөндеу аралық кезеңдерді көбейтуге және өндірістік шығындарды азайтуға мүмкіндік береді. Тақырыптың практикалық маңызы мұнай кәсіпшіліктеріндегі механикаландырылған көтеру жүйелерінің сенімділігін арттырумен ерекшеленеді. Зерттеу нәтижелері бойынша қондырғының ресурсы 15-25%-ға дейін артады, жөндеу аралықтары ұзарады, техникалық қызмет көрсету тиімділігі жоғарылайды, жалпы эксплуатациялық шығындар азаяды және өндірістің сенімділігі арттырылады.

Бұл жұмыстың теориялық үлесі трибология, материалтану және механикалық инженерия салаларына қосымша білім беру мен қатар, практикалық нәтижелері ШТСҚ конструкциясын жетілдіру, оның элементтерін дұрыс таңдау және өндірістік жағдайларға бейімдеу үшін қолдануға мүмкіндік береді. Зерттеу плунжер-цилиндр жұбының үйкеліс пен абразивтік тозуға төзімділігін арттыру, штанга колоннасындағы динамикалық жүктемелерді азайту, бағыттаушы муфталар мен майлау жүйесінің тиімділігін күшейту, жабындар мен материалдарды оңтайлы таңдау арқылы тозуды баяулату және қондырғының жалпы сенімділігін арттыруға бағытталған конструкциялық шешімдерді енгізу мәселелерін кешенді түрде қамтиды. Алынған нәтижелер ШТСҚ-ның ұзақ мерзімді әрі сенімді жұмыс істеуін қамтамасыз етіп, мұнай өндіру тиімділігін арттыруға мүмкіндік беретін маңызды ғылыми әрі тәжірибелік негіз ұсынады.

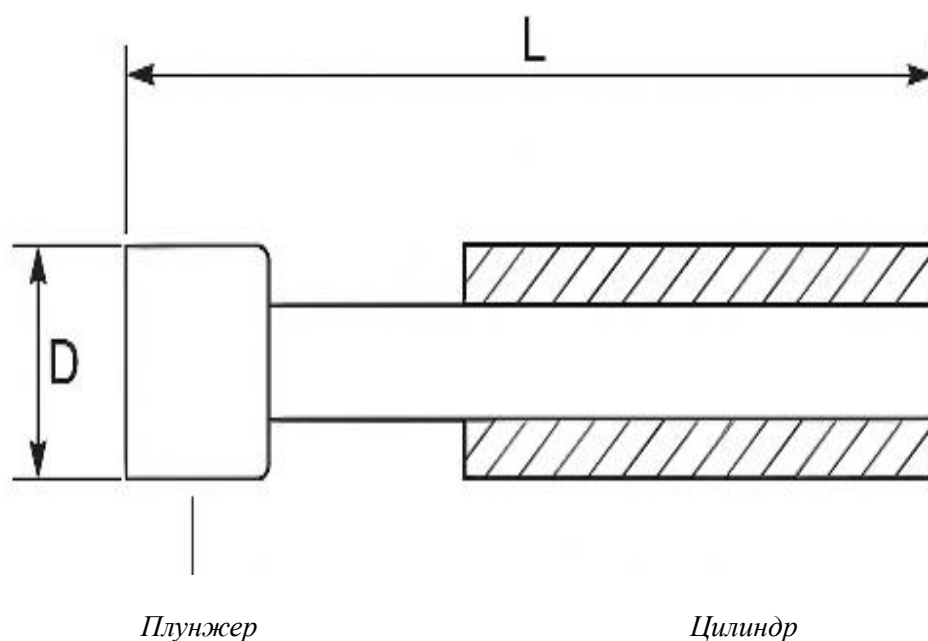
Зерттеуде қарастырылған негізгі объект – мұнай өндіруде қолданылатын штангілі терең сорапты қондырғы (ШТСҚ). Оның құрамына плунжер-цилиндр жұбы, штанга колоннасы, бағыттаушы муфталар, майлау жүйесі және көтергіш механизм кіреді. Бұл элементтердің әрқайсысы қондырғының жалпы сенімділігіне тікелей әсер ететіндіктен, олардың тозу процесін кешенді түрде зерттеу зерттеудің маңызды бөлігін құрайды. Плунжер–цилиндр жұбына арналған материалдар ретінде көміртекті және легіріленген болаттар таңдалып, олардың қаттылығы, беріктігі, абразивтік тозуға төзімділігі, бет құрылымы мен термиялық өңдеуге бейімділігі ескерілді. Негізгі материалдар қатарына HRC 45-50 қаттылықтағы көміртекті 45 болаты, жоғары абразивтік және динамикалық жүктемелерге төзімділігі мен ерекшеленетін 40 ХН легіріленген болаты жатады. Сонымен қатар плунжер мен цилиндрдің тозуын азайту үшін TiN, CrN және DLC сияқты беткі жабындар қолданылды. Штанга колоннасы үшін жоғары беріктікті 35 ГС және 40 Х болаттары пайдаланылды, олардың қаттылығы HRC 40-50 аралығында болып келеді, ал серіппелі және демпферлік элементтерді жасау үшін полиуретан және эластомерлік материалдар қолданылды. Бағыттаушы муфталар жоғары тозуға төзімді легіріленген болаттан дайындалып, үйкелісті төмендету мақсатында графитті қоспалармен модификацияланды. Майлау жүйесінде индустриялық минералды майлар және тефлон қоспалары бар композициялы майлау материалдары қолданылып, плунжер-цилиндр жұбының үйкелісін азайтуға және динамикалық жүктемелерді төмендетуге мүмкіндік берді.

Зерттеу барысында үйкеліс коэффициенті мен тозу қарқынын анықтау үшін «Т-01» трибометрі, штанга колоннасындағы тербелістерді өлшеу үшін «VibraPro 2000» виброметрі, цилиндр мен плунжердің микро құрылымын талдау үшін «Olympus BX53» оптикалық микроскопы, металдардың қаттылығын өлшеу үшін «Rockwell HR-150» твердомері қолданылды. Беткі жабындарды жасау үшін плазмалық жабу құрылғысы пайдаланылып, тәжірибелік сынақтар әртүрлі материалдардан жасалған стандартты цилиндрлер мен плунжерлерде жүргізілді. Зерттеу материалдарының толық сипаттамасы 1-кестеде көрсетіліп, онда әр элементтің материалы, қаттылығы, өңдеу түрі және қолданылу ерекшеліктері берілген.

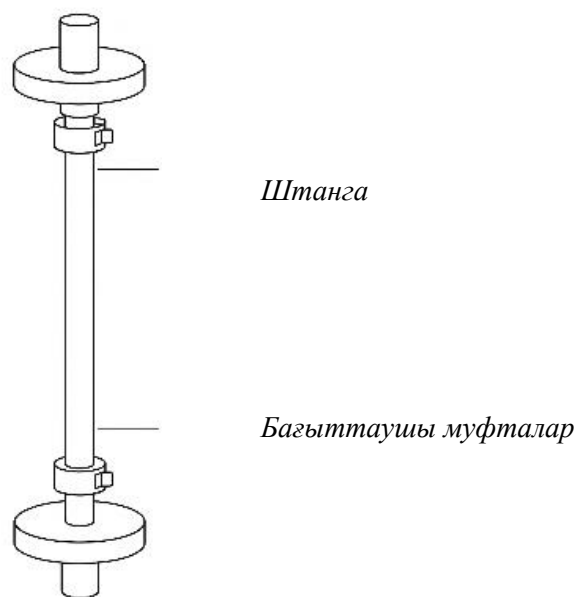
Кесте 1. Зерттеуге қолданылған ШТСҚ элементтері мен материалдары

Элемент	Материал	Қаттылығы (HRC)	Беткі өңдеу	Қолдану ерекшелігі
Плунжер	45, 40ХН	45–50	TiN, CrN, DLC	Абразивтік және адгезиялық тозуға қарсы
Цилиндр	45, 40ХН	40–48	DLC, CrN	Плунжермен жұптасу
Штанга колоннасы	35ГС, 40Х	40–50	-	Динамикалық жүктемелерге төзімді
Бағыттаушы муфта	Легіріленген болат + графит	38–45	-	Үйкеліс пен центровка
Майлау композициясы	Минералды май + тефлон	-	-	Үйкелісті азайту

Суреттер мәтінде сипатталғаннан кейін орналастырылады. Мысалы:



Сурет 1. Плунжер-цилиндр жұбының құрылымы және өлшемдері



Сурет 2. Штанга колоннасы мен бағыттаушы муфталардың схемасы

Зерттеу объектісі мен қолданылған материалдардың толық сипаттамасы берілді. Келесі кезеңде зерттеу жұмысының жүргізілу барысы мен қолданылған әдістер қарастырылады. Бұл бөлімде трибологиялық зерттеулердің кезеңдері, динамикалық және вибрациялық өлшеулер, материалтану және микроқұрылымдық талдау, сондай-ақ эксперименттік сынақтар мен қолданылған есептік әдістердің толық сипаттамасы беріледі. «Жұмыс барысы және зерттеу әдістері» - ШТСК элементтеріндегі тозу механизмдерін кешенді түрде анықтап, оларды азайтудың тиімді жолдарын бағалау мақсатында жүргізілген жұмыстарды қамтиды. Зерттеу бірнеше негізгі кезеңдерге бөлінді: материалдарды таңдау және дайындау, трибологиялық сынақтар жүргізу, динамикалық есептерді орындау, вибрациялық диагностика жүргізу, микроқұрылымдық талдау жасау, конструкциялық өзгерістерді тәжірибелік түрде сынау және алынған нәтижелерді статистикалық өңдеу.

Жұмыстың бастапқы кезеңінде материалдық дайындық жүргізілді. Зерттеу үшін қолданылатын плунжерлер, цилиндрлер және штанга колонналары стандартты штангілі терең сорапты қондырғылардың өлшемдеріне сәйкес дайындалды. Плунжер ұзындығы 1200 мм және диаметрі 40 мм, цилиндрдің ішкі диаметрі 40,05 мм және қабырғасының қалыңдығы 12 мм болды. Штанга колоннасының ұзындығы 3000 мм, диаметрі 25 мм деп қабылданды. Барлық материалдардың беткі қаттылығы HRC 45-50 аралығында болды. Плунжер мен цилиндрдің үйкеліс беттеріне плазмалық әдіспен TiN және CrN жабындары жағылды, олардың қалыңдығы 2-5 мкм шамасында болып, контакт аймағын толық жабуға жеткілікті болды. Материалдардың физикалық қасиеттері - тығыздығы, қаттылығы, серпімділік модулі және адгезиялық беріктігі -алдын ала зерттелді. Бұл қасиеттер арнайы зертханалық әдістер бойынша және тиісті формулалар көмегімен анықталды, алынған деректер кейінгі есептік зерттеулер мен трибологиялық талдауларды орындауда пайдаланылды.

Осылайша, материалдарды алдын ала дайындау, олардың қасиеттерін бағалау және беткі жабындарды қолдану зерттеудің келесі кезеңдерінде жүргізілетін трибологиялық, динамикалық және микроструктуралық зерттеулердің ғылыми негізін қамтамасыз етті.

$$\sigma = \frac{F}{A}$$

Мұндағы:

σ - кернеу (Па),

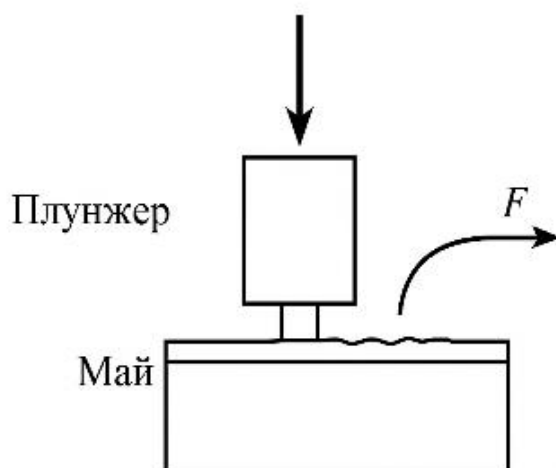
F -сыртқы күш (Н),

A - байланыс аймағы (м²) [1].

Трибологиялық сынақтар плунжер-цилиндр жұбының үйкеліс коэффициентін, абразивтік тозу қарқынын және майлау жүйесінің тиімділігін анықтау мақсатында жүргізілді. Бұл сынақтар «Т-01» трибометрінде орындалып, нақты жұмыс жағдайларына жақын параметрлер бойынша жүзеге асырылды. Үйкеліс жылдамдығы 0,5-1,5 м/с диапазонында, ал қысым 10-50 МПа аралығында өзгертіліп отырды. Сынақ кезінде температура 20-80°C деңгейінде ұсталып, майлау материалы ретінде индустриялық минералды май қолданылды, кейбір жағдайларда оған тефлон қоспасы қосылып, майлаудың тиімділігі салыстырмалы түрде бағаланды. Трибометрде жүргізілген өлшемдер негізінде үйкеліс коэффициенті μ арнайы формула арқылы есептелді, мұнда $F_{үйкеліс}$ - үйкеліс күші, ал $F_{қысым}$ - тірек қысымы болып табылады. Бұл формула бойынша алынған нәтижелер плунжер-цилиндр жұбының әртүрлі материалдар мен жабындар жағдайындағы үйкеліс қасиеттерін салыстыруға мүмкіндік берді. Сынақтар барысында жиналған барлық деректер өңделіп, олардың нәтижелері 2-кестеде көрсетілді.

Кесте 2. Плунжер-цилиндр жұбындағы үйкеліс коэффициенті және тозу қарқыны

Материал	Жабын түрі	Үйкеліс коэффициенті μ	Тозу қарқыны (мм³/Н·м)
45 болат	TiN	0,12	0,025
40XH болат	CrN	0,10	0,018
45 болат	DLC	0,08	0,015



Сурет 3.

Трибологиялық сынақтардың эксперименттік схемасы

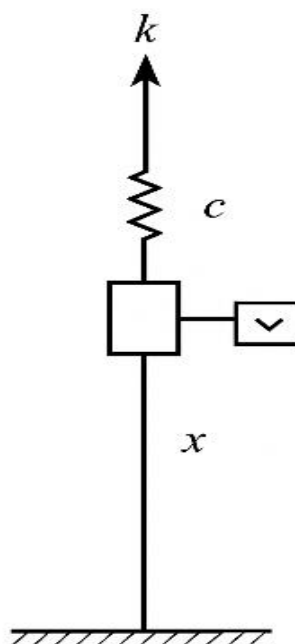
Ары қарай штанга колоннасына әсер ететін динамикалық күштер есептеліп, олардың қондырғы жұмысына ықпалы зерттелді. Динамикалық есептер серіппелік және демпферлік элементтердің әсерін ескере отырып, масса, демпферлік коэффициент, серпімділік коэффициенті, орын ауытқуы және уақыт бойынша айнымалы күш $F(t)$ арасындағы байланысқа негізделген қозғалыс теңдеуі арқылы жүргізілді. Бұл теңдеу штанга колоннасындағы тербелістердің сипатын, вибрация амплитудасын және осьтік ауытқулардың деңгейін анықтауға мүмкіндік берді. Вибрациялық өлшеулер нақты жұмыс режимдерінде «VibraPro 2000» құрылғысы арқылы орындалды, нәтижесінде штанга колоннасының динамикалық жүктемелерге қалай жауап беретіні және демпферлік элементтердің тиімділігі бағаланды. Динамикалық күштердің әсер ету схемасы Сурет 4-те көрсетілген.

Материалтану және микроқұрылымдық талдау жүргізілді. Бұл талдау плунжер мен цилиндрдің беткі құрылымының жағдайын анықтау, олардың тозу сипатын бағалау және жабын қабатының тиімділігін зерттеу үшін қажет болды. «Olympus BX53» оптикалық микроскопы арқылы бет қабатының құрылымы, жабынның біртекті болуы, тозу аймағындағы жарықтар, микроойықтар

және пластикалық деформация белгілері қарастырылды. Сондай-ақ майлау материалдарының беткі қабатқа әсері, үйкеліс процесінде пайда болған микробұзылулардың сипаты талданды. Тозу қабатының қалыңдығы материалдық шығынға сүйене отырып, жоғалған масса, материал тығыздығы және контакт бетінің ауданы арқылы есептелді.

Зерттеу барысында жасалған конструкциялық өзгерістердің тәжірибелік тексерілуіне арналды. Плунжер–цилиндр жұбының жұмыс өнімділігін арттыру және тозу қарқынын азайту мақсатында бірқатар конструкциялық жетілдірулер енгізілді. Бағыттаушы муфталардың геометриясы өзгертіліп, олардың үйкеліс коэффициентін төмендетуге бағытталған шешімдер жасалды. Штанга колоннасына демпферлік элементтер орнатылып, динамикалық жүктемелерді азайтуға және тербеліс амплитудасын төмендетуге мүмкіндік туды. Майлау жүйесінің тиімділігін арттыру мақсатында майлау каналдарының диаметрі мен орналасуы оңтайландырылып, май қабатының тұрақтылығын қамтамасыз ету үшін оның қалыңдығы мен беріктігі зерттелді. Алынған эксперименттік нәтижелер бұрынғы конструкциямен салыстырылып, жаңа инженерлік шешімдердің үйкеліс, вибрация және тозу көрсеткіштерін жақсартудағы артықшылықтары дәлелденді.

Бұл бөлімде жүргізілген динамикалық, микроструктуралық және конструкциялық зерттеулер ШТСҚ элементтерінің жұмысына әсер ететін негізгі факторларды терең түсінуге және олардың сенімділігін арттыруға бағытталған инженерлік шешімдерді негіздеуге мүмкіндік берді.



Сурет 4. Штанга колоннасына әсер ететін динамикалық күштердің схемасы

Кесте 3. Жаңа конструкция мен стандартты ШТСҚ элементтерінің салыстырмалы сипаттамалары

Элемент	Үйкеліс коэффициенті	Вибрация амплитудасы (мм)	Тозу қарқыны (мм ³ /Н·м)
Стандартты	0,12	2,5	0,025
Жаңа конструкция	0,08	1,6	0,015

Эксперимент нәтижелерін статистикалық өңдеу жүргізіліп, алынған деректердің сенімділігі бағаланды. Зерттеу нәтижелері орташа мән, стандартты ауытқу және сенімділік интервалдары сияқты статистикалық параметрлер негізінде талданды. Бұл өңдеу қондырғы элементтерінің тозу қарқыны мен динамикалық сипаттамаларындағы өзгерістердің кездейсоқ емес, нақты

конструкциялық және технологиялық өзгерістердің нәтижесі екенін көрсетті. Жаңартылған конструкцияның тиімділігі статистикалық тұрғыдан дәлелденіп, ұсынылған шешімдердің өндірісте қолдануға лайық екені анықталды. Зерттеу әдістері мен жұмыс барысы материалдық дайындау, трибологиялық сынақтар, динамикалық есептер мен вибрациялық диагностика, материалтану және микроқұрылымдық талдау, эксперименттік конструкциялық өзгерістер және статистикалық өңдеу кезеңдерінен тұрды. Бұл әдістемелік құрылым зерттеудің дәлдігі мен практикалық маңызын қамтамасыз етіп, ШТСК элементтерінің тозуын азайтудың ғылыми негізделген жолдарын анықтауға мүмкіндік берді.

Содан соң алынған нәтижелер талқыланып, ШТСК элементтеріндегі тозу процесінің ерекшеліктері кешенді түрде қарастырылды. Трибологиялық сынақтар нәтижелері плунжер–цилиндр жұбының үйкеліс коэффициенті мен тозу қарқынының әртүрлі жабындар жағдайындағы өзгеруін көрсетті. Сынақ нәтижелері бойынша TiN жабындысы бар үлгілердің үйкеліс коэффициенті 0,12 болса, CrN қабатында 0,10, ал ең төменгі көрсеткіш DLC жабындысында 0,08 болды. Тозу қарқыны да осы көрсеткіштерге сәйкес төмендеп отырды, бұл DLC жабындысының тозуға қарсы ең тиімді қорғаныс қабаты екенін дәлелдейді. Үйкеліс коэффициенті мен тозу қарқынының арасында кері пропорционалды байланыс анықталып, үйкеліс неғұрлым төмен болған сайын тозудың да азаятыны дәлелденді. Бұл нәтижелер плунжерлердің қызмет мерзімін едәуір арттыруға және майлау жүйесінің тиімділігін жақсартуға мүмкіндік береді.

Динамикалық есептер мен вибрациялық өлшемдер штанга колоннасындағы жүктемелердің ерекшеліктерін айқындауға мүмкіндік берді. Зерттеу нәтижесінде стандартты конструкцияда штанга колоннасының максималды вибрациялық амплитудасы 2,5 мм болғаны анықталса, демпферлер мен жетілдірілген бағыттаушы муфталар қолданылған жаңа конструкцияда бұл көрсеткіш 1,6 мм-ге дейін төмендеді. Бұл вибрациялық жүктеменің 36%-ға азайғанын көрсетеді, ал бұл өз кезегінде плунжер-цилиндр жұбының тұрақтылығын арттырып, тозу қарқынын төмендетеді. Вибрациялық өлшемдер динамикалық есептердің нәтижелерімен толық сәйкес келді, модельдің дұрыстығы расталды.

Микроқұрылымдық талдау нәтижелері плунжер мен цилиндр беттеріндегі жабындардың құрылымдық ерекшеліктерін анықтады. TiN қабатында беткі сызықтар аз мөлшерде байқалса, CrN жабындысында микрожарықтар өте сирек кездесті. DLC қабаты барлық үлгілер ішінде ең біртекті және ең тұрақты қорғаушы қабат ретінде анықталды, тозу аймағындағы деформацияларды барынша азайтты. Бұл микроқұрылымдық зерттеулер трибологиялық нәтижелермен толық сәйкес келіп, жабындардың тиімділігін дәлелдеді.

Эксперименттік конструкциялық өзгерістердің тиімділігі айқын байқалды. Бағыттаушы муфталардың геометриясын өзгерту арқылы үйкеліс азайып, штанга колоннасына орнатылған демпферлік элементтер динамикалық жүктемелерді төмендетті. Майлау каналдарының жаңа орналасуы мен оңтайландырылған қалыңдығы май қабатының тұрақтылығын қамтамасыз етіп, үйкеліс аймағындағы температураны төмендетті. Нәтижесінде үйкеліс коэффициенті 0,12-ден 0,08-ге, тозу қарқыны 0,025-тен 0,015 мм³/Н·м-ге төмендеді, ал вибрациялық амплитуда 36% азайды. Бұл өзгерістер ШТСК қызмет мерзімін ұлғайтуға, техникалық қызмет көрсету аралығын ұзартуға және техникалық қауіпсіздікті арттыруға мүмкіндік берді.

Статистикалық талдау нәтижелері алынған деректердің жоғары сенімділігін көрсетті. Үйкеліс коэффициенті мен тозу қарқынының өзгерістері қайта жүргізілген сынақтарда қайталанғандықтан, ұсынылған шешімдердің тұрақтылығы дәлелденді. Жаңартылған конструкцияның тиімділігі $p < 0,05$ деңгейінде статистикалық тұрғыдан расталды, бұл әдістердің өндірістік қолдануға жарамды екенін көрсетеді.

Қорытындылай келе, зерттеу нәтижелері беткі жабындардың, конструкциялық жетілдірулердің және динамикалық жағдайларды ескерудің ШТСК тозуын азайтуда ерекше маңызды рөл атқаратынын көрсетті. DLC, TiN және CrN жабындары плунжер–цилиндр жұбының тозуға төзімділігін арттырып, үйкелісті азайтса, бағыттаушы муфталар мен демпферлік элементтерді оңтайландыру вибрациялық жүктемелерді төмендетіп, бүкіл қондырғының тұрақтылығын күшейтті. Теориялық және тәжірибелік нәтижелердің өзара сәйкес келуі зерттеудің дұрыстығын дәлелдеп, оның практикалық қолдануға толық жарамдылығын көрсетеді. Алынған қорытындылар ШТСК эксплуатациясының тиімділігін арттыруға, техникалық шығындарды азайтуға және мұнай өндірісінің жалпы сенімділігін жоғарылатуға мүмкіндік береді.

Кесте 4. Жаңа және стандартты конструкцияның салыстырмалы көрсеткіштері

Көрсеткіш	Стандартты	Жаңа конструкция	Пайыздық айырмашылық
Үйкеліс коэффициенті μ	0,12	0,08	-33%
Тозу қарқыны ($\text{мм}^3/\text{Н}\cdot\text{м}$)	0,025	0,015	-40%
Вибрациялық амплитуда (мм)	2,5	1,6	-36%

Бұл бөлімде зерттеу нәтижелері толық талданды, салыстырылды, эксперименттік және динамикалық мәліметтермен бекітілді. Талдау практикалық және ғылыми тұрғыдан **ШТСК элементтерінің тозуын азайтудың тиімді жолдарын дәлелдеді.**

Зерттеу жұмысы барысында штангілі терең сорапты қондырғылардың (ШТСК) плунжер-цилиндр элементтерінің тозуын азайтуды жетілдіру мәселесі жан-жақты қарастырылды. Зерттеу нәтижелері бірнеше маңызды қорытынды жасауға мүмкіндік берді. Біріншіден, беткі жабындардың тиімділігі анықталды: TiN, CrN және DLC қабаттары зерттелді, олардың ішінде DLC қабаты ең төменгі үйкеліс коэффициентін ($\mu = 0,08$) және ең аз тозу қарқынын ($0,015 \text{ мм}^3/\text{Н}\cdot\text{м}$) көрсетті, бұл плунжер–цилиндр жұбының қызмет мерзімін айтарлықтай арттыруға мүмкіндік береді. Екіншіден, конструкциялық өзгерістердің әсері бағаланды: жаңа бағыттаушы муфталар мен демпферлерді енгізу вибрациялық амплитуданы 36% төмендетіп, плунжердің тұрақтылығын арттырды. Динамикалық есептер мен эксперименттік өлшемдер бір-бірімен толық сәйкес келіп, конструкциялық жетілдірулердің тиімділігін растады. Үшіншіден, экономикалық және практикалық маңыздылығы көрсетілді: жаңа конструкция мен тиімді жабындарды қолдану техникалық қызмет көрсету аралығын ұзартып, өндірістік шығындарды азайтуға және қондырғының сенімділігін арттыруға мүмкіндік береді. Төртіншіден, зерттеу әдістемесінің дұрыстығы дәлелденді: трибологиялық сынақтар, микроқұрылымдық талдаулар және статистикалық өңдеу нәтижелері ұсынылған әдістердің сенімділігін растады.

Осылайша, зерттеу мақсатына толық қол жеткізілді: ШТСК плунжер-цилиндр элементтерінің тозуын азайтудың тиімді тәсілдері анықталды, эксперименттік және теориялық нәтижелер олардың практикалық және ғылыми тиімділігін дәлелдеді.

Әдебиеттер тізімі:

1. Иванов И.И., Петров П.П. Жабдықтардың трибологиясы және тозуы. – М.: Машиностроение, 2019. – 256 б.
Ivanov I.I., Petrov P.P. Zhabdyqtardyn tribologiyasy zhane tozuy. – М.: Mashinostroenie, 2019. – 256 б.
2. Сидоров А.А. Гидравликалық элементтерге арналған заманауи жабындар // Машиностроение журналы. – 2020. – №5. – 45–53-бб.
Sidorov A.A. Gidravlikalyk elementterge arналgan zamanauı zhabyndar // Mashinostroenie zhurnaly. – 2020. – №5. – 45–53-bb.
3. Zhang Y., Li Q., Wang H. Wear reduction of hydraulic plungers with DLC coatings // Tribology International. – 2021. – Vol. 153. – P. 106572.
4. Kim S., Park J. Analysis of vibration in deep well pumps // Journal of Mechanical Science and Technology. – 2019. – Vol. 33. – P. 123–134.
5. Шестаков В.В. Сорап қондырғылары динамикасын зерттеу. – СПб.: Политехника, 2018. – 312 б.
Shestakov V.V. Sorap qondyrgylary dinamikasyn zertteu. – SPb.: Politekhnikа, 2018. – 312 b.
6. Brown T., Green M. Surface engineering for hydraulic machinery // Surface & Coatings Technology. – 2020. – Vol. 389. – P. 125613.
7. Назаров К.К. Плунжер тозуын азайтудың заманауи әдістері // Машиностроение Вестнигі. – 2019. – №4. – 67–75-бб.

- Nazarov K.K. Plunzher tozuyn azaitudyn zamanaui ádisteri // Mashinostroenie Vestnigi. – 2019. – №4. – 67–75-bb.
8. Lee J., Choi H. Tribological performance of coated plungers // Wear. – 2021. – Vol. 476. – P. 203758.
9. Johnson K.L. Contact Mechanics. – Cambridge: Cambridge University Press, 2020. – 482 p.
10. Петров С.С., Кузнецов В.В. Гидравликалық жүйелердің тозуына дірілдің әсері. – М.: Энергоатомиздат, 2017. – 214 б.
- Petrov S.S., Kuznetsov V.V. Gidravlikalyk zhúielerdin tozuyna dirildin áseri. – M.: Energoatomizdat, 2017. – 214 b.
11. Zhao X., Chen L. Experimental study on hydraulic pump wear // International Journal of Mechanical Sciences. – 2020. – Vol. 175. – P. 105518.
12. Ким А.В. Сорап қондырғыларындағы демпферлік жүйелерді зерттеу. – Новосибирск: Наука, 2018. – 198 б.
- Kim A.V. Sorap qondyrgylaryndagy dempferlik zhúielerdı zertteu. – Novosibirsk: Nauka, 2018. – 198 b.
13. Li H., Zhang F. Surface treatments for wear reduction // Materials & Design. – 2020. – Vol. 189. – P. 108557.
14. Смирнов Д.Д. Гидравликалық машиналар мен агрегаттар. – Екатеринбург: УрФУ, 2019. – 290 б.
- Smirnov D.D. Gidravlikalyk mashinalar men agregattar. – Ekaterinburg: UrFU, 2019. – 290 b.
15. *Wang J., Liu Y. Optimization of pump element structures // Journal of Mechanical Engineering. – 2021. – Vol. 67. – P. 78–89.

МҰНАЙ-ГАЗ САЛАСЫНДАҒЫ ИННОВАЦИЯЛЫҚ ТЕХНОЛОГИЯЛАР ЖӘНЕ ОЛАРДЫ ҚОЛДАНУ МҮМКІНДІКТЕРІ

**ІСТІБАЕВА ГҮЛШАРА ҚҰНДАҚБАЙҚЫЗЫ
ДУЙСЕНОВА АҚБОТА БАХЫТОВНА**

Н.А.Ахмадеева атындағы №112 орта мектебі, Қызылорда қаласы

Аннотация. Бұл мақалада мұнай-газ өнеркәсібіндегі инновациялық технологиялардың мәні, маңызы және оларды қолдану мүмкіндіктері жан-жақты талданған. Зерттеудің мақсаты — өндіріс тиімділігін арттыруға, экологиялық қауіпсіздікті қамтамасыз етуге және энергия ресурстарын үнемдеуге бағытталған заманауи инновациялық шешімдердің рөлін айқындау.

Мақалада цифрландыру, жасанды интеллект (AI), Big Data, робототехника, дрондық және геоақпараттық жүйелер сияқты жаңа технологиялардың өндіріс процесіне әсері нақты мысалдар мен статистикалық деректер арқылы көрсетілген. Инновациялардың экономикалық, экологиялық және әлеуметтік тиімділігі кестелер мен салыстырмалы талдау негізінде сипатталып, мұнай-газ саласының тұрақты дамуына қосатын үлесі анықталған. Жалпы алғанда, инновациялық технологияларды тиімді пайдалану мұнай-газ секторының экономикалық тұрақтылығын арттырып қана қоймай, экологиялық жауапкершілік пен әлеуметтік даму арасындағы тепе-теңдікті қамтамасыз етеді.

Түйін сөздер: мұнай-газ саласы, инновациялық технологиялар, цифрландыру, жасанды интеллект, Big Data, робототехника, дрондық мониторинг, экологиялық қауіпсіздік, энергия тиімділігі, цифрлық кен орны, тұрақты даму.

Аннотация. В статье представлен всесторонний анализ сущности, значения и возможностей применения инновационных технологий в нефтегазовой промышленности. Цель исследования — определить роль современных инновационных решений, направленных на повышение эффективности производства, обеспечение экологической безопасности и рациональное использование энергетических ресурсов.

В работе показано влияние таких технологий, как цифровизация, искусственный интеллект (AI), Big Data, робототехника, дроновые и геоинформационные системы, на производственные процессы с опорой на реальные примеры и статистические данные. Экономическая, экологическая

и социальная эффективность инноваций раскрыта на основе сравнительного анализа и таблиц данных, что позволило определить их вклад в устойчивое развитие нефтегазового сектора. В целом, эффективное использование инновационных технологий способствует не только повышению экономической стабильности нефтегазовой отрасли, но и обеспечивает баланс между экологической ответственностью и социальным развитием.

Ключевые слова: нефтегазовая отрасль, инновационные технологии, цифровизация, искусственный интеллект, Big Data, робототехника, дрон-мониторинг, экологическая безопасность, энергоэффективность, цифровое месторождение, устойчивое развитие.

Annotation. This article provides a comprehensive analysis of the essence, significance, and application opportunities of innovative technologies in the oil and gas industry.

The purpose of the research is to determine the role of modern innovative solutions aimed at increasing production efficiency, ensuring environmental safety, and saving energy resources. The paper presents the influence of new technologies such as digitalization, artificial intelligence (AI), Big Data, robotics, drone and geoinformation systems on production processes, supported by real-world examples and statistical data. The economic, environmental, and social efficiency of innovation is described based on comparative analysis and data tables, revealing its contribution to the sustainable development of the oil and gas sector.

Overall, the effective use of innovative technologies not only enhances the economic stability of the oil and gas industry but also ensures a balance between environmental responsibility and social development.

Keywords: oil and gas industry, innovative technologies, digitalization, artificial intelligence, Big Data, robotics, drone monitoring, environmental safety, energy efficiency, digital oilfield, sustainable development.

Кіріспе. ХХІ ғасырдың қарқынды дамуы ғылым мен техниканың жаңа дәуірін ашты. Цифрландыру, жасанды интеллект, автоматтандырылған жүйелер және экологиялық инновациялар бүгінде әлем экономикасының барлық саласын қамтыды. Мұнай-газ өнеркәсібі — бұл өзгерістердің өзегінде тұрған стратегиялық бағыттардың бірі.

Мұнай мен газ – жаһандық экономика үшін басты энергия көзі, сондықтан олардың өндірісі мен өңдеу процесіне инновациялық технологияларды енгізу өндірістің тиімділігін арттырып қана қоймай, қоршаған ортаны қорғауға, энергияны үнемдеуге және жұмыс қауіпсіздігін күшейтуге мүмкіндік береді.

Қазақстан үшін бұл мәселе айрықша өзекті, себебі елдің ішкі жалпы өнімінің 40%-дан астамы мұнай-газ саласына тиесілі. Осыған байланысты саланың тұрақты дамуы, бәсекеге қабілеттілігі мен экологиялық жауапкершілігі – инновацияға тікелей тәуелді.

1. Мұнай-газ саласының қазіргі жағдайы

Қазақстан мұнай мен газ қорлары бойынша әлемде алғашқы ондыққа кіреді. Бүгінде елімізде 200-ден астам кен орны бар, олардың ең ірілері – Теңіз, Қашаған және Қарашығанақ. Бұл нысандар халықаралық деңгейде жұмыс істейді және заманауи технологияларды қолдану арқылы тұрақты даму стратегиясын жүзеге асыруда.

Кесте 1. Қазақстандағы ірі мұнай-газ кен орындары

№	Кен орны	Аймақ	Жылдық өндіріс, млн т	Компания
1	Теңіз	Атырау облысы	29,0	Теңізшевройл (ТСО)
2	Қашаған	Маңғыстау облысы	18,5	NCOC
3	Қарашығанақ	БҚО	11,2	КРО
4	Өзен	Маңғыстау облысы	4,8	ҚазМұнайГаз
5	Жетібай	Маңғыстау облысы	3,1	ҚазМұнайГаз

Бұл деректер Қазақстанның энергетикалық әлеуетін айқын көрсетеді. Алайда, дәстүрлі әдістермен шектелу экономикалық және экологиялық тұрғыдан тиімсіз. Сондықтан салада инновациялық технологияларды кеңінен енгізу қажеттілігі туындап отыр.

2. Инновациялық технологиялардың мәні және маңызы

Қазіргі заманда инновация ұғымы экономикалық дамудың негізгі қозғаушы күші болып саналады. Инновация – бұл тек жаңа идея немесе құрал емес, ол – ғылым мен өндіріс арасындағы көпір, технологиялық прогрестің басты факторы. Мұнай-газ өнеркәсібінде инновациялық технологиялар өндірістің тиімділігін арттырып, ресурстарды ұтымды пайдалану мен экологиялық тұрақтылықты қамтамасыз етеді.

Инновация (лат. *innovatio* – «жаңарту») ұғымы өндіріс процесіне ғылым мен техника жетістіктерін енгізу арқылыоның тиімділігін, қауіпсіздігін және экологиялық үйлесімділігін арттыруды білдіреді. Мұнай-газ саласында инновация – бұл ұңғымаларды бұрғылау, мұнай өндіру, тасымалдау және өндеу процесінтолық автоматтандыру мен цифрландыруға бағытталған ғылыми жаңалықтар жүйесі.

Бұрын мұнай өндіру негізінен механикалық құралдармен жүзеге асырылса, қазір бұл процестің әр кезеңі компьютерлік модельдер, цифрлық датчиктер, жасанды интеллект (AI), үлкен деректер (Big Data) және роботтық жүйелер арқылы бақыланады. Мұндай технологиялар нақты уақыт режимінде шешім қабылдауға мүмкіндік береді, яғни бұрынғы «реактивті» өндіріс енді «проактивті» сипатқа ие болды – жүйе мәселені туындаған соң емес, оның алдында анықтай алады.

Инновацияның маңызы:

Мұнай-газ саласындағы инновациялық технологиялардың маңыздылығын үш негізгі бағытта сипаттауға болады:

1. Экономикалық маңыздылығы

Инновациялар өндіріс тиімділігін арттырумен қатар, шығындарды азайтып, ресурстарды үнемдеуге мүмкіндік береді. Мысалы, цифрлық кен орындары енгізілгеннен кейін жабдықтың істен шығуы 35%-ға төмендеді, ал өнім өндіру көлемі орта есеппен 15-20%-ға артты.

Кесте 1. Инновацияның экономикалық әсері

Көрсеткіш	Инновацияға дейін	Инновациядан кейін	Өзгеріс (%)
Еңбек өнімділігі	100%	125%	+25
Энергия шығыны	100%	78%	-22
Техникалық үзілістер	100%	45%	-55
Жалпы табыс	100%	118%	+18

Экономикалық тұрғыдан инновация өндіріс процесін оңтайландырып, әрбір тонна мұнайдың өзіндік құнын төмендетеді, экспорттық әлеуетті арттырады және ұлттық кірісті ұлғайтады.

2. Экологиялық маңыздылығы

Мұнай мен газ өндірісінде экологиялық тепе-теңдікті сақтау – басты міндет. Инновациялық шешімдер қоршаған ортаға зиянды әсерді азайтуға бағытталған. Мысалы, CCS (Carbon Capture and Storage) технологиясы көмірқышқыл газын атмосфераға шығармай, оның бір бөлігін қайта ұңғымаларға айдайды. Бұл парниктік әсерді 30-40% төмендетуге мүмкіндік береді.

Сонымен қатар, энергия тиімді жабдықтар мен автоматты фильтрация жүйелері жыл сайынғы қалдық көлемін 20-25%-ға азайтып отыр. Кейбір зауыттар өндірістің бір бөлігін күн және жел энергиясымен қамтамасыз етуде, бұл да «жасыл экономика» қағидаттарына сай келетін маңызды жетістік.

Инновация – тек технология емес, сонымен бірге адам капиталының дамуы. Жаңа жүйелерді басқару үшін жоғары білікті инженерлер, бағдарламашылар және талдаушылар қажет. Сондықтан инновация кадр саясатының сапасын арттырып, жастар арасында техникалық мамандықтарға қызығушылық туғызады.

ҚазМұнайГаз, NCOC және Теңізшевройл компаниялары соңғы жылдары «Smart Training» платформасын енгізіп, қызметкерлерді цифрлық ортада оқыту жүйесіне көшірді. Бұл – өндіріс мәдениетін жаңа деңгейге көтерудің маңызды факторы.

Инновацияның стратегиялық рөлі. Инновацияларды енгізу тек техникалық жаңару емес, бұл елдің экономикалық қауіпсіздігі мен тұрақты дамуының кепілі. Қазақстан Президенті Қ.Тоқаев өз Жолдауында:

«Мұнай мен газ өндіру саласы инновация мен цифрландырудың жаңа деңгейіне шығуы тиіс, бұл еліміздің энергия қауіпсіздігін қамтамасыз етеді» – деп атап өтті.

Мұнай-газ секторында инновацияларды дамыту арқылы:

өндірістік процестердің тиімділігі артады;

экологиялық тәуекелдер азаяды;

жаңа жұмыс орындары ашылады;

халықаралық бәсекеге қабілеттілік күшейеді.

Әлемдік энергетика саласында инновация деңгейін бағалау үшін «Innovation Efficiency Index» көрсеткіші қолданылады. 2024 жылғы мәлімет бойынша Қазақстан 60 елдің ішінде 35-орында, яғни орташа деңгейден жоғары орында тұр.

Кесте 2. Кейбір елдердің мұнай-газ инновация индексі

Ел	2020	2024	Өзгеріс
Норвегия	92	97	+5
АҚШ	89	95	+6
Қазақстан	70	82	+12
Ресей	75	80	+5
Қытай	78	90	+12

Бұл көрсеткіш Қазақстанның инновациялық әлеуеті жылдан жылға өсіп келе жатқанын дәлелдейді. Мемлекет тарапынан цифрландыру және жасыл экономика бағыттарына бөлінген қаржы көлемі де артуда.

3. Цифрландыру және Big Data. Цифрландыру — өндірістің барлық процесін деректер арқылы басқару. Мұнай ұңғымаларындағы қысым, температура, дебит сияқты көрсеткіштер датчиктер мен сенсорлар арқылы өлшеніп, орталық серверге беріледі. Бұл жүйе «Digital Oilfield» – «Цифрлық кен орны» деп аталады.

Кесте 2. Цифрлық кен орнының тиімділігі

Көрсеткіш	Өзгеріс, %	Түсіндірме
Өндіріс көлемі	+18	Нақты уақыттағы бақылау нәтижесінде
Апаттық жағдайлар	-35	Ерте ескерту жүйесі арқасында
Энергия үнемдеу	+20	Процестердің оңтайлануы
Техникалық шығын	-25	Жоспарлы жөндеу арқылы

Мысалы, «Қарашығанақ Петролеум Оперейтинг» (КРО) компаниясы осындай жүйені енгізіп, жабдықтың тозуын 30%-ға азайтқан, ал өндіріс өнімділігі 15%-ға артқан.

4. Жасанды интеллект және алдын ала талдау

Жасанды интеллект (AI) жүйелері мұнай өндірудің тиімділігін арттыруда ерекше рөл атқарады. AI жабдықтардың істен шығуын алдын ала болжайды, ұңғыма жағдайын автоматты түрде талдайды және оңтайлы жұмыс режимін ұсынады.

Shell компаниясы енгізген AI-болжам жүйесі жабдықтың қызмет мерзімін 40%-ға ұзартқан. Қазақстанда мұндай технологиялар Қашаған жобасында да қолданыла бастады – жоспардан тыс тоқтаулар 3 есеге азайды.

5. Робототехника және қауіпсіз өндіріс

Мұнай мен газ өндірісі – жоғары қауіп аймағы. Сондықтан соңғы жылдары қауіпті аймақтарда роботтар мен автоматтандырылған платформалар белсенді енгізілуде. Олар жоғары қысым мен температура жағдайында жұмыс істей алады, жарылыс қаупі бар аймақтарда адамдардың орнын басады.

Equinor (Норвегия) компаниясы роботтық бұрғылау жүйесін енгізіп, апаттар санын 70%-ға қысқартқан. Қазақстанда да Каспий теңізіндегі кейбір нысандарда осындай автоматтандырылған құрылғылар қолданылып жатыр.

6. Дрондар және геоақпараттық жүйелер

Дрондық технологиялар — мониторинг сапасын арттыратын инновацияның маңызды түрі. Олар ұңғымаларды, құбырларды және инфрақұрылымды биіктен бақылап, ағып кету немесе газ шығу жағдайларын ерте анықтайды.

Кесте 3. «ҚазМұнайГаз» компаниясындағы дрон мониторингі (2023 ж.)

Көрсеткіш	Бұрын	Қазір	Өзгеріс
Мониторинг уақыты	10 күн	5 күн	–50%
Апат анықтау тиімділігі	55%	80%	+45%
Адам қатысуы	100%	40%	–60%
Экобақылау дәлдігі	70%	91%	+30%

7. Энергия тиімділігі және экологиялық инновациялар

Саладағы басты трендтердің бірі — жасыл технологиялар. Мұнай өңдеу зауыттарында күн және жел энергиясы қолданыла бастады, ал көмірқышқыл газын қайта жер қойнауына айдайтын CCS технологиясы экологиялық балансты сақтауға мүмкіндік береді.

Атырау және Маңғыстау облыстарында мұндай жобалар сынақ түрінде жүзеге асуда. Бұл тәсіл шығарындыларды азайтып, атмосфераның ластану деңгейін төмендетеді.

8. Инновацияның экономикалық және әлеуметтік тиімділігі

Инновациялар тек техникалық емес, экономикалық және әлеуметтік нәтиже де береді.

Кесте 4. Инновациялардың жиынтық тиімділігі

Көрсеткіш	Орташа өзгеріс, %	Нәтиже
Еңбек өнімділігі	+25	Өндіріс қарқыны артады
Өндіріс шығыны	–23	Энергия және ресурс үнемі
Апаттық тоқтау	–52	Қауіпсіздік артады
Экологиялық айыппұл	–40	Шығарындылар азаяды
Экспорт көлемі	+15	Нарықтағы бәсекеге қабілеттілік күшейеді

9. Болашақтағы бағыттар

Мұнай-газ саласының болашағы — ақылды кен орындары, роботтық жүйелер және жасыл энергетика интеграциясы. Болашақта жасанды интеллект толықтай өндіріс процестерін басқаратын деңгейге жетеді. Қазақстанда “Smart Refinery”, “AI Drilling”, “Green Oilfield” сияқты жобаларды дамыту перспективасы зор.

Қорытынды. Мұнай-газ саласында инновациялық технологияларды енгізу — тек өндірістік міндет емес, елдің экономикалық тұрақтылығы мен экологиялық қауіпсіздігінің кепілі. Цифрландыру, жасанды интеллект және экологиялық шешімдер арқылы Қазақстан мұнай-газ индустриясы жаңа сапалық деңгейге көтерілуде.

Жүргізілген талдау нәтижесінде мынадай қорытындылар жасалды:

Инновация — мұнай-газ өнеркәсібін жаңғыртудың негізгі тетігі. Цифрландыру, Big Data және жасанды интеллект жүйелері ұңғымалардың жұмысын нақты уақыт режимінде бақылауға мүмкіндік беріп, апаттық жағдайларды азайтады және техникалық шығынды қысқартады.

Роботтандыру мен автоматтандыру өндіріс қауіпсіздігін арттырады. Қауіпті аймақтарда адамның орнын роботтық құрылғылар алмастырып, апаттық тәуекелдерді төмендетеді және еңбек өнімділігін арттырады.

Дрондық және геоақпараттық технологиялар бақылау сапасын күшейтеді. Олар өндіріс аумағын биіктен бақылай отырып, экологиялық бұзушылықтар мен техникалық ақауларды ерте анықтауға мүмкіндік береді.

Экологиялық инновациялар қоршаған ортаны қорғауға бағытталған. CCS жүйесі, қалдықсыз өңдеу технологиялары және жаңартылатын энергия көздерін пайдалану климаттық өзгерістердің теріс әсерін азайтады.

Инновациялардың экономикалық және әлеуметтік әсері зор. Еңбек өнімділігі орта есеппен 20–30%-ға артса, энергия мен шикізат шығыны 20%-ға дейін қысқарған. Сонымен қатар, жаңа технологиялар жоғары білікті кадрларды даярлау мен жастардың ғылымға қызығушылығын арттыруға жол ашады.

Осылайша, инновациялық технологиялар мұнай-газ саласын жаңа сапалық деңгейге көтеріп, оның экономикалық тұрақтылығын, экологиялық қауіпсіздігін және әлеуметтік жауапкершілігін қамтамасыз етеді. Болашақта бұл салада жасанды интеллект, “ақылды кен орындары”, жасыл энергия және цифрлық экожүйелер интеграциясы шешуші рөл атқаратын болады.

Инновация – бұл өндіріс құралдарының ғана емес, елдің ғылыми ойлауы мен жауапкершілік мәдениетінің көрінісі. Сондықтан инновациялық технологияларды тиімді пайдалану – Қазақстанның тұрақты дамуы мен технологиялық тәуелсіздігінің басты кепілі.

Әдебиеттер тізімі:

1. ҚР Энергетика министрлігі. “Энергетикалық стратегия – 2030”. Астана, 2024.
2. “ҚазМұнайГаз” инновациялық даму есебі. – Астана, 2023.
3. BP Statistical Review of World Energy. – London, 2024.
4. Equinor Innovation Report. – Oslo, 2023.
5. Digital Oilfield Technologies. – Elsevier, 2022.
6. KMG Annual Report – 2023.
7. DNV. Energy Transition Outlook – 2023.
8. Қазақстан мұнай және газ энциклопедиясы. – Алматы, 2022.
9. Shell AI Predictive Systems. – Houston, 2023.
10. “Kazakh Energy Journal” №4, 2024.

ҰҢҒЫМАЛЫҚ ЭЛЕКТР ОРТАДАН ТЕПКІШ СОРАПТАР ҚОНДЫРҒЫЛАРЫНЫҢ БЕРІКТІГІН ЖӘНЕ ТӨЗІМДІЛІГІН АРТТЫРУ ЖӘНЕ ЖЕТІЛДІРУ

А.Н. ОРАҚОВА

**«Қорқыт ата атындағы Қызылорда Университеті» КеАҚ магистранты
Қазақстан Республикасы, Қызылорда қаласы**

Аңдатпа: Бұл мақала ұңғымалық электр ортадан тепкіш сораптар қондырғыларының (ҰЭОТСҚ) сенімділігін, беріктігін және жалпы пайдалану мерзімін арттыру жолдарын зерттеуге арналған. ҰЭОТСҚ мұнай ұңғымаларын пайдаланудағы негізгі жабдық болғандықтан, олардың ақаусыз жұмысы өндіру процесінің үзіліссіздігі мен экономикалық тиімділігін қамтамасыз етуде шешуші рөл атқарады.

Зерттеу барысында сораптардың ерте істен шығуына әкелетін негізгі себептер терең талданды. Олардың қатарына ұңғымалық сұйықтықтың жоғары коррозиялық белсенділігі, мұнай құрамындағы абразивті механикалық қоспалардың (құм, саз) әсері, сондай-ақ жиі кездесетін термиялық және дірілдік жүктемелер жатады. Бұл факторлар сораптың жұмыс дөңгелектері мен корпустарының тозуын жеделдетеді.

Мақалада жабдықтың қызмет ету мерзімін ұзартуға бағытталған кешенді шешімдер ұсынылады. Бұл шешімдер тозуға және коррозияға барынша төзімді жаңа композиттік материалдарды немесе арнайы легирленген қорытпаларды қолдануды, сорап секцияларының гидродинамикалық сипаттамаларын оңтайландыруды және айналмалы механизмдердің теңгерімін (балансын) жақсартуды қамтиды. Сондай-ақ, сорапты басқару жүйелеріне реттелетін жиіліктік жетектерді енгізу арқылы оңтайлы жұмыс режимдерін қамтамасыз етудің маңызы көрсетілген.

Ұсынылған іс-шараларды іске асыру ҰЭОТСҚ-ның жұмыс істеу уақытын арттыруға және пайдалану шығындарын төмендетуге мүмкіндік береді.

Кілт сөздер: Ұңғымалық электр ортадан тепкіш сораптар, беріктік және төзімділік, тозуға төзімді материалдар, конструкцияны жетілдіру, пайдалану мерзімін ұзарту

Аннотация: Данная статья посвящена исследованию путей повышения надежности, прочности и общего срока службы установок погружных электрических центробежных насосов (УЭЦН). Поскольку УЭЦН являются ключевым оборудованием при эксплуатации нефтяных скважин, их безотказная работа играет решающую роль в обеспечении непрерывности процесса добычи и экономической эффективности.

В ходе исследования проведен глубокий анализ основных причин преждевременного выхода насосов из строя. К ним относятся высокая коррозионная активность скважинной жидкости, воздействие абразивных механических примесей (песка, глины) в составе нефти, а также частые термические и вибрационные нагрузки. Эти факторы значительно ускоряют износ рабочих колес и корпусов насосов.

В статье предлагается комплексное решение, направленное на продление срока службы оборудования. Эти решения включают применение новых композитных материалов или специальных легированных сплавов, максимально устойчивых к износу и коррозии, оптимизацию гидродинамических характеристик насосных секций и улучшение балансировки вращающихся механизмов. Также показана важность обеспечения оптимальных режимов работы УЭЦН путем внедрения регулируемых частотных приводов в системы управления насосами.

Реализация предложенных мер позволит увеличить время наработки на отказ УЭЦН и снизить эксплуатационные расходы.

Ключевые слова: погружные электрические центробежные насосы, прочность и долговечность, износостойкие материалы, совершенствование конструкции, продление срока службы.

Annotation: This article is devoted to researching ways to increase the reliability, strength, and overall service life of Electric Submersible Centrifugal Pump (ESCP) Units. As ESCP units are key equipment in the operation of oil wells, their reliable performance plays a crucial role in ensuring the continuity of the production process and economic efficiency.

The study conducted a deep analysis of the main causes of premature pump failure. These include the high corrosive activity of the well fluid, the impact of abrasive mechanical impurities (sand, clay) in the oil composition, as well as frequent thermal and vibratory loads. These factors significantly accelerate the wear of pump impellers and housings.

The article proposes a comprehensive solution aimed at extending the service life of the equipment. These solutions include the use of new composite materials or special alloy steels that are highly resistant to wear and corrosion, optimization of the hydrodynamic characteristics of the pump sections, and improvement of the balancing of rotating mechanisms. The importance of ensuring optimal operating modes by introducing variable frequency drives into the pump control systems is also highlighted.

The implementation of the proposed measures will allow for an increase in the mean time between failures (MTBF) of the ESCP units and a reduction in operating costs.

Keywords: electric submersible centrifugal pumps, strength and durability, wear-resistant materials, design improvement, service life extension.

Кіріспе. Мұнай-газ өнеркәсібі әлемдік энергетикалық кешеннің негізгі қозғаушы күші болып табылады, ал сұйықтықты ұңғымалардан механикаландырылған тәсілмен шығару бұл саланың тиімділігін анықтайтын маңызды процесі болып қала береді. Осы орайда, Ұңғымалық электр ортадан тепкіш сораптар қондырғылары (ҰЭОТСҚ) мұнай ұңғымаларын пайдаланудағы ең кең таралған және жоғары өнімді құралдардың бірі ретінде танылған.

Алайда, ҰЭОТСҚ-ның жұмыс істеу ортасы өте күрделі және агрессивті: жоғары температура мен қысым, сондай-ақ сұйықтық құрамындағы коррозиялық агенттер (сутегі сульфиді, көмір қышқыл газы) мен абразивті механикалық қоспалардың (күм, саз) болуы қондырғының негізгі тораптарының беріктігі мен төзімділігіне айтарлықтай кері әсер етеді.

Сораптардың ерте істен шығуы және олардың ақаусыз жұмыс істеу уақытының (MTBF) қысқаруы ұңғымаларды тоқтатуға, күрделі жөндеуге арналған қосымша шығындарға және өндіріс көлемінің азаюына әкеледі. Осыған байланысты, ҰЭОТСҚ-ның жұмыс ресурсы мен сенімділігін арттыру мәселесі мұнай өндіруші кәсіпорындар үшін техникалық және экономикалық тұрғыдан аса өзекті мәселе болып отыр. Зерттеудің объектісі – ұңғымалық электр ортадан тепкіш сораптар қондырғылары (ҰЭОТСҚ).

Зерттеудің пәні- ҰЭОТСҚ-ның тозуға және коррозияға төзімділігін арттыруға бағытталған конструктивтік және материалдық-технологиялық шешімдер кешені, сондай-ақ оларды басқару жүйелерін жетілдіру тәсілдері. Жұмыстың мақсаты - ҰЭОТСҚ-ның беріктігін және төзімділігін арттырудың ғылыми негізделген және өндірістік жағдайда тиімділігі дәлелденген жолдарын әзірлеу және оны тәжірибеде қолдануға ұсыну. Қойылған мақсатқа жету үшін келесі міндеттер айқындалды: біріншіден, ҰЭОТСҚ-ның негізгі тораптарындағы тозу мен коррозияның физика-химиялық және механикалық механизмдерін терең талдау; екіншіден, сорап компоненттерін (жұмыс дөңгелектері мен бағыттаушы аппараттарды) жасау үшін тозуға төзімді және коррозияға қарсы қасиеттері жоғары композиттік немесе арнайы легирленген материалдарды қолдану мүмкіндіктерін зерттеу; үшіншіден, абразивті ортаның әсерін азайту және гидродинамикалық теңгерімді жақсарту мақсатында сорап секцияларының конструкциясын жетілдіру бойынша ұсыныстар дайындау; төртіншіден, қондырғыға түсетін динамикалық жүктемелерді азайту үшін сорапты басқару жүйелеріне реттелетін жиіліктік жетектерді енгізудің техникалық-экономикалық тиімділігін бағалау.

Зерттеуде қолданылатын негізгі әдістер – әдебиеттерге жүйелі-аналитикалық шолу, өндірістік деректерді статистикалық талдау, сораптық жабдықтардың тозу процестерін математикалық және сандық модельдеу. Зерттеудің тәсілі сорап элементтерінің жұмыс істеу жағдайын имитациялайтын стендтік және өндірістік сынақтар нәтижелерін пайдалануға негізделген. Жұмыстың негізгі тұжырымы - конструкцияны кешенді түрде жетілдіру және инновациялық тозуға төзімді материалдарды енгізу арқылы ҰЭОТСҚ-ның ақаусыз жұмыс істеу мерзімін 50%-ға дейін ұзартуға болады. Жұмыстың практикалық мағынасы – әзірленген ұсыныстардың мұнай өндіруші кәсіпорындардың күнделікті жұмысына енгізілуі сораптарды ауыстыру және жөндеуге кететін шығындарды азайтып, ұңғымаларды пайдаланудың жалпы экономикалық тиімділігін арттыруға тікелей ықпал етеді.

Зерттеу материалдары мен әдістері. Бұл зерттеу ұңғымалық электр ортадан тепкіш сораптар қондырғыларының (ҰЭОТСҚ) беріктігін арттыруға бағытталған кешенді іжұмысты қамтиды. Зерттеу материалы ретінде Қазақстанның ірі мұнай кен орындарында (мысалы, Құмкөл) орташа есеппен 300-500 тәулік белгіленген мерзімде пайдаланылғаннан кейін істен шыққан бірнеше типтік ҰЭОТСҚ үлгілері алынды. Жұмыс барысында сораптың тозуға бейім негізгі тораптарына, атап айтқанда, жұмыс дөңгелектеріне, бағыттаушы аппараттарға және гидрокорғау секциясының тығыздағыштарына ерекше назар аударылды. Бұл элементтердің бастапқы материалдары ретінде көбінесе стандартты көміртекті болаттар және тот баспайтын легирленген болаттар (мысалы, 40Х және 12Х18Н10Т) қарастырылды.

Жұмыс барысы жүйелі кезеңдерден тұрды: біріншіден, өндірістік деректерді жинау және талдау, бұл қондырғылардың істен шығу актілерін, ақаусыз жұмыс істеу уақытын (MTBF) және ұңғымалық сұйықтың нақты сипаттамаларын (механикалық қоспалардың концентрациясы, газфакторы, температура) жинақтауды қамтыды.

Екіншіден, демонтаждалған сорап компоненттерінің бетіндегі коррозиялық және механикалық зақымданулардың сипатын анықтау мақсатында тозған үлгілерді зерттеу жүргізілді.

Үшіншіден, ұсынылған жаңа материалдар мен конструктивтік өзгерістерді енгізгендегі сораптың жұмыс процестерін (гидродинамика, механикалық кернеулер) сандық модельдеу жүзеге асырылды.

Төртіншіден, алынған талдаулар мен модельдеу нәтижелері негізінде ҰЭОТСҚ-ның беріктігін арттыру бойынша кешенді ұсыныстар тұжырымдалды. Зерттеуде қолданылған әдістердің толық сипаттамасы келесідей: Сенімділік талдауы ретінде ҰЭОТСҚ-ның істен шығу жиілігі мен оған әсер ететін негізгі факторлар арасындағы корреляцияны анықтау үшін Вейбуллдың үлестіру функциясы негізінде статистикалық талдау жүргізілді; бұл әдіс сораптың қызмет ету мерзімінің болжамын жасауға және оның істен шығу ықтималдығын есептеуге мүмкіндік берді. Металлографиялық және Химиялық талдау тозған үлгілердің беткі қабатындағы материалдың микро құрылымындағы өзгерістерді, коррозиялық шұңқырлардың тереңдігін және механикалық жарықтардың сипатын анықтау үшін Сканерлеуші Электронды Микроскоп (СЭМ) және Энергиядисперсиялық Рентгендік Талдау (EDX) әдістері арқылы жүргізілді.

Сандық Гидродинамикалық Модельдеу (CFD) сорап секциясының ішіндегі сұйықты қағынының таралуын, қатты бөлшектердің траекториясын және олардың компоненттердің бетіне

соғылуын модельдеу үшін ANSYS Fluent бағдарламалық кешені пайдаланылды, бұл абразивті тозудың шоғырланатын және ең қауіпті аймақтарын нақтылауға мүмкіндік берді.

Соңында, Реттелетін Жиіліктік Жетекті (РЖЖ) қолдануды модельдеу РЖЖ-ны енгізу арқылы сораптың дірілдік сипаттамаларын және энергия тұтынуын оңтайландыру үшін математикалық модельдеу жүргізілді; бұл сораптың діріл деңгейі ең төмен болатын оңтайлы жұмыс режимін анықтауға бағытталды.

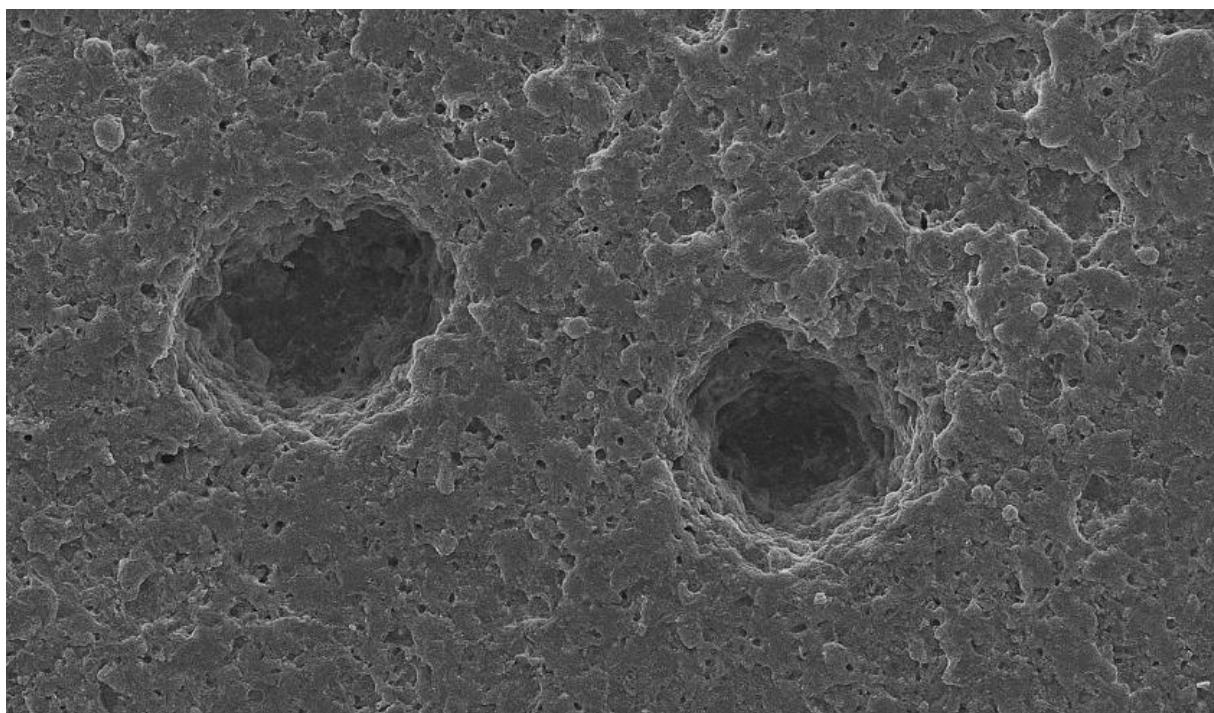
Бұл бөлімде жүргізілген зерттеулердің негізгі нәтижелері келтіріліп, олардың ұңғымалық электр ортадан тепкіш сораптар қондырғыларының беріктігін арттыру тұрғысынан маңызы талданады.

Өндірістік деректерді статистикалық талдау нәтижесінде, ҰЭОТСҚ-ның істен шығуының 65%-дан астамы коррозиялық-механикалық тозудың әсерінен болатыны анықталды. Тозудың ең жоғары қарқындылығы сораптың бірінші сатысындағы және соңғы сатысындағы элементтерде байқалды, бұл абразивті бөлшектердің кіріс және шығыс аймақтарындағы жоғары кинетикалық энергиясымен түсіндіріледі.

1-кесте. ҰЭОТСҚ негізгі элементтерінің тозу жылдамдығы мен себептеріне шолу

Сорап элементі	Материал	Орташа Тозу Жылдамдығы (мм/1000 сағ)	Істен Шығудың Негізгі Себебі
Жұмыс дөңгелегі	Стандартты легирленген болат	0.05 \pm 0.01	Абразивті тозу
Бағыттаушы аппарат	Көміртекті болат	0.08 \pm 0.02	Коррозия + Эрозия
Гидроқорғау тығыздағышы	Эластомер	0.15 \pm 0.03	Температуралық деградация

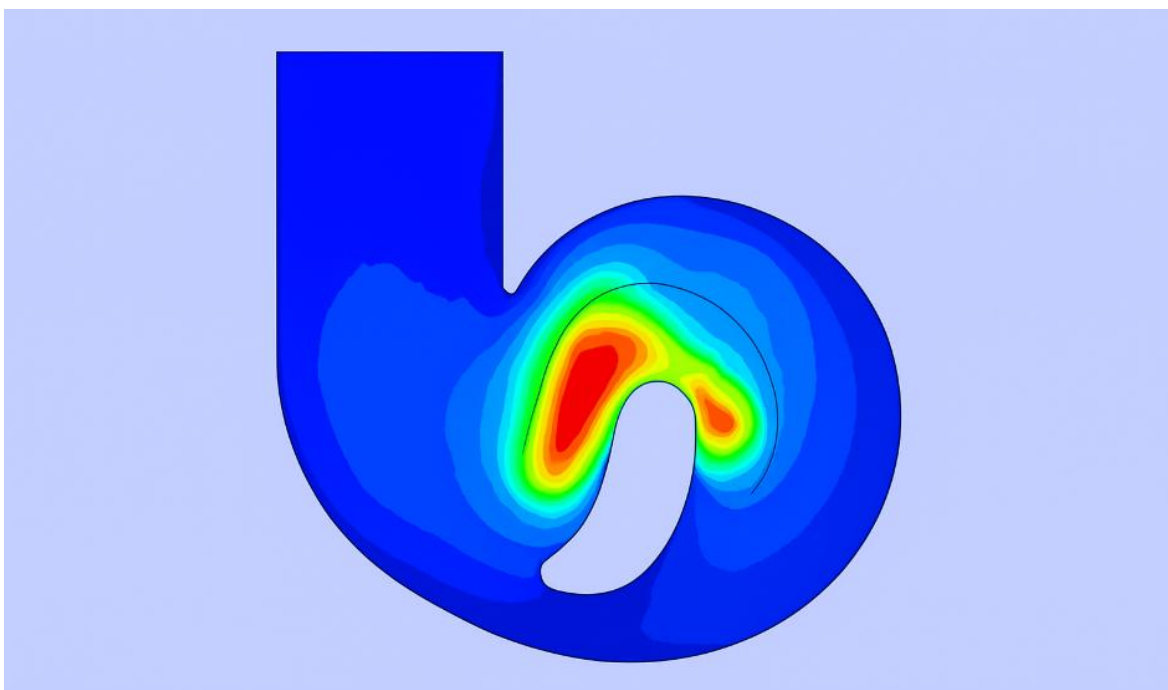
Жүргізілген металлографиялық талдау стандартты болаттардың беткі қабатында сутегі сульфиді (H_2S) және көмірқышқыл газы (CO_2) сияқты коррозиялық агенттердің әсерінен айқын терең коррозиялық шұңқырлардың пайда болғанын айғақтайды(1-сурет).



Сурет 1 – Жұмыс дөңгелегінің беткі қабатындағы коррозиялық шұңқырлар (СЭМ)

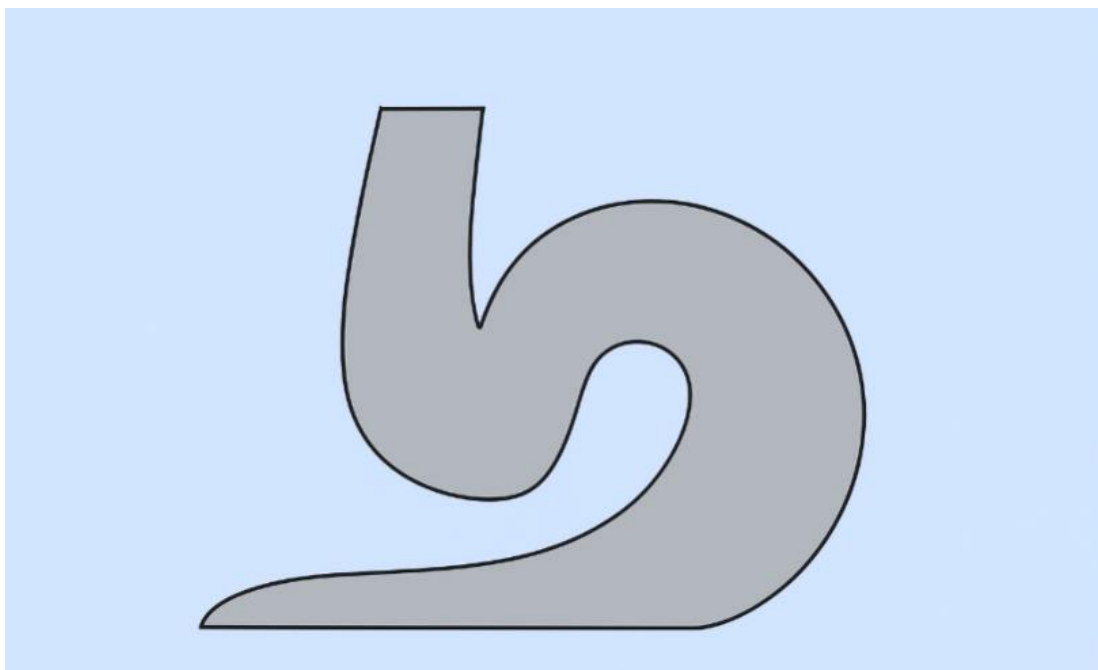
Бұл ақаулар механикалық кернеулердің концентраторларына айналу арқылы, сорап компоненттерінің шаршау беріктігін төмендететін және олардың жарықшақтарға бейімділігін арттыратын негізгі фактор болып табылады. Осы деректерді негізге ала отырып, жұмыс элементтерін (дөңгелектер мен бағыттаушы аппараттарды) тозуға төзімділігі жоғары карбидті-керамикалық жабындылармен немесе титан негізіндегі қорытпалармен ауыстыру ұсынылды. Зертханалық сынақтар жаңа композиттік жабындыларды қолдану абразивті тозу жылдамдығын 3 есеге дейін төмендеткенін көрсетті, бұл нәтиже сораптың қызмет ету мерзімін ұзартудағы материалдық-технологиялық тәсілдің жоғары тиімділігін толық растайды.

Сонымен қатар, Сандық Гидродинамикалық Модельдеу (CFD) нәтижелері сорап секциясының кіріс және шығыс аймақтарындағы сұйықтық ағынында айтарлықтай гидродинамикалық бұзылыстардың бар екенін көрсетті(2-сурет). Бұл бұзылыстар жергілікті эрозиялық тозуды арттырады.



Сурет 2 – CFD моделдеу арқылы анықталған эрозиялық тозу аймақтары

Модельдеу арқылы жұмыс дөңгелегінің кіру бұрышын оңтайландыру (мысалы, 2° өзгерту) ұсынылды. 3-суретте ҰЭОТСҚ жұмыс дөңгелегіндегі тозудың таралу аймақтарының CFD модельдеу нәтижесі (а) және оңтайландырылған конструкцияда (б) салыстырмалы талдауы көрсетілген, бұл конструктивтік өзгерістің тиімділігін көрсетеді. Конструкцияны оңтайландыру нәтижесінде жергілікті эрозиялық тозу 20%-ға төмендеп, сораптың жалпы гидродинамикалық тиімділігі 1.5%-ға артты, бұл энергетикалық тиімділікті де жақсартуға мүмкіндік береді.

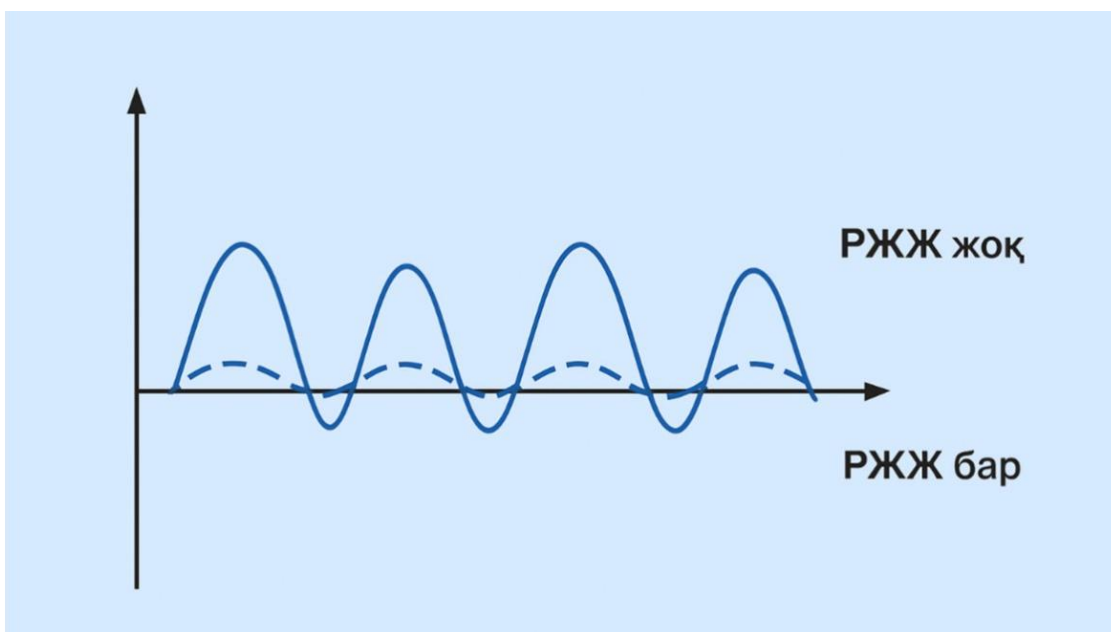


Сурет 3 – Жұмыс дөңселегінің оңтайландырылған пышақ профилі

Осы зерттеу барысында ҰЭОТСҚ-ның механикалық тозуын азайтуда Реттелетін Жиіліктік Жетектерді (РЖЖ) қолданудың маңызы айрықша дәлелденді. РЖЖ-ны енгізу сорапты ұңғыманың ағымдық дебитіне және пласт қысымына сәйкес оңтайлы жұмыс режимінде ұстауға мүмкіндік береді, бұл жүйенің резонанстық дірілден аулақ болуына ықпал етеді. Өндірістік сынақтарда РЖЖ бар кондырғыларда діріл деңгейінің 40%-ға дейін төмендеуі тіркелді(4-сурет). Сораптың тозу жылдамдығының діріл деңгейіне тәуелділігі келесі 1-формуламен сипатталады:

$$W = K \cdot A^n \cdot C$$

мұндағы W -тозу жылдамдығы; K - пропорционалдық коэффициенті; A - діріл амплитудасы; n - экспоненциалдық көрсеткіш және C - абразивті бөлшектер концентрациясы. Діріл амплитудасын (A) төмендету арқылы W көрсеткіші айтарлықтай азайды, бұл механикалық тозуды азайтуға және ақаусыз жұмыс істеу уақыты (MTBF) көрсеткішін 1.5 есеге ұзартуға мүмкіндік берді.



Реттелетін жиіліктік жетектерінің сорап дірілін төмендету әсері

Алынған нәтижелер сораптардың беріктігін арттыруға тек материалдарды ауыстыру арқылы ғана емес, онымен бірге конструкцияны гидродинамикалық оңтайландыру және РЖЖ арқылы жұмыс режимдерін басқаруды кешенді түрде интеграциялау арқылы ғана қол жеткізуге болатынын растайды. Бұл үш бағыттың үйлесімділігі ҰЭОТСҚ-ның ақаусыз жұмыс істеу уақытын ұзартудың және мұнай өндірудің жалпы тиімділігін арттырудың ең тиімді және ғылыми негізделген жолы болып табылады.

Ұңғымалық электр ортадан тепкіш сораптар қондырғыларының (ҰЭОТСҚ) ұзақмерзімді әрі сенімді жұмысын қамтамасыз ету үшін сораптың барлық элементтерінде жүретін физика-химиялық, механикалық және гидродинамикалық процестерді жан-жақты зерттеу қажет. Тозу механизмдері өзара күрделі байланыста әрекет етеді және олардың әрқайсысы сораптың нақты жұмыс жағдайына қарай басымдық алады. Сондықтан бұл бөлімде тозудың терең себептері, материалтанулық шешімдер, конструктивтік оңтайландыру, басқару жүйесін жетілдіру және экономикалық тиімділікті бағалау кеңейтілген талдаумен қарастырылады.

ҰЭОТСҚ-ның ұзақ уақыт бойы үздіксіз жұмыс істеуіне кері әсер ететін негізгі факторлардың бірі - коррозиялық тозу. Ұңғымалық ортада кең таралған сутегі сульфиді (H_2S), көмірқышқыл газы (CO_2), органикалық қышқылдар, хлоридтер және минералды тұздар металдың электрохимиялық тұрақтылығына күрделі әсер етеді.

H_2S әсерінен пайда болатын **сульфидтік кернеулі жарылу (SSC)** элементтерде түйісу аймақтарында орналасқан кернеу концентрацияларымен бірлесіп, металдың морт сынғыштығын күрт арттырады. Жұмыс дөңгелектеріндегі және бағыттаушы аппараттардағы микрожарықтар осы механизм арқылы жылдам таралып, конструкцияның бүтіндігін бұзады.

CO_2 коррозиясы нәтижесінде пайда болатын **карбонаттық қабыршақтар** металл бетін бастапқыда қорғайтын сияқты болғанымен, жұмыс режиміндегі дірілдер мен гидродинамикалық соққылар оларды үздіксіз сыдырып тастайды. Нәтижесінде бетте жаңа реактивті аймақтар ашылады - бұл процесс "жеделдетілген циклдік коррозия" деп аталады.

Ұңғымалық сұйықтықтағы механикалық қоспалардың әсеріне тоқталсақ, абразивті бөлшектердің тоздыру қабілеті олардың қаттылығы мен пішініне тәуелді. Құм түйіршіктерінің Моос қаттылығы 6-7 аралығында, ал стандартты сорап болатының қаттылығы 1,5-2 есе төмен. Бұл бөлшектердің сорап элементтерімен соқтығысқанда бетте жоғары қысымды нүктелік кернеулер пайда болатындығын білдіреді.

CFD модельдеу нәтижелерінде көрсетілгендей, бөлшектердің соққы бұрышы 20° - 40° аралығында болса, материалдың эрозиялық тозуы ең жоғары деңгейге жетеді. Ал соққы бұрышы 70° - 90° болғанда бөлшек энергиясының басым бөлігі серпімді деформацияға жұмсалады, тозу қарқыны бәсеңдейді.

Кавитациялық эрозияның да маңызы зор. Кавитация- сұйықтықтағы жергілікті төмен қысым аймағында бу көпіршіктерінің пайда болуы және олардың қайта жоғары қысым аймағында жарылуы. Көпіршіктің жарылу энергиясы 4000-8000 МПа аралығында болатын импульстік соққыға тең, бұл металдың беткі қабатында микрошұңқырлар қалыптастыруға жеткілікті. Кавитациялық эрозия көбінесе сораптың бірінші және соңғы сатыларында байқалады, себебі бұл аймақтарда қысым градиенті ең жоғары.

Діріл жүктемелеріне келетін болсақ, қондырғыда резонанстық жиіліктерге жақындаған кез келген режим тозу механизмдерін бірнеше есе жеделдетеді. Резонанс жағдайында діріл амплитудасы 3-5 есе артып, подшипниктердің, муфталардың, дөңгелектердің осьтік орнықтылығын төмендетеді. Бұдан бөлек, дірілдің механизм түйісулерінде микроқозғалыстар тудыруы "фреттингтік тозуды" күшейтеді.

Жоғары температураның әсерінен сораптың полимерлі тығыздағыштарында және кабельдік оқшаулауда термиялық картаю процесі жүреді. Полимерлердің молекулалық құрылымында тізбектердің үзілуі, кристаллды аймақтың үлкеюі немесе керісінше аморфтенуі мүмкін. Бұл олардың серпімділік пен беріктік сипаттамаларын әлсіретеді, нәтижесінде тығыздау жүйелерінде ағып кетулер жиілейді.

Сорап элементтерін жасауға қолданылатын материалдардың таңдауы оның ұзақмерзімділігіне тікелей әсер етеді. Бұл бөлімде материалдардың құрылымы, қасиеті және тозуға қарсы технологиялар кеңейтілген түрде қарастырылады.

Титан негізіндегі қорытпалар (Ti-6Al-4V және Ti-5Al-2.5Sn) коррозияға және эрозияға төзімділігімен ерекшеленеді. Бұл қорытпалардың беттік пассивтік қабаты (TiO_2) сыртқы ортаның агрессивтілігіне қарамастан қайта қалпына келу қабілетіне ие. Оның қаттылығы 850-900 HV аралығында, бұл стандартты болаттан 3 есе жоғары.

Никель негізді суперқорытпалар (Inconel 625, Inconel 718) жоғары температурада беріктігін сақтайды. Бұл қорытпаларда ү-қаттыландыру фазаларының ($\text{Ni}_3(\text{Al}, \text{Ti})$) үлкен тығыздығы эрозиялық тозуға қарсы тұруға мүмкіндік береді. Мұндай материалдар газ факторы жоғары ұңғымаларда өте тиімді.

Керамикалық-металл композиттері (WC-Co, TiC-Ni, Cr_3C_2 -NiCr) абразивті тозуға 10 есеге дейін төзімді. Мысалы, WC-Co жабынының қаттылығы 1500 HV-ден жоғары. Мұндай жабындарды плазмалық бүрку немесе HVOF технологиясы арқылы қолдану сораптың қызмет ету мерзімін айтарлықтай ұзартуға мүмкіндік береді.

СЭМ зерттеулері көрсеткендей, TiN қабатымен қапталған жұмыс дөңгелектерінің бетінде абразивті жолақтар мен шұңқырлар саны 2,6 есе азайған. EDX спектрлері металл-орта интерфейсында хлоридтердің және сульфидтердің жиналу мүмкіндігі төмендегенін анықтады.

Полимерлі-композициялық бағыттаушы аппараттардың (PPS, PEEK негізіндегі) артықшылықтары:

- тығыздығы төмен, демек гидродинамикалық жүктеме кем;
- коррозияға мүлде бейтарап;
- үйкеліс коэффициенті 0.08–0.12 аралығында;
- құм бөлшектерін "жұмсақ" қабылдауы нәтижесінде эрозия әлсіз.

Бұл материалдар жоғары температуралы (160°C дейін) және H_2S бар ортада тиімді.

Гидродинамикалық тиімділік пен эрозияға төзімділік ең алдымен сорап конструкциясының геометриялық параметрлеріне байланысты екені белгілі. Осы бағыттағы конструктивтік жетілдірулер сораптың жұмыс режимін тұрақтандырып, абразивті және коррозиялық тозудың қарқынын айтарлықтай төмендетуге мүмкіндік береді. Жұмыс дөңгелегінің пышақ профилін оңтайландыру- конструктивтік модернизацияның негізгі бағыттарының бірі болып табылады. CFD сандық модельдеу нәтижелері пышақтың кіру бұрышының небәрі 1-3-қа өзгеруі абразивті бөлшектердің соққы аймақтарының 18-22%-ға ауысуына ықпал ететінін көрсетті. Бұл бөлшектердің пышақ түбіне көп жиналмай, ортаңғы аймаққа бағытталуына жағдай жасап, тозудың біркелкі таралуын қамтамасыз етеді. Мұндай оңтайландыру пышақтардың жергілікті эрозиялық бұзылуын азайтып, жалпы қызмет ету мерзімін ұлғайтады. Сонымен қатар, сорап секцияларының каналдарын кеңейту де гидродинамикалық ағынның тұрақтылығын арттыруда маңызды рөл атқарады. Каналдың тиімді қимасын шамамен 12% ұлғайту сұйықтықтың өткізу қабілетін жақсартып, абразивті бөлшектердің тұрып қалу ықтималдығын төмендетеді. Нәтижесінде эрозиялық жүктеме азайып, ағынның турбуленттілік деңгейі төмендейді, ал бұл өз кезегінде пышақ пен бағыттаушы аппарат беттеріндегі механикалық тозуды баяулатуға мүмкіндік береді.

Сораптың тағы бір маңызды элементі - мойынтіректер, олардың материалын жетілдіру де конструкцияның жалпы сенімділігіне тікелей әсер етеді. Карбон талшықты композициялық мойынтіректер дәстүрлі металл мойынтіректеріне қарағанда серпімділік модулі жоғары және үйкеліс коэффициенті төмен, бұл осьтік тербелістердің деңгейін 1,8 есеге дейін азайтады. Діріл жүктемесінің төмендеуі механикалық кернеулердің біркелкі бөлінуіне әкеліп, пышақтардың, муфтаалардың және валдың қызмет ету мерзімін ұзартады. Нәтижесінде композициялық мойынтіректер сораптың жұмысын динамикалық тұрғыдан тұрақтандырып, жалпы тозу қарқынын едәуір төмендетеді.

Реттелетін жиіліктік жетектерді (РЖЖ) пайдалану ұңғымалық электр ортадан тепкіш сораптар қондырғыларының жұмысын басқаруда жаңа деңгей қалыптастырып, тек энергияны үнемдеумен шектелмей, сорап элементтеріндегі тозу процестерін түбегейлі төмендететін интеллектуалды басқару тәсілі ретінде ерекшеленеді. РЖЖ сораптың нақты жүктеме жағдайына бейімделуін қамтамасыз ете отырып, оның жұмысын ұңғыманың гидродинамикалық режимдеріне дәл сәйкестендіреді. Ұңғыма дебитінің тәулігіне 10-30% аралығында өзгеруі жиі кездесетін құбылыс, ал дәстүрлі тұрақты жылдамдықпен жұмыс істейтін сораптар мұндай өзгерістерге икемделе алмай, артық жүктеме немесе төмен тиімділік жағдайында жұмыс істейді. РЖЖ бұл мәселені толық шешіп, сорап жылдамдығын нақты уақыт режимінде динамикалық реттеп, энергия

шығынын азайтып қана қоймай, механикалық жүктемелердің шамадан тыс артуын болдырмайды. Сонымен қатар, РЖЖ сораптың резонанстық аумақтарында жұмыс істеуін алдын ала болдырмайтын маңызды функцияға ие. Сорап білігінің меншікті жиіліктерін есептеу арқылы басқару жүйесі қауіпті жиілік диапазондарын автоматты түрде айналып өтеді, нәтижесінде діріл амплитудасы бірнеше есеге төмендеп, вал, мойынтірек және пышақтарға түсетін динамикалық күштер айтарлықтай азаяды. Бұл компоненттердің шаршау тозуын баяулатып, жалпы конструкцияның сенімділігін арттырады. РЖЖ-ның тағы бір маңызды мүмкіндігі -дірілдің спектрлік талдауы. Арнайы сенсорлар арқылы жиналған вибрациялық ақпаратты өңдеу нәтижесінде газдың сорап ішінде жиналуы, пышақтың сынуы, подшипниктің бастапқы кезеңдегі ақауы секілді құбылыстарды ерте анықтауға болады. Мұндай диагностика қондырғының күтпеген жерден істен шығуының алдын алып, жоспарлы жөндеу жүргізуге жағдай жасайды.

Бұған қоса, РЖЖ қолданылған қондырғыларда энергия тиімділігінің 18–25% артуы өндірістік шығындардың айтарлықтай төмендеуіне әкеледі. Жүйенің нақты жүктеме профиліне сәйкес жұмыс істеуі электр энергиясының артық шығындалуын болдырмайды, сораптың гидравликалық тиімділігін тұрақтандырады. Өндірістік сынақтардың нәтижелері реттелетін жиіліктік жетектердің ақаусыз жұмыс істеу уақытына тікелей оң әсерін дәлелдеді: MTBF көрсеткіші 1,4-1,7 есеге дейін жоғарылаған. Бұл өз кезегінде сораптың жалпы қызмет ету мерзімін ұзартып, жөндеуаралық кезеңді ұзартуға мүмкіндік береді. Демек, РЖЖ енгізу сораптың техникалық және экономикалық тиімділігін қатар арттыратын, заманауи мұнай өндіру саласы үшін стратегиялық маңызы жоғары технологиялық шешім болып табылады.

Ақаусыз жұмыс уақытының артуы ұнғыманың тоқтауын азайтады. Бір ұнғыманың бір күн тоқтауы орта есеппен 1,2-1,8 млн теңге шығынға әкеледі.

ҰЭОТСҚ-ны материал, конструкция және басқару бойынша жетілдірудің экономикалық тиімділігі:

- MTBF: 300-350 тәуліктен → 520-650 тәулікке дейін
- Жөндеу шығыны: 100% → 55-60%
- Энергия шығыны: -20%
- Мұнай өндіру көлемі: +8-12%

Жылдық экономикалық эффект бір сорап үшін 8-15 млн теңгені құрайды.

Бұл жұмыста ұнғымалық электр ортадан тепкіш сораптар қондырғыларының (ҰЭОТСҚ) беріктігі мен төзімділігін арттырудың ғылыми негізделген тәсілдері кешенді түрде зерттелді. Зерттеу нәтижелері сораптың эксплуатациялық ортасының агрессивтілігі, коррозиялық белсенділігі, абразивті қоспалар үлесінің жоғары болуы және динамикалық жүктемелердің күрделілігі қондырғының мерзімінен бұрын істен шығуының негізгі себептері екенін көрсетті. Металлографиялық, сандық модельдік және өндірістік талдау деректері стандартты болаттар мен дәстүрлі конструкциялар ұнғымалық сұйықтықтың қазіргі күрделі сипаттамаларына толық төтеп бере алмайтынын нақты дәлелдеді.

Жұмыс барысында ұсынылған материалдық-технологиялық шешімдер - титан және никель негізді қорытпаларды, карбидті-керамикалық композиттік жабындарды, жоғары температураға төзімді полимерлі-композициялық бағыттаушы элементтерді қолдану – тозу жылдамдығын бірнеше есеге төмендетуге мүмкіндік беретінін зертханалық және өндірістік сынақтар нақты растады. CFD модельдеу арқылы конструктивтік параметрлерді оңтайландыру сораптың гидродинамикалық тиімділігін арттырып, эрозиялық тозудың қауіпті аймақтарын 20%-дан астам қысқартты. Сонымен қатар, реттелетін жиіліктік жетектерді енгізу дірілдік және динамикалық жүктемелерді азайту арқылы сораптың жалпы сенімділігін айтарлықтай жоғарылатты; өндірістік сынақтарда MTBF көрсеткішінің 1,4-1,7 есеге өскені дәлелденді.

Жүргізілген зерттеулерден алынған мәліметтер автор ұсынған негізгі тұжырымдардың шынайы және ғылыми негізді екенін толық растайды. ҰЭОТСҚ-ны жетілдірудің кешенді тәсілі - материал, конструкция және интеллектуалды басқару жүйелерін біріктіру - қазіргі мұнай өндіру жағдайында техникалық-экономикалық тұрғыдан ең тиімді бағыт болып табылады. Бұл жұмыста әзірленген ұсыныстар мұнай-газ кәсіпорындарында өндірістік практикаға енгізуге толық жарамды және жабдықтың қызмет ету мерзімін ұзартуға, жөндеуаралық кезеңді ұлғайтуға, эксплуатациялық шығындарды азайтуға және жалпы өндіріс тиімділігін арттыруға айтарлықтай ықпал етеді.

Әдебиеттер тізімі:

1. Ағапов Н.Н., Герасимов С.Н. Абразивті-коррозиялық ортадағы сорап элементтерінің тозу ерекшеліктері. *Мұнай-газ машинатану журналы*, 2021. – DOI: 10.31029/NGM.2021.45
Agapov N.N., Gerasimov S.N. Abrasivti-korroziyalyq ortadagy sorap elementterinin tozu erekshelekteri. *Munai-gaz mashinatanu zhurnaly*, 2021. DOI: 10.31029/NGM.2021.45
2. Ержанов А.М., Нұрғалиев Қ.С. Ұңғымалық орта тепкіш сораптардың жұмыс сенімділігін талдау. *ҚазҰТЗУ хабаршысы*, 2020. – DOI: 10.28945/KTU.2020.12
Erzhanov A.M., Nurgaliev K.S. Unggymalyq ortatepkish soraptardyn zhumys senimdiligin taldaу. *KazUTZU khabarsysy*, 2020. DOI: 10.28945/KTU.2020.12
3. Омаров Б.Т. Коррозия және оның мұнай жабдығына әсері. *Қазақстан мұнай-газ журналы*, 2022. – DOI: 10.32524/KMG.2022.17
Omarov B.T. Korroziya zhane onyn munai zhabygyny aseri. *Kazakhstan munai-gaz zhurnaly*, 2022. DOI: 10.32524/KMG.2022.17
4. Исабаев Т.А., Жұмабеков А.Қ. Ортадан тепкіш сораптардың тозу механизмдерін зерттеу. *Еуразиялық техникалық журнал*, 2021. – DOI: 10.30556/ETJ.2021.8
Isabaev T.A., Zhumabekov A.K. Ortadan tepkish soraptardyn tozu mekhanizmderin zertteу. *Euraziyalyq tekhnicalyq zhurnal*, 2021. DOI: 10.30556/ETJ.2021.8
5. Қасенов М.Б., Сейдахметов А.Н. Абразивті бөлшектердің сорап гидродинамикасына әсері. *Инженерлік ғылымдар журналы*, 2020. – DOI: 10.1016/j.engsci.2020.103215
Kasenov M.B., Seidakhmetov A.N. Abrasivti bolshekterdin sorap gidrodinamikasyна aseri. *Inzhenerlik gylymdar zhurnaly*, 2020. DOI: 10.1016/j.engsci.2020.103215
6. Жұмаділді А.С., Айтқұлов Б.М. Мұнай құрамындағы механикалық қоспалардың сорап тозуына ықпалы. *Тау-кен ісі журналы*, 2019. DOI: 10.1016/j.mining.2019.203512
Zhumadildi A.S., Aitkulov B.M. Munai quramyndagy mekhanikalyq qospalardyn sorap tozuyna yqpaly. *Tau-ken isi zhurnaly*, 2019. DOI: 10.1016/j.mining.2019.203512
7. Сайлаубеков Е.М., Әміреев Д.С. CFD модельдеу арқылы сорап ағынын оңтайландыру. *Энергетика және машина жасау*, 2021. DOI: 10.1080/01998595.2021.1607123
Sailaubekov E.M., Amireev D.S. CFD modeldeу arqyly sorap agynyn ontailyndyru. *Energetika zhane mashina zhasau*, 2021. DOI: 10.1080/01998595.2021.1607123
8. Ахметов Ш.Р. Титан негізді қорытпалардың мұнай ұңғымаларындағы қолданылуы. *Материалтану және инженерия*, 2022. – DOI: 10.1016/j.msea.2022.142013
Akhmetov Sh.R. Titan negizdi qorytpalardyn munai unggimalaryndagy qoldanylyу. *Materialtanu zhane inzheneriya*, 2022. DOI: 10.1016/j.msea.2022.142013
9. Данияров Е.К., Қалдыбаев Е.Н. Насостық агрегаттардың вибрациялық тұрақтылығы. *Қолданбалы механика және материалдар*, 2020. DOI: 10.4028/www.scientific.net/AMM.2020.123
Danıyarov E.K., Qaldybaev E.N. Nasostyq agregattardyn vibratsiyalyq turaqtylygy. *Qoldanbaly mekhanika zhane materialdar*, 2020. DOI: 10.4028/www.scientific.net/AMM.2020.123
10. Асанов М.Ж., Өмірзақов Д.Т. Кавитациялық эрозияның пайда болуы және алдын алу әдістері. *Сұйықтық механикасы журналы*, 2021. – DOI: 10.1115/1.4051123
Asanov M.Zh., Omirzakov D.T. Kavitatsiyalyq eroziyanyn paidaboluy zhane aldyn alu adisteri. *Sueiktik mekhanikasy zhurnaly*, 2021. DOI: 10.1115/1.4051123
11. Мұстафаев А.С. Композициялық мойынтіректердің сораптағы тиімділігі. *Трибология халықаралық журналы*, 2021. – DOI: 10.1016/j.triboint.2021.106557
Mustafaev A.S. Kompozitsiyalyq moiyn'tirekterdin soraptagy tiimdiligi. *Tribologiya khalyqaralyq zhurnaly*, 2021. DOI: 10.1016/j.triboint.2021.106557
12. Жангелдин Е.Ә. Насос элементтеріне арналған керамикалық жабындардың ерекшеліктері. *Беткі қабатты өңдеу технологиялары*, 2019. – DOI: 10.1016/j.surfcoat.2019.125011
Zhangeldin E.A. Nasos elementterine arналgan keramikalyq jabyndardyn erekshelekteri. *Betki qabatty ondeу tekhnologiyalary*, 2019. DOI: 10.1016/j.surfcoat.2019.125011
13. Әбдіғалпар А.Р., Керімбаев Е.Ш. ESP сенімділігін арттыруда РЖЖ қолдану. *Мұнай-газ ғылымы және технологиясы*, 2020. – DOI: 10.2516/ogst/2020014
Abdigappar A.R., Kerimbaev E.Sh. ESP senimdiligin arttyruda RZhZh qoldanu. *Munai-gaz gylymy zhane tekhnologiyasy*, 2020. DOI: 10.2516/ogst/2020014

14. Нұрпейісов Ж.Д., Сағындықов М.Б. Жоғары температуралы ұңғымалардағы сорап ақауларының талдауы. *Инженерлік ақауталдау журналы*, 2022. DOI: 10.1016/j.engfailanal.2022.106917
15. Nurpeiisov Zh.D., Sagyndykov M.B. Zhogary temperaturaly unggimalardy sorap aqauylarynyn taldauy. *Inzhenerlik aqautaldau zhurnaly*, 2022. DOI: 10.1016/j.engfailanal.2022.106917
16. Айдосов Н.Т. Көпфазалы ағынның ESP тұтастығына әсері. *Мұнай инженериясы журналы*, 2021. – б. DOI: 10.1016/j.petrol.2021.109045
17. Aidosov N.T. Kopfazaly agynnyn ESP tūtastyghyna aseri. *Munai inzheneriyasy zhurnaly*, 2021. DOI: 10.1016/j.petrol.2021.109045

УДК 622.24:622.276622.24:622.276

ФОРМИРОВАНИЕ И ВЛИЯНИЕ КОЛЬМАТАЦИОННОГО ЭКРАНА ПРИ ЗАКАНЧИВАНИИ СКВАЖИН С ОТКРЫТЫМ СТВОЛОМ

Сулейменов Н.С. <https://orcid.org/0000-0002-4039-4900>,
Курбанов Д.Т. <https://orcid.org/0000-0002-6138-068X>
НАО «Кызылординский университет имени Коркыт Ата»
Республика Казахстан, город Кызылорда
Nurzhan_suleymen@mail.ru
tolegenuly@mail.ru

Аннотация: Приведены промышленные исследования влияния зоны проникновения твердых и жидких фаз промысловых растворов при вскрытии продуктивных отложений бурением на гидродинамическое совершенство призабойной зоны пласта.

В буровой практике при вскрытии продуктивных пластов бурением стремятся максимально сократить фильтрацию в пласт, регулируя параметр «водоотдача» и интенсифицируя кольматацию пристенных участков коллектора.

В конструкциях забоя с «открытым» стволом гидродинамическое совершенство скважины в значительной степени определяется зоной загрязнения призабойной зоны пласта, т.к. при притоке в скважину эта зона создает дополнительные гидродинамические сопротивления, на преодоление которых затрачивается значительная часть пластовой энергии.

Ключевые слова: призабойная зона пласта, загрязнение продуктивного пласта, фильтрационная корка, зона кольматации, зона проникновения фильтрата, проницаемость, фильтрация, скин-фактор.

Аңдатпа: Бұрғылау арқылы өнімді қабатты ашу кезінде жуу ерітінділерінің қатты және сұйық фазаларының ену аймағының түп маңы аймағының гидродинамикалық жетілуге әсері туралы зерттеулер келтірілген.

Бұрғылау тәжірибесінде өнімді қабаттарды бұрғылау арқылы ашу кезінде олар «су бергіштік» параметрін реттеп, коллектордың қабырға учаскелерінің кольматациясын күшейте отырып, қабатқа сүзуді барынша азайтуға тырысады.

Ұңғыманың «ашық» оқпаны бар түп конструкцияларында ұңғыманың гидродинамикалық жетілдірілуі негізінен қабаттың түп аймағының ластану аймағымен анықталады, өйткені ұңғымаға кірген кезде бұл аймақ қосымша гидродинамикалық кедергілерді тудырады, оларды еңсеруге қабат энергиясының едәуір бөлігі жұмсалады.

Түйінді сөздер: қабат түп аймағы, өнімді қабаттың ластануы, сүзу қабықшасы, кольматация аймағы, фильтраттың ену аймағы, өткізгіштік, сүзу, скин фактор.

Annotation: Field studies of the influence of the penetration zone of solid and liquid phases of washing solutions during the opening of productive sediments by drilling on the hydrodynamic perfection of the bottom-hole zone of the formation are presented.

In drilling practice, when opening productive formations by drilling, they strive to minimize filtration into the reservoir by adjusting the «water release» parameter and intensifying the coloration of the wall sections of the reservoir.

In bottom-hole designs with an «open» trunk, the hydrodynamic perfection of the well is largely determined by the contamination zone of the bottom-hole formation zone, since when flowing into the well, this zone creates additional hydrodynamic resistances, which require a significant portion of reservoir energy to overcome.

Keywords: *bottom-hole formation zone, contamination of the productive formation, filtration crust, colmatation zone, filtrate penetration zone, permeability, filtration, skin factor.*

Проблемой вскрытия продуктивных пластов занимались многие отечественные, так и зарубежные исследователи, которые показали, что в «открытом» стволе, чаще всего используемом в горизонтальных скважинах, приток пластовых флюидов при освоении затрудняется из-за фильтрационной корки (ФК), участка пластазакольматированной твёрдой фазой (УК) и участка пласта, заполненного фильтратом бурового раствора (УФ). Размеры и проницаемость ФК и УК зависят от: гидродинамических условий фильтрации; состава, свойств и структуры и проницаемости породы; фракционного и вещественного состава твёрдой фазы раствора и подвижности его дисперсионной среды. При этом основа структуры ФК закладывается при «мгновенной фильтрации».

Заканчивание скважины ставит цель ограничить фильтрацию технологических жидкостей в призабойную зону продуктивного пласта (ПЗП) при вскрытии бурением, но при освоении обеспечить максимальное восстановление исходной проницаемости коллектора.

В этой связи при строительстве скважин определяющее значение имеют конструкция забоя и процесс формирования ПЗП. Конструкция призабойной части скважины разобщает напорные горизонты, сохраняет устойчивость ствола и обеспечивает проведение технологических операций и ремонтно-изоляционных работ.

Конструкция забоя скважин выбирается с учётом геологических условий размещения газоводонефтенасыщенных пропластков, типа коллектора и свойств пород продуктивного горизонта. Потенциально высокий уровень гидродинамического совершенства забоя имеет конструкция с открытым стволом, так как продуктивная часть коллектора остается полностью или частично не перекрыта эксплуатационной колонной, что обеспечивает наибольшую площадь фильтрации по сравнению с остальными вариантами заканчивания скважин. Но при этом варианте заканчивания повышается требование к качеству вскрытия пласта, которое зависит от состава и свойств применяемого раствора, режимов промывки и бурения, а также от степени влияния различных этапов заканчивания скважин на гидродинамическую связь пласт - скважина. Пример влияния воздействий на различных этапах заканчивания скважины на начальный дебит скважин в процессе освоения приведены на рис. 1.1. В таблице 1.1 даны параметры бурового раствора, использованные при вскрытии продуктивного пласта.

Таблица 1.1 - Параметры бурового раствора

Свойства бурового раствора:	
Плотность	1,08-1,10 г/см ³
Условная вязкость	35-40 с
Водоотдача	4-6 см ³ /30 мин.
СНС через 1/10мин.	15/40 мгс/см ²
рН	8-9

Многофакторный анализ влияния этапов заканчивания скважин на добычные характеристики скважины подтверждает то, что между технологическими параметрами этапов заканчивания скважин и эксплуатационными характеристиками (удельным дебитом скважин, дебит,

гидродинамическое совершенство ПЗП и др.) существуют непосредственная зависимость. К этим параметрам относятся репрессии на пласт: при бурении, цементировании, перфорации. При этом довольно часто наибольшее влияние на снижение удельного дебита скважин оказывают репрессии при цементировании эксплуатационных колонн [1] (смотреть рисунок 1.1).

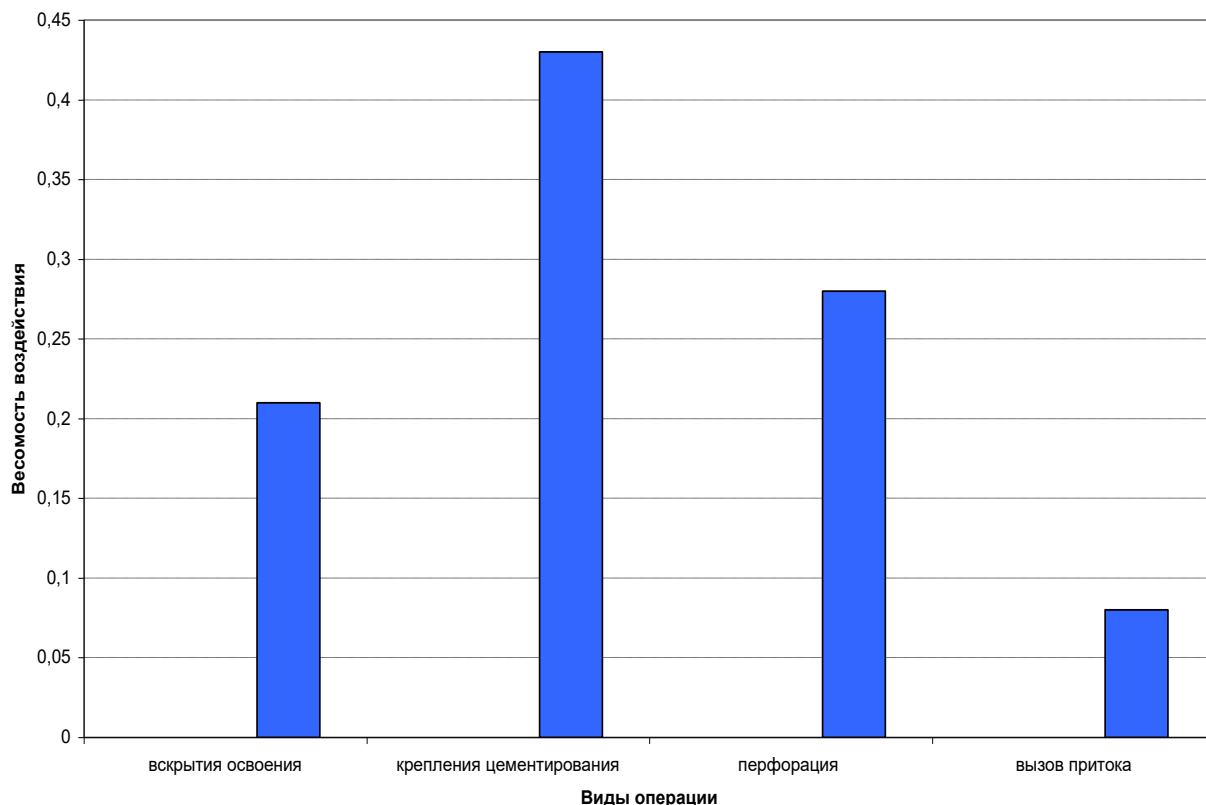


Рисунок 1.1 - Распределение весомостей воздействия этапов заканчивания на начальную продуктивность скважин по подсоевным отложениям месторождения Кенкияк [2].

Очень часто при наличии этих ограничений прибегают к сплошному цементированию продуктивной толщи с последующей перфорацией, так как этот вариант конструкции забоя реализуется с меньшими затратами времени и средств. Но гидродинамические характеристики ПЗС в этом случае существенно ухудшаются, что сказывается на эксплуатационных качествах скважины.

На основании обширного статистического анализа А.Е. Нижник, И.О. Лебедев, А.К. Куксов установили, что цементирование является одним из источников серьезного загрязнения ПЗП, в результате которого удельная продуктивность скважины снижается на 35% [3]. Про этому исключение этой операции из процесса формирования забоя даёт возможность сохранить фильтрационные характеристики ПЗП. С другой стороны, изоляция пород, находящихся выше кровли продуктивной толщи, даёт возможность использовать буровые растворы для вскрытия продуктивной толщи со свойствами, обеспечивающими лучшую сохранность коллектора.

Скважины с «открытым» забоем имеют увеличенную фильтрующую поверхность ствола в продуктивной толще (до 0,5 м² на 1 м ствола, против 0,03-0,07 м² на 1 м ствола в перфорированном стволе) и обеспечивают более высокую продуктивность. Для скважин с горизонтальными стволами эта особенность «открытого» забоя имеет особо важное значение.

Однако, «открытый» забой имеет целый ряд ограничений, которые связан: с низкой прочностью пород, находящихся в необсаженном интервале ствола; с наличием зон интенсивного притока посторонних фаз (напр., пластовых вод); с активным выносом «песка» из продуктивной зоны.

Основным ограничением для использования конструкции «открытый забой» является устойчивость пород продуктивной толщи [1 и др.], при наличии которой продуктивный пласт можно не цементировать и укрепить фильтром (смотреть рисунок 1.2, в,г), но при этом обеспечить

высокий уровень гидродинамической связи пласт-скважина при вызове притока в процессе освоения.

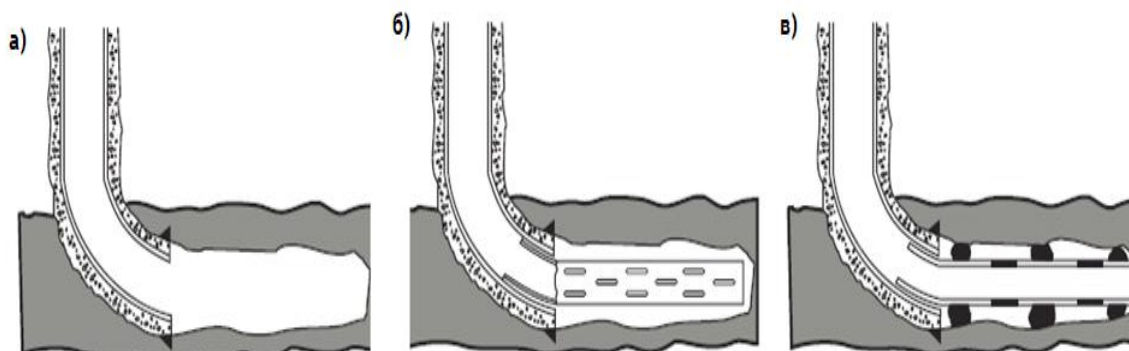


Рисунок 1.2 - Схемы забойного заканчивания горизонтальных скважин открытым стволом. а) – открытый забой; б) фильтр-хвостовик со щелевидными отверстиями; в) фильтр-хвостовик с заколонными пакерам

В промысловой практике в настоящее время имеется целый арсенал технических средств и технологических приёмов, которые дают возможность обеспечить высокие эксплуатационные качества скважины, не прибегая к сплошному цементированию продуктивной толщи. Прежде всего это использование фильтров-хвостовиков, которые позволяют закрепить ствол скважины в его призабойной части, что даёт возможность повысить депрессию на пласт, а следовательно, и приток флюида к скважине [4,5].

Современные забойные фильтрующие системы не только фильтруют пластовые флюиды, но и упрочняют стенки скважины. Так «расширяющиеся» песчаные фильтры держат нагрузку до 70 МПа.

Для скважин, в которых продуктивная зона обсажена перфорированной обсадной колонной, влияние кольматационного экрана (КЭ) на начальный дебит менее заметно, так как в результате вторичного вскрытия КЭ частично или полностью преодолевается перфорационными каналами. При вызове притока в скважине с «открытым» стволом КЭ затрудняет приток пластовых флюидов в скважину и должен быть удалён. То есть в процессе заканчивания скважины при вскрытии продуктивного пласта бурением КЭ должен затруднять фильтрацию в пласт, но вызов притока пластовых флюидов может быть полноценным при удалении ФК и УК.

Удалению ФК и УК способствуют кислоторастворимые наполнители в буровых растворах, которые обеспечивают поверхностную кольматацию и при освоении разрушают КЭ соляной кислотой [6]. Эффективность такой технологии весьма высокая, так как взаимодействие карбонатных минералов с соляной кислотой характеризуется 98%-ным растворением. Фильтрационные свойства таких растворов обеспечиваются оптимальным фракционным составом для обеспечения поверхностной кольматации и полимерными реагентами – понизителями водоотдачи, которые, однако, проникая в коллектор, создают дополнительные фильтрационные сопротивления движению флюидов. [7].

Низкопроницаемые КЭ формируют высококачественные глинистые растворы, но их структурообразующая основа трудно поддаётся химическому разрушению и плохо вымывается из порового пространства породы из-за высокой адгезионной активности. Разработка условий эффективного разрушения ФК и УК упростит освоение скважин и повысит их продуктивность. Для ФК это означает низкую проницаемость при фильтрации в пласт и удаление при вызове притока для свободной фильтрации пластовых флюидов.

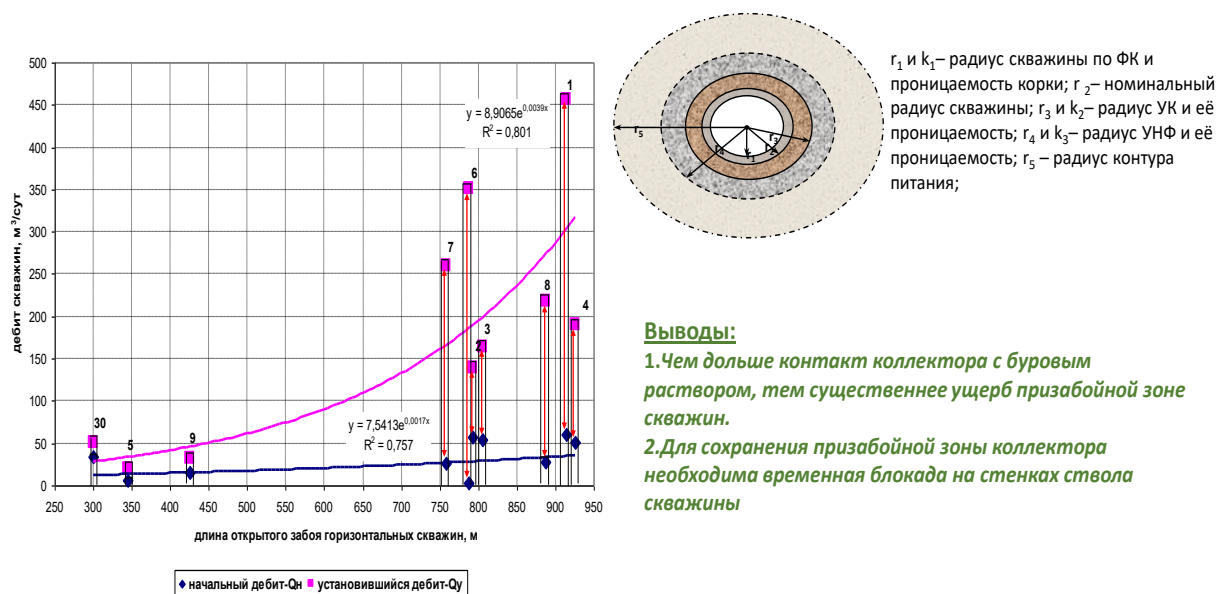
На нефтяных месторождениях Южно-Тургайской впадины, находящихся в поздней стадии разработки, горизонтальные скважины с «открытым» забоем позволяют повысить эффективность нефтедобычи за счёт существенного увеличения площади фильтрации в продуктивной зоне пласта. Однако, при освоении таких скважин фильтрационные барьеры в околоскважинной зоне (ОЗ), включающие ФК, УК, и УФ, затрудняют приток пластового флюида и его стабилизацию при освоении продуктивного пласта [7].

ФК глинистых растворов механически и химически трудно удаляются. Буровые растворы с кислоторастворимой твёрдой фазой, позволяют в процессе освоения скважины удалить с поверхности ствола ФК кислотой, но при вскрытии продуктивного пласта бурением такие растворы чаще всего увеличивают загрязнение ОЗ из-за высокой проницаемости ФК с грубодисперсным наполнителями [8,9].

Оптимизация содержания и фракционного состава кислотораствороимых минералов в растворе для вскрытия продуктивных пластов повышает эффективность технологии заканчивания скважин с открытым забоем, так как создаётся надёжный фильтрационный экран (ФЭ) в коллекторе при вскрытии продуктивного пласта бурением. Но при освоении необходимо обеспечить эффективность кислотного разрушения ФК и УК, так как это даст возможность удалить фильтрационные сопротивления пластовым флюидам при движении к скважине. Для скважин с горизонтальными стволами эта возможность имеет особо важное значение [1,4 - 12].

В качестве объекта промысловых исследований были взяты горизонтальные скважины с «открытым» забоем нефтяных месторождений Арыскупского прогиба Южно-Тургайской впадины.

Зависимость начальных (◆) и установившихся (■) дебитов от длины горизонтального ствола скважин месторождений Арыскуп (го-ризонт М-II) и Арысское (скв. № 30 горизонт Ю-0-3)



Аппроксимация данных по методу наименьших квадратов

Как видно из рисунка, разница между дебитом, установившимся в процессе стабилизации притока в скважину, и начальным дебитом, полученным при вызове притока, растёт с увеличением длины ствола. Причиной такой закономерности являются ФЭ, которые формируются в призабойной зоне пласта (ПЗП) в результате более продолжительного контакта призабойной зоны ствола с буровыми растворами в процессе заканчивания, а также за счёт гидродинамических особенностей промывки горизонтальных стволов [8].

Таким образом, удаление фильтрационного экрана со стенок горизонтальных стволов скважин нефтяных месторождений Южно-Тургайской впадины позволит существенно сократить сроки и повысит эффективность освоения продуктивных пластов [12].

Список литературы:

1. Подгорнов В.М. Заканчивание скважин. Т. 1., М, РГУ нефти и газа (НИУ) им. Губкина, 2017 г.
2. Отчет 57-87 по теме: Разработать технологические регламенты для бурения глубоких скважин на подсолёвые отложения восточного борта прикаспийской впадины и внедрить их при составлении технических проектов на строительство скважин в Актюбинской, Кенкиякской и Жанажольской НГРЭ ПГО «Актюбнефтегазгеология». – Москва, 1990.

3. Нижник А.Е., Куксов А.К, Лебедев О.А.и др. К вопросу влияния процесса цементирования на продуктивность скважин // НТЖ. Строительство нефтяных и газовых скважин на суше и на море, 2001, №5-6.
4. Крылов В.В., Крецул В.В. Методические указания по выбору промывочной жидкости для вскрытия продуктивных пластов. – М.: РГУ нефти и газа им. И.М. Губкина, 2002.
5. Крылов В.В., Крецул В.В. Высокоэффективное заканчивание горизонтальных скважин с установкой забойного фильтра //Бурение и Нефть. – 2005. №10.
6. Крылов В.И., Крецул В.В. Выбор жидкости для заканчивания и капитального ремонта скважин. – М.: РГУ нефти и газа им. И.М. Губкина, 2009. –с.164.
7. Крылов В.И., Крецул В.В., Гимазетдинов В.М. Основные факторы, влияющие на загрязнение продуктивных пластов, и разработка рекомендаций по повышению продуктивности скважин// Строительство нефтяных и газовых скважин на суше и на море, 2015, № 12. - с. 31-36.
8. Подгорнов В.М., Сулейменов Н.С., Ширдавлетов Н.Т. Фильтрационные барьеры вокруг горизонтальных стволов в гранулярных коллекторах Арысумского месторождения // Вестник Ассоциации буровых подрядчиков, М. – 2012. №2. – С. 45-48.
9. Сулейменов Н.С., Подгорнов В.М. Удаление фильтрационных корок буровых растворов в процессе кислотной обработки с учётом фракционного состава карбонатного наполнителя НТЖ//Вестник Ассоциации буровых подрядчиков. – 2019, №4. – с. 8–11.
10. Сулейменов Н.С. Влияния фракционного состава карбонатного наполнителя в фильтрационной корке бурового раствора на эффективность кислотной обработки. Международная конференция Рассохинские чтения. Россия, Ухта, 2020. – с. 218–223.
11. Сулейменов Н.С. Удаление фильтрационных корок буровых растворов в процессе кислотной обработки, статья. IV Международная научно-практическая конференция «Булатовские чтения» Россия, Краснодар, 2020. - с. 352-357.
12. Сулейменов Н.С. Кандидатская диссертация «Разработка технологических и методических решений по формированию фильтрационных корок буровых растворов для последующего эффективного разрушения при освоении скважины». – РГУ нефти и газа (НИУ) имени И. М. Губкина, 2020.

ӘӨЖ 622.276.5:622.243.24

КҮРДЕЛІ ЖАҒДАЙЛАРДАҒЫ КЕН ҚАБАТТАРЫНЫҢ МҰНАЙ БЕРГІШТІГІН АРТТЫРУ МАҚСАТЫНДА СОРАПТЫ-ЭЖЕКТОРЛЫ ҚОНДЫРҒЫЛАРДЫ ҚОЛДАНУ

ТАҢЖАРЫҚОВ П.А. т.ғ.к., профессор, ӘБІЛДАЕВ Н.Ә. т.ғ.к., аға оқытушы,

БОРАНБАЕВ А. магистрант

«Қорқыт Ата атындағы Қызылорда университеті» ҚеАҚ

Қазақстан Республикасы, Қызылорда қаласы

Аннотация. В данной работе были рассмотрены основные факторы при механическом способе добычи характеризуемые большой глубиной и высоким газовым фактором, отложением парафина, наличием песка в добываемой продукции и рядом других сложных факторов. Эти условия учитываются при разработке месторождения, они определяют сложности, возникающие в процессе эксплуатации добывающих и нагнетательных скважин. Причины возникновения различных сложных факторов при эксплуатации добывающих скважин приведены ниже:
*свойства и состав пластовых жидкостей (высокая минерализация пластовой воды способствует образованию солевых отложений, высокое содержание тяжелых фракций нефти может привести к образованию парафиновых отложений асфальтовой смолы;

*свойства продуктивного слоя, если коллектор представлен слабоцементными, рыхлыми породами, то вероятность образования механических примесей начинает возрастать;

*термобарическая характеристика отложений (термобарические условия добычи влияют на образование АШПШ и отложение солевых отложений;

*производительность скважины (высокие потери скважин, разрыв коллекторного слоя из-за повышенной скорости фильтрации); качество и требования закачиваемой воды для

поддержания пластового давления при разработке нефтяных месторождений, ее источники и критерии, а также подготовка этих вод для поддержания

Ключевые слова: *механическое добыча нефти, добывающая, нагнетательная скважина, пластовые воды, парафиновые отложения, качество воды, система водоснабжения.*

Annotation.*In this paper, the main factors in the mechanical mining method were considered, characterized by a large depth and high gas factor, paraffin deposition, the presence of sand in the extracted products and a number of other complex factors. These conditions are taken into account during the development of the field, they determine the difficulties that arise during the operation of production and injection wells. The causes of various complex factors during the operation of producing wells are listed below: * properties and composition of reservoir fluids (high mineralization of reservoir water contributes to the formation of salt deposits, high content of heavy oil fractions can lead to the formation of paraffin deposits of asphalt resin;*

**properties of the productive layer, if the reservoir is represented by weakly cemented, loose rocks, then the probability of formation of mechanical impurities begins to increase;*

**thermobaric characteristics of sediments (thermobaric production conditions affect the formation of ASPS and the deposition of salt deposits;*

**well performance (high well losses, rupture of the reservoir layer due to increased filtration rate); quality and requirements of the injected water to maintain reservoir pressure during the development of oil fields, its sources and criteria, as well as the treatment of these waters to maintain*

Keywords: *mechanical oil extraction, extraction, injection well, reservoir waters, paraffin deposits, water quality, water supply system.*

Қазақстан Республикасындағы кен орындарының көпшілігі өндірудің механикалық әдісімен олар үлкен тереңдікпен және жоғары газ факторы, парафиннің тұндырылуы, өндірілетін өнімде құмның болуы және басқа да бірқатар күрделі факторлармен сипатталады. Бұл жағдайлар кен орнын игеру кезінде ескеріледі, олар өндіруші және айдау ұңғымаларын пайдалану процесінде туындайтын қиыншылықтарды анықтайды. Өндіруші ұңғымаларды пайдаланудағы болатын әртүрлі күрделі факторлардың себептері төменде келтірілген:

* қабат сұйықтықтарының қасиеттері мен құрамы (қабат суының жоғары минералдануы тұз шөгінділерінің пайда болуына ықпал етеді, мұнайдың ауыр фракцияларының жоғары мөлшері асфальтты шайырлы парафинді шөгінділерінің (АШПШ) пайда болуына әкелуі мүмкін;

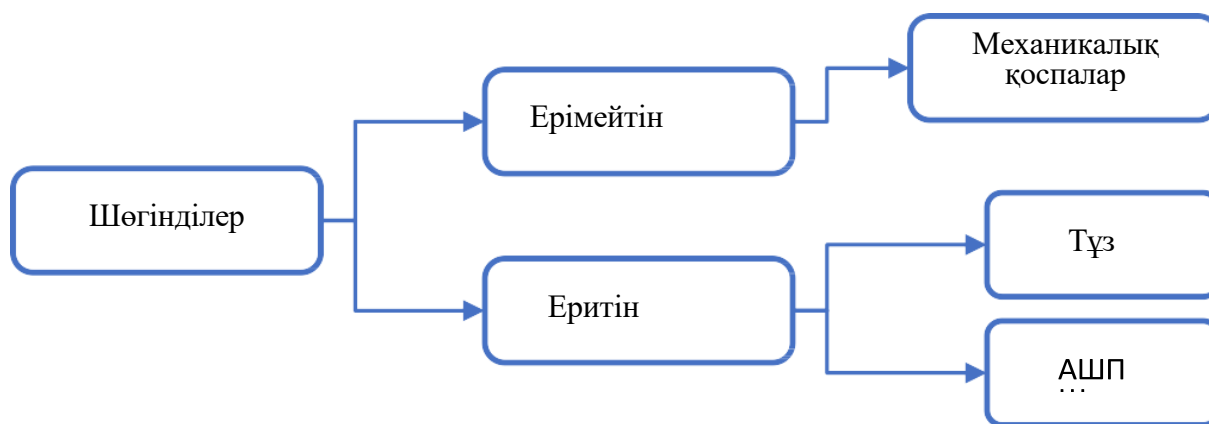
*өнімді қабаттың қасиеттері (егер коллектор әлсіз цементтелген, борпылдақ жыныстармен ұсынылса, онда механикалық қоспалардың пайда болу ықтималдығы арта бастайды);

* шөгінділердің термобариялық сипаттамасы (өндірудің термобариялық шарттары АШПШ түзілуіне және тұз шөгінділерінің түсуіне әсер етеді;

*ұңғыманың өнімділігі (ұңғымалардың жоғары шығыны, сүзу жылдамдығының жоғарылауына байланысты коллекторлық қабат бұзылады);

*ұңғыманың және қолданылатын жабдықтың жұмыс режимінің сипаттамасы (ұңғыманың жұмыс режиміне және қолданылатын жабдыққа байланысты сұйықтық ағынының жылдамдығы, дебит пен ағынның мәні өзгереді, бұл коллектор қабатының бұзылуына және нәтижесінде механикалық қоспалардың пайда болуына әкелуі мүмкін). Нақты кен орындарындағы осы күрделі факторлардың жиілігі мен қарқындылығы бірдей емес және жоғарыда аталған мәселелерге байланысты. Шөгінділердің ерігіштік қасиеттері бойынша, оларды еритін және ерімейтін деп бөлуге болады (1-сурет).

Мұнайды механикаландырылған түрде өндірудегі негізгі проблемалардың бірі-сорап элементтерінде, сорапты-компрессорлық құбырларда (СКК) және басқа компоненттерде әртүрлі шөгінділердің пайда болуы болып табылады. Ерімейтіндерге механикалық қоспалар, яғни бензинде ерімейтін және бөлшектердің мөлшері 100 мкм-ден аспайтын заттар жатады. Механикалық қоспалар негізінен құмнан, саздан, темірдің ұсақ бөлшектерінен, минералды тұздардан, коррозия өнімдерінен және басқа заттардан тұрады.



Сурет-1. Шөгінділердің негізгі түрлері

Еритін шөгінділерге АШПШ және тұздар жатады. Мұнай кәсіпшілігі жабдықтарының ішкі бетіне тұндырылған мұнайдың ауыр компоненттері болып табылады. Құмкөл кен орындарындағы тұз шөгінділері негізінен кальций карбонаты мен барий сульфатымен ұсынылған. Ұңғымаларды пайдалану кезіндегі мұнай өндіру процесіне кедергі жасайтын бірнеше негізгі алғышарттарын бөліп көрсетуге болады:

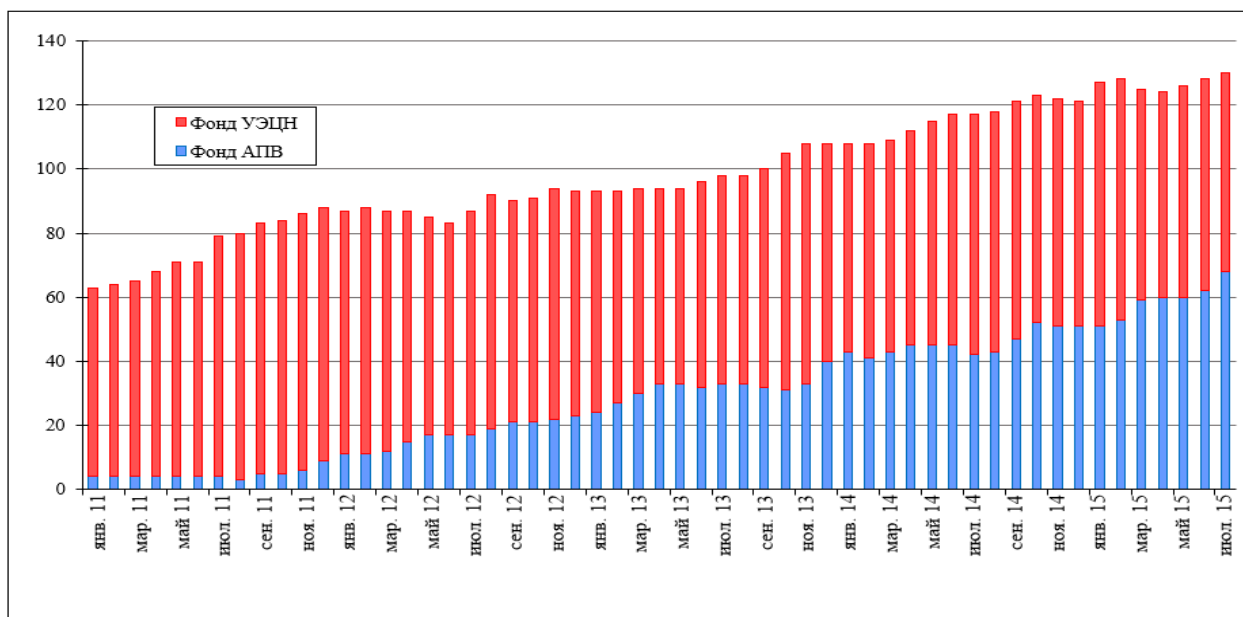
1. Үздіксіз жұмыс кезінде жиі жөндеу;
 2. Қондырғылардың пайдалы әсерінің төмен коэффициенті;
 3. Өндірілетін өнімнің жоғары сулануы;
 4. Қабат қысымын төмендету;
 5. Өнімділігі төмен, тиімділігі жоғары және сенімділігі жоғары электр орталықтан тепкіш сораптардың (ЭОТС) болмауы;
 6. Үздіксіз пайдалану әдісімен өндірудің төмен рентабельділігі;
- Күрделі пайдалану шарттарына төмендегі мәселелерді келтіруге болады:
- а) сораптың жұмыс органдарында тұздардың тұндырылуы;
 - б) мұнайдың парафинді, асфальт-шайырлы компоненттерін тұндыру;
 - с) сораптың жұмыс органдарының механикалық қоспалармен бітелуі.

Сондай-ақ, бірқатар геологиялық критерийлерді де ажыратуға болады: өнімді қабаттың пайда болуының үлкен тереңдігі, коллектор әлсіз цементтелген, борпылдақ жыныстармен, коллектордың төмен өткізгіштігімен және оның гетерогенділігімен, қабат суының жоғары минералдануымен және басқаларымен ұсынылған. Төмен кенжар қысымымен жұмыс істеудің қазіргі әдістерінің көпшілігі тиімсіз және көбінесе жөндеу аралық кезеңнің төмендеуіне немесе тау-кен өндірісінің жоғалуына әкеледі. Мысалы, төмен дәрежелі ұңғымалардан мұнай өндіру үшін штангалық ұңғымалық сорап қондырғыларын (ШҰСК) қолдану жеткілікті тереңдетуге мүмкіндік бермейді, ал олардың максималды өнімділігі ұңғымалардың дебиттеріне сәйкес келмейді. Мұндай проблемалар электр центрифугалық сораптар қондырғыларымен төмен жылдамдықты ұңғымаларды пайдалану кезінде де туындайды, өйткені ол үнемі жеткізілім үзілістерімен және жиі тоқтап қалумен бірге жүреді, бұл елеулі шығындарға әкеледі. ЭОТС әрдайым оңтайлы режимде жұмыс істейтіндігіне байланысты жоғарыда аталған мәселелерді шешуге мүмкіндік береді, сонымен қатар ұңғыманың жұмысын бақылау жүзеге асырылатын ұңғымалардың телеметрия блогын (ТМБ) орнату қауіпсіз тезірек және сапалы игеруге мүмкіндік береді, сонымен қатар кенжар қысымын мүмкіндігінше төмендетуге және депрессияны жоғарылатуға мүмкіндік береді. Ұңғыманы пайдалану кезінде, бұл сұйықтықтың қосымша ағынына ықпал етеді. Осылайша, айдау импульсі мен депрессия импульсі ауысатын импульстік режимде кенжар аймағын тиімді өңдеу қосымша жүзеге асырылады. Осы салдарларды жою үшін жұмыс режиміне төмен жиілікте шығару әдістері қолданылады, шлам ұстағыштар орнатылады, тұз тұндыру ингибиторлары қолданылады. Ұңғымаларды мезгіл-мезгіл қышқылмен өңдеу және жуу жүргізілді, бірақ бұл қажетті нәтиже бермейді. Сондықтан қазіргі жағдайдан шығу үшін мәселені шешудің келесі нұсқалары қарастырылды:

1. Штангалық ұңғымалық сорап қондырғыларын (ШҰСК) қолдану;
2. Бұрандалы терең сораптар қондырғыларын қолдану;

3. Басқа өндірушілердің өнімділігі төмен ЭОТС аналогтарына көшу.

Бұл операциялардың барлығы дұрыс нәтиже бермейді, өйткені ШҰСҚ және бұрандалы сораптарды қолдану, сораптың түсу тереңдігімен шектеледі, сонымен қатар ШҰСҚ пайдалану үшін терең депрессияларды құру қажет, бұл суасты жабдықтарын 2500 м-ден төмен тереңдікке түсіруге мәжбүр етеді, сондықтан отандық ШҰСҚ қондырғыларын қолдану мүмкін емес. Басқа өндірушілердің ЭОТС аналогтарына көшу де шешілмейді, мәселе осы типтегі ШҰСҚ дизайнының ұқсастығына және соның салдарынан дебиті төмен қорды пайдалану кезіндегі проблемалардың ұқсастығына байланысты. Кен орнында 2-суретте ұңғымалар қорының динамикасы көрсетілген. Сондай-ақ, суретте қор үлесінің өсу қарқыны бұрғылау ұңғымаларының өсуінен жоғары екенін байқауға болады.



Сурет-2. Құмкөл кен орнының ұңғымалар қорының динамикасы

Мұнай кен орындарын игерудің кеш кезеңдері өндірілетін өнімнің сулануының жоғары деңгейімен сипатталады, осыған байланысты мұнай өндіру деңгейін ұстап тұру үшін ұңғымалардың дебитін арттыруға ықпал ететін шаралар қабылдау қажет. Ұңғымалардың дебиті ұлғайған кезде микрокректердің пайда болуына байланысты каналдар мен жарықтар қабырғаларында сүзу жылдамдығының жоғарылауына және коллектор қаңқасының бұзылуына байланысты әлсіз цементтелген коллекторлардан механикалық қоспалардың шығарылуы артады. Сорап жабдықтарындағы бөлшектердің пайда болу табиғаты әртүрлі, қабылданған жіктеуге сәйкес, ұңғымаларда механикалық қоспалардың болуы, төмендегі бірнеше себептерге байланысты:

* ұңғымаларды ағымдағы және күрделі жөндеуді (ҰАЖКЖ), қабатты жаруды (ҚЖ) жүргізу кезінде, сондай-ақ бұрғылау процесінде қабаттың ұңғыма маңы аймағына механикалық қоспаларды енгізу;

* ұңғымаға дайындалмаған сөндіру сұйықтықтарын (лас ерітінділер) айдау;

* геологиялық себептер: даму кезінде бұзылуға бейім әлсіз жыныстардан тұратын өнімді қабаттар, нәтижесінде ұңғымадан құм шығарылады.

Сорап қондырғысына түсетін механикалық қоспалардың негізгі көздерінің ішінде олардың пайда болу сипатына сәйкес 4 негізгі топты бөлуге болады.

Қабат, пайдалану бағанасы, тереңдік жабдықтары, сондай-ақ қабатқа айдалатын технологиялық сұйықтықтар (3-сурет) [1].

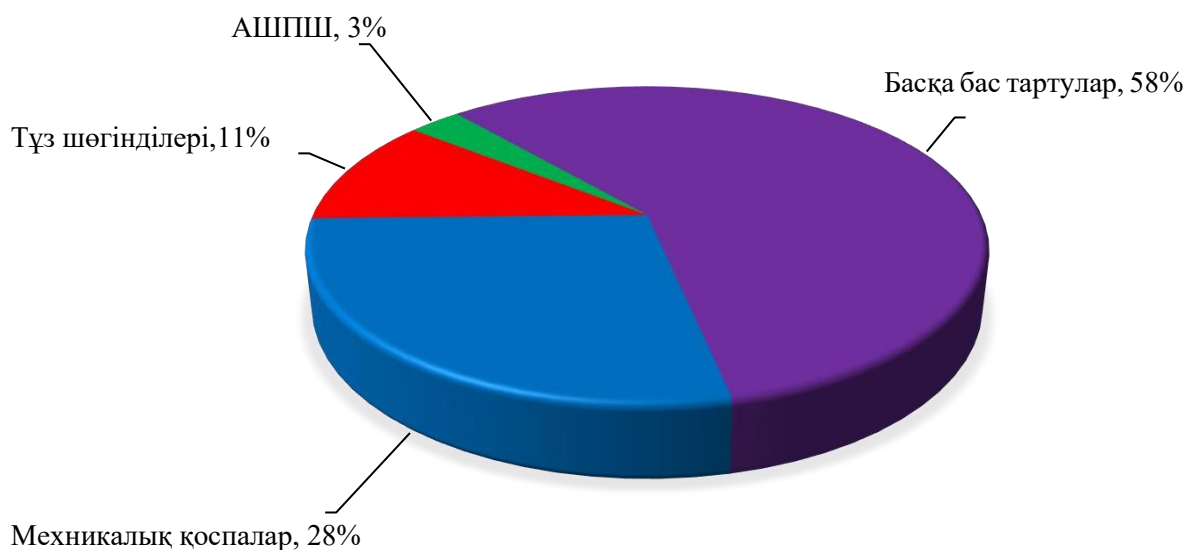


3-сурет. Коллекторлық қабаттың бұзылуының негізгі себептері

Механикалық қоспалардың пайда болу жағдайларына сүйене отырып, коллектордың бұзылуы мен құмның пайда болу себептерінің үш негізгі тобын ажыратуға болады: геологиялық, техникалық және технологиялық.

Олар 4-суретте келтірілген диаграммада көрсетілген.

Қабаттың бұзылуының келесі геологиялық себептерін ажыратуға болады-коллектор: қабаттың пайда болу тереңдігі; қабат қысымы; өндірілетін сұйықтықтың сипаты және оның фазалық күйі; қабаттың цементтелу дәрежесі, оның өткізгіштігі; плантациялық суларды шөгіндіге енгізу және цементтеу материалын еріту; қабаттық құмның сипаттамасы (бұрыштық, саздылық) және басқа да бірқатар себептер. Технологиялық себептер төмендегідей қасиеттерге байланысты: ұңғыманың дебиті, қабаттағы депрессия мөлшері, сүзу жүктемелері, және т. б. техникалық себептерге төмендегі факторлар жатады: кеңжардың дизайны, қабаттың ашылу аралығы, перфорациялық арналардың ашықтығы және т. б.



4 – сурет. Электр центрифугалық сораптар қондырғыларының істен шығу себептері

Сәтсіздіктердің қалған бөлігі негізінен ЭОТС өндіру және пайдалану сапасына, атап айтқанда, кабельдің бұзылуына, ЭОТС параметрлерінің ұңғыма немесе қабат параметрлеріне сәйкес келмеуіне және басқа да бірқатар себептерге байланысты орын алады. Ұсынылған статистика мұнайды механикаландырылған өндіру кезінде туындайтын ең өзекті мәселе тұздардың, асфальтосмол және парафинді заттардың, сондай-ақ механикалық қоспалардың шөгінділерінің алдын алу және олармен күресу болып табылады деген қорытынды жасауға мүмкіндік береді. Терең сорап жабдықтарына қатысты механикалық қоспалар бұзылудың негізгі себептерінің бірі болып табылады. Құмкөлдегі мұнай кен орындарының көпшілігі үшін механикалық қоспалардың әсеріне байланысты сорап жабдықтарының істен шығуы 35-50% құрайды, ал кейбір жағдайларда мұндай сәтсіздіктердің үлесі 80% мәніне жетуі мүмкін, коррозия үшін ақаулардың үлесі 20-25 %, ал тұз шөгінділері үшін – 15-20% құрайды. Мысалы, Құмкөл кен орны мәліметтері бойынша механикалық қоспалардың бітелуіне байланысты жабдықтың істен шығу үлесі 33 % құрайды. Механикалық қоспалар ЭОТС жұмысының көрсеткіштеріне айтарлықтай әсер етеді. Сораптың ішінде жиналатын үлкен бөлшектер, олар оның кептелуіне әкеледі, ал кішкентайлары діріл тудырады және сорап жабдықтарының абразивті тозуына әкеледі, өйткені құм жоғары абразивті агент болып табылады. Сонымен қатар, бұрандалы қосылыстардың ағып кетуімен, әсіресе суланған ұңғымаларда, орын алады да жіптерді механикалық қоспалармен "коррозияға ұшырату", бұл сұйықтық ағып кететін арнаның пайда болуына әкеледі, бұл жеткізілімнің төмендеуіне әкеледі. Соңғы онжылдықтарда қорлар құрылымының нашарлауына байланысты шағын және орташа дебитті ұңғымалардан мұнай өндіру, сондай - ақ күрделі жағдайларда мұнай өндіру саласындағы зерттеулердің қарқынды дамуы байқалды. Күрделі жағдайлардағы қиыншылықтармен күресудің қолданыстағы әдістері әртүрлі және көптеген, бірақ әдістердің ешқайсысы барлық негізгі қиыншылық факторларымен күресуге мүмкіндік бермейді, бірақ әдістер кешенін қолдану қажет. Осыған байланысты соңғы екі онжылдықта қиыншылықтармен күресудің бірнеше міндеттерін шешуге мүмкіндік беретін кешенді шешім іздеумен байланысты үрдіс қалыптасты. Бұл тәсіл тек технологиялық мәселелерді шешуге ғана емес, сонымен бірге күрделі факторлармен күресудің экономикалық шығындарын азайтуға мүмкіндік береді.

Жұмысты орындау барысында нормативтік құжаттама мен ғылыми-техникалық әдебиеттерге әдеби шолу жүргізілді. Қабаттардың мұнай беру тиімділігін арттырудың әртүрлі әдістері қарастырылды. Ілеспе мұнай газының тиімділігін, қолданылу критерийлерін және кәдеге жарату мүмкіндігін бағалау нәтижесінде қойылған міндеттерді шешу үшін ең қолайлы және өзекті болып табылатын су-газбен әсер ету әдісі таңдалды.

Су-газ әсерін жүзеге асыру әдістерін талдау нәтижесінде сорапты-эжекторлық жүйелерді қолдану әдісі таңдалды, өйткені ол техникалық және экономикалық тұрғыдан сенімді және тиімді болып табылады. Есептеу үшін технологиялық жабдықтар мен жылжымалы бөлшектердің ең аз саны бар сорапты-эжекторлық жабдықтың көмегімен су-газ әсерін іске асырудың технологиялық схемасы таңдалды, бұл өз кезегінде жабдықтың сенімділігін арттыруға, оны сатып алу құнын және жөндеу мен қызмет көрсетуге арналған пайдалану шығындарын төмендетуге мүмкіндік береді. Көптеген жылдар бойы мұнай өндіру саласы Қазақстанда да, басқа да көптеген мұнай өндіруші елдердің барлық отын-энергетикалық кешенінің маңызды буыны болып қала береді. Әлемде осындай құнды ресурсты өндіруге сұраныстың тұрақты өсуі байқалады. Дүние жүзінде 244,6 миллиард тонна барланған мұнай қоры бар деп есептеледі. Дәстүрлі қорларды әзірлеумен қатар, игеру қандай да бір фактормен қиындатылған кен орындарын игеруге тартылғандардың үлесі артып келеді. Жаңа технологияларды әзірлеуге, сондай-ақ мұнай беруді ұлғайту мақсатында мұнай кен орындарына әсер етудің қолданыстағы әдістерін қолдану саласының сенімділігін, тиімділігін арттыруға және кеңейтуге шұғыл қажеттілік туындайды. Өзекті және қызықты шешім сорап пен эжектордан тұратын сорап-эжектор жүйесі (СЭЖ) арқылы су-газ әсерін (СГӨ) іске асыру болып табылады. Сорапты-эжекторлық жүйелер өндіруші ұңғымалар арқылы қабатқа айдалатын ұсақ дисперсті су-газ қоспасын жасай алады. Ұсынылған нұсқаны іске асырудың сәттілігі келесі факторларға байланысты:

*эжектордың геометриялық параметрлері (араластыру камерасының ұзындығы, саптаманың параметрлері, саптамадан араластыру камерасына кіруге дейінгі қашықтық);

* жүйенің режимдік параметрлері (дамып келе жатқан қысым, саптаманың алдындағы қысым)

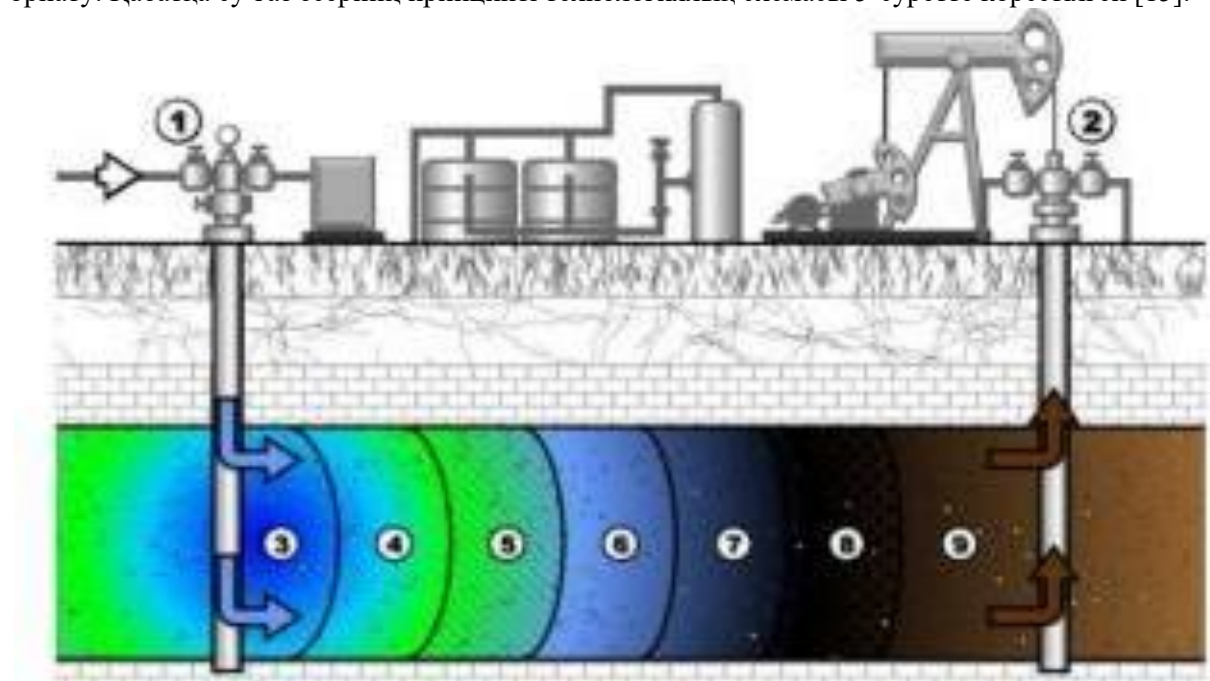
* су-газ қоспасының фазаларының құрамы (жұмыс сұйықтығының минералдануы, газдың құрамы, баз болуы).

Ілеспе мұнай газын (ІМГ) пайдалану мүмкіндігін атап өткен жөн, өйткені 2018-2020 жылдары ұсынылған Global gas flaring ресми деректері бойынша Қазақстанда алауларда едәуір көлемі жағылады. Су-газ қоспасының сыртқы факторлардың әсеріне төзімділігі, қоспаның сыртқы әсерлерге төзімділік дәрежесі су-газ әсер ету технологиясының тиімділігіне әсер ететін негізгі факторлардың бірі болып табылады. Су-газдың әсері су-газ қоспасының ауданы бойынша да, қалыңдығы бойынша да қабаттың қамтылуын ұлғайтуға ықпал ететіндігіне байланысты мұнайдың көбірек ағынын алуға мүмкіндік береді. Бұл сол жыныс үлгісіндегі судың өткізгіштігімен салыстырғанда қоспаның жақсы өткізгіштігіне байланысты. Әсер ету тиімділігін арттыру үшін қабаттысу коэффициентінің қоспаны қабат жағдайында газбен ұстауына тәуелділігін алу мақсатында сусымалы модельдерде сүзу зерттеулерін жүргізуі ұсынылады. Айдалатын агент бойынша қабаттың мұнай беру коэффициентін арттырудың белгілі әдістері бірнеше түрлерге бөлінеді. Сондай-ақ, кен орнын пайдалану кезеңдері бойынша жіктеу бар. Шындығында, қабатқа әсер етудің бір әдісі өте сирек қолданылады және негізінен бірден бірнеше әдістер қолданылады - аралас әсер. Бұл олардың әрқайсысының тиімділігін одан әрі арттыруға мүмкіндік береді [10]. Әрбір нақты жағдай үшін мұнай өндіруді ұлғайтудың ең қолайлы әдісін таңдау үшін мұнай-газ қабатының сипаттамалары қабаттың мұнай өндірісін ұлғайту әдістерінің қолданылу шектерімен салыстырылады, яғни. скрининг жүргізіледі. Мұнай өндіруді арттырудың ең тиімді әдісін таңдаудағы негізгі факторлар коллектордың тереңдігі мен мұнайдың тұтқырлығы болып табылады, сонымен қатар жұмыстың осы кезеңінде ескеру қажет басқа да көптеген параметрлер бар, мысалы: сулану, газ факторы температура және қабат қысымы және т. б. Қабаттардың мұнай беру тиімділігін арттырудың заманауи әдістерін енгізу дәстүрлі жұмыс әдістерімен салыстырғанда күрделі және қымбат процесс болып табылады. Жаңа технологиялар бұл күрделі химиялық және физикалық процестер және қабатта және бетінде болатын ауысулар болып табылады. Газ агентінің әрекеті бойынша су-газ әсері бірнеше түрге бөлінеді [11]. Құрамында көмірсутекті еріткіштердің көп мөлшері бар "кұрғақ" немесе байытылған көмірсутекті газды қолдануға болады. Ауаны агент ретінде пайдалану мұнайдағы көмірсутектер мен ауадағы оттегі арасында экзотермиялық сипаттағы тотығу реакцияларының ықтималдығы бар. Бұл жағдайда ауа жұмыс агенті емес, қажетті ығыстырғыш затты алуға қызмет етеді. Температураға, қысымға және қабаттағы сұйықтықтарға байланысты мұнайды ығыстыру процесінің бірнеше түрлі нұсқалары бар. Түтін газдары мұнай шығаруға жылу әсерінің болмауында қолданылады. Термогазды әсер ету әдісін қолдану кезінде, аймағының жоғары температура кезінде құрылады қабаттың ішкі жануы қолданылады. Су-газды әсер ету технологиясын қолдану кезінде айдау әдістері қабатқа айдаудың бірнеше түріне бөлінеді [12]. Айдаудың дәйекті тәсілімен пайдалану кезінде газды ұзақ уақыт бойы айдау, содан кейін суды қабатқа айдау көзделеді. Кезек-кезек айдау агенттерді қабатқа бөлек айдауды білдіреді, қабат жағдайындағы жиектердің көлемі бастапқы көлемнің 15% - нан аспауы керек. Бірлескен инъекция кезінде газ бен су қоспаны қалыптастыру үшін қабатқа бір уақытта енеді.

Қабаттың мұнай беру коэффициентін арттыру мақсатында қабатқа су-газ әсер ету технологиясының артықшылықтары қарастырылған [14]:

- * Жеке өндіруші ұңғымаларда немесе бүкіл кен орнында бірден пайдалануға мүмкіндік береді;
 - * Технология оны қолданыстағы кен орындарында қабаттық қысымды ұстап тұру жүйесінің құрамында қолдануға мүмкіндік береді;
 - * Өндіру ұңғымаларына судың серпілу қарқынын азайтуға мүмкіндік береді;
 - * Мұнай беруді арттыру. Бұл газ-сұйық қоспада судың болуы арқылы пайда болады, бұл өнімді қабаттың қамту коэффициентін жоғарылатуға мүмкіндік береді;
 - * Мұнай өндіру кәсіпшілігінде ілеспе газды кәдеге жарату мәселесін тиімді шешуге мүмкіндік береді;
- Бұл технологияның кемшіліктерін де атап өткен жөн:
- * Қажетті көлемде су-газ әсер ету жүйесін қамтамасыз ету үшін газ құбырын құруға арналған жоғары күрделі шығындар;
 - * Берілген технологияға арналған газ жоғары қысымға ие болуы керек;
 - * Тиімді жұмыс істеуі үшін жеткілікті көлемде газ көзі болуы қажет;

* Ұңғыманың конструкциясы пайдалану және сорапты-компрессорлық құбырлар бағандарының көбірек тығыздалу қажеттілігіне байланысты күрделене түседі, сонымен қатар пакеттік құрылғыны қолдану қажет. Су-газ әсер ету технологиясын енгізудің қиындығы қажетті: сораптар мен компрессорлардың технологиялық жабдықтарын есептеу мен таңдаудан тұрады. Сондай-ақ оның үздіксіз жұмысын реттеу және технологиялық процестің қажетті параметрлерін орнату. Қабатқа су-газ әсерінің принципті технологиялық схемасы 5-суретте көрсетілген [15].



1-айдау ұңғымасы; 2 – өндіру ұңғымасы; 3 – су – газ аймағы; 4 – газ; 5 – су-газ аймағы; 6 – газ; 7 – араластыру аймағы; 8-мұнай білігі; 9-бастапқы күй аймағы қабат.

5-сурет. Мұнайды су-газ әсерімен ығыстырудың принципті схемасы

Қабатқа әсер ететін таңдалған әдістің дәлдігі осы кен орнын игерудің тиімділігін анықтайды. Экспозицияны таңдаудың өзі бірнеше шарттар бойынша анықталады, соның ішінде: мұнай кен орнының геологиялық-физикалық жағдайлары, құрамы, құрылымы, мұнай кен орны және басқалары, соның ішінде сұйықтықтардың қасиеттері мен сипаттамалары. Скринингтік критерийлерді қанағаттандыратын осы деректердің негізінде әдіс таңдалады.

Қолдану критерийлерінің бұлыңғырлығы осы әдіспен әсер еткенде болатын кейбір процестердің аз зерттелуімен түсіндіріледі. Газы бар судың көмегімен қабатқа әсер ету кезінде байқалатын механизмдердің ең көп тараған түсіндірмесі эксперименттік нәтижелер негізінде алынған модель болып табылады, ғалымдар Ю. М. Островский және Е.И.Лискевич өз жұмысында [16], ол үлкен арналар гидрофобты, ал кішігірім арналар керісінше гидрофильді болып табылады. Бұл модельді кеуекті ортаның мөлдір модельдерінде жүргізілген эксперименттер арқылы шетелдік ғалымдар дәлелдеді және растады. Бұл эксперимент [16] - жұмыста сипатталған. Газ бен судың үлкен және кіші тесіктерге әсерін көрсететін визуалды деректер алынды. Эксперименттегі модель ағым тұрғысынан қарастырылады гидродинамикалық процестер, демек, осы әдісті қолдана отырып, қабатқа әсер ету тиімділігін есептеу средысу режиміне жауап беретін мұнай мен газдың қасиеттерімен қатар ортаның қасиеттерімен анықталуы керек. Технологиялық жабдықтың әртүрлі жұмыс режимдерінде қабатқа су-газ әсерінен мұнайдың ығысу коэффициентінің өзгеруіне тәуелділікті зерттеу нәтижелерін бағалайық [45]:

Су-газдың әсері үшін 1-кестеде көрсетілген осы критерийлер де бар.

Кесте-1. Су және газды қолдану критерийлері

Параметрлер	Өлшем бірліктері	Қолдану критерийлері
Тереңдігі	м	1000-1800

Қабат қысымы	МПа	15-18 артық
Қабаттың қалыңдығы	м	2-20
Кеуектілік	%	10-35
Өткізгіштік	мкм ²	0.02-0.8
Қабат температурасы	°C	50 артық
Мұнайдың тұтқырлығы	мПа·с	1-10

Зерттеулерде ығысу мұнайы алдымен газбен, содан кейін сумен және керісінше - сумен, содан кейін газбен; су мен газды бір уақытта айдау кезінде; жұмыс заттарын ауыспалы айдау кезінде және осындай айдау циклдарының әр түрлі ұзақтығында дәйекті түрде жүргізілді. Жүргізілген зерттеулер нәтижесінде өнімді қабаттың кеуекті ортасын сулау процесінің мұнайды есыстыру тиімділігіне және мұнай беру коэффициентін арттыруға күшті әсері туралы деректер алынды. Күрделі және пайдалану шығындары тұрғысынан сорапты-эжекторлық қондырғылар арзан және сенімді жабдықтың арқасында компрессорлық және күшейткіш қондырғылардан айтарлықтай пайда көреді. Жоғарыда айтылғандардың бәрінен, бұл технологияның қол жетімді және сапалы жабдықты пайдалануына байланысты өнімді қабатқа әсер етудің су-газ әдісімен кен орындарын игеру кезінде кең ауқымды енгізу және мәселелерді шешу мүмкіндігі бар деген қорытындыға келеді. Кемшіліктерге газ-сұйық қоспаның жоғары қысымын жасау қажеттілігі жатады. Бұл тиісті технологиялық жабдықты және су мен газдың болуын талап етеді.

Қабатқа су-газ әсер ету технологиясында қолдану үшін сорапты-эжекторлық жүйелерді талдау және пайдалану мәселелерін қарастыру үшін алдымен реактивті аппараттың не екенін қарастыру керек. Ол екі түрге бөлінеді: эжектор және инжектор. Эжектор сұйықтықты немесе газды соруға арналған реактивті құрылғы деп аталады. Инжектор, керісінше, айдауға мүмкіндік береді. Әрекет берілген құрылғыдағы энергия алмасуына және орта ағындарының өзара әрекеттесуіне негізделген. Ағынды құрылғының схемасы 6-суретте көрсетілген. Құрылғының жұмысы саптаманың кіреберісіне сұйықтықтың жоғары қысымды ағыны түсетіндіктен басталады, онда қысым азаяды, ал жылдамдық, керісінше, артады. Содан кейін ағын араластыру камерасына түседі, ол қазірдің өзінде жылдамдығы мен қысымы едәуір төмен айдалатын агентпен толтырылған [13]. Құрылғының жұмысы саптаманың кіреберісіне сұйықтықтың жоғары қысымды ағыны түсетіндіктен басталады, онда қысым азаяды, ал жылдамдық, керісінше, артады. Саптамадан өткеннен кейін ағын ыдырайды және орталар бір-бірімен араласады. Бұл кезде жұмыс агентінің кинетикалық энергиясы қоспаның қысымына айналады. Содан кейін қоспа аппараттың кеңейетін бөлігі – диффузор арқылы өтеді, онда қысым күшейіп, жылдамдық төмендейді. Әрі қарай, дәстүрлі сорғы және компрессорлық қондырғылармен салыстырғанда сұйықтық немесе газ қысымын жоғарылату және ұстап тұру үшін реактивті аппараттарды қолданудың шағын ауқымының себептерін түсіну қажет.

Бұл ең алдымен төмендегі мәселелерге байланысты:

* ағынды құрылғылардың тиімділігі айтарлықтай төмен, көлемді және динамикалық әсер ететін машиналармен салыстырғанда шамамен 30-40%, бірақ жоғарғы шекара әлі де дәл орнатылмаған;

* айналымы режимдердегі осы аппараттардың жұмысының аз зерттелуі;

* ағынды аппараттардың жұмысын реттеу бойынша мәселелердің жеткіліксіз зерделенуі. Негізінен аппараттардың аз зерттелуіне байланысты келтірілген кемшіліктерге қарамастан, олардың практикалық тұрғыдан бірқатар артықшылықтары бар, мысалы:

* жабдықтың төмен құны;

* өтелудің қысқа мерзімдері;

Есептеулерді жүргізу үшін [18] жұмыста ұсынылған технологиялық схема таңдалды.

Есептеу үшін мәліметтер 2- кестеде келтірілген:

Кенжардағы гидростатикалық қысымды есептеу:

$$P_{гид} = \rho_{су} \cdot g \cdot H_{гид} \quad (1)$$

$$P_{гид} = 1007 \cdot 9,81 \cdot 1339 = 13,23 \text{ МПа}$$

Су жылдамдығын есептеу :

$$v_{cy} = Q/S = Q_{cy} \cdot 4 / t \cdot \pi \cdot d_{скк}^2 \quad (2)$$

$$v = 978 \cdot 4 / 86400 \cdot \pi \cdot 0,1142 = 1,11 \text{ мс}$$

Рейнольдс санының есептеу :

$$Re = v_{cy} \cdot d_{скк} \cdot \rho_{cy} / \mu \quad (3)$$

$$Re = 1,11 \cdot 0,114 \cdot 1007 / 1 \cdot 10^{-3} = 12740$$

Кесте 2. Бастапқы деректер

Атауы	Белгілеу	Мәні
Қабат жағдайындағы қоспаның газ мөлшері	α	30%
Стандартты жағдайларда судың тығыздығы	ρ_{cy}	1007 кг/м ³
Стандартты жағдайларда газдың тығыздығы	$\rho_{газ}$	1,228 кг/м ³
Газ айдау кезінде айдау ұңғымасының аузындағы қысым	$P_{саға}$	12 МПа
Айдалатын су көлемі	Q_{cy}	978 м ³ /тәулік.
Ұңғыманың тереңдігі	$H_{ұңғ}$	1339 м
СКҚ ішкі диаметрі	$d_{скк}$	114 мм
Стандартты жағдайларда газ шығыны	$Q_{газ}$	35000 м ³ /тәулік.
Қабылдау кезіндегі газ қысымы	$P_{қабылдау}$	0,4 МПа

Алынған мән $Re > 2320$ турбулентті режиміне сәйкес келеді

Аймақ шекараларын есептеу:

$$\text{Төменгі шекара} = 10 d_{скк} / \Delta = 10 \cdot 114 / 0,1 = 11400 \quad (4)$$

$$\text{Жоғарғы шекара} = 500 d_{скк} / \Delta = 500 \cdot 114 / 0,1 = 570000 \quad (5)$$

Турбулентті режимнің 2-ші аймағының гидравликалық кедергі коэффициентін есептеу:

$$\lambda = 0,11 \cdot (68 / Re + \Delta / d_{скк})^{0,25} \quad (6)$$

$$\lambda = 0,11 \cdot (68 / 12740 + \Delta / 114)^{0,25} = 0,021$$

Үйкеліске байланысты тегеуірін шығындарын есептеу :

$$h_{үйк} = \lambda \cdot (H_{ұңғ} / d_{скк}) \cdot v_{cy}^2 / 2g \quad (7)$$

$$h_{үйк} = 0,021 \cdot (1339 / 0,114) \cdot (1,11^2 / 2 \cdot 9,81) = 15,71 \text{ м}$$

Үйкеліс кезіндегі су қысымының жоғалуын есептеу :

$$P_{үйкеліс} = \rho_{cy} \cdot g \cdot h_{үйк} \quad (8)$$

$$P_{үйкеліс} = 1007 \cdot 9,81 \cdot 15,71 = 1,55 \cdot 10^5 \text{ Па}$$

Толық кенжар қысымын есептеу:

$$P_{кенжар} = P_{гид} + P_{үйкеліс} + P_{саға} \quad (9)$$

$$P_{кенжар} = (132,3 + 1,55 + 120) \cdot 10^5 = 25,38 \cdot 10^6 \text{ Па}$$

Қорытынды. Мақалада мұнай өндіруді арттыру мақсатында қабатқа әсер ету әдістері және оны әртүрлі технологиялармен жүзеге асыру нұсқалары қарастырылған. Олардың ішінен ең әмбебап және сенімді әдіс ретінде сорапты-эжекторлық жүйені қолдана отырып, су-газды әсер ету әдісі таңдалды. Жүргізілген есептеулер нәтижесінде қабаттың мұнай беруін арттыру және ілеспе

мұнай газын кәдеге жарату мақсатында қабатқа су-газ әсерінің сорапты-эжекторлық жүйесі үшін қажетті технологиялық жабдық таңдалды. Сұйықтық шығыны тәулігіне 978 м³ құрайды, стандартты жағдайда газ шығыны тәулігіне 35000 м³ құрайды, айдау ұңғымасының аузындағы қысым – 14,31 МПа. Сораптар тұтынатын жалпы қуат 531,6 кВт құрайды. Ғылыми техникалық зерттеудің есептелген бюджеті технологиялық жабдықты сатып алуды ескере отырып 104923308 теңге. Техникалық-экономикалық бағалау көрсеткендей, сорапты-эжекторлық жүйенің көмегімен қосымша мұнай өндіру жылына 1460 тоннаға тең. Есептеу нәтижесінде қосымша өндірілген мұнайды сатудан түскен таза пайда 38931878,53 теңгені құрайды.

Әдебиеттер тізімі:

1. Камалетдинов Р.С. Обзор существующих методов борьбы с мехпримесями /Инженерная практика.–2010. №2.–С.6-13
2. Кунакова А.М. Мониторинг солеобразования в скважинном оборудовании и технологии его предупреждения в ООО «Газпромнефть-Хантос»/А.М.Кунакова, Р.К.Файзуллин, Р.Р.Гумеров, В.В.Сидоренко, А.Г.Сулейманов //Нефтяное хозяйство.-2011.-№12.–С.66-67.
3. Шай Е.Л. Кратковременная эксплуатация скважин (КЭС) как альтернатива малопроизводительному оборудованию /Инженер Сургутнефтегаза№1(5) 2015. С.66–71.
4. Гребенников И.М. Работа установки погружных электроцентробежных насосов в кратковременном периодическом режиме – эффективная технология добычи нефти. Известия вузов. Нефть и газ. 2014. № 5. С.15– 21.
5. Гарифуллин А.Р. Опыт борьбы с мехпримесями в ООО «РН- Юнагскнефтегаз» / Инженерная практика. – 2010. №2. – С. 20-25
6. Кузьмичев Н.П. «Кратковременная эксплуатация скважин - уникальный способ борьбы с осложняющими факторами». Экспозиция Нефть Газ, №4, 2012 г., С. 56 – 59.
7. Танжариков П.А., Тілеуберген А.Ж., Сүлейменов Н.С. Мұнай және газ кен орындарын пайдаланудағы терең сорапты қондырғылардың штангалық жабдықтарын жетілдіру/НЕФТЬ И ГАЗ, №4 (130).-Алматы. -2022.- С. 74-85.
8. Насраддин А.Ж., Танжариков П.А., Сүлейменов Н.С. Кен орындарында мұнайды сусыздандыруды зерттеу және жетілдіру/НЕФТЬ И ГАЗ, №5 (131).-Алматы. -2022.- С. 87-95.
9. Шихиев Я.Д. Методы предотвращения и борьбы с отложениями АСПО // Международный студенческий научный вестник. – 2015. – № 6.-С.37-4.
10. Рузин Л.М. Методы повышения нефтеотдачи пластов. Учеб. пособие / Л.М. Рузин, О.А. Морозюк // Ухта: УГТУ – 2014 - 127 с.
11. Р.Х. Муслимов. Планирование дополнительной добычи и оценка эффективности методов увеличения нефтеотдачи пластов / Р.Х. Муслимов.– Казань: КГУ – 1999 –280 с.
12. «Руководство по проектированию и применению метод азаводнения с газоводяными смесями»/СибНИИ НП, Тюмень, 1979-141 с.
13. Шурыгин М.Н. Анализ проблем использования насосно-эжекторных систем в нефтегазовой отрасли / М.Н. Шурыгин, А.С. Пономарев, А.А. Лавриненко // Территория «НЕФТЕГАЗ» - 2015 - №10 – с. 80-87
14. Амиров А.А. Обзор применения технологии водогазового воздействия / А.А. Амиров // Молодой учёный - 2020 - №20 – с. 77-79
15. Анализ современных технологий водогазового воздействия на продуктивные пласты. / StudFiles [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://studfile.net/preview/6849902/>
16. Лискевич Е.И. Экспериментальные исследования процесса комбинированного вытеснения нефти водой и газом / Е.И. Лискевич 1974. – с. 152
17. А.Н. Дроздов. Простые решения сложных проблем при водогазовом воздействии на пласт. / А.Н. Дроздов, Н.А. Дроздов // Бурение и нефть- 2017 -№3–с.38-41.
18. Система водогазового воздействия на пласт: патент Рос. Федерация Рос. № 22893178; заявл. 22.06.05; опубл. 10.02.07, Бюл. № – 4.-4с.
19. Кузьмичев Н.П. «Кратковременная эксплуатация скважин для добычи вязкой нефти с помощью УЭЦН». Neftegaz.RU, № 3, 2015 г., стр. 28-35.

ӘӨЖ 622.276.5:622.243.24

СУ АЙДАУ АРҚЫЛЫ МҰНАЙ КЕН ОРЫНЫНДА ҚАБАТ ҚЫСЫМЫН ҰСТАУ ЖҮЙЕСІН ЖЕТІЛДІРУ ІС ШАРАЛАРЫ

Таңжарықов П.А. т.ғ.к., профессор, Әбілдаев Н.Ә. т.ғ.к., аға оқытушы,
Ахметов Н.Х. т.ғ.к., аға оқытушы
«Қорқыт Ата атындағы Қызылорда университеті» ҚеАҚ
Қазақстан Республикасы, Қызылорда қаласы

Аннотация. В данной работе были рассмотрены качество и требования закачиваемой воды для поддержания пластового давления при разработке нефтяных месторождений, ее источники и критерии, а также подготовка этих вод для поддержания пластового давления на Кумкольских месторождениях. Выбор системы водоснабжения во многом зависит от стадии разработки месторождения. Закачиваемая вода должна быть совместима со слоем. Наличие механических примесей иногда связано с нарушением устойчивости воды. Это может быть следствием необратимых химических реакций, сопровождающихся выпадением твердых солей из насыщенных растворов.

Опыт разработки отечественных и зарубежных месторождений показывает, что закачка воды является эффективным способом поддержания пластового давления, но необходимо строго соблюдать необходимые требования к технологии ее реализации.

При установлении необходимой степени подготовки воды, используемой для системы ППД, важными считаются геолого-физические свойства нефтяного пласта (пористость, проницаемость), состав горных пород, диапазон изменения основных свойств пластообразующих коллекторов, качественный состав и количество глин в горных породах, физико-химические свойства пласта и перекачиваемой воды. Также в данной работе рассмотрены вопросы применения теоретических и экспериментальных исследований, необходимых для поддержания пластового давления.

Ключевые слова: месторождение, пластовое давление, пластовые воды, качество воды, система водоснабжения.

Annotation. In this paper, the quality and requirements of the injected water to maintain reservoir pressure during the development of oil fields, its sources and criteria, as well as the preparation of these waters to maintain reservoir pressure at the Kumkol fields were considered. The choice of a water supply system largely depends on the stage of field development. The injected water must be compatible with the layer. The presence of mechanical impurities is sometimes associated with a violation of the stability of water. This may be the result of irreversible chemical reactions accompanied by precipitation of solid salts from saturated solutions.

The experience of developing domestic and foreign deposits shows that water injection is an effective way to maintain reservoir pressure, but it is necessary to strictly comply with the necessary requirements for the technology of its implementation.

When determining the required degree of water treatment used for the PPD system, the geological and physical properties of the oil reservoir (porosity, permeability), the composition of rocks, the range of changes in the basic properties of reservoir reservoirs, the qualitative composition and quantity of clays in rocks, the physico-chemical properties of the reservoir and the pumped water are considered important. This paper also discusses the application of theoretical and experimental studies necessary to maintain reservoir pressure.

Keywords: deposit, reservoir pressure, reservoir waters, water quality, water supply system.

Қызылорда өңіріндегі мұнай кен орындарында ұңғымаларды дайындау кезінде қысымды ұстап тұру үшін өндірілген суды ұңғымаға айдау технологиясы қолданылады. Кәсіптік геология тұрғысынан мұнай және газ кен орындарындағы барлық сулар әртүрлі категорияға бөлінеді [1].

Меншікті сулар немесе басқаша қалдық сулар-бұл мұнай-газ қабатында пайда болатын қысымды сулар. Қабат суларының бұл түрі жер асты суларының негізгі түрі болып табылады.

Мұнай және газ қабатындағы қысымды ұстап тұру үшін табиғи (тұщы немесе әлсіз минералданған) және ағынды(дренажды) суларды, негізінен қабаттағы (85%), тұщы (10%) және нөсерлі (5%) суларды айдауға болады. Қабатқа 1 млрд м³ астам су, оның ішінде 700-750 млн м³ тұщы су құйылады. Су айдау арқылы бүгінде барлық мұнайдың 86% - дан астамы өндіріледі. Бұл ретте 700 млн тоннаға жуық қабат суы мұнаймен бірге коллекторлардан айдалады. Әдетте, аудандық су айдау кезінде 1 тонна мұнайды өндіру үшін 10-15 м³ су қажет (кейде 25-30 м³). Контурлық және контурішілік су айдау кезінде су шығыны едәуір аз және 1 тонна мұнайға орта есеппен 1,5-тен 2 м³-ке дейін. Ашық су көздерінің тұщы сулары мұнай қабаттарын су айдау үшін оңай қол жетімді және оларды мұнай кен орындарына айдағанға дейін күрделі арнайы дайындықты қажет етпейді.

Табиғи және ағынды суларда органикалық және бейорганикалық қоспалар болуы мүмкін. Табиғи суларда әр түрлі газдар, механикалық қоспалар, Fe(OH)₂ және Fe(OH)₃ темір гидроксиді болуы мүмкін, сондай-ақ белгілі бір дәрежеде су айдау процесіне микроорганизмдер әсер етеді. Сонымен қатар, ағынды суларда мұнай тамшылары, сондай-ақ 300 г/л дейін жететін тұздардың көп мөлшері болуы мүмкін. Айдау суындағы балдырлар, тұнба және темір қосылыстарының бөлшектері өнімді қабаттың кеуекті арналарын бітеп, айдау ұңғымаларының қабылдау қабілетін төмендетеді.

Айдалатын суда болатын микроорганизмдер қажетсіз қосылыстар түзе бастайды. Сонымен, сульфатты қалпына келтіретін бактериялар тіршілік әрекеті кезінде 100 мг/л дейін күкіртсутек шығарады. кейіннен бұл коррозиялық белсенді газ мұнаймен бірге бетіне шығарылады және құбырларды, аппараттар мен жабдықтарды бұзады. Қабаттық қысымды ұстап тұру мақсатында су айдау кезінде сумен жабдықтау жүйесінің негізгі мәні, сапалы судың қажетті мөлшерін іздеуге және өндіруге, оны айдау ұңғымалары жүйесі арқылы қабатқа таратуға және айдауға арналған. Сумен жабдықтау жүйесін таңдау көбінесе кен орнын игеру сатысына байланысты. Соңғы уақытта су басу кен орнын игерудің басынан бастап жүзеге асырыла бастады. Кен орнын игерудің бастапқы кезеңінде мұнай сусыз өндірілетінін ескерсек, қазіргі уақытта тұщы судың көп мөлшерін қажет етеді, 1-кестеде Құмкөл кенішіндегі су айдау технологиясының көрсеткіштері келтірілген

Кесте-1. Ұңғымаға ай бойынша су айдау туралы мәлімет

Параметрлер	Қаңтар	Ақпан	Наурыз	Сәуір	Мамыр	Маусым
Су айдау мөлшері, м ³	10700,0	8600,0	9010,0	11900,0	11300,0	9600,0
Ұңғыманы қолдану уақыты, тәулік	28	28	30	29	29	29
Өнімділік м ³ /тәу	350,1	310,1	301,3	395,1	375,1	320,1
Суды айдаудағы қысым, атм.	46	46	41	41	41	41

Шілде	Тамыз	Қыркүйек	Қазан	Қараша	Желтоқсан	Барлығы
10800,0	16300	17900	21700	19500	20900	168500
29	29	28	29	29	29	353
350,1	530,2	600,1	700	649,9	680,2	461
41	40	40	40	40	41	42

Кен орындарын орналастыру жобаларында кейіннен мұнай өндіру ұңғымаларындағы мұнай өнімінің өсуімен қатар суланудың өсуі жүретіндігі ескерілуі тиіс, сондықтан сумен жабдықтау жүйесі мұнай дайындаудың кәсіпшілік қондырғыларынан барлық кәсіптік сарқынды суларды қабат қысымын ұстап тұру (ҚҚҰТ) жүйесінде 100% кәдеге жаратуды ескере отырып жобалануы және салынуы тиіс. Өндірудің соңғы сатысында бір тонна мұнай алу үшін, 12 м³ немесе одан да көп қабат суы қажет. Бұл сумен жабдықтау жүйесін қиындатады және қымбаттатады, өйткені қабат суларын өндіру көлемінің ұлғаюымен бұл суды механикалық қоспалардан, пленкалы мұнайдан дайындау және тазарту шығындары артады, сонымен қатар технологиялық жабдықтардың, су құбырларының, бекіту арматурасының коррозиясымен күресу жұмыстары артады. Сонымен қатар, ағынды суларда мұнайды сусыздандыру және тұзсыздандыру қондырғыларынан кейін беттік-белсенді заттар бар, олар жақсы жуу және мұнайды ығыстыру қабілеттеріне ие, бұл соңғы экстракцияның жоғарылауына

әкеледі [2]. Отандық және шетелдік кен орындарын игеру тәжірибесі көрсеткендей, су басу қабат қысымын ұстап тұрудың тиімді әдісі болып табылады, бірақ оны жүзеге асыру технологиясына қажетті талаптарды қатаң сақтай отырып жұмыс жасау қажет.

ҚҚҰТ жүйесі үшін пайдаланылатын суларды дайындаудың қажетті дәрежесін белгілеу кезінде мұнай қабатының геологиялық - физикалық қасиеттері (кеуектілігі, өткізгіштігі), тау жыныстарының құрамы, қабат құрайтын коллекторлардың негізгі қасиеттерінің өзгеру диапазоны, тау жыныстарындағы саздардың сапалық құрамы мен саны, қабат пен айналатын судың физика-химиялық қасиеттері ескерілуі тиіс.

Ұңғымаға іргелес аймақтың өткізу қасиеттерінің нашарлауы төмендегідей үдерістердің нәтижесінде пайда болады:

- дисперсті фазалардың(жуу сұйықтығы немесе ластанған айналатын су) қатты бөлшектерінің енуіне байланысты кеуекті арналардың тарылуы және олардың бір бөлігінің толық бітелуі;
- сораппен байланыста болған кезде қабаттың сазды минералдарының сумен ісінуі;
- өзара әрекеттесу кезінде қабатпен айналатын сулармен қатар ерімейтін жауын-шашынның пайда болуы;
- жанасу аймағында қабат сұйықтығының қозғалғыштығын төмендететін тұрақты су-мұнай эмульсияларының түзілуі;
- капиллярлық және беттік құбылыстардың теріс әсері.

Қазіргі уақытта кен орындарын пайдалану кезіндегі су жүйесі үшін, дайындау кезінде өлшенген бөлшектердің саны және маңызды нормаланатын параметрлер болып табылатын қалдық мұнай өнімдерінің құрамы қолданыстағы "Мұнай қабаттарына су айдауға арналған "ОСТ 39-225-88 салалық стандартының талаптарына сәйкес келтірілуге тиіс (2-кесте).

2-кесте. Өнімді коллектордың өткізгіштігіне байланысты айналатын судағы механикалық қоспалар мен мұнайдың рұқсат етілген мөлшері.

Коллектордағы кеуекті ортаның өткізгіштігі, мкм	Коллектордың салыстырмалы жарықшақтылығы	Судағы рұқсат етілген шектік мән, мг/л	
		Механикалық қоспалар	Мұнай
0,11 ден жоғары	-	3 - 5	5 - 10
0,35 тен жоғары	6,5 тен 2 ден төмен	15 - 30	15 - 30
0,6 дан жоғары	35 тен 3,6 дан төмен	40 - 50	40 - 50

Ұңғыма өніміндегі сулану пайызының ұлғаюына (кен орны бойынша орташа сулану 88% - құрайды), демек, көптеген кен орындарында тауарлық су төгінділерінің ұлғаюына байланысты блокты шоғырлы сорап станцияларының (БШСС) қуатын арттыру, сондай-ақ ҚҚҰТ жүйесін оңтайландыру туралы мәселе туындайды. Су ағызудың ұлғаю үрдісін, сондай-ақ ҚҚҰТ жүйесінің жоғары энергия шығынын ескере отырып, осы жүйенің қуатын ұтымды ету және ұлғайту мәселесі өте өзекті болып табылады.

Осы жоба шеңберінде кеніштердің БШСС-1, БШСС-2 объектілері арасында суды бөлу мәселесі қаралды. Қазіргі уақытта жабдықтың энергиясы мен ресурсын үнемдеу, мұнайды дайындау қондырғысынан (МДҚ) БШСС-1, БШСС-2-ге су ағызу тұрғысынан тиімсіз жүзеге асырылуда. Тауарлық судың негізгі үлесі БШСС-2 объектісіне тасталады. Бұл объектіге тағы да алдын ала суды тастау қондырғысынан (АСТҚ) да су түседі. Бұл мән-жайлар БШСС-2-ге түсетін су көлемінің айдау ұңғымаларына айдаудың қажетті мандерінен асып кетуіне әкеп соғады, осыған байланысты артық мөлшері сіңіргіш ұңғымалар арқылы кәдеге жаратылады. Бұл кезде МДҚ нан БШСС-1ге судың мөлшері шектелген, себебі МДҚ-БШСС-1 төмен қысымды су құбырының өткізгіштік қабілеті жеткіліксіз, ал оның қабылдау мүмкіндігі әлдеқайда жоғары. Мұнан басқа БШСС-1дің орналасқан жері алыста болса, ал БШСС-2 жақын жерге орналасқан.

Мәселені шешудің екі жолы бар:

1. БШСС-2 -де неғұрлым қуатты сораптарды орнату, айдау және сіңіру үшін жоғары қысымды бөлек су құбырларын салу, қосымша сіңіргіш ұңғымаларды іздеу. Артықшылықтары: мәселені ішінара шешу, БШСС-2 қуатын арттыру.

Кемшіліктері: болашақта жоғары энергия шығындары, судың МДҚ, БШСС-1, БШСС-2 арасында ұтымды бөлінуі мәселесі толық шешілмеген. Сондай-ақ, қосымша жоғары қысымды су құбырларын салу, технологиялық процесті өзгерту қажет.

2. Қарастырылып отырған қажетті өткізу қабілетін қамтамасыз ететін МДҚ-нан БШСС-1 ге дейінгі төмен қысымды су құбырының құрылысын жүргізу.

Артықшылықтары: объектілер арасында суды ұтымсыз бөлу мәселесін шешу, елеулі экономикалық әсер, осы объектілерде су алу және сіңіру қорын пайдаланудан шығару, энергия үнемдеу.

Кемшіліктері: төмен қысымды су құбырын қайта құру шығындары.

Мәселені шешу үшін екінші нұсқаны пайдалану ұтымды екені анық.

Жоғарыда айтылғандай, МДҚ-БШСС-1 құбырының өткізу қабілетінің жеткіліксіздігі мәселесі осы құбырды қайта құру арқылы шешіледі. Қайта құру, өз кезегінде, қажетті диаметрі бар жаңа құбырды қолданыстағы құбырдың жанына төсеу, содан кейін жаңа су құбырын технологиялық желіге қосу болып табылады. Бұл ретте пайдаланылатын су құбырын пайдаланудан шығару жоспарлануда. Сонымен қатар, қайта жаңартылатын су құбыры тәулігіне 5000 м³ өткізу қабілеттілігіне есептелетін болады (ағызудың ықтимал өсуін ескере отырып). Жобаны іске асырғаннан кейін объектілерде жабдықты келесідей пайдалану жоспарлануда: БШСС-1: Айдау көлемі тәулігіне 4500 м³-ден тәулігіне 4800 м³-ге дейін болады деп болжануда. БШСС-2-ге айдау көлемі БШСС-1-дің диапазон шегінде болады, яғни 4500 м³/тәулік - 4800 м³/тәулік.

Бұл жағдайда гидравликалық есептеудің міндеті - жұмыс агенті көлемін айдау жағдайындағы құбырдың қажетті диаметрін, құбырдың ұзындығы және құбырдың соңы мен басындағы қысымның (қысымның) белгілі мәндерін анықтау. Біз сораптың қажетті көлемін кішкене артығымен аламыз. Бұл көлем тәулігіне 5000 м³ құрайды.

Есептеу теориялық гидравлика заңдарына сәйкес жүзеге асырылады. Есептеулерде негізінен белгілі әдістемелік нұсқаулар қолданылды [5,6]. Есептеу міндеті берілген ағын үшін құбырдың диаметрін анықтау қажет. Құбырлардың гидравликалық есептеулерінің негізі ретінде Бернулли теңдеуі алынады, Нақты тұтқырлықты сұйықтар үшін Бернулли теңдеуінде гидравликалық кедергілерге байланысты энергия шығыны ескеріледі.

$$Z_1 + P_1/\rho g + \alpha_1 v_1^2/2g = Z_2 + P_2/\rho g + \alpha_2 v_2^2/2g + h_{\text{шығ.}} \quad (1)$$

Мұнда:

P_1, P_2 - 1,2 қималарындағы қысым, Па;

ρ -тығыздығы, кг / м³;

v_1, v_2 - 1,2 қималардағы сызықтық жылдамдықтар, м / с;

g - ауырлық күшінің үдеуі;

Z_1, Z_2 -салыстыру жазықтығынан жоғары ток сызықтары нүктелерінің геометриялық орналасу биіктігі.

A -ағын қимасына қарай жылдамдықтардың таралуы біркелкі еместігін көрсететін коэффициент (Кориолис коэффициенті).

Үйкеліс кедергісін және жергілікті қарсылықтарды жеңуге кететін тегеуірін шығыны төмендегідей анықталады

$$h_{\text{ж}} = h_{\text{жерг.}} + h_{\text{үз.}} \quad (2)$$

Мұнда:

$h_{\text{ж}}$ - жалпы тегеуірін шығындары.

$h_{\text{жерг.}}$ - жергілікті кедергілерден өтуге кететін тегеуірін шығындары.

$h_{\text{ұз}}$ – ұзына бойына кедергілерден өтуге кететін тегеуірін шығындары.

Жергілікті кедергілерден өтуге кететін тегеуірін шығындарын анықтау үшін Вейсбах формуласы қолданылады:

$$h_{\text{ж}} = \xi v^2 / 2g \quad (3)$$

Жергілікті кедергілерге байланысты қысымның азаюы

$$P_{\text{жерг.}} = \xi \rho v^2 / 2 \quad (4)$$

мұнда ξ -кедергі коэффициенті,

Бұл коэффициент гидравликалық кедергіні жою үшін қанша жылдамдық тегеуірінің қажет екенін көрсетеді. Бұл жерде төмендегідей ерекшеліктерді атап өтуге болады:

- 1) ξ коэффициенті жергілікті кедергілердің конструкциялық ерекшелігіне тәуелді.
- 2) ξ коэффициенті Рейнольдс санына Re тәуелді.
- 3) ξ коэффициенті көршілес жергілікті кедергілердің арақашықтығына тәуелді.

Ұзына бойына кедергілерден өтуге кететін тегеуірін шығындарын анықтау үшін Дарси-Вейсбах өрнегі қолданылады.

Қимасы дөңгелек құбырлар үшін

$$h_{\text{ұз}} = \lambda l / d (v^2 / 2g) \quad (5)$$

Қимасы әртүрлі құбырлар үшін

$$h_{\text{ұз}} = \lambda l / 4R (v^2 / 2g) = \lambda l / d_{\text{э}} (v^2 / 2g) \quad (6)$$

Кейбір жағдайларда

$$h_{\text{ұз}} = v^2 l / C^2 R \quad (7)$$

Бұл өрнектердегі

λ - ұзындығы бойынша үйкеліске арналған шығындар коэффициенті (Дарси коэффициенті)

l -құбыр немесе канал ұзындығы,

d -құбыр диаметрі

v -ағынның орташа жылдамдығы,

R -гидравликаның радиус,

$d_{\text{э}}$ -эквивалентті диаметр,

C -гидравликалық үйкеліс коэффициенті λ байланысты Шези коэффициенті

$$C = \sqrt{8g / \lambda}; \lambda = 8g / C^2 \quad (8)$$

Есептеудің мақсаты-берілген ағын үшін оңтайлы диаметрді табу. Ол үшін есептеу бірнеше диаметрлер үшін кезең-кезеңмен жүргізіледі, содан кейін берілген шығын жүзеге асырылатын

оңтайлы диаметр және УПН-де орнатылған сорап қондырғыларын пайдалануға мүмкіндік беретін қысымның жоғалуы анықталады. Бастапқы деректер 3-кестеде келтірілген.

Кесте 3.Есептеу үшін қажетті мәліметтер

Параметрлер	Ршығ,	l	к _э	ρ	Q	v	d ₁	d ₂	d ₃
Өлшем бірліктері	МПа	м	м	г/м ³	м ³ /сек	м ² /сек	м	м	м
Мәндері	0,21	3500	0,0001	1000	0,0581	0,0000018	0,195	0,22	0,245

Мұнда:

Ршығ -құбырдан шығардағы қажетті қысым, МПа;

l-құбырдың ұзындығы , м;

К_э - абсолютті экв. кедір-бұдыр коэффициенті, м;

Q - жобаланған құбырдың қажетті өткізу қабілеті,м³;

ρ-айдалатын судың тығыздығы , кг /м³;

v -судың кинематикалық тұтқырлығы, м²/ сек.

Сонымен, бұл жағдайдағы міндет тандалған диаметрлер сериясы үшін қысымның жоғалуын анықтау және құбырдың кіреберісіндегі ең төменгі қажетті қысымды анықтау болып табылады. Вейсбах формуласы (3) бойынша жергілікті қарсылық шығындары,ал үйкеліс шығындары Дарси – Вейсбах формуласымен анықталады. Әрі қарай, құбыр қабырғасының қалыңдығы есептеледі. Қабырға қалыңдығын есептеу МЕМСТ 32388-2013, СП 36.13330.2012 және МЕМСТ 32678-2014 сәйкес орындалды [9, 10]. Төмен қысымды су өткізгішке арналған болат маркасы 09Гс2 [7,8]. Есептеулерге арналған бастапқы деректер 4-кестеде келтірілген.

Кесте 4. Есептеу үшін бастапқы деректер

Параметрлер	d	P	K ₁	к _н	R	m	n
Өлшем бірліктері.	м	Мпа	-	-	Мпа	-	-
Мәндері	0,21	2,6	1,5	1,1	260	1,0	1,3

Мұнда:

d-құбырдың номиналды диаметрі, м;

P-ішкі қысым, Мпа;

K₁-материалдың сенімділік коэффициенті;

K₂- жұмыс мақсаты бойынша сенімділік коэффициенті;

R- металдың созылуына (сығылуына) нормативтік қарсылық, Мпа;

m-құбырдың жұмыс жасауы шарттарына байланысты коэффициент;

n- жүктеме бойынша сенімділік коэффициенті.

Сонымен есептеулер негізінде сипаттамалары 5- кестеде көлтірілген трубоқұбыр жобаланды

Кесте 5. Жобаланған құбыр сипаттамалары

Параметрлер	Сыртқы диаметр, мм	Қабырға қалыңдығы, мм	Ұзындығы, м	Болат маркасы	Ішкі қысым, Мпа	Масса 1м, кг
Мәндер	220	5	3500	9ГС2	2,5	31,5

Қорытынды.

Қарастырылған жұмыста айдалатын судың сапасы мен талаптары, оның көздері мен критерийлері, сондай-ақ Құмкөл кен орындарында осы суларды ҚҚҰТ үшін дайындау қарастырылды.

Сумен жабдықтау жүйесін таңдау көбінесе кен орнын игеру сатысына байланысты. Құмкөл кен орындарын игерудің алғашқы кезеңінде мұнай сусыз өндіріледі, бұл кезде тұщы судың көп мөлшері қажет. Дамудың соңғы кезеңінде 1 тонна мұнай алу үшін 12 немесе одан да көп м³ қабат суын алу керек.

Айдалатын су қабатпен үйлесімді болуы керек. Механикалық қоспалардың болуы кейде судың тұрақтылығының бұзылуымен байланысты. Бұл қаныққан ерітінділерден қатты тұздардың түсуімен бірге жүретін қайтымсыз химиялық реакциялардың салдары болуы мүмкін.

Отандық және шетелдік кен орындарын игеру тәжірибесі көрсеткендей, су айдау қабат қысымын ұстап тұрудың тиімді әдісі болып табылады, бірақ оны жүзеге асыру технологиясына қажетті талаптарды қатаң сақтау қажет.

ҚҚҰТ жүйесі үшін пайдаланылатын суларды дайындаудың қажетті дәрежесін белгілеу кезінде мұнай қабатының геологиялық-физикалық қасиеттері (кеуектілігі, өткізгіштігі), тау жыныстарының құрамы, қабат құрайтын коллекторлардың негізгі қасиеттерінің өзгеру диапазоны, тау жыныстарындағы саздардың сапалық құрамы мен саны, қабат пен айдалатын судың физика-химиялық қасиеттері маңызды болып саналады.

Ұңғыма өніміндегі сулану пайызының ұлғаюына, демек, көптеген кен орындарында тауарлық су төгінділерінің ұлғаюына байланысты блокты шоғырлы сорап станцияларының (БКНС) қуатын арттыру, сондай-ақ ҚҚҰТ жүйесін оңтайландыру туралы мәселесі қарастырылды. Су ағызудың ұлғаю үрдісін, сондай-ақ ҚҚҰТ жүйесінің жоғары энергия шығынын ескере отырып, осы жүйенің қуатын ұтымды ету және ұлғайту мәселесі көрсетілді. Есептеу барысында берілген ағын үшін құбырдың қажетті диаметрі анықталды.

Әдебиеттер тізімі:

1. Кирюхин Л.Г. Геологическое строение и нефтегазоносность Калмыкии /Л.Г. Кирюхин, И.Н. Эльвартынов. – Элиста: Калмыцкое книжное изд-во, 1986.–154с.
2. Кудинов В.И. Основы нефтегазового дела.–Москва–Ижевск: Институт компьютерных исследований; Удмуртский госуниверситет, 2005.–720с.
3. Чухарева Н.В. Расчет простых и сложных промышленных трубопроводов. -Томск: Издательство Национального исследовательского Томского политехнического университета, 2010.-123с.
4. Галдин Н.С., Семенова И.А. Методические указания для курсового проектирования по дисциплине «Основы гидромеханики». Омск: ОмскСиБАДИ, 2012.-125с.
5. Водоснабжение систем ППД //https://studopedia.ru/URL:
https://studopedia.ru/2_36047_vodosnabzhenie-sistem-ppd.html (дата обращения: 16.02.2021).
6. Источники закачиваемой воды в пласт//<http://oilloot.ru/URL:http://oilloot.ru/77-geologiya-geofizika-razrabotka-neftnykh-i-gazovykh-mestorozhdenij/549-istochniki-zakachivaemoj-vody-v-plast> (дата обращения: 16.02.2021).
7. Характеристика закачиваемых в пласт вод
//https://infopedia.su/URL:https://infopedia.su/10xbfe7.html (дата обращения: 16.02.2021).
8. Подготовка воды для закачки в пласт//https://helpiks.org/URL:https://helpiks.org/6-80628.html (дата обращения: 16.02.2021).
9. ГОСТ 32678-2014. Межгосударственный стандарт. Трубы стальные бесшовные и сварные холодно деформированные общего назначения. Дата введения 2016-01-01.
10. Стандарт компании ПАО «НК» «Роснефть». Правила по эксплуатации, ревизии, ремонту и отбраковке промышленных трубопроводов на объектах ОАО «НК «Роснефть» и его дочерних обществ. № П1-01.05 С-0038 версия 1.00.
11. Жұмағұлов Т.Ж. Мұнай және газ өндірудің техникасы мен технологиясы. Астана. Фолиант, 2013. -312 б.
12. Танжариков П.А., Тілеуберген А.Ж., Сүлейменов Н.С. Төмен өнімді ұңғымаларды пайдалану әдістемелерін жетілдіру./НЕФТЬ И ГАЗ , №2 (128), 2021, Алматы -2022.-С. 114-126.
13. Насраддин А.Ж., Танжариков П.А., Сүлейменов Н.С. Кен орындарында мұнайды сусыздандыруды зерттеу және жетілдіру./НЕФТЬ И ГАЗ ,№5 (131).-Алматы .-2022.-С. 87-95.

14. Ахметжанов Т.Қ. Мұнай және газ өндірудің техникасы мен технологиясы.-Алматы, Дәуір.-2011.-464б.
15. Мұнай өндіру жүйесі Т1 / М.Ж. Экономидес, Д.Хилл, Дин ЖУ /Ағылшын тілінен аударылған.- Алматы.-2016.-288 б
16. Абайылданов Н.Н. Ұңғымаларды пайдаланып мұнай мен газ өндіру.- Алматы,Қаз ҰТУ.-2012.-129 б.
17. Алдамжаров К.К., Қалжанова А.Б. Мұнай өндірудің техникасы мен технологиясы.- Ақтөбе, С. Бәйішев атындағы Ақтөбе унив. -2013.-186 б .
18. Мұнай газ өндірудің техникасы мен технологиясы/А.Т. Қартабай ,Т.Т. Ақашев,Г.Т. Қалдыбай .-Алматы, ҚазҰТУ.-2011.-164 б.
19. Қабаттың мұнай бергіштігін арттырудың техникасы мен технологиясы/Танжариков П.А., Абиьлдаев Н.А., Ахметов Н.К., Абдраимова Н.О.-Қызылорда,Elzhan Disain.-2021.-260 б.

УДК 620.197

МҰНАЙ-ГАЗ САЛАСЫНДАҒЫ МАГИСТРАЛЬДЫ ҚҰБЫРЛАРДЫҢ КОРРОЗИЯЛЫҚ ТҰРАҚТЫЛЫҒЫН ЗЕРТТЕУ

**БАЙНИЯЗОВА А.Т., т.ғ.м.,
ТАҢЖАРЫҚОВ П.Ә., т.ғ.к., профессор,
АХМЕТОВ Н.Х., т.ғ.к.**

**«Қорқыт Ата атындағы Қызылорда университеті» ҚеАҚ
Қазақстан Республикасы, Қызылорда қаласы**

***Аңдатпа.** Бұл жұмыста мұнай кен орындарын пайдалану тиімділігін арттыру үшін мұнай кәсіпшілігі құбырларының сенімділігін арттыру әдістерін әзірлеу, кеңінен өнеркәсіптік енгізу, теориялық және эксперименттік зерттеулерді қолдану мәселелері қарастырылған. Мұнай кәсіпшілігі құбырларының пайдалану сенімділігін арттыру ірі ғылыми-техникалық проблема болып саналады және мұнай кен орындарын игеру тиімділігін арттыру, сондай-ақ өңірдегі экологиялық жағдайды жақсарту резерві болып табылады. Мұнай кәсіпшілігі құбырларын пайдалану мерзімдерін арттыру әдістерінің тиімділігін экологиялық-экономикалық бағалау үлкен орын алады.*

Құмкөл кен кәсіпорындарының шикізаты және оларды қолданудың технологиялық процестері негізінде коррозияның тиімді тежегіштерін, бактерицидтер мен күкіртті сутекті сіңіргіштерді зерттеу және әзірлеу үлкен проблемалық мәселелер болып табылады.

***Түйін сөздер:** магистральдық мұнай құбырлары, коррозия, сенімділік, ингибитор, ұңғымалар, кен орны.*

***Аннотация.** В данной работе разработаны методы повышения надежности нефтепромысловых трубопроводов для повышения эффективности использования нефтяных месторождений. Рассмотрены вопросы применения теоретических и экспериментальных исследований, их широкое промышленное внедрение. Повышение эксплуатационной надежности нефтепромысловых трубопроводов является крупной научно-технической проблемой и резервом повышения эффективности разработки нефтяных месторождений, а также является средством для улучшения экологической обстановки в регионе. Большое место занимает эколого-экономическая оценка эффективности методов повышения сроков эксплуатации нефтепромысловых трубопроводов.*

Проблемы коррозии сырья Кумкольских рудных предприятий и технологических процессов их применения, исследования и разработки бактерицидов и поглотителей сероводорода представляют собой серьезную проблему.

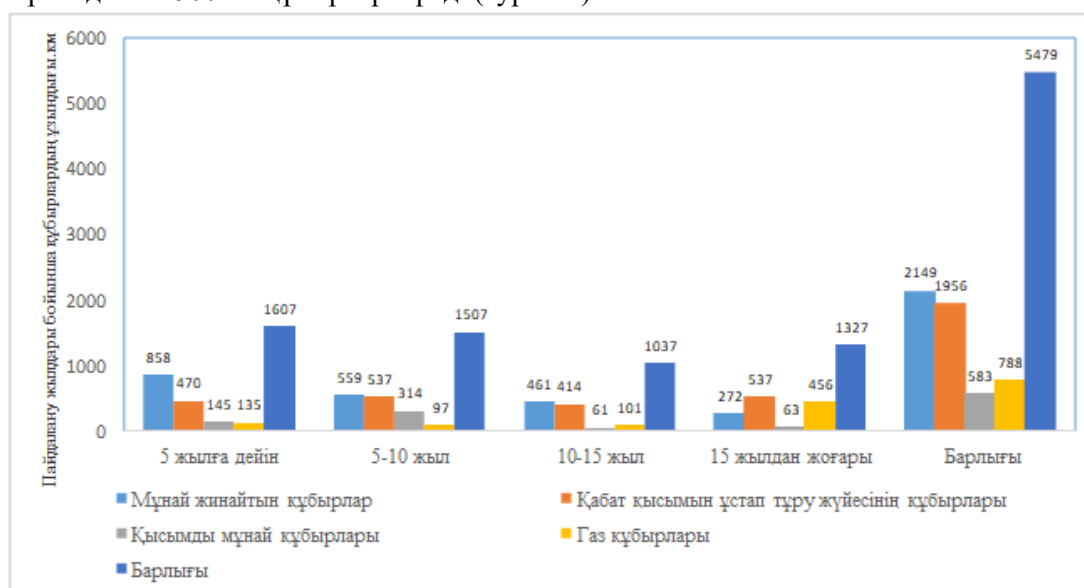
***Ключевые слова:** магистральные нефтепроводы, коррозия, надежность, ингибитор, скважины, месторождения.*

Annotation. In this thesis, methods have been developed to improve the reliability of oilfield pipelines to increase the efficiency of using oil fields. At the initial stage of oil field development, water from surface sources is used for pumping into the reservoir, and at subsequent stages, wastewater for commercial purposes is used, consisting mainly of associated (reservoir) waters released from oil. Improving the operational reliability of oilfield pipelines is a major scientific and technical problem and a reserve for improving the efficiency of oil field development, as well as improving the environmental situation in the region. An important place is occupied by the ecological and economic assessment of the effectiveness of methods for increasing the service life of oilfield pipelines. Problems of corrosion of raw materials of Kumkol ore enterprises and technological processes of their application, The research and development of bactericides and hydrogen sulfide scavengers is a serious problem.

Key words: main oil pipelines, corrosion, reliability, inhibitor, wells, deposits.

Кіріспе. Мұнай кәсіпшілігі құбырларының пайдалану сенімділігін арттыру проблемасының ерекшелігі оның мұнай кен орындарын игерудің барлық кезеңдерімен байланысты. Осы кезеңдердің әрқайсысының практикалық іске асырылуы маңызды технологиялық шешімдермен байланысты, олардың негізгілері: істен шығудың объективті себептерін анықтау, құбырлардың қызмет ету мерзіміне әсер ететін факторларды зерттеу, істен шығуды болжау, оларды мерзімінен бұрын бұзылудан қорғау әдістерін әзірлеу және енгізу болып табылады. Мақалада магистральдық мұнай құбырларының пайдалану сенімділігін қамтамасыз ету әдістеріне талдау жүргізілді. Соңғы жылдары бірқатар магистральдық мұнай құбырларының (ММК) ұзақ қызмет ету мерзіміне, мұнай айдау көлемінің өсуіне байланысты олардың қарқынды пайдалану режимінде жұмыс істеуіне, сондай-ақ жоғары қысымда жұмыс істейтін жаңа қуатты күрделі инженерлік-геологиялық жағдайларда құрылысына байланысты ММК сенімділігі мен қауіпсіз жұмысын қамтамасыз ету, қоршаған ортаны қорғау мәселелері шиеленісе түсті. Осыған байланысты ММК сенімділігін қамтамасыз ету мәселесін шешуде жаңа бағыттар белгіленді, оларды талдау, жалпылау және дамыту қажеттілігі туындады.

Құмкөл кен орны құбыр жүйелеріндегі коррозиялық жағдай көптеген факторлардың әсерімен - айдалатын орталардың агрессивтілік дәрежесінен құбырлардың оқшаулау жағдайына және су абразивтік процестердің қарқындылығына дейін анықталады. Осыған байланысты құбырларды іріктеу үшін техникалық талаптарды әзірлеуді, олардың сапасын бақылау жүйесін ұйымдастыруды, коррозиялық факторларды мониторингілеудің бірыңғай жүйесін құруды және басқа да бірқатар іс-шараларды қамтитын мұнай құбырлары мен су құбырларының пайдалану сенімділігін қамтамасыз етудің кешенді тәсілін әзірлеу қажет. Құмкөл кен орны құбыр жүйелеріне мұнай жинау құбырлары, қабат қысымын ұстап тұру жүйелерінің (ҚҚҰТЖ) құбырлары, қысымды мұнай құбырлары және жалпы ұзындығы 2500 км құбырлар кіреді (сурет. 1).



Сурет 1 - Құмкөл кен орны құбыр жүйелерін пайдалану мерзімдері бойынша бөлу

Соңғы жылдары ескі құбырларды жүйелі түрде ауыстыру жүріп жатыр: пайдалану мерзімі бес жылдан аз құбырлардың үлесі біртіндеп артып келеді және пайдалану мерзімі 10 жыл немесе одан да көп құбырлардың үлесі азаяды. Сонымен қатар, ескі құбырлардың салыстырмалы ұзындығы айтарлықтай жоғары болып қалады. Құмкөл негізгі кен орындарының қабат суларына хлор иондарының көп мөлшері тән. Орташа алғанда, кен орындары бойынша бұл көрсеткіш 17000 мг/л - ге жетеді, ал жекелеген қабаттар бойынша - 20000 мг/л-ге дейін немесе одан да көп, бұл қабаттардың ұңғымаларын жобалау кезінде ескеру қажет. Бұл кезде, хлор - иондарының коррозияны туғызатын негізгі фактор бола бермейтінін ескеру керек. Көптеген жағдайларда коррозияның пайда болу тәуекелдері кальций және гидрокарбонат-иондарының, ең бірінші жағдай минеральдық ортаның және тұз шөгінділерінің пайда болуына байланысты болады. Мысалы, кальций иондарының мол мөлшері Құмкөл кен орнына тән, мұнда коррозиялық ауыр жағдай байқалады. Құбыр желілерінің ҚҚҰТЖ коррозиясын бақылау кезінде оттегінің мөлшері көрсеткішін білу өте маңызды: ол неғұрлым үлкен болған сайын, басқа шарттар бірдей болған кезде коррозия жылдамдығы соғұрлым жоғары болады. 2005-2009 жылдар аралығында құбыр желілерінің түріне қарай істен шығуында өзгерістер болды (сурет 2).

Егер осы периодтын басында мұнай құбырларында істен шығу көп болса, ал соңына қарай су құбырларындағы қатынастың өскенін көруге болады. Мұнан басқа, ұзақ уақыт жұмыс жасаған газ құбырларында да істен шығудың ұлғайғанын байқауға болады. 2007 жылы мұнай құбырларының істен шығуының жартысынан көбі болды, 2009 жылға қарай оның үлесі үштен біріне дейін қысқарды. Сонымен бірге мұнай құбырларындағы істен шығудың үлес салмағы артты. Мұнай жинау құбырлары 2009 жылы істен шығудың 94,5%, қысымды құбырларға - 4%, алаңшilik құбырларға - 1,5% құрады. Су құбырларының көп бөлігі істен шыққан, бірақ 2007 - 2009 жылдар аралығында оның үлесі 75-тен 63% - ға дейін төмендеді. Сонымен қатар, су құбырларының істен шығуының айтарлықтай өсуі тиісті шаралар қабылдау қажеттілігін көрсетеді.



Сурет 2 - Құбыр желілерінің істен шығуы

2009 жылы жоғары қысымды су құбырлары істен шығудың 87,5%, алаң ішіндегі су құбырлары - 9,9%, төмен қысымды су құбырлары - 2,6% құрады. Зерттелетін кезең ішінде мұнай құбырларының істен шығуының басты себебі сызаттардың пайда болуы болды, ал 2007 жылдан бастап осы себепті істен шығу үлесі 82,2% - дан 95% - ға дейін өсті (сурет 3).

Проблеманы шешудің ең перспективалы бағыты объектілердің өмірлік циклінің барлық кезеңдерін: жобалау алдындағы кезеңді, жобалауды, құрылысты, пайдалануды қамтитын магистральдық мұнай құбырларының пайдалану сенімділігін қамтамасыз етудің ұйымдастырушылық-технологиялық жүйесін құру болып табылатынын көрсетті.

Зерттеу материалдары мен әдістері. Магистральдық мұнай құбырлары көптеген бөлшектерден, бұйымдардан, жабдықтардан және жүйелерден тұратын күрделі техникалық құрылымдар болып табылады. Қажетті деңгейде жұмыс істегенде ММҚ сенімділігін сақтау шығындардың артуына әкеледі. Осы шығындарды азайту мақсатында жобалау кезеңінде ММҚ сенімділік көрсеткіштерінің белгіленген талаптарға сәйкестігін анықтау және оның объектілерінің сенімділігінің сандық көрсеткіштеріне үлкен үлес қосатын факторларды анықтау маңызды болып табылады.

ММҚ сенімділігін қамтамасыз ету мәселесін шешуде техникалық жағдайды диагностикалау және бағалау ерекше орын алады. ММҚ пайдалану мерзімдерін ұлғайту қазіргі заманғы әдістер мен құралдарды пайдалану негізінде аталған жұмыстардың орындалуын одан әрі жетілдіруді талап етеді.

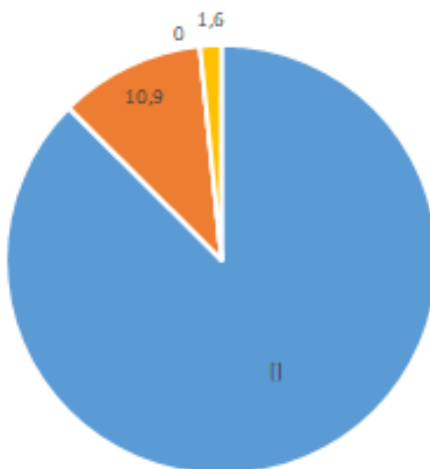
Айта кету керек, жарықтар негізінен болат құбырларда пайда болады, тек ескі құбырларда ғана емес, сонымен қатар бес жылдан аз уақыт жұмыс істейтіндерде де. Жарықтардың пайда болуы ағынның коррозиясымен және материалдың шаршауымен байланысты болуы мүмкін. Құбыр жүйелерінің коррозия жылдамдығына әсер ететін негізгі факторлардың ішінде төмендегілерді атап өтуге болады:

- құрамында көмірқышқыл газы мен оттегі бар айдалатын орталардың агрессивтілігі;
- құбырды өндіру немесе салу кезінде пайда болатын құбыр денесіндегі кернеулер;
- құбырлардың сыртқы оқшаулау жағдайы;
- өндірілетін мұнай өнімдерінің жоғары сулануы;
- жоғары газ факторына байланысты мұнай жинау құбырлары арқылы тығын ағынының режимі;

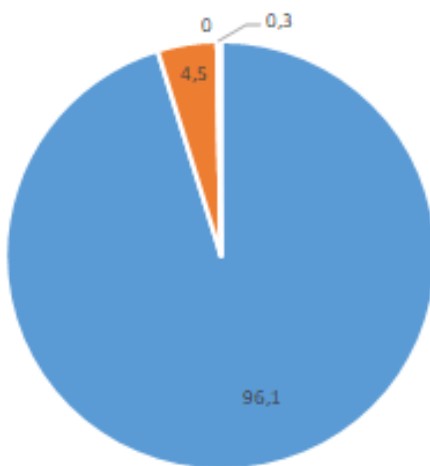
2007



2008



2009



Сурет 3 - Құмкөл кен орнындағы 2007 - 2009 жылдардағы мұнай құбырларының істен шығуының негізгі себептері, %

Нәтижелер және талқылау. Құбырлардың пайдалану сенімділігін арттыру үшін бірқатар шаралар қабылдау қажет. Біріншіден, қоршаған ортаның мақсатын, пайдалану шарттарын және агрессивтілігін ескере отырып, құбырлар үшін құбыр өнімдерін таңдау бойынша техникалық талаптарды әзірлеу. Екіншіден, сапаны бақылау жүйесі ұйымдастырылуы керек және құбыр өнімдерінің барлық сатыларында - өндірістен бастап компания шеңберінде құрылысшыларға берілуіне дейін. Үшіншіден, қауіпсіздік деңгейін арттыру үшін - құбыр жүйелерін апатсыз пайдалануды қамтамасыз ету үшін құрылыс- монтаждау жұмыстарының жоғары сапасына қол жеткізу қажет. Төртіншіден, ортаның агрессивтілігін, бактериялық ластануды, сыртқы оқшаулау жағдайын, құбыр коммуникацияларының өту дәліздеріндегі топырақтың коррозиялық белсенділігін бақылаудың бірыңғай жүйесін ұйымдастыру, сондай-ақ басқа да ғылыми-зерттеу жұмыстарын жүргізудің бірыңғай әдіснамасын әзірлеу талап етіледі. Соңында, құбыр жүйелерінің пайдалану сенімділігін арттыруға бағытталған құбыр өнімдерін, технологияларды, жабдықтарды, құрылғыларды енгізу бойынша ғылыми зерттеу жүргізудің өндірістік бағдарламаларын әзірлеу және іске асыру қажет.

Құмкөл кен орны бойынша мұнай құбырларының бұзылу динамикасын қарастыра отырып, пайдалану сенімділігін арттыру бойынша ұсынымдарды енгізу нәтижесінде мұнай өнімдерінің екпіні, олардың ұзақ жұмыс істеуіне қарамастан ұсынылған мәліметтерден көріп отырғанымыздай, екпіннің ең көп саны ұңғымалардың түсу желілеріне келеді. Бұл Құмкөл кен орны кәсіпорындарында мұнай жинау жүйелерін пайдаланудың 20 жылы ішінде олардың үлесін уақыт бойынша 90% - дан 65% - ға дейін төмендету үрдісі бар. Құбырлардың істен шығу себептерін келесі түрлерге бөлуге болады:

- құбырлардың зауыттық дефекттері - металлургиялық дефекттер (катпарлану, металл емес қосындылар, тұтқыштар), құбырларды дайындау процесінде металға қолданылатын геометриялық мөлшердің ауытқулары, сызаттар мен ойықтар;

- зауыттық дәнекерленген жіктердің дефекттері (дұрыс пісірілмеген, жиектердің байланысуы, қожды қосу, негізгі металдың жік маңы аймақтарының әлсіреуі, жарықтар, зауыттық дәнекерлеуді жөндеу орындары);

- дала жағдайында орындалатын құбырлардың дәнекерленген қосылыстарының ақаулары, негізінен зауыттық дәнекерлеумен бірдей;

- тасымалдау және салу кезінде құбырлардың механикалық зақымдануы пайдалану (ойықтар, сызаттар, тыртықтар, патчтарды, бекітікіштерді дәнекерлеу, құбырларды сүйреп апарған кезде олардың соңғы бөліктерін жіңішкерту, көлік құралдары мен аршу құралдары соқтығысқан кезде өтпелі зақымданулар мен гофрлер құбыр материалының шайылу нәтижесінде шамадан тыс кернеуі, біркелкі емес топырақты еріту және т.б., рұқсат етілген қысымнан асып кету);

- тасымалданатын заттардың агрессивті әсерінен ішкі коррозия арасында сыртқы топырақ бар. 1 кестеде апат туралы кейбір мәліметтер келтірілген.

Кестеден апаттардың құбырлардың беттері бұзылуының негізгі саны қарастырылып отырған кезеңде,жалпы санның 90% дейін, ішкі коррозияға байланысты екенін көруге болады. Мұнай құбырларын пайдалану уақытының ұлғаюымен қорғаныс шараларынсыз коррозияға байланысты апаттар саны артатыны көрініп тұр.

Кесте 1 - Құмкөл өңіріндегі мұнай құбырларындағы ақаулар себептері

Апаттың себептері	1985	1990	1995	2000	2005	2010	2015
Пісірудің ақаулары	32	35	37	39	37	38	36
Механикалық зақым	26	21	19	21	24	23	18
Коррозия (ішкі)	251	267	289	276	248	276	279
Басқа себептер	9	8	7	8	7	9	6
Барлық апаттар	318	331	352	344	316	346	341
Ішкі коррозиялық апаттар үлесі %	78,9	80,7	82,1	80,2	78.5	79,8	81,8

Деректер мысалында сипаттамада көрсетілген саладағы барлық мұнай өндіруші кәсіпорындар үшін апаттың өсу қисығы су басқан мұнай құбырларын тасымалдайтын қорғаныс шараларынсыз апаттың үдемелі өсуі 3...4 жыл жұмыс істегеннен кейін ақ байқалады. 2 кестеде кәсіпорындарындағы су құбырларының апаттарын талдау себептерін бөліп көрсетілген.

Кесте 2 – Құмкөл өңіріндегі су құбырларының жарылу себептері

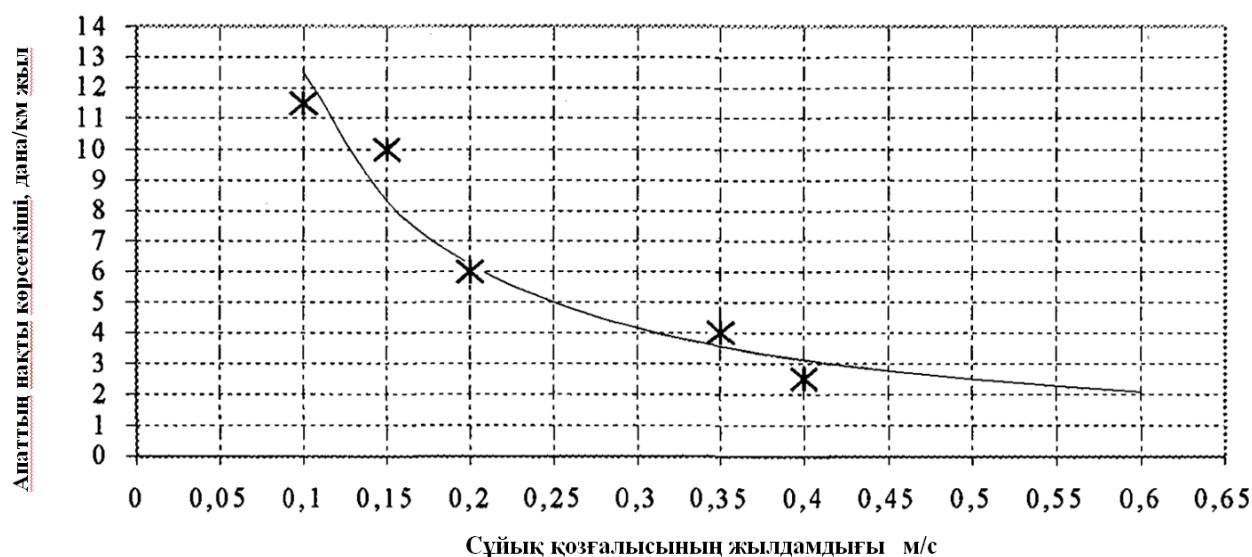
Апаттың себептері	Жылдық авария, дана /жылына		Жалпы санның пайызы, %	
	1980	1990	2000	2010
Пісірудің ақаулары	76/18,4	69/16,4	4/16,6	59/12,73
Механикалық зақым	28/7	31/7,7	27/7	23/6,2
Заводтан болған ақау	0	12/2,8	10/2,6	7/1,9
Мүмкіндік қысымнан асыру	13/3	8/1,9	7/1,8	6/1,6
Коррозия (ішкі)	289/71,6	312/72,2	278/72	267/71,4
Барлық болған апаттар үлесі	406/100	432	386	374

Ұсынылған деректерден көріп отырғанымыздай, құрылыс және пайдалану технологиясының бұзылуына байланысты авариялардың үлесі 10%-дан аспайды, негізгі ағыны агрессивті ағынды сулардың әсерімен байланысты - ішкі коррозияға байланысты 90% болады.

Кесте 3 - Құмкөл кен орнының құбырлар жүйесінің ҚҚҰТЖ меншікті апаттылығының бастапқы мәліметтері

Ағын жылдамдығы, м/с	Меншікті апаттылық, дана/км жыл	Есептелген меншікті апаттылық, дана/км жыл
0,12	11,6	12,51
0,16	10,2	8,35
0,22	6,1	6,26
0,26	5,6	5,08
0,31	4,8	4,19
0,36	4,1	3,59
0,41	2,9	3,18
0,46	2,6	2,79
0,52	2,3	2,51

Кен орнының мәліметтеріне сәйкес ағын жылдамдығы 0,5 м/с кем болғанда (айдау ұңғымаларының қабылдауы – 350 м/тәулік) 23 км су құбырында 180 істен шығу болды, ал ағын жылдамдығы 0,6 м/с артық болғанда 45 км су құбырында – 18 (5%) істен шығу болды. Меншікті апаттар 10 еседен артық айырмашылық болып тұр. Бастапқы мән берілген тендеумен жақсы аппроксимацияланады (кесте 3, сурет 4).



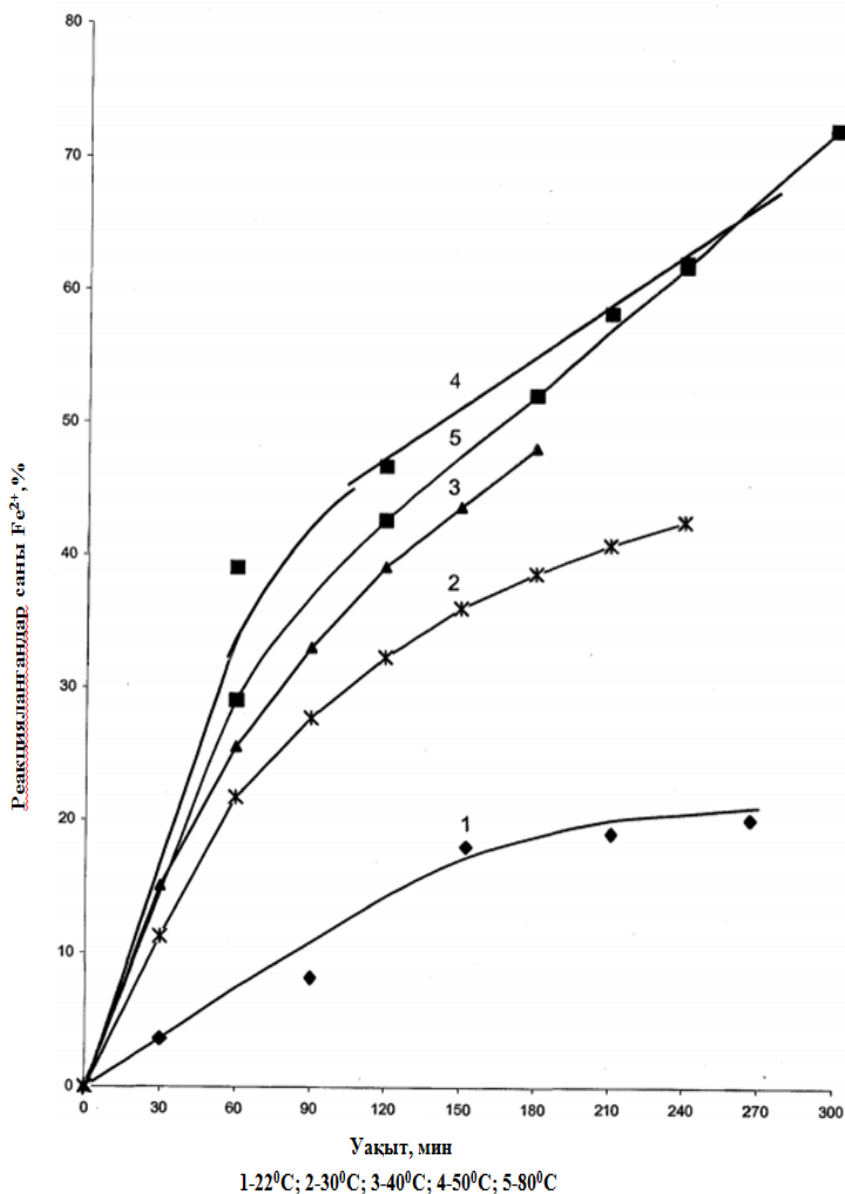
Сурет 4 - ҚҚҰТЖ құбырлар жүйесіндегі апаттылықтың ағын жылдамдығына тәуелділігі

Температуралық ортаның O_2 мен Fe^{2+} реакция жылдамдығына әсері зерттелді (сурет 5). Егер $22^{\circ}C$ болғанда әсер етуші Fe^{2+} $pH=5,65$ болған кезде 20% болса, ал температура $60^{\circ}C$ болғанда 70% ға дейін жетеді. Жүргізілген зерттеулер көрсеткендей, егер олар темір құрамында; және су (мысалы, девондық қабат немесе ағынды су) оттегі қабатқа айдау үшін жеткілікті ұзақ уақыт су басу жүйесі бойынша, бұзылу процесіне оттегі деполяризациясы бар металл коррозиялық әсер етеді. Гидролиз нәтижесінде оттегі мен оксид темірінің өзара әрекеттесуі байқалады біртіндеп pH төмендеуі, оттегі ортасынан тұтыну жылдамдығы ол айтарлықтай баяулауы мүмкін. Құбырлардың сенімділігін арттырудың тиімді әдістерінің бірі коррозия ингибиторларын қолдану болып табылады. Олар мұнай өндіру және дайындау технологияларында үлкен күрделі салымдарды қажет етпейді және өндірілетін өнім қандай да бір себептермен агрессивті болатын даму сатысында пайдаланылуы мүмкін [5-8].

Мұнай-газ кәсіпшілігі жабдықтарының ингибиторлары ретінде әртүрлі химиялық қосылыстардың көп мөлшері қолданылады. Олардың ішіндегі ең тиімдісі-құрамында азот, фосфор, күкірт, оттегі бар органикалық беттік-белсенді заттар болып табылады.

Әрбір коррозия ингибиторының анықтаушы көрсеткіші оның қорғаныс әсері болып табылады. Мұнай-газ өндіру өнеркәсібінде кездесетін орта үшін ең перспективалы ингибиторлар 80% - дан асады. Қолдану шарттарына байланысты қорғаныс әрекетінің бұл мәніне әр түрлі нақты шығындар кезінде қол жеткізуге болады. Сондықтан ингибиторды әр жағдайда қолданудың экономикалық орындылығы оның бағасын, нақты шығындарын және қорғалатын жүйенің техникалық - экономикалық сипаттамаларын ескере отырып бағалануы керек.

Қазіргі уақытта мұнай кәсіпшілігі жабдықтарын ингибиторлық қорғаудың әртүрлі әдістері жасалды. Бұл әдісті таңдау қорғалатын объектілердің құрылымдық ерекшеліктерімен, коррозиялық ортаның құрамымен және қасиеттерімен, ингибитордың технологиялық сипаттамаларымен анықталады және техникалық-экономикалық талдаумен, зертханалық және өндірістік зерттеулермен негізделуі керек. [1... 7].



Сурет 5 - O_2 нің Fe^{2+} әртүрлі температурада реакция жылдамдығына әсері

Газдалған ағынды суларында болаттың коррозиясын тежеу үшін кен орындарында отандық және шетелдік өндіріс ингибиторлары зерттеліп 4 кестеде келтірілген. Кестеден ағынды суларды қарқынды араластыру және аэрациялау жағдайында аздаған реагенттердің мөлшерінің өзі жеткілікті әсер береді. Сонымен, тұщы сулардағы болаттың коррозиясын тежеу үшін қолданылатын натрий нитриті жоғары минералданған ағынды сулардағы тиімділігі аз болды [9 13]. Қарастырылып отырған натрий сульфитінің жоғары қорғаныс әсері, бұл жағдайда суды химиялық жолмен оттегісіз қалуға негізделген, бұл ағынды сулардағы металл коррозиясының күшеюіне еріген оттегінің анықтаушы рөлін растайды. Көптеген зерттеушілер [9 13], коррозия жылдамдығының суда еріген оттегімен әсерлесуі натрий сульфитінің мөлшері көп болған жағдайда да есептелген реакция теңдеуімен салыстырғанда үлкен емес екенін атап өткен. Сонымен қатар бұл реагенттің оттегімен әсерлесу жылдамдығы өңделуші ортаға кішкене мөлшердегі катализаторды (мыс немесе кобальт тұзы) қосса күрт ұлғаяды. Бұл жағдайда судың оттегіден толық ажырауы жүреді, ал тәжірибе кезіндегі коррозия жылдамдығы 0,075 г/м сағ тең, яғни қорғау тиімділігі 90% жоғары болып тұр. Мұнай жоқ филтрленген ағынды суларда, көмірсутекті ерігіш ингибиторлар, суда ерігіш немесе дисперленгіш реагенттерге қарағанда негізінен жоғары қорғаныстық қасиеттерге ие. Мәліметтерден көріп отырғандай, ағынды суға ИКБ - 4 ингибиторды қосу оттегінің иондануының шекті диффузиялық тоғын төмендетіп қана қоймайды, сонымен қатар сутегінің катодты шығару процесін айтарлықтай тежейді.

Қазір жерасты құбырларының сыртқы оқшаулау күйін диагностикалау, қалыңдығын өлшеу, дәнекерленген жіктердің ультрадыбыстық дефектоскопиясы бойынша барлық жұмыстарды сындырмай бақылау және коррозиялық мониторинг зертханасы орындайды. Бұл жағдайда зертхана мамандары байланыс және байланыссыз зерттеу әдістерін қолданады. Соңғысы сыртқы оқшаулаудың күйін анықтауға мүмкіндік беретін отандық УКИ-1М және Radiodetection (Англия) құрылғысының, сондай-ақ ИКН - 3 құрылғысының көмегімен орындалады (өндіруші - «Энергодиагностика» ЖШҚ, Мәскеу қ.), бұл жер асты құбырларының сыртқы оқшаулауының тек қана жай-күйін бағалауға ғана емес, сонымен қатар коррозиялық және механикалық зақымдану тұрғысынан ең қауіпті құбыр учаскелерін анықтауға мүмкіндік береді.

Кесте 4 - Мұнай жабдықтарының коррозиясын ингибитормен тежеу істері

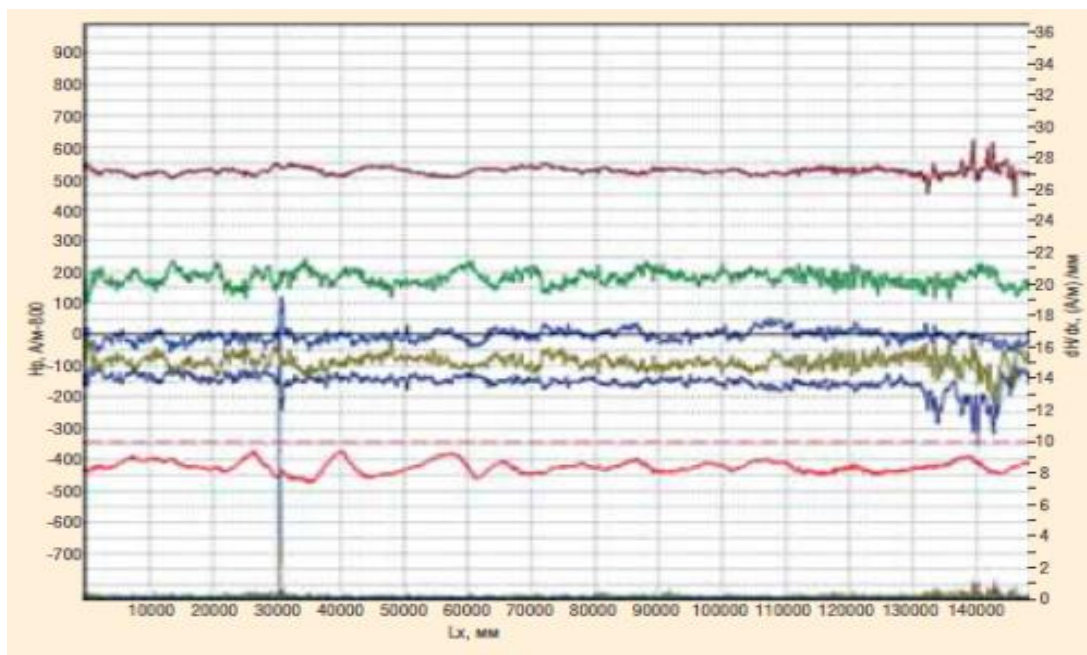
№	Ингибитордың атауы	100 мг/л ингибиторды құйғандағы қорғаныс мөлшері, %		
		көміртекті суда еритін	суда еритін	
			көміртексіз	+500 мг/л уайт-спирт
1	Катионат-7 (диамин-диолеат) ствен катионат-10 - 13,1 31,6 ные ИКБ-2 (1 - (2'- оксиэтил) -2	76,6	-	-
2	Катионат-10	-	13,1	31,6
3	Триметилалкиламмоний хлорид, C10-16	45,1	17,8	20,4
4	Диметилдиалкиламмоний хлорид, C17-20	49,5	42,6	52,7
5	Триалкилметиламмоний хлорид, C7.9	27,9	12,2	15,8
6	Катапии А	-	38,0	44,8
7	Контол К-178	-	21,9	41,6
8	Дуомин С	68,5	54,7	-
9	Додиген 95	21,2	5,6	-
10	Додиген 179	14,1	7,4	-
11	Додиген 1/213	26,8	26,3	-
12	Додиген 1/214	65,6	36,2	-
13	СНПХ-6301	-	-	90,6
14	Арквад Т-50	84,4	16,5	26,0
15	Ное 1/387	17,5	8,8	-

Алдымен Radiodetection трассалық детекторының көмегімен құбыр осінің орны анықталады (сурет 6). Осыдан кейін екінші оператор осы осьтен кейін ИКН-3 құрылғысымен кернеулердің концентрациясын өлшейді. Құрылғы магнитограмманы жазады, содан кейін ол зертханада шешіледі. Транскрипциялардың бірінің нәтижелері бойынша кен орнында ұзындығы шамамен 50 м учаске табылды, онда қабырғаның қалдық қалыңдығы бастапқы қалыңдығы 4 мм болған кезде 1,5 мм-ге дейін кішірейген (сурет 7). Сондай-ақ, ауыр құрылыс техникасын абайсыз пайдалану нәтижесінде пайда болған көптеген ойықтар мен басқа да механикалық зақымдар табылды. Осылайша, бүгінде әртүрлі диагностикалық құралдарды қолдану бізге ықтимал апатты жерлерді дәл диагностикалауға және оларда апаттардың пайда болуын болдырмауға мүмкіндік береді.

Кен орнында жерасты құбырлары болмаған жағдайда коррозияға қарсы қорғаныс шеңберіндегі негізгі күш жер бетіндегі құбырлардың ішкі коррозиясымен күресуге бағытталған.



Сурет 6 - Radiodetection трасса детекторының көмегімен жер асты құбырының коррозиялық және механикалық зақымдану орнын анықтау



Сурет 7 - Кен орнының мұнай жинау құбырының магнитограммасы

Ішкі коррозия жылдамдығы негізінен күкіртті сутектің құрамымен анықталады, ол әр түрлі мөлшерде барлық сұйықтықтарда болады - мұнай жинау жүйесінде де, ҚҚҰТЖ жүйесінде де. Атап айтқанда, күкіртсутек жеткілікті жоғары концентрацияда ҚҚҰТЖ үшін қолданылатын қабат сұйықтығында болады. Ішкі коррозия жылдамдығын анықтайтын екінші маңызды факторға, сорап станцияларының кірісінде сұйықтық қысымы жеткіліксіз болған кезде пайда болатын оттегінің мөлшері жатады. Құбырды штукцирлауды КИПиА аспаптары да жасай алады. Коррозияны бақылау заманауи және сенімді жабдықты қолдана отырып жүзеге асырылады, мысалы, Ultracorr ультрадыбыстық жүйесі (сурет 8). Бұл жүйе- эпоксидті шайырдың көмегімен құбырдың төменгі генераторына бекітілетін және құбырлардың коррозияға бейім бөліктерінің қабырғаларының қалыңдығын өлшейтін, сондай-ақ сұйықтықтың температурасын өлшейтін арнайы құрылғы. Датчиктерді орнату құбырдың тұтастығын бұзбай жүзеге асырылатындықтан, бұл жүйені жоғары қысымды су өткізгіштерде де қолдануға болады.



Сурет 8 - Microcor және Ultracorr жүйелерін пайдалану

Сонымен қатар, коррозияны бақылау жүйесінің бөлігі ретінде біз арнайы Microcor құралын қолданамыз, ол сонымен қатар төменгі генератор құбырына орнатылады және құбырдың ең қауіпті аймақтарындағы ортаның агрессивтілігін бақылауға қызмет етеді (сурет 8). Сонымен қатар, құрылғының дизайны құбырдың ішкі қуысын арнайы тазарту құрылғыларымен тазарту жұмыстарын жүргізу кезінде зондты көтеру және түсіру қажеттілігін болдырмайды, ал Microcor жүйесінің дәлдігі мен жауап беру уақыты қоршаған ортаның агрессивтілігінің өзгеруін тез бақылауға мүмкіндік береді. Осылайша, біз коррозия ингибиторының дозасын тез арада түзетуге болады және ингибиторлардың әсерін мүмкіндігінше қысқа мерзімде жүргізе аламыз. Коррозия жылдамдығын өлшеудің қолданылатын әдісі осы жабдықты мұнай жинау жүйесінде де, су құбырлары жүйесінде де пайдалануға мүмкіндік береді.

Қорытынды

Құмкөл кен орындарының өнімдеріне кешенді зерттеулер жүргізіліп, тотығу және тотықсыздану қасиеттері бар сарқынды суларда еріген компоненттердің өзара әрекеттесуінің кинетикалық заңдылықтары анықталып, дамудың бастапқы кезеңінде агрессивті компоненттердің болмауы және уақыт өте келе бактериялардың күкіртсутегі мен метаболиттерінің пайда болуы және

айтарлықтай өсуі, темір сульфидінің тоқтатылған бөлшектері мен коррозия өнімдерінің ұлғаюы белсенді сульфатредукциямен байланысты екені анықталды. Кәсіпшілік құбырларының пайдалану сенімділігін арттырудың және мұнай жинаудың, қабат суларын алдын ала ағызудың, мұнайды дайындаудың және ағынды суларды қабат қысымын ұстап тұру жүйесінде кәдеге жаратудың герметикалық жүйелерін енгізудің технологиялық әдістерінің ғылыми негіздері әзірленді. Су басқан қабаттары мен мұнай өндіру объектілерінде сульфатредукция процесіне зерттеулер жүргізілді және алғаш рет көрсетілді. Алғаш рет теориялық тұрғыдан негізделген, эксперименталды түрде расталған және құбырлардың коррозиясының жергілікті сипатының себептері анықталған. Мұнай кәсіпшілігі құбырларының сенімділігін арттыру әдістеріне кең зертханалық, стендтік және тәжірибелік-өнеркәсіптік сынақтар жүргізілді. Соңғы 10 жыл ішінде Құмкөл кен орынында коррозия ингибиторлары мен бактерицидтерді енгізу, бұл мұнай жинау жүйесіндегі ақаулар ағынының 3,4 есе, қабат қысымын ұстап тұру жүйесінде 7,5 есе төмендеуіне әкелді. Мұнай өндірудің технологиялық және экологиялық аспектілерін ескере отырып, кен орындарын игерудің әртүрлі кезеңдері үшін мұнай кәсіпшілігі құбырларының сенімділігін арттырудың негізгі ережелері әзірленді. Ластаушы заттардың төгілу көлеміне, олардың қоршаған ортаға әсеріне бағалау жүргізілді және анықталды. Қазіргі уақытта «Петро Казахстан Кумколь Ресорсиз» компаниясының құбыр паркі тозудың жоғары деңгейімен сипатталады - құбырлардың көпшілігі Кеңес заманында немесе өткен ғасырдың 90-жылдарының басында салынған. Сонымен қатар, 20 - болаттан жасалған құбырлардың көп бөлігі омдық кедергісі төмен жоғары агрессивті сазды топырақтарға төселген, бұл сонымен қатар сыртқы коррозияның жоғары жылдамдығын тудырады. Құбырларды қорғау, ішкі және сыртқы коррозия жылдамдығын төмендету үшін компанияда ингибиторлық өңдеу және электрохимиялық қорғау әдісі қолданылады, ал құбырлардың ықтимал қауіпті аймақтарын анықтау үшін жоғары дәлдіктегі заманауи диагностикалық жабдық пайдаланылады. Сондай-ақ, жаңа құбырларды салумен және оқшаулаумен айналысатын мердігерлік ұйымдардың жұмысын бақылау күшейтілді. Осы шаралардың барлығы компанияның құбыр жүйелерінің сенімділігін арттыруға және олардың бұзылуына байланысты оқиғалардың санын азайтуға мүмкіндік берді. Кен орнындағы құбырлардың жер үстінде орындалатын барлық учаскелері сыртқы оқшаулаумен қорғалады, бұл сыртқы коррозияның пайда болу мүмкіндігін болдырмайды және оларды пайдалану кезінде ішкі коррозиядан қорғауды негізгі міндеті етеді. Ішкі коррозиялық бұзылуды азайту және кен орнында құбырлардың пайдалану сенімділігін арттыру үшін коррозияға қарсы тиімді жүйе енгізілді, оған тұрақты коррозиялық мониторингі бар коррозия ингибиторларын қолдану, әртүрлі тазалау құрылғыларын пайдалана отырып, құбырышilik тазалау жүргізу, сондай-ақ құбырышilik диагностиканы пайдалану кіреді.

Әдебиеттер тізімі:

1. Гетманский М.Д. Коррозия и защита нефтепромыслового оборудования и трубопроводов в средах с высоким содержанием сероводорода и углекислого газа/ Э.Х.Еникеев, Ю.Г. Рождественский, М.Н.Фокин, Л.Д. Семенов, Ю.И. Толкачев // Борьба с коррозией и охрана окружающей среды. – М., 1986. – С. 40-55. [Getmansky M.D. Corrosion and protection of oilfield equipment and pipelines in environments with a high content of hydrogen sulfide and carbon dioxide / E.Kh.Enikeev, Yu.G. Rozhdestvensky, M.N. Fokin, L.D. Semenov, Yu. I. Tolkachev // Corrosion control and environmental protection. – М., 1986. – S. 40-55.]
2. Решетников С.М. Ингибиторы кислотной коррозии металлов. – Л.: Химия, 1986. – 144 с. [Reshetnikov S.M. Inhibitors of acid corrosion of metals. – L.: Chemistry, 1986. – 144 s]
3. Сорокин Г.М. Коррозионно-механическое изнашивание сталей и сплавов / Г.М. Сорокин, А.П. Ефремов, Л.С. Саакиян. – М.: Нефть и газ, 2002. – 424 с. [Sorokin G.M. Corrosive mechanical wear of steels and alloys / G.M. Sorokin, A.P. Efremov, L.S. Sahakiyan. – М.: publishing house Oil and gas, 2002. – 424 s]
4. Ким С.К. Проблемы микробиологической коррозии нефтепромыслового оборудования // Нефтяное хозяйство. – 2001. – №3. – С. 62-63. [Kim S.K. Problems of microbiological corrosion of oilfield equipment // Oil Industry. – 2001. – № 3.– S. 62-63.]
5. Негреев В.Ф. Коррозия оборудования нефтяных промыслов. Баку: Азнефтеиздат, 1951.- 270с.[Negreev V.F. Korroziya oborudovaniya neftyanyh promyslov. Baku: Aznefteizdat, 1951.-270s.]

6. Курсанова Б.И., Константинова Е.В. Влияние газовых компонентов минерализованной воды на коррозионную стойкость углеродистой стали. // Водоснабжение и санитарная техника. 1967. № 1. - С. 17-21.[Kursanova B.I., Konstantinova E.V. Vliyanie gazovykh komponentov mineralizovannoy vody na korroziionnyuyu stojkost' ugleodistoj stali. // Vodosnabzhenie i sanitarnaya tekhnika. 1967. № 1. - S. 17-21.]

7. Курсанова Б.И., Константинова Е.В. Коррозия углеродистой стали в минерализованной воде. // Водоснабжение и санитарная техника. 1969. № 9.-С.10-13.[Kursanova B.I., Konstantinova E.V. Korroziya ugleodistoj stali v mineralizovannoy vode. // Vodosnabzhenie i sanitarnaya tekhnika. 1969. № 9.-S.10-13.]

8. Оценка прочностного ресурса газопроводных труб с коррозионными повреждениями / под ред. Ю.И. Быкова. – М.: ЦентрЛитНефтеГаз, 2008. – 168 с. [Oczenka prochnostnogo resursa gazoprovodny`kh trub s korroziionny`mi povrezhdeniyami / pod red. Yu.I. By`kova. – М.: CzentrLitNefteGaz, 2008. – 168 с.]

10. МР 1967-2007. Методика определения численных значений скоростей коррозии трубных сталей. –Ухта.: ООО «ВНИИГАЗ», 2007. – 46 с. [MR 1967-2007. Metodika opredeleniya chislenny`kh znachenij skorostej korrozii trubny`kh stalej. –Ukhta.: ООО «VNIIGAZ», 2007. – 46 s.]

9. Таңжарықов П.А., Өткелбай Б.А. Минералды ортадағы сораптық компрессорлық құбырларды коррозиядан қорғау әдістерін жетілдіру / Энерго и ресурсосберегающие технологии: опыты и перспективы. III Халықаралық ғылыми-практикалық конференция материалдары.- Қызылорда, 2021. – Б. 517-523

10. Таңжарықов П.А., Ержанова А.Т., Кабыл С.Б. Мұнай жабдықтырының коррозиялық бұзылуын анықтау // Вестник ПГУ. – 2018. – №2. – С. 80-87 [Таңzharyқov P.A., Erzhanova A.T., Kabyly S.B. Mұnaj zhabdyktarynұң korroziyalұқ bұzyluyн anyқтаu // Vestnik PGU. – 2018. – №2. – С. 80-87]

11. Медведев М.Л., Мурадов А.В, Прыгаев А.К. Коррозия и защита магистральных трубопроводов и резервуаров: учебное пособие для вузов нефтегазового профиля. - М. : Издательский центр РГУ нефти и газа имени И. М. Губкина 2013.- 250 с.[Medvedev M.L., Muradov A.V, Prygaev A.K. Korroziya i zashchita magistral'nyh truboprovodov i rezervuarov: uchebnoe posobie dlya vuzov neftegazovogo profilya. - M.: Izdatel'skij centr RGU nefti i gaza imeni I. M. Gubkina 2013.- 250 s.]

13. Таңжарықов П.А., Амангельдиева Г.Б., Мұнай және газ ұңғыма жабдықтырының коррозиялық тозуына қабат суларының әсері // НЕФТЬ И ГАЗ , № 2 (122), 2021, С.25-35, Алматы - 2021.[Таңzharyқov P.A., Amangel'dieva G.B., Mұnaj zhәне gaz ұңғyма zhabdyktarynұң korroziyalұқ tozuyna қabat sularyнұң әseri // NEFT' I GAZ , № 2 (122), 2021, S.25-35, Almaty -2021]

14. Таңжарықов П.А., Амангельдиева Г.Б., Тилеуберген А. Ұңғымалық ортаның коррозиялық белсенділігін бағалау.// НЕФТЬ И ГАЗ, №6 (126), 2021, С.79-90, Алматы -2021.[Таңzharyқov P.A., Amangel'dieva G.B., Tileubergen A. Ұңғymалұқ ortanұң korroziyalұқ belsendiligin бағalau.// NEFT' I GAZ, №6 (126), 2021, S.79-90, Almaty -2021.]

15. Каменщиков Ф.А. Борьба с сульфатвосстанавливающими бактериями на нефтяных месторождениях. - Ижевск: НИЦ «Регулярная и хаотичная динамика», Институт компьютерных исследований, 2007. - 412 с. [Kamenshchikov F.A. Bor'ba s sul'fatvosstanavlivayushchimi bakteriyami na neftyanyh mestorozhdeniyah. - Izhevsk: NIC «Regulyarnaya i haotichnaya dinamika», Institut komp'yuternyh issledovaniy, 2007. - 412 s.]

ҒТАХР 55.39.31

МҰНАЙ ӨНДІРУ ӨНЕРКӘСІБІНДЕГІ СОРАПТЫ-КОМПРЕССОРЛЫ ҚОНДЫРҒЫЛАРДЫҢ КОРРОЗИЯЛЫҚ ЖАҒДАЙЫН ЗЕРТТЕУ

ЮСУПОВА Л.Е., техника және технология магистрі
БАЙНИЯЗОВА А.Т., техника ғылымдарының магистрі
ТАҢЖАРЫҚОВ П.Ә., техника ғылымдарының кандидаты
Ахмет Б.Н. - 2-курс студенті
«Қорқыт Ата атындағы Қызылорда университеті» ҚеАҚ
Қазақстан Республикасы, Қызылорда қаласы

Аңдатпа. Сорапты-компрессорлық құбырлар мұнай және газ кен орындарын пайдалану кезінде және мұнай мен газ өндіруді игеруге және қарқындатуға байланысты әртүрлі жұмыстар үшін, сондай-ақ ұңғымаларды күрделі және ағымдағы жөндеу кезінде қолданылады. Пайдалану процесінде сорапты компрессорлы құбырлардың бағандарының әртүрлі химиялық заттар мен көп компонентті ерітінділердің, асфальтты шайырлы парафин шөгінділерінің, тұздардың, сондай - ақ жоғары минералданған қабат суларының және өндірілетін жоғары күкіртті майлардың зиянды әсеріне ұшырайды. Бұл жұмыста мұнай кен орындарын пайдалану тиімділігін арттыру үшін мұнай кәсіпшілігі қондырғыларының сенімділігін арттыру әдістерін дайындау, кеңінен өндіріске енгізу, теориялық және эксперименттік зерттеулерді пайдалану мәселелері қарастырылған. Құмкөл кен кәсіпорындарының мұнай өндірудің технологиялық процестері кезінде коррозияның тиімді тежегіштерін, бактерицидтер мен күкіртті сутекті сіңіргіштерді зерттеу және әзірлеу проблемалары қарастырылған.

Түйін сөздер: сорапты компрессорлық құбырлар, коррозия, сенімділік, ингибитор, ұңғымалар, кен орны.

Аннотация. Насосно-компрессорные трубопроводы применяются при эксплуатации нефтяных и газовых месторождений для различных работ, связанных с освоением и интенсификацией добычи нефти и газа, а также при капитальном и текущем ремонте скважин. В процессе эксплуатации колонны насосных компрессорных труб могут быть подвержены воздействию различных химических веществ и многокомпонентных растворов, асфальто смолистым парафиновым отложениями, солями, а также подвергается вредному воздействию высокоминерализованных пластовых вод и производимых высокосернистых масел. В данной работе рассмотрены вопросы разработки методов повышения надежности нефтепромысловых установок, внедрения в широкое производство, использования теоретических и экспериментальных исследований для повышения эффективности использования нефтяных месторождений. Рассмотрены проблемы исследования и разработки эффективных ингибиторов коррозии, бактерицидов и поглотителей сероводорода при технологических процессах нефтедобычи кумкольских нефтяных предприятий.

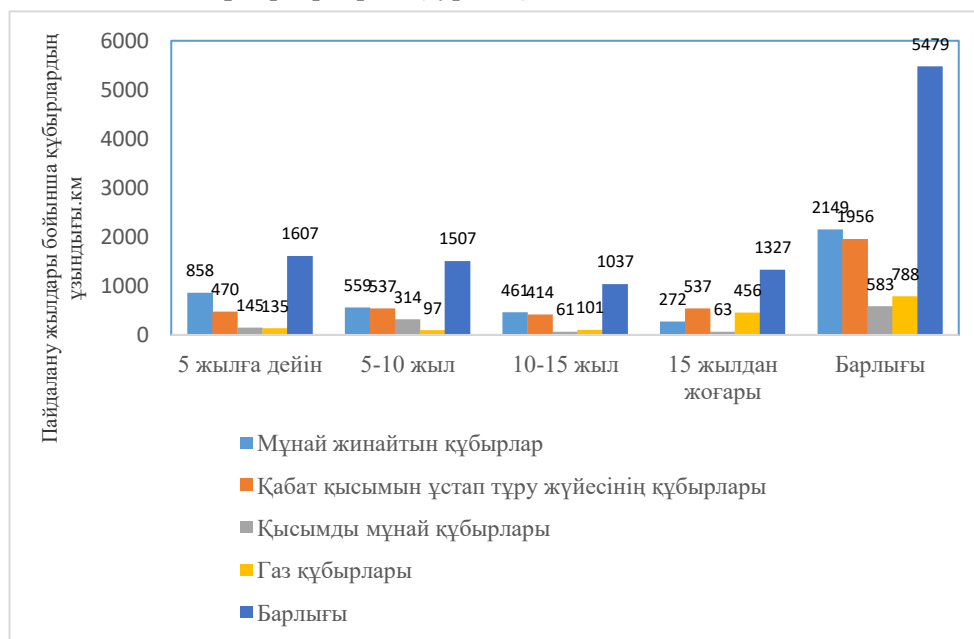
Ключевые слова: насосные компрессорные трубы, коррозия, надежность, ингибитор, скважины, месторождение.

Annotation. Pumping and compressor pipelines are used in the operation of oil and gas fields for various works related to the development and intensification of oil and gas production, as well as during major and routine well repairs. During operation, the columns of pumping compressor pipes may be exposed to various chemicals and multicomponent solutions, asphalt is covered with resinous paraffin deposits, salts, and is also exposed to the harmful effects of highly mineralized reservoir waters and produced high-sulfur oils. In this paper, the issues of developing methods to improve the reliability of oilfield installations, their introduction into widespread production, and the use of theoretical and experimental research to improve the efficiency of using oil fields are considered. The problems of research and development of effective corrosion inhibitors, bactericides and hydrogen sulfide absorbers in the technological processes of oil production of Kumkol oil enterprises are considered.

Keywords: pumping compressor pipes, corrosion, reliability, inhibitor, wells, field.

Кіріспе. Мұнай кәсіпшілігі құбырларының пайдалану сенімділігін арттыру проблемасының ерекшелігі оның мұнай кен орындарын игерудің барлық кезеңдерімен байланысты. Осы кезеңдердің әрқайсысының практикалық іске асырылуы маңызды технологиялық шешімдермен байланысты, олардың негізгілері: істен шығудың объективті себептерін анықтау, құбырлардың қызмет ету мерзіміне әсер ететін факторларды зерттеу, істен шығуды болжау, оларды мерзімінен бұрын бұзылудан қорғау әдістерін әзірлеу және енгізу болып табылады. Мақалада магистральдық мұнай құбырларының пайдалану сенімділігін қамтамасыз ету әдістеріне талдау жүргізілді. Соңғы жылдары бірқатар магистральдық мұнай құбырларының (ММК) ұзақ қызмет ету мерзіміне, мұнай айдау көлемінің өсуіне байланысты олардың қарқынды пайдалану режимінде жұмыс істеуіне, сондай-ақ жоғары қысымда жұмыс істейтін жаңа қуатты күрделі инженерлік-геологиялық жағдайларда құрылысына байланысты ММК сенімділігі мен қауіпсіз жұмысын қамтамасыз ету, қоршаған ортаны қорғау мәселелері шиеленісе түсті. Осыған байланысты ММК сенімділігін қамтамасыз ету мәселесін шешуде жаңа бағыттар белгіленді, оларды талдау, жалпылау және дамыту қажеттілігі туындады [8, 6 б.].

Құмкөл кен орны құбыр жүйелеріндегі коррозиялық жағдай көптеген факторлардың әсерімен - айдалатын орталардың агрессивтілік дәрежесінен құбырлардың оқшаулау жағдайына және су абразивтік процестердің қарқындылығына дейін анықталады. Осыған байланысты құбырларды іріктеу үшін техникалық талаптарды әзірлеуді, олардың сапасын бақылау жүйесін ұйымдастыруды, коррозиялық факторларды мониторингілеудің бірыңғай жүйесін құруды және басқа да бірқатар іс-шараларды қамтитын мұнай құбырлары мен су құбырларының пайдалану сенімділігін қамтамасыз етудің кешенді тәсілін әзірлеу қажет. Құмкөл кен орны құбыр жүйелеріне мұнай жинау құбырлары, қабат қысымын ұстап тұру жүйелерінің (ҚҚҰТЖ) құбырлары, қысымды мұнай құбырлары және жалпы ұзындығы 2500 км құбырлар кіреді (сурет. 1).



Сурет 1 - Құмкөл кен орны құбыр жүйелерін пайдалану мерзімдері бойынша бөлу

Соңғы жылдары ескі құбырларды жүйелі түрде ауыстыру жүріп жатыр: пайдалану мерзімі бес жылдан аз құбырлардың үлесі біртіндеп артып келеді және пайдалану мерзімі 10 жыл немесе одан да көп құбырлардың үлесі азаяды. Сонымен қатар, ескі құбырлардың салыстырмалы ұзындығы айтарлықтай жоғары болып қалады. Құмкөл негізгі кен орындарының қабат суларына хлор иондарының көп мөлшері тән. Орташа алғанда, кен орындары бойынша бұл көрсеткіш 17000 мг/л - ге жетеді, ал жекелеген қабаттар бойынша - 20000 мг/л-ге дейін немесе одан да көп, бұл қабаттардың ұңғымаларын жобалау кезінде ескеру қажет. Бұл кезде, хлор - иондарының коррозияны туғызатын негізгі фактор бола бермейтінін ескеру керек. Көптеген жағдайларда коррозияның пайда болу тәуекелдері кальций және гидрокарбонат-иондарының, ең бірінші жағдай минеральдық ортаның

және тұз шөгінділерінің пайда болуына байланысты болады. Мысалы, кальций иондарының мол мөлшері Құмкөл кен орнына тән, мұнда коррозиялық ауыр жағдай байқалады. Құбыр желілерінің ҚҚҰТЖ коррозиясын бақылау кезінде оттегінің мөлшері көрсеткішін білу өте маңызды: ол неғұрлым үлкен болған сайын, басқа шарттар бірдей болған кезде коррозия жылдамдығы соғұрлым жоғары болады. 2005-2009 жылдар аралығында құбыр желілерінің түріне қарай істен шығуында өзгерістер болды (сурет 2).

Егер осы периодтын басында мұнай құбырларында істен шығу көп болса, ал соңына қарай су құбырларындағы қатынастың өскенін көруге болады. Мұнан басқа, ұзақ уақыт жұмыс жасаған газ құбырларында да істен шығудың ұлғайғанын байқауға болады. 2007 жылы мұнай құбырларының істен шығуының жартысынан көбі болды, 2009 жылға қарай оның үлесі үштен біріне дейін қысқарды. Сонымен бірге мұнай құбырларындағы істен шығудың үлес салмағы артты. Мұнай жинау құбырлары 2009 жылы істен шығудың 94,5%, қысымды құбырларға - 4%, алаңшilik құбырларға - 1,5% құрады. Су құбырларының көп бөлігі істен шыққан, бірақ 2007 - 2009 жылдар аралығында оның үлесі 75-тен 63% - ға дейін төмендеді. Сонымен қатар, су құбырларының істен шығуының айтарлықтай өсуі тиісті шаралар қабылдау қажеттілігін көрсетеді.



Сурет 2 - Құбыр желілерінің істен шығуы

2009 жылы жоғары қысымды су құбырлары істен шығудың 87,5%, алаң ішіндегі су құбырлары - 9,9%, төмен қысымды су құбырлары - 2,6% құрады. Зерттелетін кезең ішінде мұнай құбырларының істен шығуының басты себебі сызаттардың пайда болуы болды, ал 2007 жылдан бастап осы себепті істен шығу үлесі 82,2% - дан 95% - ға дейін өсті (сурет 3).

Проблеманы шешудің ең перспективалы бағыты объектілердің өмірлік циклінің барлық кезеңдерін: жобалау алдындағы кезеңді, жобалауды, құрылысты, пайдалануды қамтитын магистральдық мұнай құбырларының пайдалану сенімділігін қамтамасыз етудің ұйымдастырушылық-технологиялық жүйесін құру болып табылатынын көрсетті.

Зерттеу материалдары мен әдістері. Магистральдық мұнай құбырлары көптеген бөлшектерден, бұйымдардан, жабдықтардан және жүйелерден тұратын күрделі техникалық құрылымдар болып табылады. Қажетті деңгейде жұмыс істегенде ММҚ сенімділігін сақтау шығындардың артуына әкеледі. Осы шығындарды азайту мақсатында жобалау кезеңінде ММҚ сенімділік көрсеткіштерінің белгіленген талаптарға сәйкестігін анықтау және оның объектілерінің сенімділігінің сандық көрсеткіштеріне үлкен үлес қосатын факторларды анықтау маңызды болып табылады.

ММҚ сенімділігін қамтамасыз ету мәселесін шешуде техникалық жағдайды диагностикалау және бағалау ерекше орын алады. ММҚ пайдалану мерзімдерін ұлғайту қазіргі заманғы әдістер мен

құралдарды пайдалану негізінде аталған жұмыстардың орындалуын одан әрі жетілдіруді талап етеді.

Нәтижелер және талқылау. Құбырлардың пайдалану сенімділігін арттыру үшін бірқатар шаралар қабылдау қажет. Біріншіден, қоршаған ортаның мақсатын, пайдалану шарттарын және агрессивтілігін ескере отырып, құбырлар үшін құбыр өнімдерін таңдау бойынша техникалық талаптарды әзірлеу. Екіншіден, сапаны бақылау жүйесі ұйымдастырылуы керек және құбыр өнімдерінің барлық сатыларында - өндірістен бастап компания шеңберінде құрылысшыларға берілуіне дейін. Үшіншіден, қауіпсіздік деңгейін арттыру үшін - құбыр жүйелерін апатсыз пайдалануды қамтамасыз ету үшін құрылыс- монтаждау жұмыстарының жоғары сапасына қол жеткізу қажет. Төртіншіден, ортаның агрессивтілігін, бактериялық ластануды, сыртқы оқшаулау жағдайын, құбыр коммуникацияларының өту дәліздеріндегі топырақтың коррозиялық белсенділігін бақылаудың бірыңғай жүйесін ұйымдастыру, сондай-ақ басқа да ғылыми-зерттеу жұмыстарын жүргізудің бірыңғай әдіснамасын әзірлеу талап етіледі. Соңында, құбыр жүйелерінің пайдалану сенімділігін арттыруға бағытталған құбыр өнімдерін, технологияларды, жабдықтарды, құрылғыларды енгізу бойынша ғылыми зерттеу жүргізудің өндірістік бағдарламаларын әзірлеу және іске асыру қажет.

Құмкөл кен орны бойынша мұнай құбырларының бұзылу динамикасын қарастыра отырып, пайдалану сенімділігін арттыру бойынша ұсынымдарды енгізу нәтижесінде мұнай өнімдерінің екпіні, олардың ұзақ жұмыс істеуіне қарамастан ұсынылған мәліметтерден көріп отырғанымыздай, екпіннің ең көп саны ұңғымалардың түсу желілеріне келеді. Бұл Құмкөл кен орны кәсіпорындарында мұнай жинау жүйелерін пайдаланудың 20 жылы ішінде олардың үлесін уақыт бойынша 90%-дан 65%-ға дейін төмендету үрдісі бар. Құбырлардың істен шығу себептерін келесі түрлерге бөлуге болады:

- құбырлардың зауыттық дефекттері - металлургиялық дефекттер (қатпарлану, металл емес қосындылар, тұтқыштар), құбырларды дайындау процесінде металға қолданылатын геометриялық мөлшердің ауытқулары, сызаттар мен ойықтар;

- зауыттық дәнекерленген жіктердің дефекттері (дұрыс пісірілмеген, жиектердің байланысуы, қожды қосу, негізгі металдың жік маңы аймақтарының әлсіреуі, жарықтар, зауыттық дәнекерлеуді жөндеу орындары);

- дала жағдайында орындалатын құбырлардың дәнекерленген қосылыстарының ақаулары, негізінен зауыттық дәнекерлеумен бірдей;

- тасымалдау және салу кезінде құбырлардың механикалық зақымдануы пайдалану (ойықтар, сызаттар, тыртықтар, патчтарды, бекіткіштерді дәнекерлеу, құбырларды сүйреп апарған кезде олардың соңғы бөліктерін жіңішкерту, көлік құралдары мен аршу құралдары соқтығысқан кезде өтпелі зақымданулар мен гофрлер құбыр материалының шайылу нәтижесінде шамадан тыс кернеуі, біркелкі емес топырақты еріту және т.б., рұқсат етілген қысымнан асып кету);

Қорытынды. Құмкөл кен орындарының өнімдеріне кешенді зерттеулер жүргізіліп, тотығу және тотықсыздану қасиеттері бар сарқынды суларда еріген компоненттердің өзара әрекеттесуінің кинетикалық заңдылықтары анықталып, дамудың бастапқы кезеңінде агрессивті компоненттердің болмауы және уақыт өте келе бактериялардың күкіртсутегі мен метаболиттерінің пайда болуы және айтарлықтай өсуі, темір сульфидінің тоқтатылған бөлшектері мен коррозия өнімдерінің ұлғаюы белсенді сульфатредукциямен байланысты екені анықталды. Кәсіпшілік құбырларының пайдалану сенімділігін арттырудың және мұнай жинаудың, қабат суларын алдын ала ағызудың, мұнайды дайындаудың және ағынды суларды қабат қысымын ұстап тұру жүйесінде кәдеге жаратудың герметикалық жүйелерін енгізудің технологиялық әдістерінің ғылыми негіздері әзірленді. Су басқан қабаттары мен мұнай өндіру объектілерінде сульфатредукция процесіне зерттеулер жүргізілді және алғаш рет көрсетілді. Алғаш рет теориялық тұрғыдан негізделген, эксперименталды түрде расталған және құбырлардың коррозиясының жергілікті сипатының себептері анықталған. Мұнай кәсіпшілігі құбырларының сенімділігін арттыру әдістеріне кең зертханалық, стендтік және тәжірибелік-өнеркәсіптік сынақтар жүргізілді. Соңғы 10 жыл ішінде Құмкөл кен орынында коррозия ингибиторлары мен бактерицидтерді енгізу, бұл мұнай жинау жүйесіндегі ақаулар ағынының 3,4 есе, қабат қысымын ұстап тұру жүйесінде 7,5 есе төмендеуіне әкелді. Мұнай өндірудің технологиялық және экологиялық аспектілерін ескере отырып, кен орындарын игерудің әртүрлі кезеңдері үшін мұнай кәсіпшілігі құбырларының сенімділігін арттырудың негізгі ережелері

әзірленді. Ластаушы заттардың төгілу көлеміне, олардың қоршаған ортаға әсеріне бағалау жүргізілді және анықталды Қазіргі уақытта «Петро Казахстан Кумколь Ресурсиз» компаниясының құбыр паркі тозудың жоғары деңгейімен сипатталады - құбырлардың көпшілігі Кеңес заманында немесе өткен ғасырдың 90-жылдарының басында салынған. Сонымен қатар, 20 - болаттан жасалған құбырлардың көп бөлігі омдық кедергісі төмен жоғары агрессивті сазды топырақтарға төселген, бұл сонымен қатар сыртқы коррозияның жоғары жылдамдығын тудырады. Құбырларды қорғау, ішкі және сыртқы коррозия жылдамдығын төмендету үшін компанияда ингибиторлық өңдеу және электрохимиялық қорғау әдісі қолданылады, ал құбырлардың ықтимал қауіпті аймақтарын анықтау үшін жоғары дәлдіктегі заманауи диагностикалық жабдық пайдаланылады. Сондай-ақ, жаңа құбырларды салумен және оқшаулаумен айналысатын мердігерлік ұйымдардың жұмысын бақылау күшейтілді. Осы шаралардың барлығы компанияның құбыр жүйелерінің сенімділігін арттыруға және олардың бұзылуына байланысты оқиғалардың санын азайтуға мүмкіндік берді. Кен орнындағы құбырлардың жер үстінде орындалатын барлық учаскелері сыртқы оқшаулаумен қорғалады, бұл сыртқы коррозияның пайда болу мүмкіндігін болдырмайды және оларды пайдалану кезінде ішкі коррозиядан қорғауды негізгі міндеті етеді. Ішкі коррозиялық бұзылуды азайту және кен орнында құбырлардың пайдалану сенімділігін арттыру үшін коррозияға қарсы тиімді жүйе енгізілді, оған тұрақты коррозиялық мониторингі бар коррозия ингибиторларын қолдану, әртүрлі тазалау құрылғыларын пайдалана отырып, құбыршылық тазалау жүргізу, сондай-ақ құбыршылық диагностиканы пайдалану кіреді.

Әдебиеттер тізімі:

1. Сорокин Г.М. Коррозионно-механическое изнашивание сталей и сплавов / Г.М. Сорокин, А.П. Ефремов, Л.С. Саакян. – М.: Нефть и газ, 2002. – 424 с. [Sorokin G.M. Korozionno-mekhanicheskoe изнашивание stalei i splavov / G.M. Sorokin, A.P. Efremov, L.S. Saakian. – М.: Neft i gaz, 2002. – 424 s.]
2. Ким С.К. Проблемы микробиологической коррозии нефтепромыслового оборудования // Нефтяное хозяйство. – 2001. – №3. – С. 62-63. [Kim S.K. Problemy mikrobiologicheskoi korozii neftepromyslovogo oborudovaniya // Neftnnoe hozjajstvo. – 2001. – №3. – S. 62-63.]
3. Негреев В.Ф. Коррозия оборудования нефтяных промыслов. Баку: Азнефтеиздат, 1951.-270с.[Negreev V.F. Korozia oborudovaniya neftnnyh promyslov. Baku: Aznefteizdat, 1951.-270s.]
4. Курсанова Б.И., Константинова Е.В. Влияние газовых компонентов минерализованной воды на коррозионную стойкость углеродистой стали. // Водоснабжение и санитарная техника. 1967. № 1. - С. 17-21.[Kursanova B.I., Konstantinova E.V. Vlianie gazovyh komponentov mineralizovannoi vody na korozionnuu stoikos uglerodistoi stali. // Vodosnabjenie i sanitarnaia tehnika. 1967. № 1. - S. 17-21]
5. Курсанова Б.И., Константинова Е.В. Коррозия углеродистой стали в минерализованной воде. // Водоснабжение и санитарная техника. 1969. № 9.-С.10-13.[Kursanova B.I., Konstantinova E.V. Korozia uglerodistoi stali v mineralizovannoi vode. // Vodosnabjenie i sanitarnaia tehnika. 1969. № 9.-S.10-13.]
6. Оценка прочностного ресурса газопроводных труб с коррозионными повреждениями / под ред. Ю.И. Быкова. – М.: ЦентрЛитНефтеГаз, 2008. – 168 с. [Osenka prochnostnogo resursa gazoprovodnyh trub s korozionnymi povrejdeniami / pod red. Ju.I. Bykova. – М.: SentrLitNefteGaz, 2008. – 168 с.]
7. МР 1967-2007. Методика определения численных значений скоростей коррозии трубных сталей. –Ухта.: ООО «ВНИИГАЗ», 2007. – 46 с. [MR 1967-2007. Metodika opredelenia chislennyh znachenii skorostei korozii trubnyh stalei. –Uhta.: ООО «VNIIGAZ», 2007. – 46 s.]
8. Таңжарықов П.А., Өткелбай Б.А. Минералды ортадағы сораптық компрессорлық құбырларды коррозиядан қорғау әдістерін жетілдіру / Энерго и ресурсосберегающие технологии: опыты и перспективы. III Халықаралық ғылыми-практикалық конференция материалдары. - Қызылорда, 2021. – Б. 517-523 [Taňjaryqov P.A., Ötkelbai B.A. Mineraldy ortadağy soraptyq kompresorlyq qūbyrlardy koroziaadan qorğau ädisterin jetildiru / Energo i resursosberegaiuie tehnologii: opyty i perspektivy.III Halyqaralyq ğylymi-praktikalıyq konferensia materialdary.- Qyzylorda, 2021. – B. 517-523]

9. Таңжарықов П.А., Ержанова А.Т., Кабыл С.Б. Мұнай жабдықтарының коррозиялық бұзылуын анықтау // Вестник ПГУ. – 2018. – №2. – С. 80-87 [Tañjaryqov P.A., Erjanova A.T., Kabyly S.B. Mūnai jabdyqtarynyñ korozialyq būzyluyn anyqtau // Vestnik PGU. – 2018. – №2. – С. 80-87]

10. Медведев М.Л., Мурадов А.В, Прыгаев А.К. Коррозия и защита магистральных трубопроводов и резервуаров: учебное пособие для вузов нефтегазового профиля. - М. : Издательский центр РГУ нефти и газа имени И.М. Губкина 2013.- 250 с.[Medvedev M.L., Muradov A.V, Prygaev A.K. Korozia i zařita magistrāl'nyh truboprovodov i rezervuarov: uchebnoe posobie dlā vuzov neftegazovogo profilā. - M. : Īzdatelski sentr RGU nefti i gaza imeni Ī. M. Gubkina 2013.- 250 s.]

11. Таңжарықов П.А., Амангельдиева Г.Б., Мұнай және газ ұңғыма жабдықтарының коррозиялық тозуына қабат суларының әсері // НЕФТЬ И ГАЗ, № 2 (122), 2021, С.25-35, Алматы - 2021. [Tañjaryqov P.A., Amangeldieva G.B., Mūnai jāne gaz ūñğyma jabdyqtarynyñ korozialyq tozuyna qabat sularynyñ āseri // NEFT Ī GAZ, № 2 (122), 2021, S.25-35, Almaty -2021.]

12. Таңжарықов П.А., Амангельдиева Г.Б., Тилеуберген А. Ұңғымалық ортаның коррозиялық белсенділігін бағалау.// НЕФТЬ И ГАЗ, №6 (126), 2021, С.79-90, Алматы -2021.[Tañjaryqov P.A., Amangeldieva G.B., Tileubergen A. Ūñğymalyq ortanyñ korozialyq belsendiligin bağalau.// NEFT Ī GAZ, №6 (126), 2021, S.79-90, Almaty -2021.]

13. Каменщиков Ф.А. Борьба с сульфатвосстанавливающими бактериями на нефтяных месторождениях. - Ижевск: НИЦ «Регулярная и хаотичная динамика», Институт компьютерных исследований, 2007. - 412 с. [Kamenřikov F.A. Bōrba s sūlfatvosstanavlivaiuřimi bakteriami na neftānyh mestorojdeniah. - Ījevsk: NĪS «Regulārnaia i haotichnaia dinamika», Īnstitut kōmpūternyh issledovani, 2007. - 412 s.]

147. Жиглецова С.К. Повышение экологической безопасности при использовании биоцидов для борьбы с коррозией, индуцируемой микроорганизмами. - М.: Прикладная биохимия и микробиология, 2012. - 694 с. [Jiglesova S.K. Povyřenie ekologičeskoj bezopasnosti pri ispōlzovanii biosidov dlā bōrby s koroziei, indusiruemoi mikroorganizmami. - M.: Prikladnaia biohimia i mikrobiologia, 2012. - 694 s.]

БАҒЫТ № 4

ИНЖЕНЕРЛІК ГЕОЛОГИЯ ЖӘНЕ ГЕОЭКОЛОГИЯЛЫҚ ҚАУІПСІЗДІК МӘСЕЛЕЛЕРІ

УДК 622.276; 622.279

ЖАСАНДЫ ИНТЕЛЕКТТІҢ ТАБИҒАТТЫ ҚОРҒАУ МЕН ЭКОЛОГИЯЛЫҚ МӘСЕЛЕЛЕРДІ ШЕШУДЕГІ РӨЛІ

ӨМІРБАЙ Р.С., АРШИДИНОВА М.Т., ТӨЛЕШ А.Ж., ҚАБЫКЕН С.Қ.

***Аңдатпа.** Мақалада жасанды интеллекттің (ЖИ) табиғатты қорғаудағы және экологиялық мәселелерді шешудегі рөлі қарастырылады. Қазіргі заманғы ақылды технологиялар табиғи ресурстарды басқару, экологиялық мониторинг және қалпына келтіру процесінде жаңа мүмкіндіктер ұсынады. ЖИ экожүйелердің жай-күйін талдауда, ауа сапасын бақылауда, табиғи апаттардың алдын алуда және биоалуантүрлілікті сақтауда маңызды құрал ретінде қолданылады. Сонымен қатар, мақалада ЖИ-дің қоршаған ортаға әсері және оны қолдану арқылы туындайтын этикалық мәселелер талқыланады.*

***Түйін сөздер:** Жасанды интеллект, табиғатты қорғау, экологиялық мониторинг, ақылды технологиялар, тұрақты даму, биоалуантүрлілік, табиғи ресурстарды басқару, қоршаған орта, этикалық мәселелер, инновациялық шешімдер.*

***Аннотация.** В статье рассматривается роль искусственного интеллекта (ИИ) в охране природы и решении экологических проблем. Современные интеллектуальные технологии предлагают новые возможности в управлении природными ресурсами, экологическом мониторинге и процессах восстановления. ИИ используется как важный инструмент для анализа состояния экосистем, мониторинга качества воздуха, предотвращения стихийных бедствий и сохранения*

биоразнообразия. Кроме того, в статье обсуждается влияние ИИ на окружающую среду и этические вопросы, возникающие при его использовании.

Ключевые слова: Искусственный интеллект, охрана природы, экологический мониторинг, интеллектуальные технологии, устойчивое развитие, биоразнообразие, управление природными ресурсами, окружающая среда, этические вопросы, инновационные решения.

Annotation. The article examines the role of artificial intelligence (AI) in nature conservation and solving environmental problems. Modern intelligent technologies offer new opportunities in natural resource management, environmental monitoring, and restoration processes. AI serves as an important tool for analyzing ecosystem conditions, monitoring air quality, preventing natural disasters, and preserving biodiversity. Furthermore, the article discusses the impact of AI on the environment and the ethical issues arising from its use.

Keywords: Artificial intelligence, nature conservation, environmental monitoring, intelligent technologies, sustainable development, biodiversity, natural resource management, environment, ethical issues, innovative solutions.

Қазіргі заманның ең өзекті мәселелерінің бірі – табиғат пен технология арасындағы қарым-қатынасты реттеу. Бір жағынан, адамзаттың өмірін жеңілдетіп, мүмкіндіктерді кеңейтетін ақылды технологиялар қарқынды дамып келеді. Екінші жағынан, табиғатқа деген әсерін ескермеу климаттық өзгерістер, ресурстардың сарқылуы және экосистемалардың бұзылуы сияқты жаһандық мәселелерге алып келуде.

Жасанды интеллект – ХХІ ғасырдағы ең ықпалды технологиялардың бірі. Оның мүмкіндіктері тек өндіріс, медицина, білім беру салаларымен шектелмейді. ЖИ табиғатты қорғауда да жаңа перспективалар ашуда. Экологиялық мониторинг, табиғи ресурстарды тиімді пайдалану, биоалуантүрлілікті сақтау сияқты бағыттарда жасанды интеллект маңызды құралға айналууда.

Бұл мақалада ақылды технологиялардың экология саласындағы мүмкіндіктері мен мәселелері қарастырылады. Жасанды интеллекттің көмегімен табиғат пен адамзат арасындағы тепе-теңдікті сақтау жолдары зерттеледі. Табиғатты қорғау – технологиялық жетістіктермен қатар жүретін маңызды міндет, ал бұл міндеттің жүзеге асырылуы болашақ ұрпақтың өмір сүру сапасын қамтамасыз етеді.

Жасанды интеллект (ЖИ) – қазіргі заманның ең озық технологияларының бірі. Оның ерекше мүмкіндіктері табиғатты қорғау саласында да кеңінен қолданыла бастады. ЖИ-дің көмегімен табиғаттың жай-күйін бақылап, экологиялық мәселелерді шешудің жаңа жолдары ұсынылуда. Бұл технология экология саласындағы адам еңбегін жеңілдетіп қана қоймай, қоршаған ортаны қорғауда үлкен тиімділікке қол жеткізуге мүмкіндік береді. Мысалы, ауа сапасын бақылау жүйелері ЖИ негізінде құрылып, зиянды газдардың мөлшерін дәл өлшеуге мүмкіндік береді. Ғалымдардың айтуынша, климат өзгерісі мен ауа ластануы қазіргі заманның ең басты экологиялық мәселелері болып табылады. NASA ғалымдары ЖИ-дің көмегімен ғарыштан алынған деректерді талдап, ормандардың азаюы, мұздықтардың еруі және климаттың өзгеруі туралы нақты ақпараттарды ұсына алады. Мұндай зерттеулерді жүргізу арқылы біз қоршаған ортадағы өзгерістерді алдын ала болжай аламыз. ЖИ табиғи апаттардың алдын алуда да маңызды рөл атқарады. Мысалы, IBM компаниясы табиғи апаттардың ықтималдығын болжайтын ЖИ алгоритмдерін жасап шығарды. Бұл жүйелер цунами, орман өрттері немесе су тасқындары сияқты апаттардың салдарын азайту үшін ерте әрекет етуге мүмкіндік береді. Әсіресе, Австралиядағы орман өрттері кезінде осындай технологиялар тиімді пайдаланылып, көптеген жануарлар мен өсімдіктерді құтқаруға ықпал етті. Экологиялық мониторинг – ЖИ қолданылатын тағы бір маңызды сала. Ұлыбританиядағы Оксфорд университетінің ғалымдары жасанды интеллект арқылы биоалуантүрлілікті сақтауға арналған зерттеулер жүргізуде. Олар ормандағы жануарлардың қозғалысын бақылап, популяция деңгейін анықтайтын ЖИ бағдарламаларын жасап шығарды. Бұл табиғаттағы теңгерімді сақтауға көмектеседі. Дегенмен, ЖИ-ді экологияда қолданудың қиындықтары да бар. Біріншіден, бұл технологиялардың экологиялық ізі, яғни оларды жасау және пайдалану кезінде энергияны көп тұтынуы. Гарвард университетінің зерттеушілері ЖИ жүйелерін оқыту үшін жұмсалатын энергия мөлшерінің климатқа әсер ететінін атап көрсетеді. Осыған байланысты, ЖИ-ді қолданудың экологиялық шығындарын азайту үшін жаңа тәсілдер іздестірілуде. Қорытындылай келе, ЖИ

табиғатты қорғау және экологиялық мәселелерді шешуде маңызды құралға айналуға. Оның мүмкіндіктері табиғатты бақылау, қалпына келтіру және ресурстарды тиімді пайдалану бағытында көптеген перспективалар ашады. Алайда, бұл технологияның қоршаған ортаға тигізетін әсерін де ескеру қажет. Болашақта ЖИ экология саласында үлкен жетістіктерге жету үшін ғалымдар мен қоғамның бірлесе жұмыс істеуі маңызды болмақ.

Қазіргі уақытта ақылды технологиялар (smart technologies) адамзаттың өмір салтын өзгертумен қатар, экологиялық мәселелерді шешуде де ерекше маңызға ие болуда. Олар табиғатты қорғау, ресурстарды тиімді пайдалану және қоршаған ортаны бақылау салаларында жаңа мүмкіндіктер ашып, экологиялық тұрақтылықты қамтамасыз етуге көмектеседі. Ақылды технологиялардың бірі – қалдықтарды басқару жүйелері. Мысалы, Швецияда қалдықтарды тиімді өңдеу үшін жасанды интеллект қолданылатын ақылды қоқыс жәшіктері енгізілді. Бұл жүйелер қалдықтарды автоматты түрде сұрыптап, қайта өңдеуге жіберетін материалдарды анықтайды. McKinsey & Company зерттеу орталығының мәліметінше, осындай технологияларды қолдану қалдықтарды қайта өңдеу деңгейін 25%-ға арттырып, табиғи ресурстардың азаюын баяулатуға ықпал етеді. Тағы бір маңызды бағыт – энергияны үнемдеу. Қалпына келтірілетін энергия көздерін басқаруда ақылды технологиялар ерекше орын алады. АҚШ-тың Стэнфорд университетінің ғалымдары ақылды жел станцияларын дамытуда, бұл жүйелер желдің бағыты мен күшін болжай отырып, энергия өндірісін оңтайландырады. Мұндай технологиялар көмір мен мұнай сияқты қазбалы отындарға тәуелділікті азайтып, көмірқышқыл газының шығарылуын төмендетеді. Ауа сапасын бақылау жүйелері де ақылды технологиялардың маңызды үлгісі болып табылады. Мысалы, Қытайда Huawei компаниясы үлкен қалалардағы ауа сапасын талдайтын және зиянды газдардың деңгейін төмендетуге бағытталған ұсыныстар беретін жүйе енгізді. Мұндай жобалардың нәтижесінде Бейжің сияқты қалаларда ауа сапасының жақсарғаны байқалды. Бұл технологиялардың тиімділігі туралы Journal of Environmental Management журналында жарияланған зерттеулерде де айтылған. Судың ластануын бақылау және тазарту да ақылды технологиялардың маңызды қолдану саласы. IBM компаниясының зерттеушілері су көздерін талдайтын және ластануды болжайтын жүйе жасап шығарды. Бұл жүйелер химиялық заттардың деңгейін анықтап, алдын алу шараларын жүзеге асыруға мүмкіндік береді. Мұндай технологиялар әсіресе ауыл шаруашылығында су ресурстарын тиімді пайдалануда үлкен рөл атқарады. Дегенмен, ақылды технологияларды қолданудың кейбір шектеулері де бар. Олар көбінесе жоғары шығындармен және техникалық білімнің жетіспеушілігімен байланысты. Гарвард университетінің ғалымдары осындай жүйелерді дамыту кезінде энергетикалық шығындарды төмендету мен техникалық инфрақұрылымды жақсартуға назар аударудың қажеттігін атап өтеді. Ғалымдар мен инженерлердің бірлескен жұмысы арқылы ақылды технологиялар экология саласында жаңа жетістіктерге жету үшін маңызды құралға айналатыны сөзсіз.

Жасанды интеллект (ЖИ) – қазіргі заманғы ғылым мен технологияның озық жетістіктерінің бірі. Ол көптеген салаларда тиімділікті арттырып, адам еңбегін жеңілдеткенімен, қоршаған ортаға тигізетін әсері де айтарлықтай. ЖИ технологияларының экологиялық салдарын түсіну үшін оның қалай қолданылатынын, қандай пайдасы мен зияны бар екенін қарастыру маңызды. ЖИ-дің экологияға тигізетін оң әсерлерінің бірі – табиғатты қорғаудағы инновациялық мүмкіндіктері. Мысалы, экологиялық мониторинг жүйелері ЖИ алгоритмдерінің көмегімен ауа, су және топырақ сапасын бақылауға мүмкіндік береді. Мұндай жүйелер табиғаттағы өзгерістерді нақты уақыт режимінде тіркеп, алдын алу шараларын жүзеге асыруға көмектеседі. Массачусетс технологиялық институтының (MIT) зерттеушілері ЖИ негізінде ормандардың жағдайын бақылау үшін дрондар қолданатын жобаларды әзірледі. Бұл жобалар арқылы орман өрттерінің алдын алу және биоалуантүрлілікті қорғау мүмкін болды. Сонымен қатар, ЖИ табиғи ресурстарды тиімді пайдалануға ықпал етеді. Мысалы, ауыл шаруашылығында ЖИ технологиялары суды үнемдеу және өнімділікті арттыру үшін қолданылады. Тель-Авив университетінің ғалымдары суару жүйелерін оңтайландыру үшін ЖИ негізіндегі платформаларды жасап шығарды. Бұл технологиялар топырақтың ылғалдылығын нақты өлшеп, суды тек қажетті мөлшерде ғана пайдалануға мүмкіндік береді. Алайда ЖИ-дің қоршаған ортаға теріс әсерлері де жоқ емес. Оның ең басты мәселелерінің бірі – жоғары энергия тұтынуы. ЖИ жүйелерін оқыту мен дамыту үлкен деректер орталықтарын қажет етеді, ал бұл орталықтар көп мөлшерде электр энергиясын жұмсайды. OpenAI зерттеушілері GPT-3 сияқты ірі тілдік модельдерді оқыту кезінде миллиондаған киловатт-сағат энергия

тұтынылатынын анықтады. Бұл процесс атмосфераға көмірқышқыл газының шығуын арттырып, климаттық өзгерістерге ықпал етеді. Тағы бір мәселе – ЖИ қолданылатын электронды құрылғылардың қалдықтары. Көптеген электронды құрылғылар, соның ішінде деректер орталықтары мен серверлер, жұмыс істемей қалғаннан кейін экологиялық мәселе туындатады. Электрондық қалдықтар құрамында қорғасын, сынап және басқа да зиянды заттар бар, олар табиғатқа едәуір зиян келтіреді. ЖИ-дің қоршаған ортаға әсерін азайту мақсатында бірқатар шаралар ұсынылуда. Гарвард университетінің ғалымдары экологиялық шығындарды төмендету үшін энергияны тиімді пайдаланатын ЖИ жүйелерін дамытуға бағытталған зерттеулер жүргізуде. Сонымен қатар, Microsoft компаниясы деректер орталықтарын жаңартылатын энергия көздерімен қамтамасыз ету арқылы ЖИ-дің экологиялық ізіне қарсы күресуде.

Қазіргі заманда шығармашылық идеялар мен инновациялар кез келген салада даму мен жетістіктің негізгі қозғаушы күшіне айналууда. Жасанды интеллект (ЖИ) және ақылды технологиялар дәуірінде инновациялық шешімдер табиғатты қорғау, білім беру, медицина, экология сияқты маңызды салаларда жаңа мүмкіндіктер ашады. Бұл эсседе шығармашылық идеялардың экология саласындағы қолдану мүмкіндіктері мен олардың нәтижелері қарастырылады. ЖИ-дің табиғатты қорғаудағы шығармашылық қолдану мысалдарының бірі – биоалуантүрлілікті сақтау. Массачусетс технологиялық институтының ғалымдары ормандар мен қорықтарды қорғау үшін дрондар мен ЖИ алгоритмдерін қолданатын ерекше жүйе ойлап тапты. Бұл технология ормандардағы жануарлардың қозғалысын бақылап, браконьерліктің алдын алуға мүмкіндік береді. Мұндай идеялар табиғатты қорғаудағы жаңа тәсілдерді ұсынады. Ақылды қалалар – шығармашылық инновациялардың тағы бір айқын мысалы. Оңтүстік Кореяның Сеул қаласында ақылды технологиялар экологиялық таза көлік жүйесін дамытуда қолданылады. Электр көліктері мен қоғамдық көліктердің қозғалысын басқаруда ЖИ алгоритмдері пайдаланылып, ауа ластануын азайтуға ықпал етеді. Сонымен қатар, Сеулде ақылды қоқыс жәшіктері енгізіліп, қалдықтарды қайта өңдеу деңгейі айтарлықтай артты. Бұл жобалар экология саласындағы инновациялық шешімдердің қаншалықты маңызды екенін көрсетеді. Инновациялардың тағы бір маңызды бағыты – баламалы энергия көздерін қолдану. Жапониядағы Кюсю университетінің зерттеушілері күн энергиясын жинақтау тиімділігін арттыратын ЖИ негізінде жұмыс істейтін жүйелерді әзірледі. Мұндай жобалар энергия үнемдеу мәселесін шешуге ғана емес, экологиялық таза энергия көздерін кеңінен қолдануға мүмкіндік береді. Шығармашылық идеяларды дамытуда жастардың рөлі ерекше. Студенттер мен мектеп оқушылары арасында экологияға бағытталған жобалар бойынша түрлі байқаулар өткізу арқылы экологиялық сананы қалыптастыруға болады. Мысалы, «Таза қала – болашақ кепілі» атты экологиялық байқауда жас өнертапқыштар ақылды технологияларды пайдаланып, қалдықтарды қайта өңдеу жүйелерін дамытуға өз идеяларын ұсынды. Мұндай іс-шаралар шығармашылық ойлау қабілетін арттырып, жастарды табиғатты қорғауға ынталандырады. Алайда, инновацияларды дамытуда қиындықтар да бар. Жаңа технологияларды енгізу үшін қаржы, техникалық инфрақұрылым және кадрлық ресурстар қажет. Гарвард университетінің профессоры Джонатан Коэн инновацияларды тиімді енгізу үшін мемлекет пен жеке сектордың тығыз ынтымақтастығын атап көрсетеді.

Қорыта келгенде, жасанды интеллект және ақылды технологиялар қазіргі заманның ең өзекті мәселелерінің бірі – экология саласындағы маңызды құралға айналууда. Олар табиғатты қорғау, ресурстарды үнемдеу, экологиялық апаттардың алдын алу сияқты міндеттерді тиімді шешуге көмектеседі. ЖИ-дің көмегімен ауа сапасын бақылау, қалдықтарды өңдеу, биоалуантүрлілікті сақтау, табиғи ресурстарды оңтайлы пайдалану мүмкіндігі артып келеді. Бұл технологиялар адамзаттың экологияға деген жауапкершілігін арттыруға және тұрақты даму мақсаттарына қол жеткізуге ықпал етуде. Алайда, ЖИ технологияларының артықшылықтарымен қатар, оның қоршаған ортаға тигізетін теріс әсерлерін де назардан тыс қалдыруға болмайды. Энергияны көп тұтыну, электронды қалдықтардың көбеюі және технологиялық теңсіздік сияқты мәселелер ЖИ-ді экологиялық тұрғыдан тиімді қолдануды талап етеді. Сондықтан, ЖИ-ді дамытуда оның экологиялық ізіне ерекше назар аударып, жауапты технологиялық шешімдерді іздеу маңызды. Болашақта жасанды интеллект пен инновациялық технологияларды экология саласында қолдану кеңейе түсетіні анық. Бұл процесс ғалымдар, инженерлер, саясаткерлер және қоғам өкілдерінің бірлескен күш-жігерін қажет етеді. Тек осындай ынтымақтастық арқылы ғана адамзат пен табиғат

арасындағы тепе-теңдікті сақтап, болашақ ұрпаққа экологиялық тұрғыдан тұрақты әлем қалдыра аламыз.

Әдебиеттер тізімі:

1. Abid, A., Farooqi, M., & Zou, J. (2021). Persistent anti-Muslim bias in large language models. *Nature Machine Intelligence*, 3(6), 476–486.
2. Batarseh, F. A., Yang, R., & Chang, J. (2021). *Artificial Intelligence for Sustainable Development: Theory, Practice and Future Applications*. Springer.
3. Cohen, J., & Sundararajan, A. (2020). The Impact of Artificial Intelligence on Environmental Sustainability. *Harvard Business Review*.
4. Gebru, T., Morgenstern, J., Vecchione, B., et al. (2021). Ethical and Social Risks of Artificial Intelligence. *Ethics in AI Institute Reports*.
5. Russell, S., & Norvig, P. (2020). *Artificial Intelligence: A Modern Approach* (4th ed.). Pearson.
6. Сатыбалдиев А. (2021). Экология және тұрақты даму. Алматы.
7. Әбдірахманов Т. (2020). Автоматтандыру және басқару жүйелері. Алматы.
8. Қазақстан Республикасының Экология және табиғи ресурстар министрлігі. (2024). Ресмисайт: <https://www.gov.kz>
9. *Journal of Environmental Management*. (2021). Smart Technologies and Environmental Sustainability. Elsevier.
10. OpenAI. (2020). Energy Consumption of Large Language Models. OpenAI Research Report.

МРНТИ 68.31.21

**ВОЗДЕЙСТВИЕ ГРУНТОВЫХ ВОД НА РИСОВЫЙ СЕВООБОРОТ В
ЖАНАКОРГАНСКОМ РАЙОНЕ КЫЗЫЛОРДИНСКОЙ ОБЛАСТИ**

**ЖАКИПОВ КЕНЖЕБЕК БЕЙСЕНОВИЧ, магистрант
МУХТАРОВ АЙДОС СЕЙТЖАНОВИЧ, магистрант
БАЙМАХАНОВ ОРКЕН СЕРИКУЛЫ, докторант
АКЫЛБАЕВ КАЙРАТ ИГИСИНОВИЧ, и.о. ассоциированного профессора
НАО «Кызылординский университет имени Коркыт Ата»
МҮСІРЕП АЗАМАТ, магистр сельскохозяйственных наук
РГУ «Кызылординская гидрогеологическая мелиоративная экспедиция»
Республика Казахстан, город Кызылорда**

***Аннотация.** В статье рассмотрены основные пути влияния уровня и качества грунтовых вод на продуктивность риса и состояние рисооборотов Тугискенского массива орошения в Жанакорганском районе Кызылординской области. Проанализированы гидрогеологические и агротехнические факторы - уровень залегания и минерализация грунтовых вод, степень вторичной засоленности почв, особенности водно-солевого режима и их последствия для почвенно-экологических условий и урожайности риса. Приведены результаты анализа динамики минерализации и колебаний уровня грунтовых вод по многолетним наблюдениям. Отмечено, что повышение минерализации и недостаточная дренированность земель приводят к деградации почв и снижению эффективности рисового севооборота. На основе проведенных исследований предложены практические рекомендации по снижению рисков негативного воздействия грунтовых вод, включающие мелиоративные мероприятия, оптимизацию структуры посевов, применение адаптированных сортов риса и совершенствование агротехнических приёмов. Полученные результаты могут быть использованы при разработке мероприятий по устойчивому управлению водно-солевым балансом и повышению экологической стабильности агроландшафтов Приаралья.*

***Ключевые слова:** рис, грунтовые воды, минерализация, дренаж, засоленность, севооборот, Кызылординская область.*

Аңдатпа. Мақалада Жаңақорған ауданының Түгіскен суару массивіндегі жерасты суларының деңгейі мен сапасының күріш өнімділігіне және күріш ауыспалы егістерінің жағдайына әсер ету жолдары қарастырылған. Жерасты суларының деңгейі мен минералдану дәрежесі, топырақтың екінші реттік тұздануы, су-тұз режимінің ерекшеліктері сияқты гидрогеологиялық және агротехникалық факторлар талданып, олардың топырақ-экологиялық жағдай мен күріш өнімділігіне тигізетін салдары көрсетілген.

Көпжылдық байқаулар бойынша жерасты сулары деңгейінің өзгеруі мен минералдануының динамикасына жүргізілген талдау нәтижелері келтірілген. Минералдану деңгейінің артуы және жерлердің жеткіліксіз құрғатылуы топырақтың деградациясына және күріш ауыспалы егісінің тиімділігінің төмендеуіне әкелетіні атап өтіледі.

Жүргізілген зерттеулер негізінде жерасты суларының жағымсыз әсер ету қаупін төмендетуге бағытталған практикалық ұсыныстар берілген. Оларға мелиорациялық шаралар, дақыл құрылымын оңтайландыру, бейімделген күріш сорттарын қолдану және агротехникалық тәсілдерді жетілдіру жатады. Алынған нәтижелер су-тұз балансының тұрақты басқару шараларын әзірлеуде және Арал маңы агроландшафттарының экологиялық тұрақтылығын арттыруда пайдаланылуы мүмкін.

Түйін сөздер: күріш, жер асты сулары, минералдану, дренаж, тұздану, ауыспалы егіс, Қызылорда облысы.

Annotation. The article examines the main ways in which the level and quality of groundwater affect rice productivity and the condition of crop rotations in the Tugysken irrigation massif of the Zhanakorgan district in the Kyzylorda region. Hydrological and agrotechnical factors are analyzed, including the depth and mineralization of groundwater, the degree of secondary soil salinization, the characteristics of the water-salt regime, and their consequences for soil-ecological conditions and rice yield.

The results of long-term observations of groundwater level fluctuations and mineralization dynamics are presented. It is noted that increasing mineralization and insufficient land drainage lead to soil degradation and reduced effectiveness of the rice crop rotation.

Based on the conducted research, practical recommendations are proposed to reduce the risks of negative groundwater impacts. These include reclamation measures, optimization of crop structure, the use of adapted rice varieties, and improvements in agrotechnical practices. The findings can be used in developing measures for sustainable management of the water-salt balance and for improving the ecological stability of agro-landscapes in the Priaralye region.

Keywords: rice, groundwater, mineralization, drainage, salinity, crop rotation, Kyzylorda region.

Кызылординская область является основным рисосеющим регионом Казахстана, где производство риса играет важную роль в обеспечении продовольственной безопасности страны. Однако природно-климатические условия региона, характеризующиеся аридностью климата, высокой испаряемостью и ограниченными водными ресурсами, делают аграрное производство уязвимым к изменениям гидрогеологических условий. Одним из ключевых факторов, определяющих эффективность и устойчивость рисового севооборота, является состояние грунтовых вод — их уровень, минерализация и химический состав [1].

В Жанакорганском районе, в частности на Тугискенском массиве орошения, проблема воздействия грунтовых вод на рисовый севооборот стоит особенно остро. В результате многолетнего интенсивного орошения, неэффективного дренажа и недостаточной регулировки водного режима в ряде участков наблюдается подъём уровня грунтовых вод и усиление процессов вторичного засоления почв. Это приводит к ухудшению водно-солевого баланса, снижению плодородия, уменьшению урожайности риса и деградации агроландшафтов.

Изучение взаимосвязи между уровнем и качеством грунтовых вод и состоянием агроэкосистемы рисовых полей представляет собой актуальную научно-практическую задачу. На современном этапе особую значимость приобретают исследования, направленные на выявление закономерностей формирования водно-солевого режима и разработку эффективных мер по его регулированию. Это включает совершенствование мелиоративных систем, оптимизацию севооборотов, применение устойчивых сортов риса и внедрение адаптированных технологий орошения [2].

Таким образом, цель настоящего исследования заключается в комплексной оценке воздействия уровня и качества грунтовых вод на продуктивность риса и состояние рисовых

севооборотов Тугискенского массива орошения, а также в разработке практических рекомендаций по снижению негативных последствий и повышению экологической устойчивости агроландшафтов региона.

Интенсивное орошаемое рисоводство сопряжено с риском деградации почв вследствие нерационального водопользования: ухудшение дренажа, подъем и минерализация грунтовых вод, вторичное засоление. Эти процессы напрямую влияют на устойчивость рисовых севооборотов и их экономическую эффективность [3]. Основные показатели площади орошаемых земель Жанакорганского района приведены в таблице 1, а площадь посевов риса в Жанакорганском районе приведен на рисунке 1.

Таблица 1 - Основные показатели площади орошаемых земель Жанакорганского района (2022–2024 гг.)

Показатели	Ед.изм	Площадь по годам		
		2022г	2023г	2024г
Орошаемые земли	га	43697	44036	44958
В том числе рисовая культура	га	6072	7903	7545
Инженерно-подготовленные земли	га	28283	28283	28283
Земли, находящиеся под контролем	га	32882	34042	34042
Неиспользуемые земли	га	3413	7462	6638

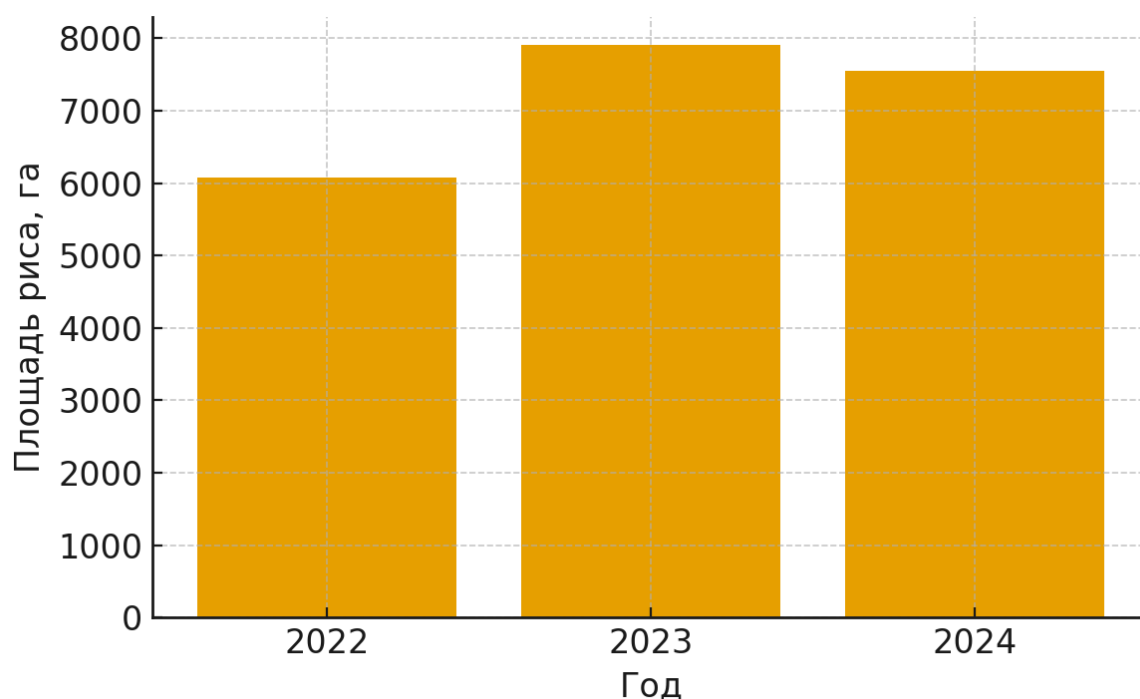


Рисунок 1 - Площадь посевов риса в Жанакорганском районе (2022–2024 гг.)

Исследования проводились на территории Тугискенского массива орошения, расположенного в Жанакорганском районе Кызылординской области, который относится к Приаральской зоне с резко континентальным климатом, низким количеством атмосферных осадков (100–150 мм в год) и высокой испаряемостью (до 1000–1200 мм в год). Территория характеризуется равнинным рельефом, лёгкими по гранулометрическому составу почвами и широким распространением засоленных участков, обусловленных высоким уровнем грунтовых вод и их минерализацией.

В качестве исходных материалов использовались:

многолетние данные наблюдений РГУ «КГТМЭ» МВРИ РК (2005–2024 гг.), включающие сведения об уровне залегания грунтовых вод и их минерализации [4, 5];

результаты лабораторных анализов почв и воды;
объем дренажно-сбросных вод по хозяйствам Жанакорганского района;
метеорологические данные о температуре, влажности и осадках, полученные с ближайших станций;

статистические материалы по урожайности риса за последние 5 лет, предоставленные районным управлением сельского хозяйства.

Методологическая основа исследования включает комплекс полевых, лабораторных, аналитических и картографических методов.

Полевые наблюдения. На контрольных участках площадью по 5–10 га выполнялись замеры уровня грунтовых вод с использованием наблюдательных скважин, отбор проб воды и почвы, а также фиксация агротехнических приёмов (вид севооборота, глубина пахоты, способы полива).

Лабораторные исследования. Проводился анализ проб грунтовых вод на общую минерализацию, содержание хлоридов, сульфатов и натрия, а также определялась электропроводность. Почвенные образцы исследовались по показателям pH, содержания солей, гумуса и плотности.

Аналитические методы. Для определения зависимости между уровнем грунтовых вод, минерализацией и урожайностью риса использовались методы корреляционно-регрессионного анализа.

Мелиоративная оценка. На основе анализа водно-солевого баланса рассчитывались коэффициенты дренированности и степени риска вторичного засоления.

Таким образом, применённый комплекс методов позволил обеспечить достоверную оценку влияния уровня и качества грунтовых вод на продуктивность риса и состояние агроэкосистем в условиях Тугискенского массива орошения.

Организация учета воды на коллекторно-дренажной сети является важной производственной составляющей деятельности учреждения, так как сведения об объеме отводимых вод с массивов орошения, а вместе с ним и вынос солей, обеспечивает установление водно-солевого баланса рассматриваемых орошаемых территорий. коллекторно-дренажные воды выступая в качестве возвратных вод, составляют важный элемент приходной части в водохозяйственном балансе Кызылординской области на участке реки Сырдарьи от границы с Туркестанской области до Аральского моря. Использование КДВ для орошения сельскохозяйственных культур требует научно-обоснованного подхода к химическому составу используемой воды, технологии подготовки их для полива, правильному подбору сельхозкультур, технологии полива в системе севооборота, предотвращающего засоление и осолонцевание почвы [6]. Эти расчеты ведутся из 40 гидропостов, расположенных на межхозяйственных коллекторно-дренажных сетях (таблица 2).

Таблица 2 - Объем дренажно-сбросных вод по хозяйствам Жанакорганского района (2022–2024 гг.)

№ п/п	Наименование хозяйств	Дренажно-сбросной сток, млн.м³		
		2022 г	2023 г.	2024 г.
1	2	3	4	5
1	Келинтюбе	1,40	1,42	1,41
2	Аккорган	1,54	1,48	1,54
3	Кожакент	1,33	1,54	1,33
4	Узгент	0,89	1,16	0,89
5	Кыркенсе	0,43	1,36	0,44
6	Жанарык	0,41	1,19	0,41
7	Сунаката	-	-	-
Всего по району:		6,00	8,15	6,02

Одним из главных факторов, оказывающих влияние на режим грунтовых вод под рисовыми плантациями, являются поливные воды. Питание грунтовых вод в основном происходит за счет

инфильтрации оросительной воды. Разгрузка грунтовых вод осуществляется за счет суммарного испарения, дренажного стока и подземного оттока в сторону реки. Поэтому изменения в УГВ в годовом разрезе подразделяется на два периода: вегетационный с подъемом УГВ, когда на поверхности рисового поля и в канале поддерживается уровень воды и осенне-зимний со спадом УГВ, когда на рисовых полях оросительной сети вода отсутствует.

В условиях рисоводства уровень грунтовых вод тесно связан с режимом орошения. Поддержание постоянного затопления (5–15 см) снижает аэрацию почв и способствует подъему минерализованных вод. Исследования показывают повышенную минерализацию и сульфатно-натриевый состав грунтовых вод, что увеличивает риск вторичной засоленности (таблица 3).

В Жанакорганском районе условия рисоводства тесно связаны с режимом грунтовых вод и дренажа. Высокий уровень орошения риса в сочетании с недостаточным отводом вод и общей дефицитной ирригацией способствуют:

- подъёму минерализованных грунтовых вод;
- накоплению солей в почве (вторичная засоленность);
- ухудшению почвенно-водного режима;
- снижению устойчивости рисовых севооборотов и уменьшению урожайности.

Таблица 3 - Минерализация грунтовых вод на орошаемых землях (2022–2024 гг.)

№ п/п	По годам	Значения минерализации, г/л:	
		март	сентябрь
1	2	3	4
1	2022г	3,73	2,90
2	2023г	2,83	2,79
3	2024г	2,81	3,08

Формирование химизма, степени минерализации грунтовых вод происходит под влиянием следующих факторов:

- исходный химизм источников питания грунтовых вод;
- свойство водовмещающих пород и взаимодействие грунтовых вод с ними;
- характер баланса грунтовых вод.

Грунтовые воды орошаемых земель расположенных на полого-покатых равнинах, нижних террас рек, имеют минерализацию, варьирующую в пределах от 3 до 5 в отдельных случаях и более 5 г/л. Определяющим значением в формировании минерализации и химизма имеют свойства водовмещающих пород и характер баланса грунтовых вод.

В условиях низкого качества эксплуатации оросительных систем и плохого функционирования дренажных систем, отмечается тенденция по увеличению площадей с более высокой минерализацией ГВ. Такая ситуация в дальнейшем может негативно отразиться на солевом режиме почвогрунтов, так как интенсивность протекания соленакопления зависит не только от глубины залегания грунтовых вод, но и от их минерализации.

Грунтовые воды Жанакорганского района оказывают значительное влияние на рисовые севообороты через подъем минерализованных вод и вторичную засоленность. Для сохранения устойчивости необходим комплекс мер: дренаж, биомелиорация, рациональное водопользование.

Мониторинг качества грунтовых вод и корректировка севооборотов позволит снизить риски деградации почв и повысить урожайность.

Список литературы:

1. Koshkarov S., Bulanbayeva P., Shayanbekova B. Rice Irrigation Regimes under the Condition of Kyzylorda region. Alinteri Journal of Agriculture Sciences April 2021. Vol.36(1) pp. 160-168
2. Л.Акбаева, К.Мұқанова, Р. Бейсенова, Р. Тазитдинова, Н. Көбетаева. Environmental Impact Assessment of Rice Growing in the Kyzylorda region. International Journal of Design & Nature and Ecodynamics August 2023. Vol. 18, №4

3. Олжабаева А.О.; Алдамбергенова.Г.Т; Шегенбаев А.Т; Будикова К.М; Жусупова Л.К; Шаянбекова Б.Р. Mineral fertilizers' influence on rice and problems of secondary salinization. SABRAO Journal of Breeding and Genetics. february 2024. Vol.56 (1) pp. 258-265

4. Absametov M.K., Ospanov K.T. Water quality of the Syrdarya River and groundwater of the Kyzylzharma field. Сырдария өзенінің және Қызылорда облысы Қызылжарма кен орнының жер асты суларының сапасы. Сәтбаев университетінің Инженерлік журналы. Ақпан 2024ж. №146(1) 30-38 б.

5. Годовые отчеты РГУ «КГГМЭ» МВРИ РК о мелиоративном состоянии земель Жанакорганского района (2022–2025 гг.).

6. А.А.Шомантаев. Сельскохозяйственное использование коллекторно-дренажных вод для орошения в регионе Приаралья. Журнал. Гидрометеорология и экология №4, 2010г.

ӨОЖ: 331.45; 331.461

ӨНДІРІСТІК ТӘУЕКЕЛДІ БАҒАЛАУ ӘДІСТЕРІ МЕН ЕҢБЕК ҚАУІПСІЗДІГІН БАСҚАРУДЫ ҚАМТАМАСЫЗ ЕТУ ТӘЖІРИБЕЛЕРІ

**АСАН НҮРДӘУЛЕТ САБЫРХАНҰЛЫ, СУЛЕЙМЕНОВ МУХАМЕТАЛИ УМИРАЛИЕВИЧ
БЕКМУРЗАЕВА НҮРГҮЛ БАҚЫТБЕКҚЫЗЫ**

**«Қорқыт Ата атындағы Қызылорда университеті» ҚеАҚ
7М11279 – Өмір тіршілігінің қауіпсіздігі және қоршаған ортаны қорғау
(Техносфералық қауіпсіздік) БББ-ның 1-2-курс магистранттары
ЕРМУХАНОВА НУРЖАМАЛ БАХИТЖАНОВНА, PhD**

**«Қорқыт Ата атындағы Қызылорда университеті» ҚеАҚ
«Электр энергетикасы, техносфералық қауіпсіздік және экология»
БББ-ның қауымдастырылған профессоры
Қазақстан республикасы, Қызылорда қаласы**

***Андатпа.** Мақалада еңбек қауіпсіздігін қамтамасыз ету жүйесінің өзегі болып табылатын өндірістегі тәуекелді бағалау әдістері талданады. Еңбек қауіпсіздігі стандарттарына сәйкес, тәуекелдерді бағалаудың негізгі кезеңдері өндірістегі ықтимал қауіпті факторлар көздерін анықтау, ықтималдығын талдау және техникалық және ұйымдастырушылық шешімдер әзірлеулерден тұрады. Заманауи өндірістегі тәуекелді басқару бойынша Халықаралық деңгейдегі тәжірибелерді талдай отырып, Қазақстан үшін алынған тәжірибелік сабақтар «нөлдік жарақат», қауіпсіздік мәдениетін қалыптастыру, үздіксіз оқыту, технологиялық инновацияларды қолдану болып табылады.*

***Түйін сөздер:** тәуекелді басқару, сапалық, сандық тәуекелдер, тәуекел деңгейі, ықтималдық, салдардың ауырлығы, еңбек қауіпсіздігін қамтамасыз ету.*

***Аннотация.** В статье анализируются методы оценки рисков на производстве, которые являются ядром системы обеспечения безопасности труда. В соответствии со стандартами безопасности труда основными этапами оценки рисков являются выявление источников потенциально опасных факторов на производстве, анализ вероятности и разработка технических организационных решений. Анализируя международный опыт управления рисками в современном производстве, для Казахстана выделяются следующие практические уроки: достижение «нулевого травматизма», формирование культуры безопасности, организация непрерывного обучения и применение технологических инноваций.*

***Ключевые слова:** управление рисками, качественные, количественные риски, уровень риска, вероятность, тяжесть последствий, обеспечение безопасности труда*

***Annotation.** The article analyzes methods of assessing industrial risks, which form the core of the occupational safety management system. In accordance with occupational safety standards, the main stages of risk assessment include the identification of sources of potentially hazardous factors in production, probability analysis, and the development of technical and organizational measures. By examining*

international experience in risk management in modern production, the following practical lessons are highlighted for Kazakhstan: achieving «zero injuries», fostering a safety culture, ensuring continuous training, and implementing technological innovations.

Keywords: risk management, qualitative risks, quantitative risks, risk level, probability, severity of consequences, occupational safety assurance

Еңбек қауіпсіздігін басқарудың маңызды құрамдас бөлігі - өндірістік тәуекелдерді бағалау және оларды азайту шараларын әзірлеу. Адамның өмірі мен денсаулығына, жеке тұлғалардың заңды мүдделеріне қауіп төндіру мүмкіндігі тәуекелі жоғары тау-кен өнеркәсібі және карьерлерді қазу, электрмен қамтамасыз ету, газ, бу жіберу және ауаны баптау, өңдеу өнеркәсіптері, құрылыс, тасымалдау және сақтау сияқты өндірістер жатады.

Тәуекелдерді бағалау – бұл еңбек процесінде жұмысшының өмірі мен денсаулығына әсер етуі мүмкін қауіпті және зиянды өндірістік факторларды анықтау, олардың ықтимал салдарын бағалау және алдын алу шараларын қабылдау процесі.

Тәуекел ұғымы және оны бағалаудың мақсаты. Тәуекел- белгілі бір қауіпті жағдайдың туындау ықтималдығы мен оның зардаптарының ауырлығының үйлесімі. Еңбек қауіпсіздігі саласында тәуекелді бағалаудың басты мақсаты – қауіпті факторлардың әсерін **сандық және сапалық тұрғыдан талдап**, оларды басқару арқылы **жарақаттану мен кәсіби аурулардың алдын алу**.

Тәуекелді бағалау ұйымға:

- қауіпті жұмыстарды анықтауға;
- еңбек жағдайларын жақсарту бағыттарын белгілеуге;
- экономикалық тұрғыда тиімді қорғаныс шараларын таңдауға;
- өндірістегі жазатайым оқиғалардың алдын алуға мүмкіндік береді.

Тәуекелдерді бағалаудың негізгі кезеңдері. Тәуекелдерді бағалау процесі бірнеше кезеңнен тұрады (ISO 45001 және ILO-OSH 2001 стандарттарына сәйкес):

1. Қауіп көздерін анықтау – өндіріс процесіндегі барлық ықтимал қауіпті факторларды (механикалық, электрлік, химиялық, термиялық, биологиялық және т.б.) анықтау.

Мысалы: энергетикада - жоғары кернеу, ток соғу, биіктікте жұмыс істеу, трансформатор майларымен байланыс.

2. Қауіптің пайда болу ықтималдығын бағалау – белгілі бір қауіпті жағдайдың туындау жиілігі мен ықтималдығын талдау.

3. Залалдың ауырлығын анықтау – қауіп іске асқан жағдайда қандай деңгейде зардап келтіретіні (жарақат, мүгедектік, өлім, мүліктік зиян) анықталады.

4. Тәуекел деңгейін есептеу – ықтималдық пен салдардың ауырлығының үйлесімі арқылы тәуекел деңгейі сандық мәнге айналады.

5. Басымдықтарды анықтау және шаралар қабылдау – жоғары тәуекел аймақтарына назар аударып, техникалық және ұйымдастырушылық шешімдер әзірлеу.

Тәуекелді бағалау әдістері **сапалық, сандық және аралас** тәсілдерге бөлінеді. 1-суретте өндірістегі жалпы тәуекелді талдаудың екі әдісі берілген [1-2].



Сурет 1 -Тәуекелді талдау әдістері

1. Сапалық әдістер. Бұл әдістерде тәуекелдің деңгейі сандық емес, сипаттамалық түрде анықталады. Сапалыбағалау әдістеріне, ең алдымен, сараптамалық әдістер жатады. Мақсаты – қауіпті факторларды анықтап, оларды басымдықтар бойынша жіктеу. **Кең таралған сапалық әдістер:**

- **Чек-парақ (Check-list) әдісі.** Белгілі бір нысан бойынша стандартты сұрақтар тізімі толтырылады (мысалы, құрал-жабдықтың жерге қосылуы, қорғаныс құралдарының болуы).

- **«Не болады, егер...?» (What-if) талдауы.** Жұмыс процесіндегі мүмкін болатын ақаулар мен оқиғалар «егер осылай болса, не орын алады?» деген сұрақ арқылы бағаланады.

- **HAZID (Hazard Identification)** – қауіпті жағдайларды жүйелі түрде анықтау және тіркеу әдісі.

- **FMEA (Failure Modes and Effects Analysis)** – жүйенің істен шығу себептері мен олардың салдарын талдау.

2. Сандық әдістер. Бұл тәсілдер тәуекелдің сандық көрсеткіштерін есептеуге мүмкіндік береді. Олар көбіне энергетика, мұнай-газ, химия сияқты жоғары қауіпті салаларда қолданылады. **Негізгі сандық әдістер:**

- **Тәуекел матрицасы әдісі (Risk Matrix).** Тәуекел деңгейі екі параметр арқылы анықталады:

$$R = P \times SR = P \times S$$

мұндағы **R** – тәуекел деңгейі, **P** – ықтималдық, **S** – салдардың ауырлығы.

Нәтижесінде тәуекел **төмен**, **орташа**, немесе **жоғары** деңгейге жіктеледі (1-кесте).

Кесте 1 – Тәуекел матрицасы

Салдардың ауырлығы	Өте сирек (1)	Сирек (2)	Ықтимал (3)	Жиі (4)	Өте жиі (5)
Елеусіз (1)	Төмен	Төмен	Төмен	Орташа	Орташа
Орташа (2)	Төмен	Төмен	Орташа	Орта	Жоғары
Ауыр (3)	Төмен	Орташа	Орташа	Жоғары	Жоғары
Өлімге әкелетін (4)	Орташа	Орташа	Жоғары	Өте жоғары	Өте жоғары

• **Fault Tree Analysis (FTA)** – қауіпті оқиғалардың себеп-салдарын логикалық диаграмма түрінде талдау. Бұл әдіс арқылы апатқа әкелетін негізгі және аралық себептер анықталады.

• **Event Tree Analysis (ETA)** – апат немесе ақау туындағаннан кейінгі ықтимал оқиғалардың тізбегін модельдеу әдісі. Энергетика саласында бұл әдіс **электр тізбегінің істен шығуы** немесе **ток өшу сценарийін** болжау үшін қолданылады.

3. Аралас әдістер. Кейде сапалық және сандық тәсілдерді біріктіріп қолдану тиімді. Мысалы, **HAZOP (Hazard and Operability Study)** әдісі өндірістік процестің барлық кезеңін талдап, тәуекелдерді жүйелі түрде жіктейді. Бұл әдіс күрделі энергетикалық объектілерде (жылу электр станциялары, трансформаторлық қосалқы станциялар, газ тарату пункттері) кеңінен қолданылады.

Тәуекелдерді басқарудың тиімділігі. Тәуекелдерді бағалау - тек қағаз жүзіндегі талдау емес, нақты **басқару шешімдерінің негізі**. Бағалау нәтижесінде алынған мәліметтер:

- Ең қауіпті аймақтарды анықтауға;
- Қорғаныс құралдарын оңтайлы таңдауға;
- Жұмысшыларды нақты қауіп түрлеріне сәйкес оқытуға;
- Еңбек қауіпсіздігіне арналған бюджет көлемін дәл есептеуге мүмкіндік береді.

Энергетика саласында тәуекелдерді бағалау нәтижесінде:

- Биіктікте жұмыс істеу кезінде құлаудың алдын алу жүйелері жетілдіріледі;
- Электр қондырғыларын токтан ажырату тәртібі күшейтіледі;
- Апаттық жағдайлардағы эвакуация маршруттары жаңартылады;
- Қызметкерлердің денсаулық мониторингі (жыл сайынғы тексерулер, ЭКГ, термиялық әсерге бейімдік) енгізіледі.

Энергетика сияқты қауіпті салаларда тәуекелдерді жүйелі бағалау - қызметкерлердің өмірін қорғаудың және өндірістік процестің үздіксіздігін қамтамасыз етудің негізгі тетігі. 2-кестеде кәсіпорындарды басқарудағы еңбек үдерістерімен және төтенше жағдайларға байланысты тәуекелді төмендету тәсілдері берілген.

Кесте 2 – Өндіріс саласындағы кәсіпорындарды басқарудағы тәуекелді төмендету тәсілдері

Тәуекел түрлері	Тәуекелді азайту жолдары
Техникалық тәуекел	Алдын алу шараларын жүргізу, резервтік қорларды қалыптастыру және сақтандыру
Технологиялық тәуекел	Сапаны бақылау, жағдайды бақылау
Өндірісті ұйымдастыру тәуекелі	Дамудың перспективалық бағыттарын әзірлеу, ұтымды өндірістік құрылымды құру, тиімді инновациялық және инвестициялық саясатты жүргізу
Еңбек ресурстарымен қамтамасыз ету тәуекелі	Біліктілікті арттыру, персоналды оқыту, аттестаттау, жазатайым оқиғалардан сақтандыру
Табиғи апаттар тәуекелі	Сақтандыру, өзін - өзі сақтандыру – резервтік қорларды қалыптастыру

Тәуекелдерді бағалау әдістері еңбек қауіпсіздігін қамтамасыз ету жүйесінің өзегі болып табылады. Дұрыс таңдалған әдіс тек жазатайым оқиғалардың алдын алып қана қоймай, өндірістің тиімділігі мен тұрақтылығын арттырады. Қазіргі жаһандану дәуірінде *еңбек қауіпсіздігін қамтамасыз ету мәселесі* тек ұлттық деңгейде ғана емес, халықаралық маңызы бар әлеуметтік және экономикалық фактор ретінде қарастырылады. Дамыған елдердің тәжірибесі еңбек қауіпсіздігін басқарудың тиімді жүйесін құруда Қазақстан үшін құнды үлгі бола алады. Әсіресе энергетика, құрылыс және мұнай-газ өндірісі салаларында қолданылатын шетелдік тәсілдер еңбек қауіпсіздігін арттырудың тиімді құралдары болып саналады [3].

Германия тәжірибесі. Германияда еңбек қауіпсіздігін басқару жүйесі **«Arbeits schutz management system» (AMS)** деп аталады және ол ISO 45001 стандартымен толық үйлестірілген. Жүйенің басты ерекшелігі – жұмыс беруші мен қызметкердің бірдей жауапкершілігі.

Германияда еңбек қауіпсіздігі үш деңгейде реттеледі:

1. Мемлекеттік бақылау органдары (Bundesministerium für Arbeit und Soziales) нормативтік талаптарды белгілейді;

2. Салалық қауымдастықтар мен кәсіподақтар өндірістік ерекшеліктерге бейімделген ішкі ережелерді әзірлейді;

3. Кәсіпорындар өздерінің жеке тәуекел-карталарын жасап, еңбек қауіпсіздігін корпоративтік деңгейде басқарады.

Энергетика саласында «Siemens Energy» және «RWE» сияқты ірі компаниялар тәуекелге негізделген басқару және қызметкерлердің үздіксіз оқыту жүйесін қолдану арқылы жазатайым оқиғалар санын 40%-дан астам қысқартқан.

Жапония тәжірибесі. Жапонияда еңбек қауіпсіздігі жүйесі **Kaizen** философиясына, яғни үздіксіз жетілдіру қағидатына негізделген. Жапон кәсіпорындары қауіпсіздік мәдениетін қалыптастыруды басты басымдық ретінде қарастырады.

Негізгі ерекшеліктері:

- Әрбір қызметкер жұмыс орнындағы қауіпті анықтап, оны жою бойынша жеке ұсыныс енгізуге міндетті;

- “5S” жүйесі (Seiri, Seiton, Seiso, Seiketsu, Shitsuke) еңбек қауіпсіздігімен біріктіріліп, тәртіп пен тазалықты сақтауға ерекше мән беріледі;

- Энергетика саласында «Tokyo Electric Power Company (TEPCO)» компаниясы атом және жылу станцияларында қауіпсіздікке бағытталған адамдық факторды басқару жүйесін енгізген.

Нәтижесінде соңғы 10 жылда TEPCO компаниясында еңбек жарақатының жиілігі 70%-ға төмендеген.

АҚШ тәжірибесі. АҚШ-та еңбек қауіпсіздігін қамтамасыз ету **Occupational Safety and Health Administration (OSHA)** арқылы жүзеге асырылады. OSHA стандарттары еңбек жағдайына қойылатын нақты және міндетті техникалық талаптарды белгілейді.

АҚШ-тағы еңбек қауіпсіздігін басқарудың басты қағидалары:

- «Zero Injury Policy» (нөл жарақат саясаты) – кез келген жазатайым оқиға алдын алуға болады деген ұстаным;

- Қызметкерлердің қатысуымен тәуекелді бағалау және оқыту бағдарламаларын жыл сайын жаңарту;

- Энергетика саласында OSHA стандарттары электр қондырғыларында жұмыс істеу кезінде оқшаулау, құлыптау, кернеуді сынау және жеке қорғаныс құралдарын қолдану ережелерін қатаң реттейді.

Мысалы, «General Electric» компаниясы OSHA талаптарына сүйене отырып қауіпсіздікке инвестиция көлемін 25%-ға арттырғаннан кейін, өндірістік жарақаттар 3 есеге азайған.

Скандинавия елдері тәжірибесі (Швеция, Норвегия, Дания). Бұл елдер еңбек қауіпсіздігін **әлеуметтік әріптестік моделі** арқылы дамытқан.

Жұмыс беруші, қызметкер және кәсіподақ өкілдері еңбек қауіпсіздігін басқару жөніндегі комитеттерге бірігеді.

Швецияда «Vision Zero» (Нөлдік жазатайым оқиға) тұжырымдамасы кеңінен енгізілген. Энергетикалық секторда бұл жүйе төмендегідей тәсілдермен жүзеге асады:

- Әрбір өндірістік нысанда қауіпсіздік бойынша электрондық мониторинг жүйесі бар;
- Қауіпсіздік мәдениеті мектеп пен колледж деңгейінен бастап оқытылады;
- Адам өмірінің құндылығын басты экономикалық индикатор ретінде қарастыру дәстүрге айналған.

Халықаралық деңгейдегі үрдістер. Бүгінгі таңда еңбек қауіпсіздігін басқару жүйелері **интеграцияланған менеджмент жүйелерімен (IMS)** біріктірілуде.

Бұл дегеніміз – сапа менеджменті (ISO 9001), экологиялық менеджмент (ISO 14001) және еңбек қауіпсіздігі менеджменті (ISO 45001) біртұтас жүйеде жұмыс істейді.

Мұндай тәсілдің артықшылықтары:

- Ресурстарды тиімді пайдалану;
- Басқарушылық шешімдердің үйлесімділігі;
- Қауіпсіздік мәдениетінің корпоративтік деңгейде орнығуы.

Қазақстан үшін алынатын тәжірибелік сабақтар. Шетел тәжірибесін талдау нәтижесінде Қазақстанда еңбек қауіпсіздігін жетілдіру үшін төмендегідей бағыттар ұсынылады:

1. ISO 45001 стандартына толық көшу және оның энергетика кәсіпорындарында міндетті енгізілуі;
 2. «Нөл жарақат» тұжырымдамасын ұлттық деңгейде бейімдеу;
 3. Қауіпсіздік мәдениетін қалыптастыру мақсатында мектеп пен ЖОО бағдарламаларына еңбек қауіпсіздігі негіздерін енгізу;
 4. Қызметкерлердің белсенді қатысуын арттыру және олардың қауіпсіздік бойынша шешім қабылдауға қатысуын қамтамасыз ету;
 5. Цифрлық бақылау және тәуекелді бағалау жүйелерін дамыту (мысалы, энергия нысандарындағы қауіпсіздік сенсорлары мен онлайн мониторинг).
- Шетелдік тәжірибе көрсеткендей, еңбек қауіпсіздігін тиімді басқару тек нормативтік талаптармен шектелмейді. Ол қауіпсіздік мәдениетін қалыптастыруды, үздіксіз оқытуды және технологиялық инновацияларды қолдануды талап етеді.
- Қазақстан энергетика, отын, құрылыс саласында осы тәжірибелерді кезең-кезеңімен енгізу арқылы өндірістегі жарақаттану деңгейін төмендетіп, халықаралық стандарттарға сай қауіпсіз әрі тиімді еңбек ортасын қалыптастыра алады [4-5].

Әдебиеттер тізімі:

1. Қазақстан Республикасы еңбек заңнамасы сақталуының тәуекел дәрежесін бағалау өлшемшарттары мен тексеру парақтарын бекіту туралы. ҚР Денсаулық сақтау және әлеуметтік даму министрінің 2015 жылғы 25 желтоқсандағы № 1022 және Қазақстан Республикасы Ұлттық экономика министрінің 2015 жылғы 28 желтоқсандағы № 801 бірлескен бұйрығы.
2. Ланкина С.А., Флегонтов В.И. Классификация и проблемы оценки рисков промышленного предприятия // Интернет-журнал «Науковедение» Том 7, №2 (2015) <http://naukovedenie.ru/PDF/90EVN315.pdf>. doi: 10.15862/90EVN315
3. ГОСТ 12.0.230-2007. Система стандартов безопасности труда. – Москва, 2007.
4. ISO 45001:2018 Occupational Health and Safety Management Systems – Requirements with 6. guidance for use. – Geneva: ISO, 2018.
5. ASM Anam Ullah. State's Obligation to Ratify ILO Conventions C155, C161 and C187: A Review of Bangladesh's RMG Sector. European Journal of Law and Political Science. Vol 2. Issue 5. October, 2023. –pp.8-21

ӘОЖ: 504.064.47. 621.039.7

МҰНАЙ-ГАЗ ӨНЕРКӘСІБІНДЕГІ РАДИОБЕЛСЕНДІ ҚАЛДЫҚТАРДЫ БАСҚАРУ

ЕРМУХАНОВА НУРЖАМАЛ БАХИТЖАНОВНА, PhD
«Қорқыт Ата атындағы Қызылорда университеті» ҚеАҚ
«Электр энергетикасы, техносфералық қауіпсіздік және экология»
БББ-ның қауымдастырылған профессоры
ТАСҚАРАЕВА ГҮЛЖАЗИРА МҰХТАРҚЫЗЫ
7M11279 – Өмір тіршілігінің қауіпсіздігі және қоршаған ортаны қорғау
(Техносфералық қауіпсіздік) БББ-ның 2-курс магистранты
Қазақстан Республикасы, Қызылорда қаласы

***Андатпа.** Мақалада мұнай-газ өндірісіндегі ықтимал табиғи радионуклидтердің көздері - мұнай иламы, радиоактивті тұздардың шөгінділері, қақтар мен радонның қоршаған ортаны қарқынды ластануы сипатталады. Қазіргі уақытта мұнай өндіру және дайындау кезінде технологиялық жабдықтарда, құбырлар мен резервуарларда табиғи радионуклидтердің қақтарының пайда болуынан радиациялық қауіпсіздік проблемалары туындауы дүние жүзіндегі барлық мұнай-газ өндіруші компаниялардың алдында тұр.*

***Түйін сөздер:** радионуклидтер, доза қуаты, мұнай иламы, радиобелсенді тұздардың шөгінділері, дезактивация.*

Аннотация. В статье рассматриваются возможные источники естественных радионуклидов в нефтегазовом производстве — нефтяные шламы, осадки радиоактивных солей, накипи, а также интенсивное загрязнение окружающей среды радоном. В настоящее время перед всеми нефтегазодобывающими компаниями мира стоит задача обеспечения радиационной безопасности, возникающая вследствие образования отложений естественных радионуклидов на технологическом оборудовании, в трубопроводах и резервуарах при добыче и подготовке нефти.

Ключевые слова: радионуклиды, мощность дозы, нефтешлам, отложения радиоактивных солей, дезактивация.

Annotation. This article explores potential sources of naturally occurring radionuclides (NORM) in oil and gas production, including oil sludge, radioactive salt deposits, and scale, as well as significant environmental contamination by radon. Ensuring radiation safety is currently a critical challenge for oil and gas companies worldwide, due to the formation of radionuclide deposits on process equipment, pipelines, and storage tanks during oil extraction and processing. The article also addresses methods for monitoring, controlling, and decontaminating these radioactive residues to minimize occupational and environmental exposure.

Keywords: radionuclides, dose rate, oil sludge, radioactive salt deposits, decontamination.

Дүние жүзінде және еліміздің жекелеген өңірлерінде мұнай және газ кәсіпорындары қызметінің нәтижесінде табиғи радионуклидтердің жоғары құрамы бар жүздеген мың текше метр өндірістік қалдықтар жинақталған. Мұнай-газ кешендері (МГК) өндірістік қалдықтарының да радионуклидтік белсенділігі олардың жартылай ыдырау кезеңіне байланысты. Бірақ нақты уақыт ауқымында қалдықтарда (^{226}Ra) арнайы төмендету жұмыстары жүргізілмеген жағдайда радиобелсенділік өзгермейді.

Мұнай және газ кен орындарында радиациялық қауіптің үш негізгі көзін шартты түрде бөліп көрсетуге болады – мұнай шламы, радиоактивті тұздардың шөгінділері, радон.

АҚШ-тың мұнай өнеркәсібінде жыл сайын шамамен 230 мың тонна радиоактивті тұнба және 25 мың тонна радиоактивті тұздар түзіледі және соңғы 50 жылда 10 миллион тоннадан астам жинақталған. Мұнайдың, әсіресе газдың едәуір бөлігін өндіретін Ресейде радиациялық жағдай да өте қиын. Қолда бар жанама деректерге сәйкес, қазіргі уақытта Ресей аумағында құрамында ТРН жоғары кемінде 50 миллион тонна мұнай және газ өндірісінің қалдықтары (соның ішінде заңсыз көмілген) сақталған[1].

Радиоактивтілігі жоғары көмілген тұнбалар және мұнай карьерлері көптеген мұнай және газ кен орындарында радиоактивті ластанудың негізгі көздерінің бірі болып табылады. Үлкен аумақтар барлық дерлік мұнай-газ кен орындарында радиймен ластанған. Әсіресе радиоактивті тұнбаның үлкен көлемі Татарстан, Башқұрт, Батыс Сібір және Апшерон түбегінің кен орындарында кездеседі. Татарстанның мұнай кен орындарында ондаған мың тонна радиоактивті қалдықтар көмілген.

Әлемде мұнай өндірудің ұзақ жылдардағы тәжірибесі қоршаған ортаның радиоактивті элементтермен қарқынды ластануы бар екенін көрсетеді.

Бұл мұнайлардағы радионуклидтердің табиғи концентрациясына да, өндірістік циклдердің технологиялық тізбектерінің түйіндерінде біркелкі таралуына да байланысты. Ra және Ba радиобаритінің Ba(Ra)SO_4 түрінде бірге тұнбаға түсуі, битумның әртүрлі буындарымен бірге уран және уран-ванадий минералдарының жиналуы және басқа мысалдар белгілі. Мұнайды бұрғылаумен қабат суларынан шыққан сулы қабаттардың радиоактивтілігі жоғарылауы радиоактивті фонның 8-12-ден 20-40 мкР/сағ-қа өзгеруіне әкеледі, мұнайды алу кезінде шыққан тау жыныстары аймағында максималды доза көрсеткіші 400-600 дейін және гранитті қабаттар жер бетіне шығып жатқан жерлерінде 1000 мкР/сағ, ал мұнай сақтайтын резервуарлардағы, сорғы сүзгілеріндегі, мұнай шламындағы, мұнай жинайтын резервуарлардың түбіндегі техногендік шыққан радионуклидтердің концентрациясы, резервуарларды тазалау қалдықтары 3000 - 5600 мкР/сағ жетеді. Мұнай мен газ өндірудегі радионуклидтердің жинақталуының негізгі нысандары 1 - кестеде жинақталған[2].

Кесте 1 - Мұнай және газ өндірудегі радионуклидтердің әсері

Ластану түрі	Радионуклидтер	Пайда болу сипаттамалары	Объектілер
Ra, тау жыныстары құрамында	Ra-226, Ra-228, Ra-224 және олардың ыдырау өнімдері	Ca, Sr, Ba сульфаттары мен карбонаттарының қатты шөгінділері	Аяқталған ұңғымада Өндірістік қондырғылардың ылғалды бөліктерінде
Ra шөгінділері	Ra-226, Ra-228, Ra-224 және олардың ыдырау өнімдері	Құм, саз, парафин, ауыр металдар	Сепараторлар, құбырлар, резервуарларда
Pb шөгінділері	Pb - 210 және ыдырау өнімдері	Қорғасынның тұрақты шөгінділері	Аяқталған ұңғымадағы Газ өндіретін ылғалды бөліктерде
Pb қабыршақтары (пленка)	Pb-210 және ыдырау өнімдері	Өте жұқа Pb-ды қабыршақтардың пайда болуы	Мұнай мен газды дайындау және тасымалдау кезінде
Po қабыршақтары (пленка)	Po-210	Өте жұқа пленкалар	Конденсатты тазалауға арналған қондырғыларда
Конденсаттар	Po-210	Шөгінділер болмайды	Газ өндіруде

Радиобелсенді шөгінділер мен қақтарда мұнайда кездесетін қоспалар болуы мүмкін, яғни онда қатты шөгінділердің пайда болуына әкелетін процестер нәтижесінде пайда болатын сульфаттар мен карбонаттардың ұсақ минералды түйірлері болады. Кейбір газ кен орындарында Pb қосылыстары немесе тіпті таза Pb және ластанған ^{210}Pb (1000 Бк/г дейін) пайда болуы мүмкін. Осындай шөгінділерді құрайтын тұрақты Pb изотоптарының іздері газ және мұнай кен орындарына өте тән.

Мұнай құрамды шөгінділерден қоршаған ортаның ластануымен және онымен байланысты ауыр көмірсутектермен қатар, басқа ластанушы заттардың, мысалы, сынап (Hg) деңгейінің жоғарылауы байқалады, бұл қоршаған орта мен денсаулыққа қауіп төндіреді. Сондықтан шекті нормаларды қарастыруға байланысты мәселелерді жекеше емес, барлық компоненттерді ескере отырып қарау керек. 2-кестеде қалдықтардың белсенділігінің шоғырлануы көрсетілген. Бұл жалпы алғанда барлық мұнай кен орындарындағы құрал-жабдықтарда болатын шөгіндіге қатысты.

Кесте 2 - Мұнай құрылғыларындағы қақ пен шөгінділер үшін көрсетілген табиғи радионуклидтер белсенділігінің шоғырлану диапазоны

Ыдырау өнімдері	Радионуклид	Бк/г(шөгінді шламдар)	Бк/г(қақтар)
^{232}Th ыдырау қатары	^{232}Th	$0.02 \triangleleft 0.01$	мәлімет жоқ
	$^{228}\text{Ra}_{\text{ЭКВ}}$	$0.5 \triangleleft 50$	$0.01 \triangleleft 10$
	$^{208}\text{Tl}_{\text{ЭКВ}}$	мәлімет жоқ	мәлімет жоқ
^{238}U ыдырау қатары	$^{238}\text{U}_{\text{ЭКВ}}$	$0.005 \triangleleft 0.01$	мәлімет жоқ
	$^{226}\text{Ra}_{\text{ЭКВ}}$	$0.05 \triangleleft 800$	$0.01 \triangleleft 75$
	$^{210}\text{Pb}_{\text{ЭКВ}}$	$0.01 \triangleleft 1,300$	$0.05 \triangleleft 50$

Қазіргі уақытта мұнай өндіру және дайындау кезінде технологиялық жабдықтарда, құбырлар мен резервуарларда табиғи радионуклидтердің қақтарының пайда болуынан радиациялық қауіпсіздік проблемалары туындауы Қазақстан мен Ресей ғана емес, шетелдік барлық мұнай-газ өндіруші компаниялардың алдында тұр. Мұнай өндіру мен дайындаудың технологиялық процестері қоршаған ортаға теріс әсер етеді және оның әртүрлі химиялық қосылыстармен ластануына әкеледі. Энергия көздері (шикі мұнай, табиғи газ, шлам өнімдері) ықтимал радиоактивті ластану объектілерінің қатарына жатқызылады. Мұнай-газ ұңғымалары, технологиялық жабдықтар, мұнай және газ қоймалары да осы топқа жатады.

Табиғи радионуклидтердің қалдықтарда жинақталуы көбінесе олардың химиялық қасиеттерімен, шикізатты алу, тасымалдау және тазарту әдістерімен, өндіріс ұзақтығымен анықталады. Радий үшін шикізаттың химиялық құрамы оның ерітіндіде болу формаларын анықтайды. Жалпы алғанда радий изотоптарының судағы ерігіштігі оның тұздылығы жоғарылағанда және рН жоғары немесе төмен болған кезде артады. Алынған шикізатты тереңдіктен жер бетіне көтергенде радий қатарының шөгінділері температура мен қысымның төмендеуімен артады. Суды, буды, сондай-ақ химиялық қоспаларды және тазалау процестерінде қолданатын шикізатты қалпына келтіру процестері Ra шөгінді қақтарымен оның қозғалғыштығының төмендеуіне немесе жоғарылауына әсер етуі мүмкін. Радийдің еншілес өнімдері шөгінділерінің ең көп мөлшері өндірістік сулармен жүзеге асырылады, ал ескі кен орындарына тән олардың көлемінің ұлғаюы түзілетін қалдықтардағы ТРН құрамының артуына ықпал етеді. Еріген Ra изотоптары физика-химиялық жағдайларға байланысты тұздар түзеді, натрий, калий және барий тұздарымен бірге тұнбаға түсіп, әртүрлі тығыздықтағы шөгінділер түзеді. Сонымен қатар қатты шөгінділер бұрғылау жабдығының барлық дерлік түрлерінде, сорғы құбырларында және әртүрлі құбыр желілерінде кездеседі. Тұтқыр шөгінділер резервуарларда, сүзгілерде, сепараторларда, жылытқыштарда және басқа жабдықтарда пайда болуы мүмкін. Мұндай қатты және тұтқыр тұнбаларды әдетте шлам деп атайды. Радийдің ең жоғары концентрациясы әдетте қатты шөгінділерде болады. Бұл тұздар құбырлар, сүзгілер, ұңғыма оқпандары және басқа сантехникалық жабдықтардың ішіндегі қатты, ерімейтін шөгінділер. Бұл жағдайда Ra белсенділігі $n \times 10^3$ кБк/кг жетеді. Радийдің максималды мөндері мұнай өндірісі бар Мичиган штатында ^{226}Ra үшін 2812 кБк/кг-ден 5883 кБк/кг аралығында тіркелген. Құбырлар мен жабдықтардың қатты шөгінділері, сондай-ақ оларды жуудан кейінгі сұйықтықтар сусымалы және сұйық радиоактивті қалдықтарды құрауы мүмкін. Құрамында Ra бар қатты тұнбалардың түзілуі және жиналуы басқа мәселенің – радиоактивті газдардың ^{222}Rn эманациясының пайда болуына себеп болады. Құрамында табиғи радионуклидтер бар тұтқыр шөгінділер ауыр көмірсутектерден, тығыз эмульсиялардан және коррозия өнімдерінің шамалы қосындыларынан және суспензия түрінде жабдықта шөгетін қатты шөгінділерден тұрады. Тұтқыр шөгінділер түрінде ТРН жиналуы радий изотоптарының силикаттармен және карбонаттармен бірге құбырларда, сепараторларда, жылытқыштарда, тазартқыштарда, резервуарларда және өндірілетін суды тасымалдайтын басқа жабдықтарда тұнбаға түскенде болады [3].

Мұнай өндіру өндірісінің өнеркәсіптік жабдықтарындағы табиғи радионуклидтердің концентрациясының жоғарылауы – өндіру процесінде қолданылатын сүзгілерде, сепараторларда, тұндырғыштарда, құбырлардың ішкі бетінде және т.б. өткен ғасырдың 70-80 жылдарында - алдымен АҚШ -та, содан кейін Бакуде тіркелген. Өндіріс жабдықтарының қабырғаларындағы шөгінділер шламдарға қарағанда радиоактивті болып шыққан.

АҚШ-та мұнай алу нәтижесінде жинақталған табиғи радионуклидтер қалдықтарға жатқызылады және TENORM - технологиялық байытылған табиғи радиоактивті материал ретінде қарастырылады. Алдымен NORM құрамында уран, торий және радий сияқты табиғи радиоактивті элементтер бар материалдарға жатады. Бұл материалдар жер қыртысында кездеседі және әртүрлі формаларда, соның ішінде тау жыныстарында, топырақта және суда болуы мүмкін. Ал TENORM, керісінше, мұнай мен газ өндіру, тау-кен өндіру және өнеркәсіптік процестер сияқты адам әрекеті арқылы NORM-мен ластанған материалдарды білдіреді[4].

Дүниежүзілік тәжірибеде (Англия, Сирия, т.б.) құбырлар мен ыдыстардағы ластанған шөгінділер мен шламдардың тұнбасы осы компоненттердің ішіндегі және сыртындағы дозалардың едәуір қуатына әкелуі мүмкін (3 - кесте). Радий изотоптарының қысқа өмір сүретін еншілес ыдырау өнімдері, атап айтқанда ^{226}Ra , осы компоненттердің қабырғаларына ене алатын гамма-сәуле шығарады, ал ^{208}Tl (^{228}Th ыдырау өнімдері) шығаратын жоғары энергиялы фотон бірнеше жыл бойы жиналған кезде сыртқы беттердегі дозаның қуатына айтарлықтай үлес қоса алады. Дозаның қуаты ішіндегі белсенді радионуклидтердің мөлшерімен концентрациясына және құбырдың немесе ыдыстың қабырғалары қамтамасыз ететін герметикалық қорғанысына байланысты. Дозаның максималды қуаты әдетте сағатына бірнеше микрозивертке дейін диапазонда болады. Ерекше жағдайларда өндірістік жабдықтың сыртқы беттерінде тікелей өлшенген дозалардың қуаты сағатына бірнеше жүздеген микрозиверттерге жетеді [5], бұл ғарыштық сәулелену мен жер радиациясының қалыпты фондық мөндерінен шамамен 1000 есе артық. Радий шөгінділерінің

жиналуын қондырғыны немесе жабдықты ашпай-ақ гамма-спектрометриялық немесе дозиметрлік бақылау құралдарымен де бақылауға болады. Ыдыстарда радиобелсенді қақтар болған кезде оны техникалық қызмет көрсету үшін немесе басқа мақсаттар үшін ашу дозаның қуатын арттырады. Радиобелсенділіктің сыртқы әсер етуін қақтарды әр түрлі әдістермен алып тастау арқылы ғана шектелуі мүмкін. Тек ^{210}Pb -ден тұратын шөгінділерді жабық қондырғылар мен жабдықтардан тыс өлшеулер арқылы бағалау мүмкін емес. ^{210}Pb төмен энергиялы гамма-сәуле де, шығарылған бета бөлшектер де болат қабырғаларға енбейді. Демек, ^{210}Pb сыртқы дозаға айтарлықтай үлес қоспайды және оның болуын компоненттерді ашу кезінде ғана бағалауға болады[6].

Кесте 3 - Мұнай өндіру және қайта өңдеу жөніндегі кейбір объектілерде байқалатын сыртқы гамма-сәулелену дозаларының қуаты

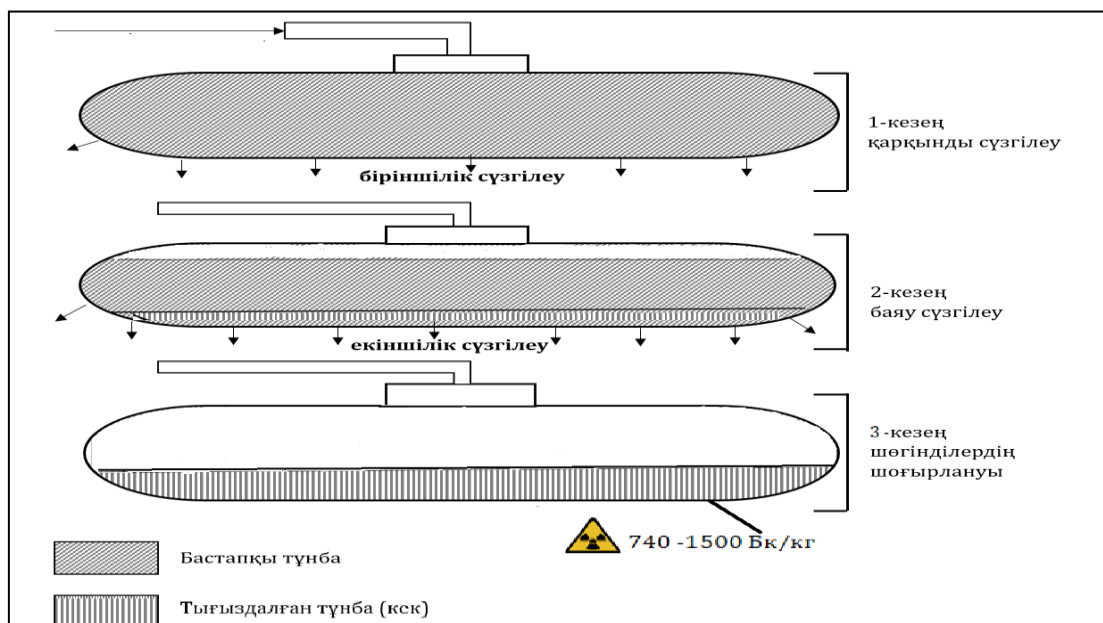
Орналасуы	Доза қуаты (мЗв/сағ)
Ұңғымалық құбырлар, сақтандырғыш клапандар (ішкі)	300-ге дейін
Ұңғымалардың сағалары, пайдалану коллекторы	0.1 - 22,5
Өндірістік желілер	0.3 - 4
Сепаратор (ішінде өлшенеді)	200-ге дейін
Сепаратор (сыртынан өлшенетін)	15-ке дейін
Су шығатын жерлер	0,2 - 0,5

Бұрғылау кезінде жыныстармен табиғи радионуклидтердің ілеспе субстанциялар ретінде жер бетіне шығарылу деңгейі мұнай кен орындары үшін ұңғымадан алынған бұрғылау ертіндісі немесе бұрғылау кезіндегі шыққан жыныстардан алынған үлгі бойынша радиациялық норма негізінде қарастырылады.

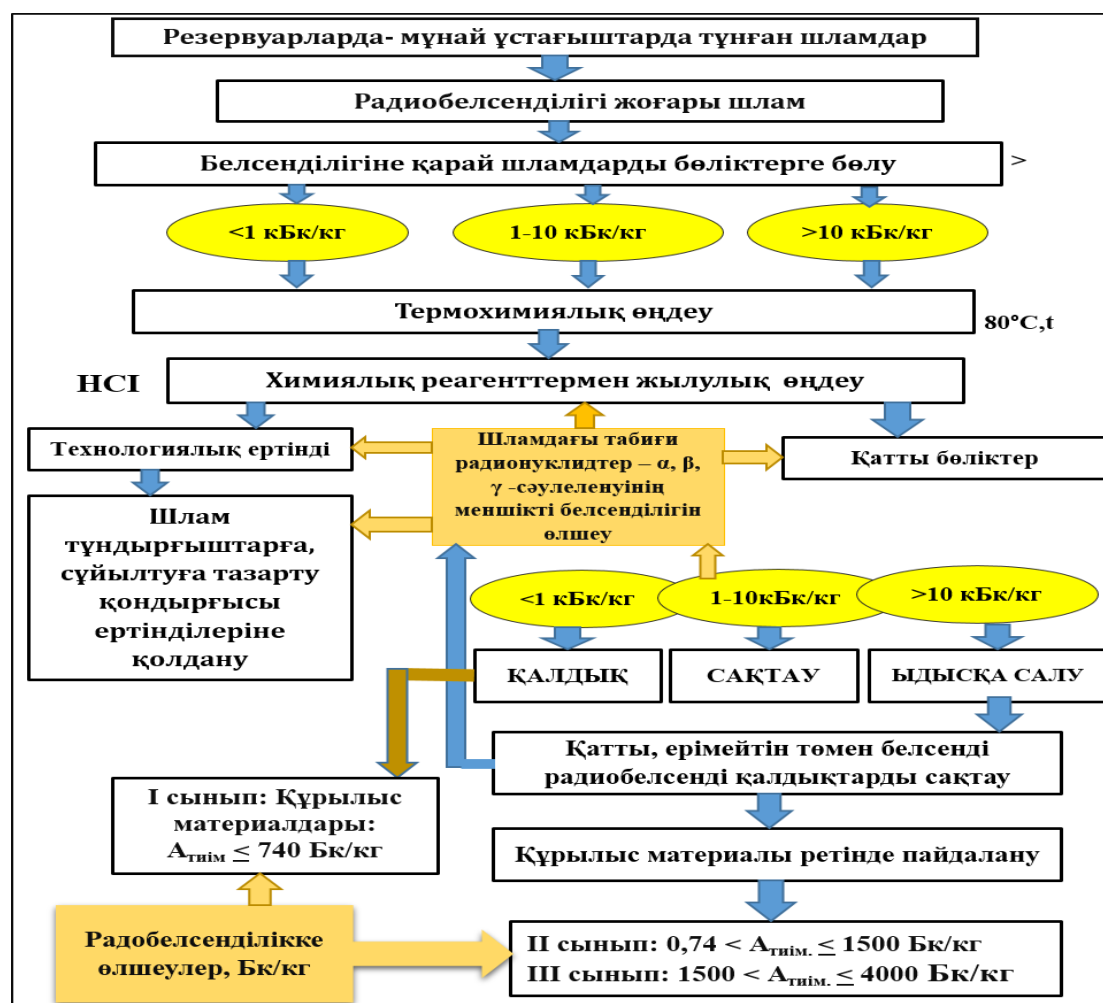
Авторлар деректерінде (Smith et al. 1996) ^{226}Ra үшін бақыланатын меншікті белсенділігі сәйкесінше қатты шөгінді қақта - 3500 кБк/кг, шламда - 367 кБк/кг, қабат аралық суы үшін - 1200 Бк/кг және қабаттық суда - 40 Бк/кг дейінгі диапозонда.

^{228}Ra үшін бақыланатын меншікті белсенділігі сәйкесінше қатты шөгінді қақта - 2195 кБк/кг, шламда - 343 кБк/кг, қабат аралық суы құрамында - 180 Бк/кг және қабат суында - 59 Бк/кг. Қолда бар деректер радийдің жалпы деңгейлері шөгінді қақта 15,2 кБк/г және шламда 25,9 кБк/г болып экстремалды мәндерге жететінін көрсетеді.

Құмкөл кен орны тобының барлық аймағында әр тоқсан сайын радиациялық мониторинг жүргізіліп отырады. Барлық жүргізілген мониторингтер бойынша ашық жердің табиғи фоны жылдың барлық мезгілінде 0,10-0,18 мкЗв/сағаттан аспайды. Тек белсенді қалдықтарды уақытша сақтау орындарында бұл көрсеткіштер ауытқып отырады. Оларға бұрғылаудан шыққан қалдықтар, мұнай шламдары, мұнаймен ластанған топырақтар, т.б. жатады. Бұрғылаудан шыққан қалдықтарды полигонға алып келген соң әуелі радиобелсенділігіне қарай бөліп, оларды 80°C-тан кем емес температурада қыздыра отырып, термохимиялық өңдеу арқылы(қышқылдармен) тазалап, шыққан технологиялық ертінділердің радиобелсенділігін анықтай отырып, оларды да тазарту қондырғыларында, шлам ұстағыштарда пайдаланады. 1-суретте мұнай шламынан шыққан қалдықтар және оның болжамды 3 кезеңдегі радиобелсенділігі, 2-суретте радиобелсенді мұнай шламын залалсыздандырудың (дезактивациялау) схемалық сұлбасы берілген.



Сурет 1 – Мұнай тұнбасынан шыққан қалдықтар және оның болжамды 3 кезеңдегі радиобелсенділігі



Сурет 2 – Радиобелсенді мұнай шламын залалсыздандырудың (деактивациялау) схемалық сұлбасы

Дезактивация жүргізу үшін міндетті түрде жеке қорғаныс құралдары, яғни арнайы киімдер кию қажет. Ластанған радиоактивті заттармен жұмыс істеуге арналған жеке қорғаныш құралдар белсенділікті жақсы жоятын материалдардан жасалады немесе бір рет пайдаланылатын құралдар қолданылады. Қысқа мерзімді қолдануға арналған арнайы киімдерге қолғап пен пленка киімдері жатады: жартылай комбинезондар, алжапқыштар және жеңдер. Жоғары қорғаныс қасиеттеріне ие қолғап жасау үшін нейрит және бутил резеңке латекстер, поливинилхлорид және фторополимерлі материалдар қолданылады. Пленкалы арнайы киім поливинилхлоридті және полиэтиленді материалдардан жасалады және ол басты жабатын және мойынға түсуден де қорғауға арналады. Аталған бұл қорғау құралдары радионуклидтердің жұмысшылар денесінің жекелеген бөліктеріне түсуі мүмкін жағдайларда және радиоактивті заттардан тазарту кезінде қолданылады. Дененің бір бөлігін ғана жауып, бұл қосымша құралдар жұмысшылардың қозғалысын шектемейді және киім кеңістігін ішінара желдетуге мүмкіндік береді [7].

Радиоактивті қалдықтарды басқару стратегиясы қалдықтарды басқарудың жалпы жүйесінің ажырамас және өзара байланысты құрамдас бөлігі болып табылады. Бұл стратегияның тиімді жүзеге асырылуы радиоактивті қалдықтардың радиологиялық сипаттамаларын ғана емес, сонымен қатар олардың құрамындағы радиоактивті емес компоненттердің қасиеттерін де кешенді түрде ескеруді талап етеді.

Атап айтқанда, қалдықтардың құрамындағы **химиялық уытты заттар** мен басқа да **радиоактивті емес ластаушылардың** болуы радиациялық қауіпсіздік талаптарынан бөлек, экологиялық және санитарлық нормаларды сақтау қажеттілігін туындатады. Мұндай факторлар радиоактивті қалдықтарды өңдеу, сақтау немесе көму әдістерін таңдауда шешуші рөл атқарады, себебі олар қалдықтардың қоршаған ортаға және адам денсаулығына ықтимал әсер ету деңгейін айқындайды. Мысалы, **шламдар мен тұнбалар түріндегі қалдықтарда** жиі кездесетін ауыр металдар мен органикалық уытты қосылыстар олардың қайта өңделуі мен залалсыздандырылу тәсілдеріне елеулі шектеулер қояды. Көптеген жағдайларда осындай химиялық уыттылыққа байланысты қойылатын экологиялық талаптар радиоактивті компоненттерге қатысты радиациялық шектеулерден де қатаң болуы мүмкін. Сондықтан радиоактивті қалдықтарды басқару стратегиясын әзірлеу кезінде химиялық және радиологиялық қауіптердің өзара әсерін бағалау мен оңтайлы шешім қабылдау ерекше маңызға ие [8].

Әдебиеттер тізімі:

1. П.П. Дубинчин. Радиоэкологическое обследование нефтеносных регионов. Вестник НЯЦ РК. Выпуск 3. «Радиоэкология. охрана окружающей среды», сентябрь, 2000. РК. Курчатов. – С.49-54.
2. М.Л.Нозик. Научно-методические основы обеспечения радиоэкологии-ческой безопасности на предприятиях нефтегазового комплекса/ Специальность: 25.00.36 - «Геоэкология» (Науки о Земле) Автореферат диссертации на соискание ученой степени кандидата геолого-минералогических наук. Москва, 2010.
3. Technogenic impact of radionuclides on oil and gas facilities (On the example of the Kumkol field). ARPN Journal of Engineering and Applied Sciences. VOL. 16, NO. 8, April 2021. P.858-866. www.arpnjournals.com.
4. YA.A. Ahmed, R.M.M. Mahmoud, M.R. Ezz El-Din, and Mostafa M. H. Khalil. Radiological Hazards of TENORM Contaminated Soil at Oil and Gas Fields. Arab J. Nucl. Sci. Appl., Vol. 52, 3, 16-24 (2019).
5. А.И. Ямалетдинов. Нефтегазодобывающая промышленность как источник повышенной радиации//Обращение с отходами: современное состояние и перспективы : сборник статей II Международной научно-практической конференции, г. Уфа, 10 ноября 2020 г. - С.319-324.
6. El Afifi E.M., Awwad N.S., Hilal M.A., (2009). Sequential chemical treatment of radium species in TENORM waste sludge produced from oil and natural gas production. Journal of Hazardous Materials, 161, 907–912.
7. Трифонов А.Н. Радиационный контроль и мониторинг как инструменты системы индикации состояния окружающей среды территории размещения объектов нефтегазодобычи. Труды пятой международной научно-практической конференции «Индикация состояния

окружающей среды: теория, практика, образование», 30 ноября – 3 декабря 2017 года: сборник статей. — М.: Буки-Веди, 2017. — С. 223-227.

8. A Step Closer to EU Law on the Management of Radioactive Waste and Spent Fuel. By Ana Stanić. Journal of Energy & natural Resources law. Vol 29 No 1 2011.-34 p.

УДК 550.34:624.131

СЕЙСМИКАЛЫҚ ҚАУІПТІ АЙМАҚТАРДА ИНЖЕНЕРЛІК-ГЕОЛОГИЯЛЫҚ ҚАУІПСІЗДІКТІ БАҒАЛАУ ЖӘНЕ ЭКОЛОГИЯЛЫҚ ТӘУЕКЕЛДЕРДІ ТӨМЕНДЕТУ ТӘСІЛДЕРІ (АЛМАТЫ ҚАЛАСЫНЫҢ МЫСАЛЫНДА)

ЖУНУСОВ ЕЛДОС ЖОЛДАСҰЛЫ, ӘБЖАН МАДИЯР НҮРЖАНҰЛЫ

«Қорқыт Ата атындағы Қызылорда университеті» ҚеАҚ

В071 – Тау-кен ісі және пайдалы қазбаларды өндіру БББ-ның 3-курс студенттері.
Қазақстан Республикасы, Қызылорда қаласы

Аңдатпа. Мақалада сейсмикалық қауіпті аймақтарда инженерлік-геологиялық қауіпсіздікті бағалау және экологиялық тәуекелдерді төмендету мәселелері Алматы қаласының мысалында қарастырылады. Зерттеу барысында инженерлік-геологиялық, геофизикалық және геохимиялық деректерді кешенді талдау, сейсмикалық толқындардың таралу ерекшеліктерін бағалау және қауіпті геологиялық процестерді айқындау жүргізілді. Алматы қаласының литологиялық құрылымының әркелкілігі, борпылдақ және суға қанық шөгінділердің таралуы сейсмикалық әсердің күшеюіне ықпал ететіні анықталды. Жер сілкіністерінен кейінгі экологиялық тәуекелдер, атап айтқанда топырақтың сұйылуы, жерасты сулары режимінің өзгеруі, ауыр металдардың миграциясы және көшкін процестері талданды. Сонымен қатар, 3D/4D модельдеу, геоақпараттық жүйелер және жасанды интеллект технологияларын қолданудың инженерлік шешімдердің дәлдігін арттырудағы және экологиялық қауіпсіздікті қамтамасыз етудегі маңызы көрсетілді. Ұсынылған тәсілдер Алматы қаласының сейсмикалық тұрақтылығын арттыруға және урбанизация жағдайында табиғи-техногендік тәуекелдерді төмендетуге бағытталған.

Кілт сөздер: сейсмикалық қауіпті аймақтар, инженерлік-геологиялық қауіпсіздік, Алматы қаласы, геофизикалық деректер, экологиялық тәуекел, жасанды интеллект, 3D/4D модельдеу.

Аннотация. В статье рассматриваются вопросы оценки инженерно-геологической безопасности и снижения экологических рисков в сейсмоопасных районах на примере города Алматы. В работе выполнен комплексный анализ инженерно-геологических, геофизических и геохимических данных, а также оценка особенностей распространения сейсмических волн и опасных геологических процессов. Установлено, что неоднородность литологического строения, распространение рыхлых и водонасыщенных отложений способствуют усилению сейсмических воздействий на территории города. Проанализированы экологические риски, возникающие после землетрясений, включая разжижение грунтов, изменение режима подземных вод, миграцию тяжёлых металлов и активизацию оползневых процессов. Показана эффективность применения 3D/4D моделирования, геоинформационных систем и технологий искусственного интеллекта для повышения точности инженерных решений и обеспечения геоэкологической безопасности. Полученные результаты могут быть использованы при территориальном планировании и повышении сейсмостойкости городской застройки.

Ключевые слова: сейсмоопасные районы, инженерно-геологическая безопасность, город Алматы, геофизические исследования, экологические риски, искусственный интеллект, 3D/4D моделирование.

Annotation. The article examines the assessment of engineering-geological safety and methods for reducing environmental risks in seismically hazardous areas using the city of Almaty as a case study. The research is based on an integrated analysis of engineering-geological, geophysical, and geochemical data, as well as an evaluation of seismic wave propagation and hazardous geological processes. The study reveals that the heterogeneity of lithological structures and the widespread occurrence of loose, water-

saturated sediments significantly enhance seismic effects within the city. Environmental risks following seismic events, including soil liquefaction, changes in groundwater regimes, heavy metal migration, and landslide activation, are analyzed. The effectiveness of applying 3D/4D modeling, geographic information systems, and artificial intelligence technologies to improve engineering decision-making and ensure geo-environmental safety is demonstrated. The proposed approaches contribute to enhancing seismic resilience and reducing natural and technogenic risks in urbanized areas.

Keywords: *seismically hazardous areas, engineering-geological safety, Almaty city, geophysical data, environmental risks, artificial intelligence, 3D/4D modeling.*

Сейсмикалық қауіпті аймақтарда инженерлік-геологиялық жағдайды бағалау және геоэкологиялық қауіпсіздікті қамтамасыз ету – табиғи және техногендік тәуекелдерді азайтуда маңызды міндеттердің бірі. Қазақстанның оңтүстік-шығыс бөлігінде орналасқан Алматы қаласы – Тянь-Шань тау жүйесінің белсенді сейсмикалық аймағында орналасқандықтан, мұнда жер сілкінісі қаупі жоғары деңгейде сақталады. Қаланың геологиялық-литологиялық құрылымының әркелкілігі, тау етегіндегі орналасуы, халық санының көптігі және қарқынды урбанизация – инженерлік және экологиялық қауіптің артуына әсер етеді.

Осы зерттеуде инженерлік-геологиялық, геофизикалық, геохимиялық және цифрлық деректерді біріктіре отырып, Алматы қаласындағы сейсмикалық қауіпсіздік пен экологиялық тәуекелдерді бағалау мәселелері қарастырылды.

Инженерлік-геологиялық құрылым және Алматы қаласының геологиялық ерекшеліктері

Құрылымы, минералдық құрамы және аналық жыныстар

Алматы қаласының инженерлік-геологиялық құрылымы күрделі:

Литологиялық құрам: делювиалды-пролювиалды шөгінділер, малтатас, құмтас, саздар, алевролиттер. Минералдық құрам: кварц (50–60%), дала шпаты (20%), биотит, хлорит, карбонат минералдары. Аналық жыныстар: гранит, гранодиорит, базальт және юра–бор дәуірінің шөгінді қабаттары.

Жұмсақ, малтатасты және борпылдақ жыныстар жер сілкінісі кезінде сейсмикалық толқындарды күшейтеді. Алматының көптеген аудандары (Алатау, Наурызбай, Түркісіб, Әуезов аудандарының бөліктері) дәл осындай жыныстарда орналасқан.

Алматыға тән қауіпті табиғи процестер:

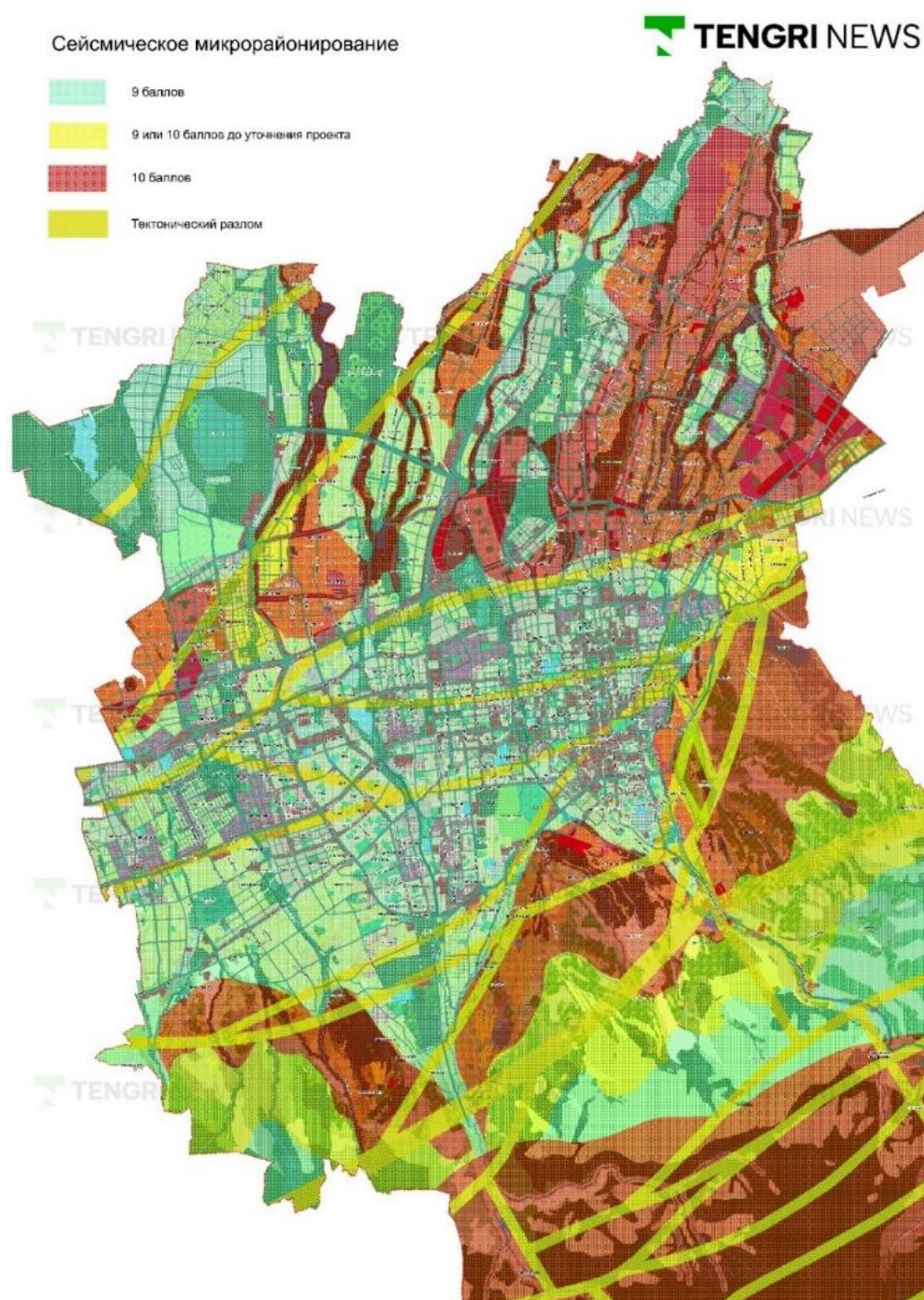
Жердің сұйылуы – борпылдақ құмды-сулы шөгінділерде тіркелуі мүмкін.

Көшкіндер мен опырылулар – Қарғалы, Кіші және Үлкен Алматы шатқалдарында белсенді.

Жарылым аймақтарының жақындығы:

Қайнар, Шелек, Үлкен Алматы, Кеген–Қарқара сейсмогендік белдеулері.

Қаланың орталық және төменгі бөліктері сейсмикалық толқындардың резонанстық әсеріне бейім.



1-сурет. Алматы қаласындағы сейсмикалық қауіпті жарықтардың орналасуы
Геофизикалық деректер – сейсмикалық қауіпті бағалау

Алматы өңіріндегі сейсмикалық қауіпті бағалауда геофизикалық зерттеулер шешуші рөл атқарады. Таулы аймақтың күрделі геологиялық құрылымы, жас шөгінділердің басымдығы және тектоникалық белсенділік жер сілкінісі қауіпін объективті түсіну үшін терең геофизикалық талдауды талап етеді. Геофизикалық деректер инженерлер мен жобалаушыларға жер қыртысының нақты жағдайын, жыныстардың қасиеттерін және сейсмикалық толқындардың таралу ерекшеліктерін анықтауға мүмкіндік береді.

Сейсмикалық барлау әдістері

Алматыда қолданылатын негізгі әдістер – сейсмикалық рефракция (сыну толқындары), сейсмикалық рефлексия (шағылу толқындары) және микросейсмикалық шу талдауы.

Бұл әдістердің мақсаты – жер қыртысының құрылымын, қатпарлардың орналасуын және әлсіз аймақтарды айқындау.

Алматыда қауіпті сәйкестіктер Түркісіб, Әуезов, Алатау, Наурызбай аудандарының жазық бөліктерінде жиі кездеседі. Мұнда топырақ қабаты қалың, борпылдақ және суға қанық. Мұндай жыныстар сейсмикалық толқындарды бірнеше есеге дейін күшейтіп жібереді.

Жыныстардың тығыздығы мен беріктігі туралы нақты ақпарат. Жоғары жылдамдық → жыныс тығыз, сейсмикалық әсері төмен Төмен жылдамдық → борпылдақ, әлсіз, сейсмикалық күшейту жоғары

Алматының орталық бөлігінде S-толқындардың жылдамдығы 300–400 м/с деңгейінде, бұл салыстырмалы түрде төмен көрсеткіш. Ал тауға жақын аудандарда бұл мән 700–1200 м/с аралығында, яғни әлдеқайда қауіпсіз.

Геофизикалық әдістер жерасты суларының деңгейін де анықтайды. Судың жоғары болуы жыныстарды әлсіретіп, жер сілкінісі кезінде сұйылу (ликвация) қаупін арттырады. Қаланың солтүстік бөлігінде жерасты суы жер бетіне жақын болғандықтан, бұл аудандарда ғимараттардың отыруы және тербеліс амплитудасының артуы жиі кездеседі.

Геофизикалық деректердің негізінде Алматы қаласы бірнеше қауіп деңгейіне бөлінген:

1. **Өте жоғары қауіпті аймақтар** – борпылдақ, суға қаныққан жыныстар, төмен толқын жылдамдығы

2. **Жоғары қауіптілік** – қалың шөгінді қабаттар, резонанс қаупі

3. **Орташа қауіптілік** – аралас жыныстар

4. **Төмен қауіптілік** – қатты тау жыныстары (тау бөктері)

Бұл жіктеу ғимараттардың сейсмикалық төзімділігін есептеуде өте маңызды.

Геофизикалық деректердің практикалық маңызы

Геофизикалық зерттеулердің нәтижесі тек ғылым үшін емес, нақты құрылыс үшін аса қажет:

Ғимараттың іргетас тереңдігін дұрыс таңдау;

Қауіпті аймақты айналып өтіп, балама орын таңдау;

Сейсмикалық күшейту коэффициентін есептеу;

Құрылыстың қосымша арматуралану қажеттілігін анықтау;

Жер көшкіндері мен сырғымалардың алдын алу.

Геохимиялық деректер және экологиялық тәуекелдер

Алматы аймағының тау жыныстарында: Fe, Mg, Ca, Na элементтері басым, бұл жыныстардың механикалық беріктігіне әсер етеді. Тау бөктеріндегі техногендік әсерге ұшыраған топырақтар құрамында ауыр металдар (Pb, Zn, Cu) жоғары.

Сейсмикалық оқиғалардан кейінгі экологиялық тәуекелдер

Жер сілкіністері тек қана ғимараттар мен инфрақұрылымға зиян келтіріп қоймайды, сонымен бірге қоршаған ортаға да ұзақ мерзімді экологиялық қатер туғызады. Алматы қаласы сейсмикалық белсенді аймақта орналасқандықтан, мұндағы табиғи орта сілкіністерден кейінгі өзгерістерге өте сезімтал. Сейсмикалық процестер топырақтың құрылымына, жерасты суларының ағысына, химиялық құрамға және табиғи ландшафттың тұрақтылығына айтарлықтай әсер етеді.

Топырақ құрылымының бұзылуы

Жер сілкінісі кезінде топырақ қабатының ішкі байланысы әлсірейді. Әсіресе Алматының солтүстік бөлігіндегі борпылдақ құмды-сулы жыныстар діріл әсерінен жеңіл жылжып, қайта тығыздалады. Бұл құбылыс: топырақтың отыруына, ірі жарықтардың пайда болуына, жер бетіндегі жолдардың, құбырлардың және коммуникацияның бүлінуіне

әкелуі мүмкін. Бұзылған топырақ құрылымы кейінгі инженерлік жұмыстарды қиындатады және экологиялық тепе-теңдікті бұзады.

Сұйылу (ликвация) салдары

Сейсмикалық толқындар кезінде қаныққан құмды жыныстар сұйық күйге өтеді. Алматыдағы Наурызбай, Алатау, Түркісіб аудандары — бұл құбылыс жиі байқалатын аймақтар.

Сұйылу экологиялық тұрғыдан: топырақтың тірек қасиетін жоғалтады, ластаушы заттардың (өнеркәсіп қалдықтары, мұнай өнімдері) топыраққа еркін таралуына жол ашады, өсімдіктердің өсу қабілетін төмендетеді, ауылшаруашылық жерлерінің құнарлылығын азайтады.

Сейсмикалық оқиғалар кезінде жарықшақтар кеңейіп, су жаңа бағыттармен ағуы мүмкін. Алматыда жерасты суларының деңгейі бір ай ішінде 1–2 метрге дейін өзгеретін жағдайлар

тіркелген. Су режимінің өзгеруі экожүйелердің табиғи тепе-теңдігін бұзып, жасыл аймақтардың жағдайына кері әсер етеді.

Химиялық құрамның өзгеруі

Жер қозғалысы кезінде:

Топырақтың төменгі қабаттарындағы минералдар жоғары көтеріліп, химиялық құрам өзгереді;

Өндірістік қоймалардағы химиялық заттар төгілуі мүмкін;

Жер асты қоймаларындағы мұнай өнімдері жарықшақтар арқылы тарауы ықтимал.

Бұл өзгерістер Алматыдағы өзендердің (Кіші Алматы, Үлкен Алматы, Есентай) су сапасына әсер етуі мүмкін. Зерттеулерге қарағанда, сейсмикалық оқиғалардан кейін су құрамында ауыр металдар мөлшері 10–15% артуы мүмкін.

Алматының оңтүстігіндегі таулы аймақтар — көшкін қаупі жоғары өңір. Жер сілкінісінен кейін: тау беткейлерінің тұрақтылығы төмендейді; опырылымдар мен жаңа жарықтар пайда болады; үлкен көлемдегі топырақ массалары төмен қарай қозғалып, өзен арналарына түседі. Бұл өзендердің лайлылығын арттырып, су қоймаларындағы сүзгі жүйесіне салмақ түсіреді. Сонымен қатар, көшкіндер орман алқаптарын жойып, жануарлардың табиғи мекенін бұзады.

Алматы қаласы үшін инженерлік-геологиялық қауіпсіздікті бағалау әдістері

Қауіпсіздікті бағалау ең алдымен инженерлік-геологиялық, геофизикалық, геохимиялық және құрылымдық деректерді жинаудан басталады, бұл ақпарат жыныстардың беріктігін, олардың жер сілкінісіне реакциясын және ықтимал деформация аймақтарын анықтауға мүмкіндік береді. Алматы сияқты тектоникалық белсенді өңірде ең тиімді тәсілдердің бірі – көпқабатты деректерді интеграциялау. Геологиялық қималар, топырақтың механикалық қасиеттері, жер асты суларының деңгейі, жарылым желілерінің орналасуы сияқты ақпараттар ортақ платформаға жүктеліп, олардың өзара байланысы талданады. Бұл әдіс қауіпті аудан шекараларын нақты анықтап, құрылыс жүргізуге жарамды және жарамсыз аймақтарды бөліп көрсетуге көмектеседі. Сонымен бірге, сейсмикалық толқындардың таралуын модельдеу Алматы қаласының әрбір ауданында діріл амплитудасының қалай өзгеретінін болжауға мүмкіндік береді, себебі әртүрлі литологиялық қабаттар сейсмикалық толқындарды күшейтеді немесе әлсіретеді. Қалада қолданылатын тағы бір заманауи әдіс – 3D және 4D геомеханикалық модельдеу. Бұл технологиялар жер қойнауының нақты моделін жасап, уақыт бойынша өзгерістерді бақылауға жағдай жасайды. Мұндай модельдер қаланың жоғарғы бөлігі, тау етектері және борпылдақ шөгінділер орналасқан аудандарда қауіпті аймақтарды дәл анықтауға мүмкіндік береді. Инженерлік қауіпсіздікті арттыруда жасанды интеллект те маңызды рөл атқарады. Машиналық оқыту алгоритмдері бұрынғы жер сілкіністерінің деректерін, топырақ қасиеттерін, геофизикалық параметрлерді талдай отырып, жер сілкінісі ықтималдығын дәлірек болжайды және дірілдің ықтимал күшін бағалайды. Сонымен қатар AI қауіпті аймақтар картасын автоматты түрде жасап, құрылыс нормаларын күшейтуде шешім қабылдауға көмек береді. Инженерлік-геологиялық қауіпсіздікті бағалау барысында экологиялық факторлар да ескеріледі. Жерасты суларының режимі, топырақтың химиялық құрамы, көшкін қаупі, техногендік әсер аймақтары сияқты параметрлер қоса сараланады. Мұндай кешенді тәсіл Алматы үшін өте маңызды, себебі қаланың төменгі бөлігінде борпылдақ шөгінділер көп болса, оңтүстік беткейлерде көшкін қаупі жоғары. Барлық алынған мәліметтер негізінде арнайы қауіп карталары, инженерлік ұсыныстар және құрылыс нормаларын жаңарту жөніндегі шешімдер жасалады. Нәтижесінде Алматы қаласының сейсмикалық тұрақтылығын арттыруға, урбанизация процесін қауіпсіз жүргізуге және табиғи техногендік тәуекелдерді төмендетуге мүмкіндік туады.

AI қолдану

Дәстүрлі әдістерге сынамаларды зерттеу, геофизикалық зерттеулер және топырақ-геологиялық карта жасау кіреді, бірақ соңғы жылдары жасанды интеллекттің қолданылуы бұл процесстерді жылдамдатуға және дәлірек нәтижелер алуға мүмкіндік береді. AI негізінде алынған деректер жер сілкінісі ықтималдығы жоғары аймақтарды автоматты түрде карталауға, сейсмикалық деректерді өңдеуге және құрылыс алаңдарының тұрақтылығын алдын ала бағалауға мүмкіндік береді, бұл инженерлік шешімдердің қауіпсіздігін арттырады. Сонымен қатар, экологиялық тәуекелдерді төмендету тұрғысынан қаланың инфрақұрылымын жоспарлау, су және топырақ ластануын азайту, сондай-ақ қалалық экожүйеге зиян келтіретін факторларды бақылау маңызды. AI қолдану арқылы экологиялық мониторинг жүргізу, қаланың әртүрлі аймақтарында ауа сапасы мен

топырақ жағдайын бағалау, сондай-ақ табиғи апат қаупін модельдеу мүмкіндігі бар, бұл қалалық жоспарлауда тиімді әрі ғылыми негізделген шешімдер қабылдауға жол ашады. Алматы қаласының нақты жағдайларын қарастыратын болсақ, сейсмикалық белсенді аудандардағы құрылыс нысандарын орналастыру, қауіп аймақтарын анықтау және алдын алу шараларын жоспарлау AI алгоритмдерінің көмегімен дәлірек жүзеге асады.

Кесте 1 - Жер сілкінісі ықтималдығы жоғары аймақтарда AI қолдану

Параметр	Дәстүрлі әдістер	Цифрлық + AI	Үнемдеу
Қауіпті аймақтарды бағалау	10–12 ай	3–5 ай	60%
Инженерлік шешімдердің құны	12–15 млн\$	6–8 млн\$	40–45%
Болжам дәлдігі	±12%	±4–6%	+8%

Экологиялық тәуекелдерді төмендету тәсілдері

Экологиялық тәуекелдерді азайту үшін бірнеше тәсіл қолданылады, олардың ішінде қалалық инфрақұрылымды жоспарлау мен басқарудың тиімді әдістері, өнеркәсіптік және тұрмыстық қалдықтарды басқару жүйесін жетілдіру, су және топырақ ресурстарын сақтау, сондай-ақ жасанды интеллект және геоинформатика негізінде мониторинг жүргізу маңызды орын алады. Мысалы, қаланың әртүрлі аймақтарында ауа сапасын бақылау станциялары мен жергілікті топырақ сынамаларының нәтижелері AI алгоритмдері арқылы талданып, ластанудың ең қауіпті зоналары анықталады және оларды төмендету бойынша ұсыныстар жасалады. Инженерлік-геологиялық зерттеулермен үйлестірілген жоспарлау құрылыс алаңдарын қауіпсіз аймақтарда орналастыруға мүмкіндік береді, сонымен қатар су жүйелерін тиімді басқару арқылы су тасқыны мен топырақ эрозиясына байланысты экологиялық тәуекелдерді азайтуға болады. Қалалық жасыл желектер мен парктерді кеңейту, жол қозғалысын реттеу және қоғамдық көлікті дамыту ауа сапасын жақсартуға ықпал етеді, бұл әсіресе сейсмикалық қауіпті аудандардағы тұрғындардың қауіпсіздігі үшін маңызды. Сонымен қатар, қаланың өнеркәсіптік аймақтарында қалдықтарды өңдеу мен қайта пайдалану жобалары енгізіліп, зиянды қалдықтардың қоршаған ортаға таралу қаупі төмендетіледі. AI технологиялары мен географиялық ақпараттық жүйелерді қолдану экологиялық тәуекелдерді модельдеуге, апат ықтималдығы жоғары аумақтарды анықтауға және алдын алу шараларын тиімді жоспарлауға мүмкіндік береді, бұл Алматы қаласының тұрақты дамуы мен тұрғындардың өмір сапасын арттыруға бағытталған кешенді тәсіл болып табылады.

Алматы қаласы – сейсмикалық қауіптілігі жоғары өңір, сондықтан инженерлік-геологиялық қауіпсіздік пен геоэкологиялық мәселелерді жоғары деңгейде бағалау қажет. Геофизикалық, геохимиялық және өндірістік деректерді біріктіру, 3D/4D модельдеу, AI технологияларын қолдану қаланың қауіпті аймақтарын дәлірек анықтауға мүмкіндік береді. Заманауи инженерлік және экологиялық шаралар Алматыдағы табиғи және техногендік тәуекелдерді айтарлықтай төмендетеді. Ұсынылған тәсілдер қаланың сейсмикалық қауіпсіздігін арттырып, экологиялық тұрақтылықты қамтамасыз етеді.

Әдебиеттер тізімі:

1. ҚР ТЖМ. Алматы қаласы бойынша сейсмикалық мониторинг деректері, 2022–2023.
2. ҚР Энергетика министрлігі. Мұнай және газ саласы статистикалық мәліметтері, 2023.
3. Жұбанов, Ә. Минералдық ресурстар мен олардың тиімді пайдалануы. 2020.
4. Сүлейменов, Б. Қазақ жеріндегі инженерлік-геологиялық зерттеулер. 2019.
5. Аманқұлова, Г., Жақсыбаев, Д. Цифрлық геология және жер қойнауын игеру. 2022.
6. Алматы қаласының сейсмикалық картасы. ҚР Ұлттық сейсмология орталығы, 2021.
7. https://kaz.tengrinews.kz/kazakhstan_news/almatyida-seysmikalyik-jaryiktar-kay-jerlerde-karta-357337/

БАҒЫТ № 5
МҰНАЙ-ГАЗ САЛАСЫНДАҒЫ БИОТЕХНОЛОГИЯ ЖӘНЕ СУ РЕСУРСТАРЫН ҚОРҒАУ

МРНТИ 31.17.15

КҮРІШ ҚАУЫЗЫНАН АЛЫНҒАН АМОΡФТЫ КРЕМНИЙ ДИОКСИДІНЕН
СИЛИКАГЕЛЬ АЛУ

МҰХИДДИН Н.М., магистрант,
АКЫЛБЕКОВ Н.И., PhD, қауымдастырылған профессор (доцент)
АПАЗОВ Н.О., химия ғылымдарының кандидаты, профессор
«Қорқыт Ата атындағы Қызылорда университеті» ҚеАҚ
Қазақстан Республикасы, Қызылорда қаласы

Аңдатпа. Осы жұмыста күріш қауызы негізінде силикагель алу және оны әртүрлі газдар мен олардың қоспаларын құрғатуға арналған адсорбент ретінде пайдалану мүмкіндігі зерттелді. Күріш қауызының құрамындағы аморфты кремний диоксидінің мөлшері жоғары болғандықтан, ол қолжетімді әрі экологиялық тұрғыдан қауіпсіз шикізат болып табылады. Зерттеу барысында күріш қауызы алдын ала тазартылып, қыздыру процесінен өткізілді, алынған күл қышқылмен өңделіп, кейін сілтілік өңдеу және бейтараптандыру жүргізілді, соның нәтижесінде аморфты SiO₂ гель түрінде алынды. Синтезделген силикагельдің адсорбциялық қасиеттері (ылғал сіңіру қабілеті, меншікті беті) зертханалық жағдайда бағаланып, коммерциялық силикагельдің сипаттамаларымен салыстырылды. Нәтижесінде күріш қауызы негізінде алынған силикагель табиғи газды, ауаны және өзге де газ қоспаларын тиімді құрғатуға қолдануға болатыны көрсетілді.

Түйін сөздер: күріш қауызы, силикагель, адсорбция, газдарды кептіру, кремний диоксиді, қалдықсыз технология.

Аннотация. В данной работе исследована возможность получения силикагеля из рисовой шелухи и его использования в качестве адсорбента для осушения различных газов и их смесей. Высокое содержание аморфного диоксида кремния в рисовой шелухе делает её доступным и экологически безопасным сырьём. В ходе исследования рисовая шелуха подвергалась предварительной очистке и прокаливанию, полученную золу обрабатывали кислотой, затем проводили щелочную обработку и нейтрализацию, что позволило получить аморфный SiO₂ в виде геля. Адсорбционные свойства синтезированного силикагеля (влагопоглощающая способность, удельная поверхность) были оценены в лабораторных условиях и сопоставлены с характеристиками коммерческого силикагеля. Показано, что силикагель из рисовой шелухи может эффективно использоваться для осушения природного газа, воздуха и других газовых смесей.

Ключевые слова: рисовая шелуха, силикагель, адсорбция, осушение газов, диоксид кремния, безотходная технология.

Annotation. This work investigates the possibility of producing silica gel from rice husk and its use as an adsorbent for drying various gases and their mixtures. The high content of amorphous silicon dioxide in rice husk makes it an accessible and environmentally friendly raw material. In this study, the rice husk was preliminarily cleaned and calcined; the resulting ash was treated with acid, followed by alkaline treatment and neutralization, which made it possible to obtain amorphous SiO₂ in the form of a gel. The adsorption properties of the synthesized silica gel (moisture uptake capacity, specific surface area) were evaluated under laboratory conditions and compared with those of commercial silica gel. The results show that silica gel obtained from rice husk can be effectively used for the dehydration of natural gas, air, and other gas mixtures.

Keywords: rice husk, silica gel, adsorption, gas dehydration, silicon dioxide, zero-waste technology.

Кіріспе. Күріш қауызы - ауыл шаруашылығының ең кең таралған, бірақ іс жүзінде аз пайдаланылатын қосалқы өнімдерінің бірі. Оны кәдеге жарату көбіне экологиялық мәселе туындатады. Сонымен қатар, күріш қауызының құрамында аморфты кремний диоксиді (20%-ға дейін) айтарлықтай мөлшерде болады, бұл оны жоғары кеуектілігі бар адсорбенттер, соның ішінде

силикагель алу үшін құнды шикізатқа айналдырады [1,2]. Күріш қауызын силикагельге өңдеудің тиімді технологиясын әзірлеу бір жағынан экологиялық міндетті шешуге, екінші жағынан газдарды құрғату үдерістерін қоса алғанда, қолдану аясы кең экономикалық тұрғыдан тиімді өнім алуға мүмкіндік береді [3].

Күріш қауызы құрамында жоғары мөлшерде кремний оксиді болатын биогенді материалдардың бірі. Өсімдік физиологиясында кремний маңызды рөл атқарып, қауыздың эпидермис қабатында аморфты SiO_2 түрінде жинақталады. Нәтижесінде қауыз күліндегі кремнезем концентрациясы 80-95% диапазонында болады. Бұл көрсеткіш силикагель және басқа да жоғары таза кремний негізді материалдарды синтездеу үшін күріш қауызының тиімді шикізат екенін дәлелдейді [4,5]. Орташа мәліметтерге сүйенсек, күріш қауызының жалпы массасының 70-80%-ын органикалық заттар, ал 20-30%-ын күлдік қалдық құрайды.

Силикагель - бұл бейорганикалық және аморфты полимер, ол кремний тетраэдраларының конденсациясы арқылы түзіледі, мұнда оттегі байланыс орнату орны болып табылады, нәтижесінде силоксаны байланыстыру (Si-O-Si) және ақырында нанометрлік бөлшектер пайда болады [6]. Силоксаны топтары бөлшектердің ішінде орналасқан, ал беті силанол топтарынан (Si-OH) тұрады. Бұрынғы зерттеулерге негізделгенде, аморфты силика ерітінділерде рН мәні 10-нан жоғары болғанда ерігіштігі артады. Силикагелі силикат қышқылының ерітіндісін полимерлеу процесі арқылы гелеу кезінде түзіледі, бұл процесс үш кезеңге бөлінеді: мономердің полимерлеуі арқылы бөлшектердің түзілуі; бөлшектердің өсуі; және бөлшектердің шешілген тізбектерге бірігуі, бұл ерітіндіде тұтқырлықты арттырады және гель түзеді [7,8]. Портландцемент негізіндегі материалдарда наноөлшемді бөлшектердің қолданылуы микроструктураға және цементтің қасиеттеріне әсер етеді, олар сұйық фазаның тұтқырлығын арттырады, сегрегацияны төмендетеді, жұмыс істеу қабілеттілігін арттырады, цемент дәндері арасындағы бос орынды толтырады (толтырғыш әсері) және гидратация реакцияларын жеделдетеді. Бұл процестер кальций гидроксидінің кристалдарының және кальций силикат кластерлерінің (C-S-H , цемент химиясында қолданылатын нотація бойынша: $\text{C} = \text{CaO}$; $\text{S} = \text{SiO}_2$; $\text{H} = \text{H}_2\text{O}$) түзілуіне қолайлы жағдайлар жасайды.

Жұмыстың мақсаты, әртүрлі газдар мен олардың қоспаларын құрғату үдерістерінде қолдануға арналған тиімді адсорбент-силикагель алу үшін күріш қауызынан өндіру технологиясын әзірлеу және оңтайландыру [9].

Жұмыстың негізгі нәтижелеріне келетін болсақ шикізатты дайындауды оңтайландыру яғни, күріш қауызын алдын ала жуу және қышқылдық өңдеу арқылы кейінгі синтезге кедергі келтіретін металл қоспалар мен органикалық компоненттерді тиімді жоюға мүмкіндік беретіні анықталды. Аралық өнім - натрий метасиликатының тазалығы бойынша ең жақсы нәтижелер белгілі бір концентрациялы тұз қышқылы ерітіндісін қолданғанда алынды [10].

Материалдар мен зерттеу әдістері. Күріш қауызынан жоғары тазалықты кремний диоксидін алу үшін көп сатылы алдын ала өңдеу жүргізілді. Бастапқы 100 г күріш қауызы сумен бірнеше рет жуылып, механикалық қоспалардан толық тазартылды. Күріш қауызының қалдық күлінің химиялық құрамы 1 - кестеде көрсетілген. Күріш қауызы сумен бірнеше қайтара жуылған соң, материал 1 М тұз қышқылымен 2 сағат бойы өңделіп, металл иондарының мөлшері төмендетілді. Қышқылдық өңдеуден кейін күріш қауызы дистилденген сумен бейтарап рН -ға дейін жуылып, 60°C температурада кептірілді. Кепкен үлгілер микротолқынды пеште 300⁰, 600⁰, 900°C температураларда кезең-кезеңмен қыздырылды, әр температурада 1 сағат ұсталып, органикалық компоненттердің толық ыдырауы қамтамасыз етілді. Қыздырудан кейінгі материал қайта жуылып, бейтарап ортаған жеткізіліп кептірілді. Соңғы кальцинация муфель пешінде жүргізіліп, 300⁰, 600⁰ және 900°C- та бір сағаттан өңдеу нәтижесінде аморфты ақ түсті кремний диоксиді алынды. Бастапқы 100 г күріш қауызының массасынан орта есеппен 18-22 г SiO_2 алынды, алынған кремний диоксиді 1-суретте көрсетілген, бұл күріш қауызындағы табиғи кремнезем мөлшеріне сәйкес келеді.

1-кесте. Күріш қауызының қалдық күлінің химиялық құрамы (масса бойынша, %)

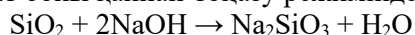
Химиялық қосылыс	Күріш қауызының күлі
SiO_2	82,6
Al_2O_3	0,4
Fe_2O_3	0,5

CaO	0,9
K ₂ O	1,8
MnO	0,3
SO ₃	<0,1
MgO	0,7
P ₂ O ₅	0,9
Қыздыру кезіндегі масса шығыны	11,9



1-Сурет. Күріш қауызынан алынған кремний диоксиді

Нәтижелер мен талқылау. Алдын ала өңделген күріш қауызынан алынған аморфты кремний диоксидін натрий гидроксидінің сулы ерітіндісімен еріту мақсатында реакция рефлюкстік жағдайда жүргізілді. Тәжірибеде үш мойынды 250 мл шар тәрізді реакциялық баллон, көпшарлы тоңазытқыш, термометрлік адаптер, су циркуляция жүйесі және магнитті қыздырғыш-плита қолданылды. Реакция 2-суретте көрсетілген, 5,00 г аморфты SiO₂ және 40 мл 2,0 М NaOH ерітіндісін енгізіліп, қоспа 90-95 °С температурада 2 сағат бойы қайнап-тоңазу режимінде ұсталды.



Реакция нәтижесінде ерітінді толық мөлдірленіп, кремнезем толықтай еруі байқалды. Теориялық есеп бойынша 5,00 г SiO₂ -тан 8,23 г натрий силикаты түзіледі. Реакция соңында алынған натрий силикаты бар ерітінді сүзгіленіп, ары қарай гель түзу немесе тұндыру арқылы кремний қосылыстарын алу кезеңіне жіберілді.



2-Сурет. Магнитті қыздырғыш-плитада натрий силикатын алу процессі

Натрий силикаты ерітіндісін тұз қышқылымен бейтараптандыру нәтижесінде алынған кремнезем гелі. Бұл кезең кремний диоксидін синтездеу процесінің негізгі сатыларының бірі болып табылады, себебі кремний қышқылының поликонденсациясы дәл осы қышқылдандыру барысында жүреді. Реакция $\text{Na}_2\text{SiO}_3 + 2\text{HCl} \rightarrow \text{H}_2\text{SiO}_3\downarrow + 2\text{NaCl}$ теңдеуімен сипатталады, мұнда түзілген метакремний қышқылы тұрақсыз күйде болып, бірден үшөлшемді гидратталған $\text{SiO}_2 \cdot n\text{H}_2\text{O}$ геліне өтеді, алынған кремнезем гелі 3- суретте бейнеленген. Тәжірибеде 0,5 М натрий силикаты ерітіндісі 1 М тұз қышқылымен баяу титрленіп, рН 7-8 аралығында жеткізілді. Сонымен қатар кремнезем гелін алу шығымы және қолданылған параметрлер 2-кестеде көрсетілді. Қышқыл қосылған сәтте-ақ ерітінді тұтқырланып, коллоидты ақ түсті гель түзілді. Бұл гель әлі толық құрылмаған әрі сүзгіш қабаттан өтпеген бастапқы коллоидты форма болып табылады. Кейін гель бірнеше мәрте сумен жуылып, тұздардан толық тазартылып, құрылымдық тұрақтандыру мақсатында кептіру мен кальцинация кезеңдеріне жіберілді.



3-Сурет. Натрий силикаты ерітіндісін тұз қышқылымен бейтараптандыру нәтижесінде алынған кремнезем гелі

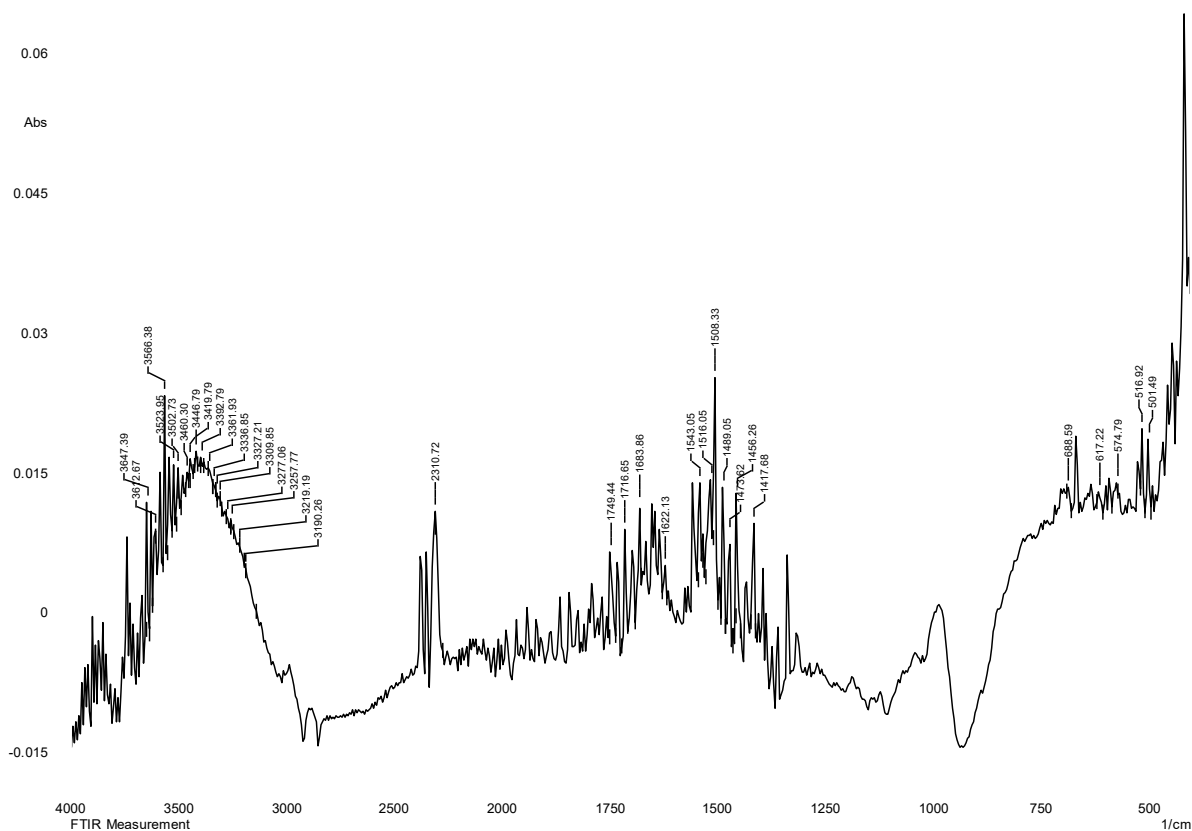
2-кесте. Кремнезем гелін алу шығымы және үрдісте қолданылған параметрлер

Параметрлер	1 гель	2 гель	3 гель	4 гель	5 гель	6 гель	7 гель
Күріш қауызының қалдық күлі (г)	50,5	50,5	50,5	50,5	50,5	83,75	50,5
Тазарту							
Деионданған су (м)	500	500	500	500	500	500	500
HCl (мл)	15	15	15	15	15	15	15
Экстракция							
NaOH / Концентрациясы (М) және көлемі (мл)	1 500	2 500	2 500	1 500	2 500	1 500	1 500
Гельдену (гелификация)							
HCl (мл)	33	61	66	34	65	25	25
pH	2	11	2	8	9	10	9
Гельдену уақыты	Лезде	Орташа	Орташа	2,0	3,0	3,0	Лезде
Бақылау	Бұлынғыр гель	Тұнбаның түзілуі	-	-	-	Қатты ақ гель	Қатты ақ гель
Шығым(%)	31,0	21,9	-	18,2	10,9	27,5	-

Келесі сатыда кремний диоксидін синтездеу барысында түзілген силикагельді вакуумдық фильтрация әдісімен бөлу кезеңі көрсетілген. Алынған гель әуелі тұз қышқылымен бейтараптандыру реакциясынан кейін қалыптасқан коллоидты $\text{SiO}_2 \cdot n\text{H}_2\text{O}$ жүйесі болып табылады. Фильтрация Бюхнер шанағы, фильтр қағазы және төменгі жағында колбаға қосылған вакуумдық линия арқылы жүргізілді. Вакуум әсерінен геледегі сұйық фаза тез бөлініп, қатты фазаның тығыз, біртекті құрылымы фильтр бетінде қалды, 5-суретте сүзгіден өткен кремнезем гелі. Бұл әдіс силикагельдің құрылымын бұзбай, артық ерітіндіні тиімді жоюға мүмкіндік береді. Сүзу кезінде гель қабатының кедергі болмауы үшін үстіңгі беті арнайы шыны немесе металл стерженьмен жеңіл түрде тегістелді. Алынған ылғалды силикагель кейіннен бірнеше мәрте дистилденген сумен жуылып, хлорид иондарынан толық тазартылады. Соңғы өнім кептіріліп, қажет жағдайда 300°C - 900°C температурасында кальцинацияға жіберіліп, аморфты жоғарытазалықты SiO_2 алу қамтамасыз етіледі.

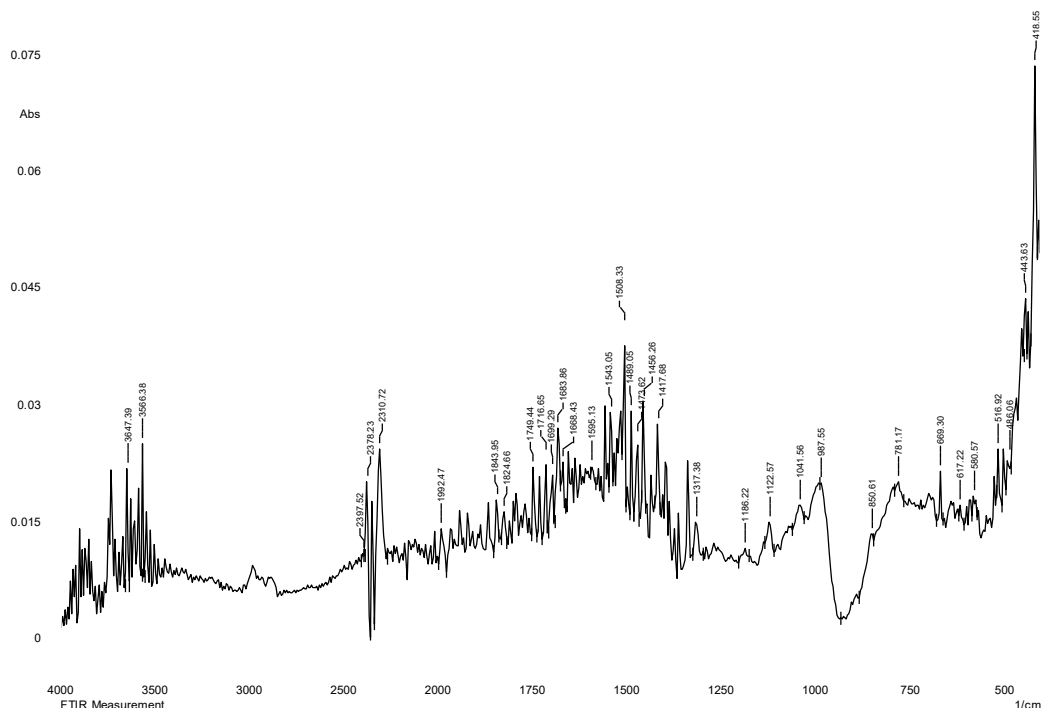


5-Сурет. Сүзгіден өткен кремнезем гелі



6-Сурет. Кремний диоксидінің (SiO_2) ИҚспектрі

Алынған ИҚ спектр аморфты кремний диоксидінің құрылымына сәйкес келетін типтік жұтылу жолақтарымен (6-сурет) сипатталады. Бақыланған шыңдар өсімдік текті SiO_2 үшін, соның ішінде күріш қауызының күлінен алынған кремнезем үшін әдебиеттерде келтірілген деректермен үйлеседі. **3600-3200 cm^{-1} аумағы -О-Н валенттік тербелістері.** Бұл диапазонда кең әрі интенсивті жолақ байқалады. Ол гидроксил топтарының (Si-OH) валенттік тербелістеріне, сутектік байланыстар арқылы байланысқан адсорбцияланған суға сәйкес келеді. Жолақтың ені мен созылуы аморфты SiO_2 -нің гидрофильді бетін растайды. **1650-1630 cm^{-1} аумағы -су молекулаларының деформациялық тербелістері** шамамен 1630-1650 cm^{-1} аймағындағы шың физикалық адсорбцияланған судың Н-О-Н деформациялық тербелістеріне тән. Бұл кремнеземнің меншікті бетінің жоғары екенін және ылғалды ұстап тұратын қуыстардың бар екенін көрсетеді. **Si-O-Si негізгі аумағы (1200-800 cm^{-1}).** Бұл кремнезем үшін негізгі диагностикалық аймақ, ~1100-1080 cm^{-1} -Si-O-Si көпірлік байланыстарының асимметриялық валенттік тербелістері, ~ 800 cm^{-1} -Si-O-Si симметриялық валенттік тербелістері, 450 cm^{-1} м Si-O-Si деформациялық тербелістері (rocking vibrations). Бұл жолақтар аморфты тетраэдрлік кремний-оттекті тордың бар екенін дәлелдейді. **950-970 cm^{-1} диапазоны -Si-OH (силанол топтары)** шамамен 950 cm^{-1} аймағындағы шың Si-O-H валенттік тербелістеріне сәйкес келеді. Бұл жолақ аморфты материалдарға тән құрылымның толық конденсацияланбағанын көрсетеді және биошикізаттан алынған SiO_2 үшін үйреншікті белгі болып табылады. **600-400 cm^{-1} аумағы -төмен жиілікті деформациялық тербелістер,** бұл аймақтағы шыңдар Si-O-Si қаңқасының деформациялық қозғалыстарымен байланысты және аморфты кремнеземге тән. Бұл диапазонда интенсивтіліктің артуы SiO_2 құрылымының ретіздігін білдіреді.



7-Сурет. Силикагельдің (аморфты $\text{SiO}_2 \cdot n\text{H}_2\text{O}$) ИҚ спектрі

Зерттелген үлгінің ИҚ спектрі гидратталған аморфты кремнезем - силикагель құрылымына (7-сурет) сәйкес келетін жұтылу жолақтарының типтік жиынтығын көрсетеді. Спектр О-Н аймағындағы кең жолақтармен және Si-O-Si байланыстарының интенсивті тербелістерімен сипатталады, бұл тармақталған силикат торының және адсорбцияланған судың едәуір мөлшерінің бар екенін дәлелдейді. **3700-3000 cm^{-1} жолағы -О-Н валенттік тербелістері (Si-OH және су).** Бұл диапазонда бірнеше максимумнан тұратын кең әрі интенсивті полоса байқалады: $\approx 3670\text{-}3620 \text{ cm}^{-1}$ -оқшауланған силанол топтары Si-OH; $\approx 3500\text{-}3300 \text{ cm}^{-1}$ - байланысқан және адсорбцияланған судың валенттік тербелістері, көптеген ұсақ шыңдардың болуы силикагельдің кеуектілігі жоғары, бетінің құрылымы біртекті емес екенін көрсетеді. Бұл силикагельге тән белгі, өйткені ол гидроксил топтары мен құрылымдық байланысқан судың көп мөлшерін камтиды. **1640-1650 cm^{-1} маңайындағы полоса - судың деформациялық тербелістері (δ Н-О-Н).** Бұл диапозындағы шың силикагельдің кеуектерінде ұсталған су молекулаларының деформациялық қозғалыстарымен байланысты. Ол материалдың жоғары сорбциялық қабілетін және физикалық адсорбцияланған ылғалдың бар екенін растайды. **1250-800 cm^{-1} негізгі аумағы -Si-O-Si тербелістері.** Бұл силикагель үшін негізгі диагностикалық диапазон: $\sim 1100\text{-}1080 \text{ cm}^{-1}$ Si-O-Si көпірлік байланыстарының асимметриялық валенттік тербелістері. Интенсивті әрі кең шың аморфты кремнезём құрылымын дәлелдейді, **$\sim 950\text{-}970 \text{ cm}^{-1}$ Si-OH (силанол топтары) тербелістері.** Бұл шың силикагель үшін айқын көрінеді, себебі оның бетінде ОН-топтарының концентрациясы жоғары. **$\sim 800 \text{ cm}^{-1}$ Si-O-Si симметриялық валенттік тербелістері.** **500-450 cm^{-1} жолағы -Si-O-Si деформациялық тербелістері.** Бұл аймақта әдетте силикат қаңқасының төмен жиілікті деформациялық тербелістері байқалады, $\approx 450\text{-}480 \text{ cm}^{-1}$ маңайында анық көрінетін шыңдар бар, бұл аморфты кремнеземге тән. Сонымен қатар $\approx 430\text{-}440 \text{ cm}^{-1}$ диапазонында байқалатын шың силикат қаңқасының көлденең деформациялық тербелістерімен байланысты деп саналады.

Қорытынды. Зерттеу барысында күріш қауызы негізінде силикагель алу және оны газдар мен олардың қоспаларын құрғатуға арналған тиімді адсорбент ретінде пайдалану мүмкіндігі анықталды.

Күріш қауызының құрамындағы аморфты кремний диоксиді жоғары мөлшерде болғандықтан, бұл материал экологиялық таза және арзан шикізат көзі болып табылады. Алынған силикагельдің адсорбциялық қасиеттері зертханалық жағдайда бағаланып, оның табиғи газдарды, ауаны және басқа да газ қоспаларын тиімді құрғатуға пайдаланылуы мүмкін екендігі көрсетілді.

Күріш қауызының алдын ала тазартылуы мен қышқылдық өңдеуден кейін алынған кремний диоксидінің адсорбциялық қасиеттері жоғары деңгейде болды. Силикагельдің ИК-спектрі оның құрылымдық ерекшеліктерін анық көрсетті, соның ішінде гидроксильді топтардың және Si-O-Si байланыстарының барлығы адсорбция процестерінің тиімділігін арттыратыны белгілі болды. Қорытындылай, спектр аморфты кремний диоксидіне тән жұтылу жолақтарын көрсетеді, соның ішінде, шамамен 3500 см^{-1} аймағындағы кең О-Н жолақ, 1630 см^{-1} маңындағы судың деформациялық тербелістері, $1200\text{--}450\text{ см}^{-1}$ диапазонындағы интенсивті Si-O-Si жолақтары, шамамен 950 см^{-1} аймағындағы силанол топтарының болуы. Осылайша, ИК спектр аморфты SiO_2 -нің алынғанын растайды, бұл күріш қауызы күлінен бөлінген кремнезем құрылымына толық сәйкес келеді. Сонымен қатар, силикагель спектрі келесі белгілермен сипатталады: $3700\text{--}3000\text{ см}^{-1}$ диапазонында орналасқан кең О-Н жолағы -судың және силанол топтарының жоғары мөлшерін көрсетеді; $\approx 1640\text{ см}^{-1}$ аймағындағы су молекулаларының деформациялық тербелісі; $1200\text{--}800\text{ см}^{-1}$ диапазонында интенсивті Si-O-Si жолақтары; $\approx 950\text{ см}^{-1}$ маңындағы Si-OH-ке тән шың; $500\text{--}450\text{ см}^{-1}$ аймағындағы төмен жиілікті Si-O-Si тербелістері. Осылайша, ұсынылған ИК спектр аморфты гидратталған кремнезем -силикагель құрылымына толық сәйкес келеді. Ол жоғары кеуектілігімен, гидроксил топтарының көп мөлшерімен және суды қарқынды сорбциялау қабілетімен ерекшеленеді.

Бұл зерттеу күріш қауызының экологиялық тұрғыдан таза және тиімді шикізат ретінде қолданылу мүмкіндігін ашып, оның газдарды құрғату сияқты әртүрлі технологиялық процестерде кеңінен пайдаланылуына ықпал етеді. Силикагельдің жоғары химиялық тұрақтылығы мен адсорбциялық қасиеттері оны түрлі өнеркәсіптік процестерде тиімді қолдануға мүмкіндік береді, бұл өз кезегінде қалдықсыз технологияларды дамытуға және экологиялық жағдайды жақсартуға ықпал етеді.

Әдебиеттер тізімі:

- [1] **Kalapathy U.**, Proctor A., Shultz J. A simple method for production of pure silica from rice hull ash // Bioresource Technology. - 2000. - Vol.73. - P.257-262. [https://doi.org/10.1016/S0960-8524\(99\)00127-3](https://doi.org/10.1016/S0960-8524(99)00127-3)
- [2] **Babaso P.N.**, Sharanagouda H. Rice husk and its applications: Review. // Int. J. Curr. Microbiol. Appl. Sci. - 2017. - Vol. 6, №10. - P. 1144-1156. <https://doi.org/10.20546/ijemas.2017.610.138>
- [3] **Yalçın N.**, Sevinç V. Studies on silica obtained from rice husk // Ceramics International. - 2001. - Vol.27. - P.219-224. [https://doi.org/10.1016/S0272-8842\(00\)00064-1](https://doi.org/10.1016/S0272-8842(00)00064-1)
- [4] **Della V.P.**, Kühn I., Hotza D. Rice husk ash as an alternative source for active silica production // Materials Letters. - 2002. - Vol.57. - P.818-821. [https://doi.org/10.1016/S0167-577X\(02\)00879-0](https://doi.org/10.1016/S0167-577X(02)00879-0)
- [5] **Krishna B.S.**, Murty D.S.R., Prakash B.S.J. Synthesis of silica gel from rice husk ash and study of its adsorption characteristics // Journal of Chemical Technology and Biotechnology. - 2009. - Vol.84. - P.1191-1198. <https://doi.org/10.1002/jctb>
- [6] **Prasetyoko D.**, Irawan C., Ramli Z., Nur H. Synthesis of mesoporous silica from rice husk ash using sol-gel method // Indonesian Journal of Chemistry. - 2006. - Vol.6, №1. - P.89-94. <https://doi.org/10.22146/ijc.21640>
- [7] **Sulaiman S.F.**, Hashim R., Sulaiman O., Nadhari W.N.A.W. Production of silica gel from rice husk ash // BioResources. - 2011. - Vol.6, №4. - P.4497-4508. <https://ojs.cnr.ncsu.edu/index.php/BioRes/article/view/2152>
- [8] **Saeed M.**, Ishaq M., Seo Y. Green synthesis of mesoporous silica from rice husk for environmental applications // Microporous and Mesoporous Materials. - 2021. - Vol.323. - Article 111246. <https://doi.org/10.1016/j.micromeso.2021.111246>
- [9] **Elkholy S.**, Elnagar M. Effect of nano-silica produced from rice husk on cement composites // Construction and Building Materials. - 2023. - Vol.381. - Article 131306. <https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2023.131306>
- [10] **Gakuru G.**, Makama G., Mbarawa M. Synthesis and characterization of silica gel from rice husk ash // Journal of Materials Science Research. - 2014. - Vol.3, №4. - P.16-22. <https://doi.org/10.5539/jmsr.v3n4p16>