

Подписной индекс: 75185  
Регистрационный №16734-ж  
Выходит 4 раза в год. Основан в 2001 году

**С.ӨТЕБАЕВ АТЫНДАҒЫ  
АТЫРАУ МҰНАЙ ЖӘНЕ ГАЗ УНИВЕРСИТЕТІНІҢ  
ХАБАРШЫСЫ**  
Ғылыми журнал

**ВЕСТНИК  
АТЫРАУСКОГО УНИВЕРСИТЕТА НЕФТИ И ГАЗА  
ИМЕНИ С.УТЕБАЕВА**  
Научный журнал

**BULLETIN  
OF THE ATYRAU OIL AND GAS UNIVERSITY  
NAMED AFTER S.UTEBAYEV**  
Scientific journal

**№3-4(71-72) 2024**

**Атырау**

Научный журнал «Вестник Атырауского университета нефти и газа им.С.Утебаева» зарегистрирован в Министерстве культуры, информации и общественного согласия Республики Казахстан (свидетельство № 16734-ж от 08.11.2017г.), включен в Каталог АО «Казпочта» с присвоением подписного индекса 75185 для организации подписки. Вестник зарегистрирован в Парижской книжной палате и имеет международный шифр ISSN 1683 – 1675.

**Главный редактор:**

**Шакуликова Г.Т.**, доктор экономических наук, профессор,  
Председатель правления - ректор АУНГ имени С.Утебаева

**Заместитель главного редактора:**

**Искаков Р.М.**, проректор по научной работе и инновациям АУНГ им.С.Утебаева

**Ответственный секретарь: Канбетов А.Ш.**

**Редакционная коллегия:**

|                  |                                                          |
|------------------|----------------------------------------------------------|
| Ашурбеков Н.А.   | доктор физико-математических наук, профессор (Россия)    |
| Багрий Е.И.      | доктор химических наук, профессор (Россия)               |
| Борисов Ю.А.     | доктор химических наук, профессор (Россия)               |
| Боронина Л.В.    | кандидат технических наук (АГАСУ, Россия)                |
| Гордадзе Г.Н.    | доктор химических наук, профессор (Россия)               |
| Гумаров Г.С.     | доктор технических наук, профессор (Казахстан)           |
| Жирнов Б.С.      | доктор технических наук, профессор (Россия)              |
| Зайцев В.Ф.      | доктор сельскохозяйственных наук, профессор (Россия)     |
| Кудайкулов А.К.  | доктор физико-математических наук, профессор (Казахстан) |
| Михеева Т.И.     | доктор технических наук, профессор (Россия)              |
| Нурмагамбет Е.Т. | Доктор PhD, ассоц. профессор (Казахстан)                 |
| Оразбаев Б.Б.    | доктор технических наук, профессор (Казахстан)           |
| Пименов Ю.Т.     | доктор химических наук, профессор (Россия)               |
| Руденко М.Ф.     | доктор технических наук, профессор (Россия)              |
| Сагинаев А.Т.    | доктор химических наук, профессор (Казахстан)            |
| Табачникова Т.Б. | кандидат технических наук, доцент (Россия)               |
| Теляшев Э.Г.     | доктор технических наук (Россия)                         |
| Федотова А.В.    | доктор биологических наук, профессор (Россия)            |
| Фролов В.Я.      | доктор технических наук, профессор (Россия)              |
| Хайрудинов И.Р.  | доктор химических наук, профессор (Россия)               |
| Цюй Чжань        | доктор наук (СНУ, Китай)                                 |

Периодичность издания: 4 раза в год.

Основная тематическая направленность: научные статьи по техническим, физико-математическим, экономическим и социально-гуманитарным наукам.

ISSN 1683-1675

© Атырауский университет нефти и газа им.С.Утебаева, 2024

**GULZADA SHAKULIKOVA**  
**Rector - President**

Dear distinguished guests, esteemed colleagues, and friends from around the world!

It is my great pleasure and honor to welcome all of you to the 2024 International Conference on Great Lakes Research here at Atyrau Oil & Gas University, located at the shores of the magnificent Caspian Sea, the largest lake in the world. Let me express my sincere gratitude for the support and organization of this event to our scientific partners from the Xinjiang Branch of the Chinese Academy of Sciences, represented by its President Professor Xi Chen as well as Jiangxi Normal University, represented by its Dean Professor Hui Lin and many other guests who dared to come here to the Caspian Lowland.

As we gather today at this historic venue, we come together not just as scientists, researchers, and policymakers, but as global stewards of one of the most precious resources on Earth—our lakes and freshwater ecosystems. Our world's lakes, from the Caspian Sea to Poyang Lake, face a growing number of challenges—sediment accumulation, pollution, declining biodiversity, and altered hydrological regimes, to name just a few. These challenges are not just regional; they are global, and the solutions must be equally global in scope.

Lakes are not only vital to the natural world but to human societies as well. They provide water, food, and economic opportunities for millions of people. However, with increasing human activities, lakes are under constant threat, and the harmonious relationship between humans and lakes is being strained. This forum is a unique opportunity to collectively address these urgent issues by sharing innovative practices, conducting interdisciplinary research, and working toward sustainable solutions.

Looking back at our previous conferences, from Poyang Lake in China to our gathering here at the Caspian Sea, we can see how much progress has been made in addressing lake-related issues. But there is still much work to be done. This forum is a testament to the power of collaboration—bringing together 32 experts from across the globe, as well as a growing body of committed researchers, to tackle the multifaceted problems lakes face. There is a proverb in the Kazakh language «Ken ozen tynysh, bilimdi adam qarapaim», which means that everything great is fundamental and sound. Our scientific research must be fundamental and thorough, like the Caspian Sea or the majestic Ural River, which you will get to know tomorrow. This spring, during the period of great floods, the Ural River and the Caspian Sea demonstrated their solidity and majesty.

The health of lake ecosystems is intricately tied to the United Nations from SDG 6, which calls for clean water and sanitation, to SDG 14, which emphasizes the conservation of life below water, our work here directly supports these global ambitions. By promoting sustainable practices, long-term monitoring, and knowledge exchange, we are not just addressing the immediate challenges but contributing to the long-term health and prosperity of both the environment and local economies.

This conference is about more than just research. It's about ensuring that our efforts lead to tangible change. It's about fostering a dialogue that transcends disciplines—uniting hydrologists, ecologists, engineers, policymakers, and communities. Together, we must generate new ideas, forge stronger partnerships, and inspire the next generation of researchers and environmental stewards.

As the rector of Atyrau Oil & Gas University, which celebrate 65 years anniversary now, I am proud to host this esteemed gathering. Our university has long been committed to innovative research, and we are particularly excited to play a role in global efforts toward climate initiatives such as lake conservation. We are located on the shores of the Caspian Sea and Ural river delta, which gives us a unique vantage point to witness firsthand both the beauty and the fragility of these great lakes. Welcome to the Caspian Sea!

**ГҮЛЗАДА ШАКУЛИКОВА**  
**Басқарма төрағасы-ректор**

Құрметті қонақтар, құрметті әріптестер және әлемнің түкпір-түкпірінен келген достар!

Әлемдегі ең үлкен көл - Каспий теңізінің жағасында орналасқан Атырау мұнай және газ университетінде өткелі отырған 2024 жылғы Ұлы Көлдерді зерттеу жөніндегі халықаралық конференцияға баршаңызды қош келдіңіздер деп айту мен үшін үлкен мәртебе. Ғылыми серіктестеріміз Қытай Ғылым академиясының Шыңжаң филиалының президенті, профессор Си Ченге, сондай-ақ Цзянси педагогикалық университетінің деканы, профессор Хуэй Линге және Каспий маңы ойпатына келген басқа да көптеген қонақтарға осы іс-шараны қолдағаны және ұйымдастырғаны үшін шын жүректен ризашылығымды білдірейін.

Бүгін осы тарихи жерге, біз ғалымдар, зерттеушілер және саясаткерлер ретінде ғана емес, сонымен қатар Жердегі ең құнды ресурстардың бірі — біздің көлдер мен тұщы су экожүйелерінің жаһандық басқарушылары ретінде жиналудамыз. Каспий теңізінен Поянгу көліне дейінгі әлемдегі көлдер - артып келе жатырған проблемаларға: шөгінділердің жиналуы, ластануы, биоәртүрліліктің төмендеуі және гидрологиялық режимдердің өзгеруіне тап болады. Бұл проблемалар тек аймақтық емес; олар жаһандық және шешімдер ауқымы жағынан да жаһандық болуы керек.

Көлдер табиғат әлемі үшін ғана емес, адамзат қоғамы үшін де өте маңызды. Олар миллиондаған адамдарға су, тамақ және экономикалық мүмкіндіктер береді. Алайда, адам қызметінің өсуімен көлдер үнемі қауіп-қатерге ұшырайды және адамдар мен көлдер арасындағы үйлесімді қатынастар нашарлайды. Бұл форум инновациялық тәжірибелермен алмасу, пәнаралық зерттеулер жүргізу және тұрақты шешімдермен жұмыс істеу арқылы осы өзекті мәселелерді бірлесіп шешудің бірегей мүмкіндігін ұсынады.

Қытайдағы Поянг көлінен бастап Каспий теңізіндегі кездесуімізге дейінгі алдыңғы конференцияларымызға көз жүгіртсек, көлге қатысты мәселелерді шешуде қандай прогреске қол жеткізілгенін көреміз. Бірақ әлі де көп жұмыс істелуі керек. Бұл форум ынтымақтастық күшінің дәлелі болып табылады: ол әлемнің түкпір-түкпірінен 32 сарапшыны, сондай-ақ көлдердің алдында тұрған көп қырлы мәселелерді шешу үшін өз ісіне берілген зерттеушілердің өсіп келе жатқан қатарын біріктіреді. Қазақ тілінде “Кең өзен тынышы, білімді адам карапайым” деген мақал бар, ол барлық ұлылықтың іргелі және мағыналы екенін білдіреді. Біздің ғылыми зерттеулеріміз Каспий теңізі сияқты іргелі немесе ертең көретін керемет Жайық өзені сияқты негізді болуы керек. Осы көктемде қатты су тасқыны кезінде Жайық өзені мен Каспий теңізі өздерінің беріктігі мен ұлылығын көрсетті.

Көл экожүйелерінің тұрақтылығы таза су мен санитарлық тазалықты талап ететін SDG 6 мен су астындағы өмірді сақтауға баса назар аударатын SDG 6 14 аясында Біріккен Ұлттар Ұйымымен тығыз байланысты. Біздің көзқарасымыз осы жаһандық амбицияларды тікелей қолдайды. Тұрақты әдістерді, ұзақ мерзімді мониторингті және білім алмасуды ілгерілету арқылы біз өзекті мәселелерді шешіп қана қоймай, қоршаған ортаның да, жергілікті экономиканың да ұзақ мерзімді тұрақтылығы мен өркендеуіне үлес қосамыз.

Бұл конференцияның ауқымы тек зерттеу ғана емес. Біздің күш-жігерімізді елеулі өзгерістерге алып келуге талпыну. Гидрологтарды, экологтарды, инженерлерді, саясаткерлерді және қауымдастықтарды біріктіретін пәндерден тыс диалогты дамытуды қамтыған. Біз бірге жаңа идеяларды қалыптастырып, серіктестіктерді нығайтып, зерттеушілер мен экологтардың келесі буынын шабыттандыруымыз керек.

Қазір 65 жылдық мерейтойын атап өтіп жатқан Атырау мұнай және газ университетінің ректоры ретінде мен осы құрметті шараны өзімізде ұйымдастырғанымызды мақтан тұтамын. Біздің университет ұзақ уақыт бойы инновациялық зерттеулермен айналысады және Біз көлдерді сақтау сияқты климаттық бастамаларды жүзеге асырудағы жаһандық күш-жігерде басты рөл атқаруға қуаныштымыз. Біз Каспий теңізі мен Жайық өзенінің атырауының жағасында орналасқанбыз, бұл бізге осы Ұлы көлдің сұлулығы мен нәзіктігін өз көзімізбен көруге бірегей мүмкіндік береді. Каспий теңізіне қош келдіңіз!

**XI CHEN,**  
**President Xinjiang Branch Chinese Academy of Sciences, China**

Dear distinguished guests, esteemed colleagues, and friends from around the world!

Due to increasing human activities and global changes, lakes worldwide are facing numerous challenges, including sediment accumulation, altered hydrological regime, toxic substance pollution, eutrophication, declining fishery resources, loss of biodiversity, ecosystem degradation, and tense human lake relationships. Addressing these issues requires the collective wisdom of global lake researchers.

To gather global insights on lake conservation and utilization, and to stimulate new ideas and exchange innovative practices, Jiangxi Normal University proposes the organization of the International Conference on Great Lakes Research and the establishment of the International Forum for Great Lakes Research. An advisory committee for this forum has been established, with the committee comprising 32 experts from around the world specializing in lake and basin research.

This forum is committed to promoting interdisciplinary integration through longterm monitoring, scientific research, technological demonstrations, and knowledge sharing. The ultimate goal is to achieve the health of lake ecosystems, sustainable economic prosperity, and harmonious human-nature relationships within lake regions, which can contribute to the achievement of the United Nations Sustainable Development Goals (SDGs) on a lake and basin scale.

In closing, I would like to thank all the organizers, the advisory committee, faculty members of Atyrau Oil & Gas university, student volunteers and especially our distinguished guests who have traveled far to be here.

**HUI LIN,**  
**Professor Jiangxi Normal University, China**

Dear distinguished guests, esteemed colleagues, and friends from around the world!

The 2023 conference was held at the Poyang Lake, the largest lake in China, and we will hold the 2024 conference at the Caspian Sea, the largest lake in the world. The Caspian Sea is located at the boundary of Europe and Asia, with an area of about 400,000 square kilometers, bordering five countries, namely Russia, Kazakhstan, Azerbaijan, Iran and Turkmenistan. This conference will be held in Atyrau, the oil city of the Caspian Sea in Kazakhstan, which will enable the delegates of the conference to enjoy the magnificent scenery of the Caspian Sea and the boundary line between Europe and Asia.

This conference will focus on the following research directions for academic presentations: hydrology and water environment, watershed water resources management, environmental dynamic monitoring, ecosystem health assessment, ecological warning platform construction, environmental pollution prevention and control, ecological restoration and reconstruction, biodiversity conservation, sustainable development and utilization of lake resources, lake basin ecological economy and green development, watershed governance and comprehensive management. The Forum carries on 2 main missions in the sake of lakes sustainability: exchanging new researches and technologies between scientists and transferring new knowledge and competences for young generation. We are welcome so many students are taking part in our conference. Let us take these couple days to learn, to collaborate, and to build a more sustainable future for our lakes and the communities that depend on them.

## ГЛАВА 1. ПРОБЛЕМЫ ГЕОЛОГИИ, БУРЕНИЯ И РАЗРАБОТКИ НЕФТЯНЫХ И ГАЗОВЫХ СКВАЖИН

МРНТИ 38.53.23

Д.А. Гуковский, Қ. Е. Садықбек, В.В.Аланбаев  
Атырауский Филиал ТОО «КМГ Инжиниринг», г. Атырау, Казахстан

### ГЕОЛОГО-ФИЗИЧЕСКАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА И ОПТИМИЗАЦИЯ РАЗРАБОТКИ ТРЕЩИНОВАТО-ПОРОВОГО КАРБОНАТНОГО МЕСТОРОЖДЕНИЯ X

**Аннотация.** Статья посвящена геолого-физическим характеристикам и текущему состоянию разработки месторождения X, расположенного в восточной прибортовой зоне Прикаспийской впадины. Описаны особенности строения коллектора, представленного карбонатной пластовой системой, осложненной трещиноватостью. Рассмотрены результаты трассерных и микроимиджерных исследований, подтверждающих наличие развитой системы трещин, которые влияют на эффективность заводнения и разработку залежей. Приведены данные по состоянию добывающего и нагнетательного фонда, а также анализ предложенных вариантов улучшения системы поддержания пластового давления (ППД), включая моделирование рядного заводнения.

**Ключевые слова:** карбонатные коллекторы, нефтегазовая отрасль, нефть, трудноизвлекаемые запасы, нефтедобыча.

**Введение.** На данный момент в Казахстане находятся множество карбонатных месторождений, характеризующиеся низкой текущей выработкой запасов и низкими темпами отбора остаточных извлекаемых запасов вследствие сложного геологического строения, малоэффективной сложившейся системой разработки. Значительная часть остаточных трудноизвлекаемых углеводородных запасов сосредоточена в карбонатных коллекторах, которые обычно характеризуются сложным геологическим строением. Основные трудности добычи этих запасов связаны не с физико-химическими свойствами нефти или соотношением подвижностей нефтяной и водной фаз. Проблемы разработки карбонатных залежей обусловлены строением самого коллектора, его низкой матричной проницаемостью и трещиноватостью. В условиях данных месторождений необходимо применение иного подхода к разработке месторождений, требующих минимальных вложений при учете экономической ситуации на рынке сбыта.

#### Краткая геолого-физическая характеристика месторождения

В региональном тектоническом плане месторождение приурочено к одноименному поднятию, расположенному в восточной прибортовой зоне Прикаспийской впадины.

По палеонтологическим данным в отложениях, вскрытых глубокими скважинами в пределах структуры X, выделены породы каменноугольной, пермской, триасовой, юрской, меловой систем с соответствующими им подразделениями. По сейсмическим и скважинным данным «скелет» месторождения представлен в виде массивной пластовой карбонатной постройки, осложненной системой многочисленных дизъюнктивных дислокаций.

В разрезе месторождения выделены 2 продуктивные толщи КТ-I и КТ-II, разделенные 159,1-1009,4 метровой межкарбонатной толщей пород (МКТ), где на отдельных участках также выделены линзовидные нефтенасыщенные пласты коллектора.

#### Краткие сведения о текущем состоянии разработки месторождения

Действующим проектным документом является «Проект разработки месторождения X», на месторождении выделены 3 эксплуатационных объекта, из которых 1 основной и 2

возвратных:

- I объект (толща КТ-II);
- Возвратный объект МКТ;
- Возвратный объект КТ-I.

На сегодняшний день в разработке находится лишь I объект (КТ-II), промышленная разработка которого началась в 2003г.

Общий пробуренный фонд месторождения составляет 115 скважин, из которых в добывающем фонде числятся 66 скважин (в т.ч. 49 действующих), в нагнетательном – 23 скважины (в т.ч. 21 действующая), наблюдательный фонд месторождения составляет 3 скважины, 1 скважина находится в консервации, 1 скважина – в освоении, ликвидированный фонд месторождения составляет 21 ед.

Преобладающим способом эксплуатации на месторождении является механизированный способ эксплуатации при помощи УЭЦН. В целом на объекте фонтанным способом эксплуатируются 2 скважины, установками электроцентробежных насосов оборудовано 43 скважины и 4 скважины оборудованы непрерывно-дискретным газлифтом.

Вся добыча обеспечивается эксплуатационным объектом КТ-II, который включает в себя 4 пласта (КТ-II-I-1, КТ-II-I-2, КТ-II-II-3 и КТ-II-II-4). Всего с начала разработки добыто 10037,8 тыс.т нефти, 15421,6 тыс.т жидкости и 4380,7 млн.м<sup>3</sup> растворенного газа. Выработка утвержденных извлекаемых запасов нефти достигла 34,1%.

Динамика основных показателей эксплуатации месторождения представлена на рисунке 1.

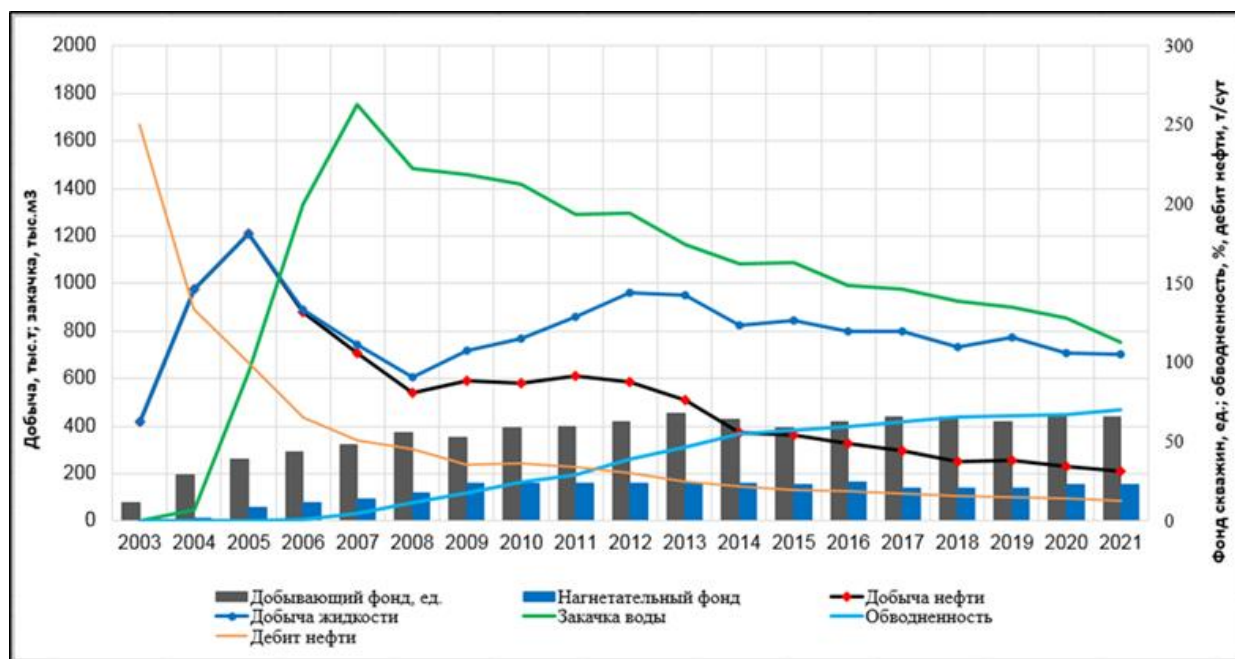


Рисунок 1 – Динамика основных технологических показателей разработки по месторождению X

Как видно из графика максимальный уровень добычи нефти был достигнут в 2005г и составил 1210,4 тыс.т. Далее следует тенденция снижения годовых отборов нефти, причиной которой является снижение среднегодового дебита нефти, ввиду истощения запасов трещин, так как немаловажную роль в разработке месторождения играет трещиноватость и низкая проницаемость коллектора.

На месторождении система ППД реализуется с 2004г. В целом на I объекте (КТ-II) закачано порядка 19,5 млн. м<sup>3</sup> воды, накопленная компенсация оценивается на уровне 91%. Компенсация отборов фактически обеспечивается 23 нагнетательными скважинами.

Анализ трассерных исследований, выполненных в предыдущие годы, а также результаты исследований прибором “FMI” указывают на существование сети микротрещин, которые в свою очередь влияют на реализуемую систему ППД, являясь местами неэффективной ввиду значительной вертикальной неоднородности разреза и прорыва закачиваемой воды от нагнетательных скважин к добывающим по развитой системе трещин.

Из-за высокой неоднородности и наличия трещиноватости также наблюдается высокий интервал изменения приемистости нагнетательных скважин, больше половины действующих нагнетательных скважин работает с приемистостью менее 100 м<sup>3</sup>/сут, а в развитой системы трещин скважины работают с приемистостью более 200 м<sup>3</sup>/сут.

#### **Индикаторные исследования**

Ежегодно на месторождении X проводятся трассерные исследования, чтобы охарактеризовать и проанализировать степень вытеснения нефти закачиваемой водой.

Данный вид исследований позволяет качественно оценить наличие/степень гидродинамической связи между нагнетательными и добывающими скважинами, блоками в рассматриваемых районах с целью уточнения геологического строения месторождения с последующей возможностью регулирования процесса разработки.

В определенных случаях закачка индикаторов не только исчерпывающе демонстрирует связь между блоками, но и показывает степень эффективности заводнения, пути движения закачиваемой воды и связь района нагнетательных скважин с зоной дренирования добывающих скважин, а также помогает выделить высокопроницаемые и низкопроницаемые зоны в исследуемом районе.

В результате всего комплекса исследований получены диапазоны измеренных и рассчитанных параметров контроля движения трассеров, таких как время прихода индикатора, концентрация индикатора и масса извлеченного индикатора.

Сложное структурное строение месторождения X, осложненное взбросами и разломами, является результатом тектонических напряжений, приведших к образованию и значительному распространению трещин в коллекторе. Наличие трещин подтверждается исследованиями кернового материала, внутрискважинными микросканерами, также трассерными исследованиями.

Наличие открытой трещиноватости и подобного распространения трещин позволяет классифицировать коллектор месторождения как трещиновато-поровые. Данный вид коллектора характеризуется матричной частью с низкой проницаемостью, где содержатся все основные запасы углеводородов и трещинами высокой проницаемости, по которым происходит фильтрация. Разработка такого коллектора заводнением осложнена прорывами воды по системе трещин и низким коэффициентом охвата вытеснением матричных блоков.

Заводнение трещиновато-поровых коллекторов приводит к заполнению трещин водой и прорывам воды к добывающим скважинам, попавшим в систему трещин, без эффективного вытеснения нефти из матричных блоков, которое подтверждается результатами трассерных исследований.

#### **Микроимиджеры FMI и CMI**

На месторождении также были проведены микроимиджеровые исследования на изучение залегания структурных зон, развития трещин, их природу, характер простираения и падения. В таблице 8 приведена информация по выявленным трещинам согласно результатам анализа микроимиджеровых исследований компанией «Schlumberger» в скважинах, участвовавших в пробном заводнении 2018-2020 гг. В разрезе структуры прослеживаются открытые, частично-открытые, «залеченные» трещины, которые в основном простираются с северного на южное направление с крутыми углами падения.

Проведенные промысловые исследования на месторождении X подтверждают иерархию систем трещин. В качестве примера приведены различные интервалы глубин в нагнетательной скважине №53, представленных обработанным микроимиджером FMI. Общий этаж перфорации составляет 125 м в интервале 3130-3438 м.

На рисунке 2 показана часть имиджера ствола скважины №53 на глубине 3630 м, на

котором выделяется проводящая огромная горизонтальная трещина шириной 40 см, заполненная радиоактивным минеральным веществом.

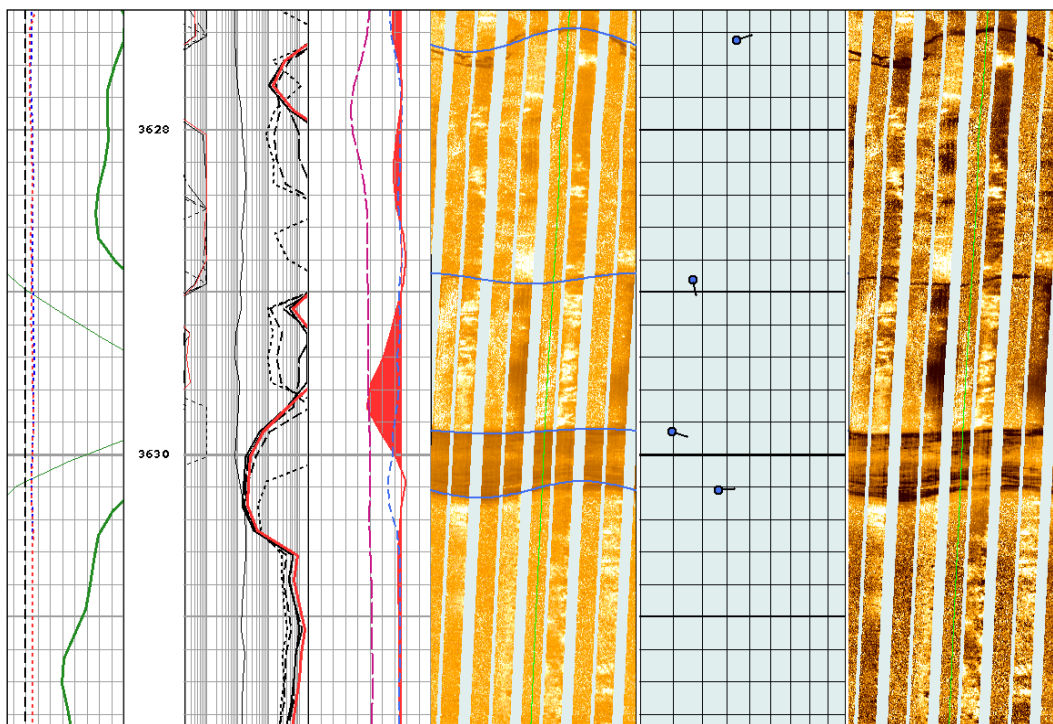


Рисунок 2 - Часть имиджера ствола скважины №53 на глубине 3630 м с выделяемой огромной горизонтальной трещиной

### Теоретическая основа для внедрения рядного заводнения

Месторождение X состоит из массивных карбонатных толщ КТ-II, которые разрабатываются как единый объект в пределах всего месторождения. Сложная структура этого месторождения, осложненная взбросами и разломами, возникла в результате тектонических напряжений, что привело к появлению многочисленных трещин в коллекторе. Наличие трещин подтверждается исследованиями кернового материала, данными внутрискважинных электрических микроимиджеров, трассерными исследованиями и анализом истории добычи (интерференцией) ряда скважин.

Учитывая сложное строение коллектора, который сочетает поровые и трещиноватые свойства, низкую эффективность существующей системы поддержания пластового давления (ППД), прорывы воды по трещинам и неоднородный характер обводнения добывающих скважин, а также успешный мировой опыт применения рядной системы заводнения на трещиноватых коллекторах, было принято решение рассмотреть внедрение этого метода для увеличения нефтеотдачи на карбонатном месторождении X.

Рассмотрим часть трещиновато-порового коллектора, которая состоит из двух матричных блоков и разделяющей их трещины, как показано на рисунке 3. Закачка воды в нагнетательные скважины на месторождении X организована таким образом, что под давлением вода раскрывает существующие трещины или создает новые по принципу авто-ГРП. В результате вода прорывается по трещинам к добывающим скважинам, оставляя значительную часть матричных блоков неохваченной вытеснением.

Закачиваемая в трещины вода под давлением, превышающим пластовое давление матричных блоков вблизи нагнетательных скважин, препятствует вытеснению нефти из матрицы в трещину — основной путь миграции нефти к добывающим скважинам. Проницаемость трещин может достигать десятков, сотен или даже тысяч Дарси, так как они представляют собой пустотные каналы. Эта стабильная закачка под высоким давлением оставляет значительные объемы нефти в матрице изолированными по всей длине трещины,

так как давление распространяется по трещинам линейно, а не по логарифмическому типу радиального течения, характерному для пласта.

В результате на поверхности матричных блоков формируется зона проникновения закачиваемой воды, параметры которой зависят от расстояния до нагнетательной скважины. Однако эта зона проникновения не может эффективно заменить классическую систему заводнения, так как низкая пьезопроводность пласта не обеспечивает должного охвата вытеснения по всему объему коллектора.

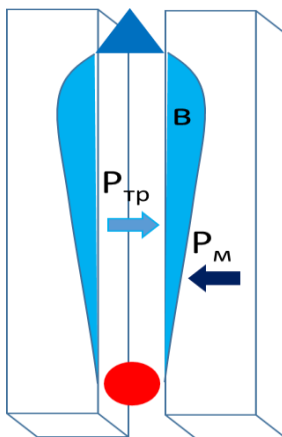


Рисунок 3- Элемент ТПК с добывающей и нагнетательной скважиной, фронт проникновения воды вдоль трещины (В), давление в трещине ( $P_{тр}$ ), давление в матричном блоке ( $P_m$ )

До расчетов расположение нагнетательных скважин выглядит следующим образом (на рис. 4). Для вовлечения в разработку изолированных матричных блоков необходимо рассмотреть альтернативные методы организации заводнения. Перед нами стояла задача, которая заключалась в оценке зависимости показателей работы скважин при организации закачки от их взаиморасположения с зонами трещиноватости.

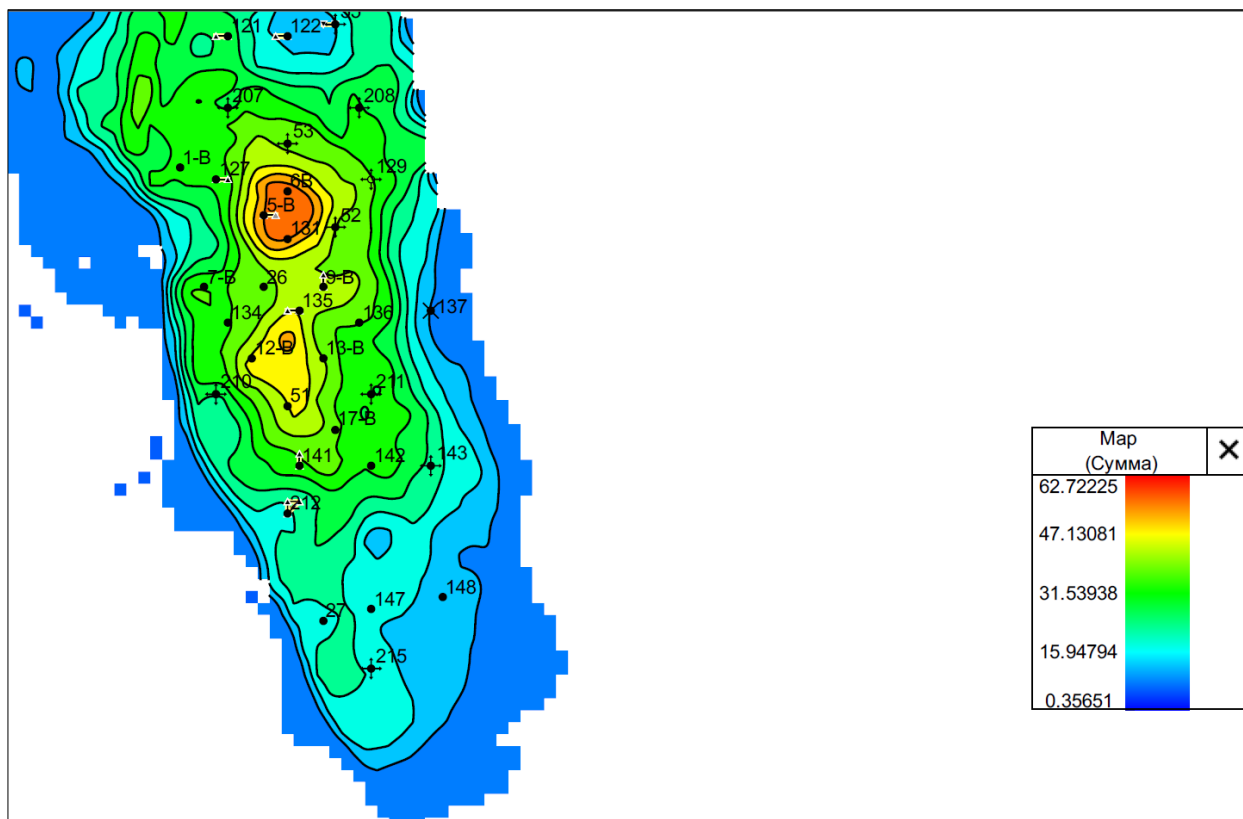


Рисунок 4– Карта остаточных запасов нефти по состоянию на 01.07.2024г.

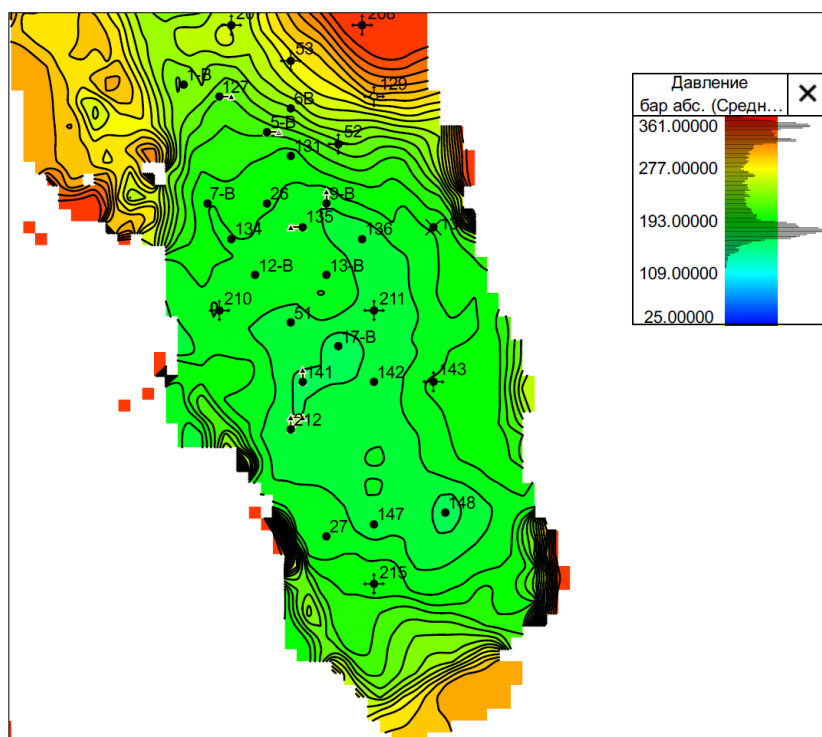


Рисунок 5 – Карта изобар по состоянию на 01.07.2024г.

Было предложено два варианта организации системы ППД на рассматриваемом участке:

- первый вариант предусматривает продолжение текущей системы заводнения.
- второй вариант предусматривает рядную систему заводнения, путем перевода 3 скважин (№№148,212 и 137) под нагнетания и отключением 2 нагнетательных скважин (№211 и №213).

#### Моделирование режимов работы нагнетательных скважин

Работы по моделированию процесса оптимизации системы заводнения проводились на секторной гидродинамической модели южной части южного участка КТ-II месторождения X.

В качестве модели взят имеющийся сектор модели месторождения, имитирующий южную часть южного свода. Смоделированная технология реализации рядной системы заводнения позволяет адресно спрогнозировать и определить направления и объем фильтрационных потоков между трещинами и матричными блоками, элементами сетки скважин по принципу «закачка – добыча». Модель учитывает результаты трассерных исследований, лабораторных исследований, корреляции интервалов приемистости и притока по исследованиям потокометрии, дифференцированность давления как в зоне отбора, так и в целом по залежи.

На рисунках 7 и 8 представлены карты изобар на конец прогноза, по которым видно, что по базовому варианту наблюдается сильное снижение пластового давления, несмотря на текущую систему ППД. Данная ситуация возникла по причине прямого воздействия нагнетательных добывающих скважин: нагнетаемая вода напрямую продвигается по трещинам к добывающим скважинам, оказывая негативное влияние в виде повышения обводнения продукции и не поддерживая энергетическое состояние участка, что также влечет за собой форсированное разгазирование пласта. При образовании рядной системы наблюдается более равномерное вытеснение нефти водой, а также наблюдается снижение темпов падения пластового давления, что говорит об эффективности применения данной системы ППД.

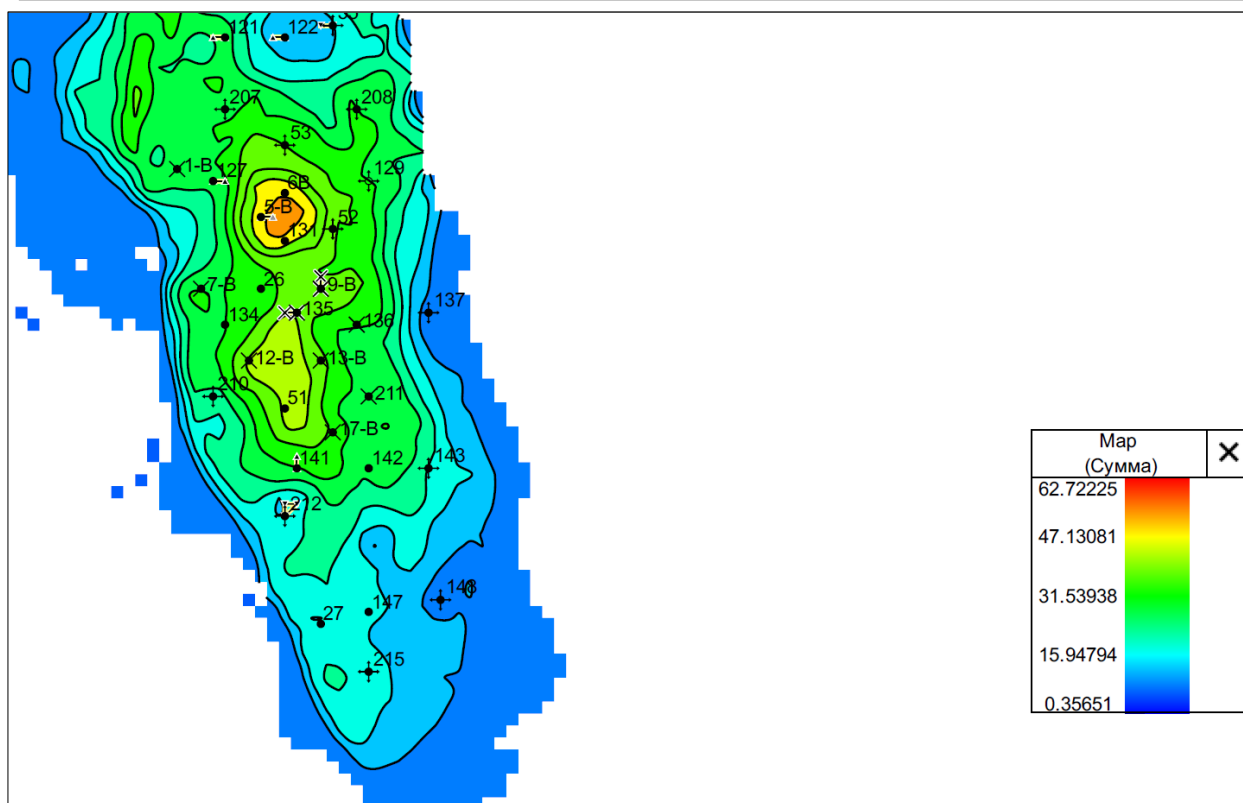


Рисунок 6 – Карта остаточных запасов нефти с расположением нагнетательных скважин по 2 варианту по состоянию на 01.01.2035г.

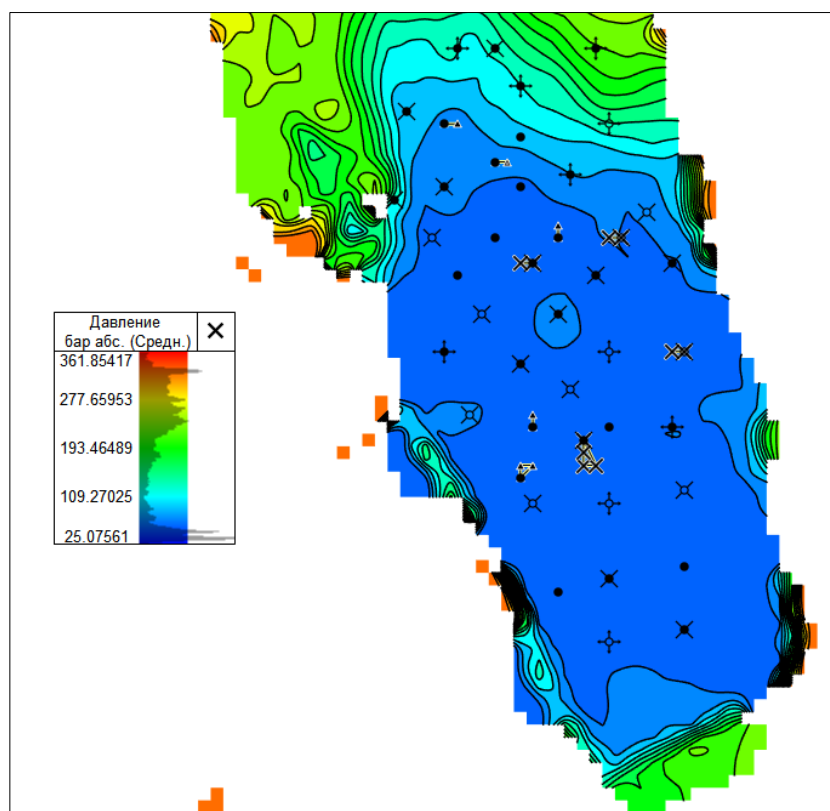


Рисунок 7 – Карта изобар по 1-варианту на 01.01.2035г.

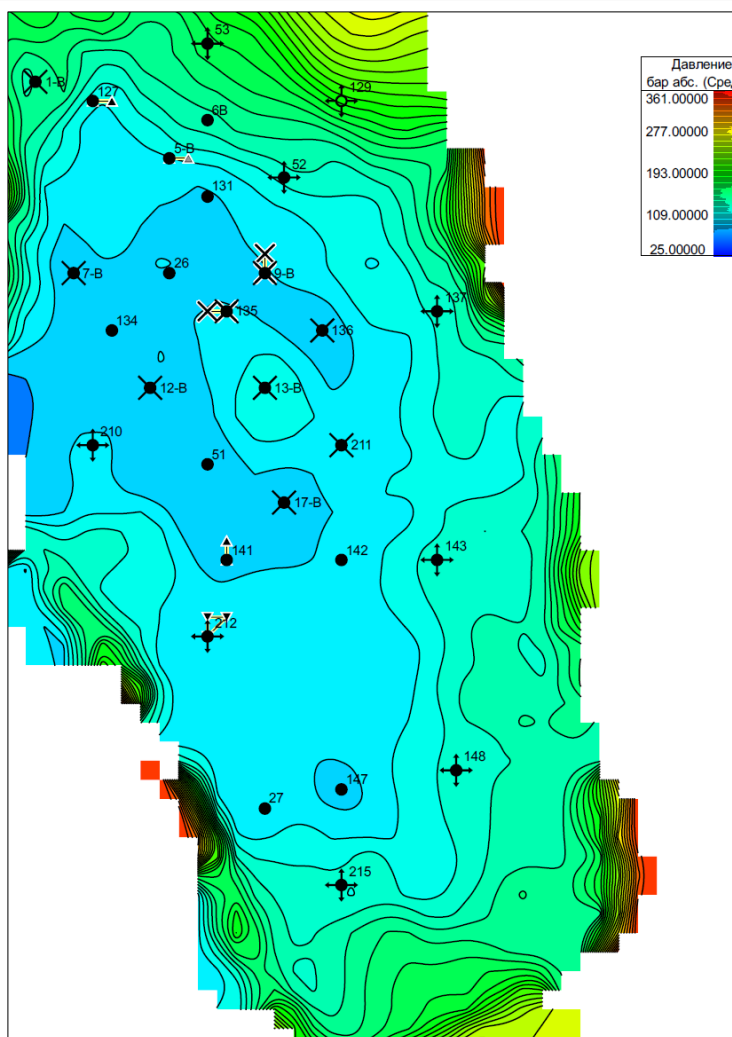


Рисунок 8 – Карта изобар по 2-варианту на 01.01.2035г.

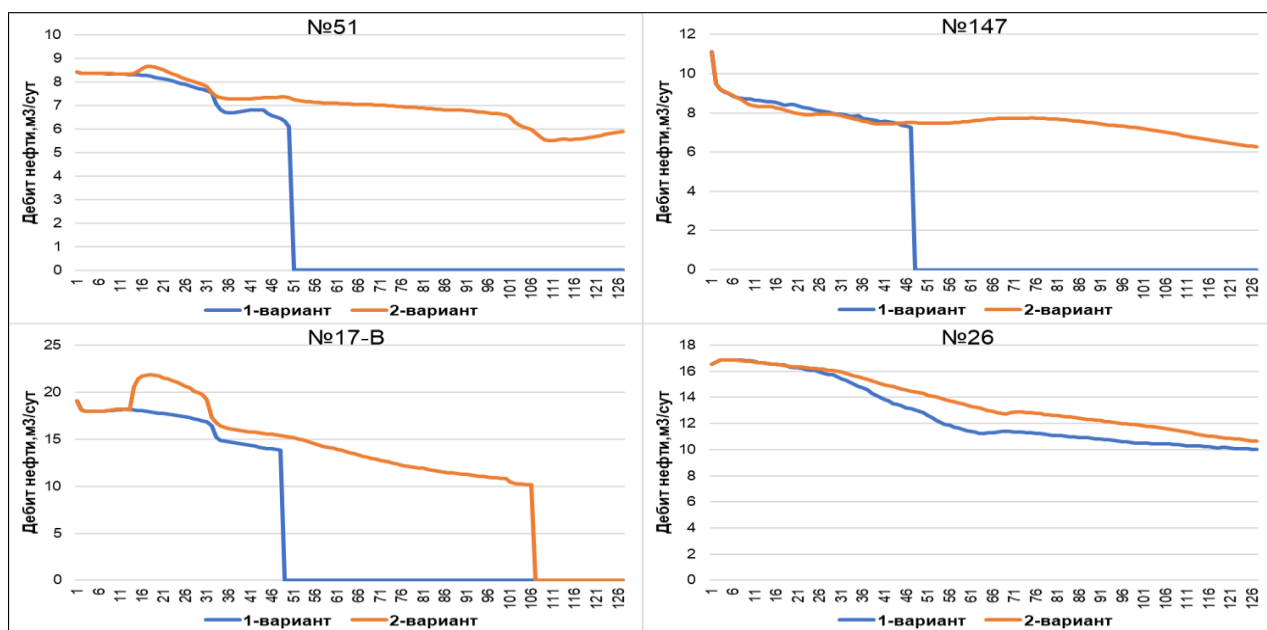


Рисунок 9 – Сравнение динамики дебитов нефти по вариантам

Как видно на рисунке 9 в 1-ом варианте наблюдается закрытие скважин №№ 17-B, 51, 147, по причине превышения ограничения по газовому фактору.

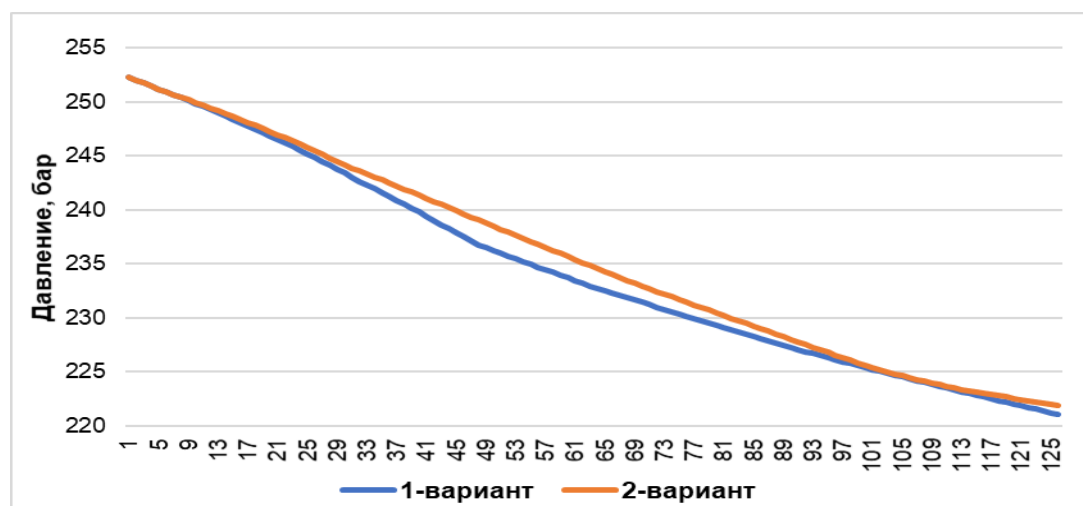


Рисунок 10 – Сравнение динамики пластового давления по вариантам

### Выводы

Как говорилось ранее рядная система поддержания пластового давления способствовала улучшению энергетического состояния, в виде снижения темпов падения пластового давления и соответственно форсированному разгазированию залежи. Вследствие чего, скважина продолжает успешно работать, не превышая заданного ограничения. Это говорит об эффективности применения рядной системы разработки.

В дальнейшем при апробировании рядной системы разработки рекомендуется учесть результаты трассерных исследований и FMI, с целью более точного определения направления трещин, во избежания прорыва нагнетаемой воды.

По результатам расчета, наблюдается снижение темпов падения пластового давления за счет перевода 3-х скважин под нагнетание. Также наблюдается рост добычи нефти за счет снижения темпов падения дебита нефти и преждевременного закрытия скважин. В целом дополнительная добыча нефти составила 15 тыс. т.

### Список литературы

1. Фондовый отчет «Анализ разработки месторождения»;
2. «Единые правила по рациональному и комплексному использованию недр», утверждены приказом Министра энергетики Республики Казахстан от 28.06.2018г №17131;
3. И.Р. Юшков, Г.П. Хижняк, П.Ю. Илюшин – «Разработка и эксплуатация нефтяных и газовых месторождений», Пермь, 2013г;
4. Лысенко В.Д. – «Разработка нефтяных месторождений (проектирование и анализ)», г. Москва, «Недра», 2003г;
5. Гиматудинов Ш.К., - «Эксплуатация и технология разработки нефтяных и газовых месторождений», Москва 1978г;
6. В.Е. Андреев, Д.Ю. Чудинова, А.П. Чижов, А.В. Чибисов-«Оптимизация системы заводнения в терригенных и карбонатных коллекторах»

Д.А. Гуковский, Қ. Е. Садықбек, В.В.Аланбаев  
«KMG Engineering» ЖШС Атырау филиалы, Атырау, Қазақстан

## АТЫРАУ ОБЛЫСЫНЫҢ КЕН ОРЫНДАРЫНЫҢ БІРТЕКТІ ЕМЕС ШОҒЫРЛАРЫНДА ИГЕРУДІҢ КҮРДЕЛІ ЖАҒДАЙЛАРЫНДА СОҚҚЫ-ТОЛҚЫНДЫҚ ӨНДЕУ ӘДІСІМЕН ЖАҢА ТЕХНОЛОГИЯНЫ ҚОЛДАНУ ТӘЖІРИБЕСІ

**Андатпа.** Мақала геологиялық-физикалық сипаттамаларға және Каспий маңы ойпатының шығыс аспаптық аймағында орналасқан кен орнын игерудің ағымдағы жағдайына арналған. Жарықшақтықпен асқынған карбонатты қабат жүйесімен ұсынылған коллектор құрылымының ерекшеліктері сипатталған. Су басу тиімділігі мен кен орындарының дамуына әсер ететін дамыған жарықтар жүйесінің болуын растайтын трассерлік және микро-миджерлік зерттеулердің нәтижелері қарастырылды. Өндіру және айдау қорының жай-күйі бойынша деректер, сондай-ақ қатарлы су басуды модельдеуді қоса алғанда, қаттық қысымды ұстап тұру (ҚҚТ) жүйесін жақсартудың ұсынылған нұсқаларын талдау келтірілген.

**Түйінді сөздер:** карбонатты коллекторлар, мұнай-газ саласы, мұнай, алу қиын қорлар, мұнай өндіру.

D.A. Gukovsky, K.E. Sadykbek, V.V. Alanbayev  
Atyrau Branch of KMG Engineering LLP, Atyrau, Kazakhstan

## EXPERIENCE OF APPLICATION OF NEW TECHNOLOGY BY SHOCK-WAVE PROCESSING IN COMPLICATED DEVELOPMENT CONDITIONS ON HETEROGENEOUS DEPOSITS OF ATYRAU REGION DEPOSITS

**Abstract.** The article is devoted to the geological and physical characteristics and the current state of development of the deposit located in the eastern instrument zone of the Caspian basin. The structural features of the reservoir, represented by a carbonate formation system complicated by fracturing, are described. The results of tracer and microimage studies confirming the presence of a developed system of cracks that affect the effectiveness of flooding and the development of deposits are considered. Data on the state of the mining and injection fund are presented, as well as an analysis of the proposed options for improving the reservoir pressure maintenance system (PPD), including modeling of in-line flooding.

**Keywords:** carbonate reservoirs, oil and gas industry, oil, hard-to-recover reserves, oil production.

МРНТИ 38.53.23

И.И.Горячкин, Н.А.Нугманова  
Атырауский Филиал ТОО «КМГ Инжиниринг», г. Атырау, Казахстан

## ИЗУЧЕНИЕ ОСОБЕННОСТЕЙ РАЗВИТИЯ КОЛЛЕКТОРСКИХ СВОЙСТ КАРБОНАТНЫХ КОЛЛЕКТОРОВ ПРИ ОЦЕНКЕ ЗАПАСОВ НА ПРИМЕРЕ МЕСТОРОЖДЕНИЙ СЕВЕРНОГО ПРИКАСПИЯ (РАЙОН КАШАГАН-ТЕНГИЗ)

**Аннотация.** В данной статье приводятся особенности геологического строения карбонатных месторождений углеводородов на примере Северного Прикаспия. Приводятся отличительные характеристики карбонатных резервуаров от терригенных, литологические, фациальные особенности, нематричные компоненты, их влияние на фильтрационно-емкостные свойства. Подчеркнуты особенности распределения и оценки коллекторских свойств и моделирование карбонатных месторождений.

**Ключевые слова:** резервуар, месторождение, карбонатные постройки, карбонатные коллектора, осадконакопление, диагенез, фации, седиментационная модель, двойная среда, моделирование.

Северо-Каспийский бассейн, или, локальное название, «Прикаспийская впадина», - это уникальный природный осадочный бассейн, расположенный на западе Казахстана. На

современный облик которого в значительной степени повлияла интенсивная соляная тектоника.

Формирование впадины началось в конце раннепермской эпохи, на заключительном этапе Уральского орогенеза, когда в результате столкновения Восточно-Европейского и Сибирского палеоконтинентов, а также Казахстанского палеоконтинента и небольших континентальных блоков Центральной Азии произошло закрытие Урало-Монгольского палеоокеана (Палео-Тетис).

Сами карбонатные массивы в основном состоят из известняков и доломитов различных фаций с редкими прослоями вулканогенно-кремнистого и мелкозернистого силикластического материала. С ними связаны крупные известные месторождения углеводородов, такие как Кашаган, Тенгиз, Карачаганак.

Вышеупомянутые крупные карбонатные месторождения, особенно Тенгиз и Кашаган, характеризуются самыми большими запасами нефти в Республике Казахстан и обеспечивают значительную часть добычи нефти и растворенного газа.

Несмотря на наличие крупных карбонатных месторождений в нашей стране, а также тем фактом, что карбонатные резервуары характеризуются значительно более сложным строением, по сравнению с терригенными, принятые в нашей стране специализированные методические инструкции и регламентирующие документы для подсчета геологических и извлекаемых запасов со стороны государственных органов практически идентичны как для терригенных так и карбонатных месторождений. Следовательно не полностью учитывают имеющиеся специфические особенности карбонатных месторождений и коллекторов.

*Подсчет/пересчет запасов УВ*-это отчет, основная задача которого выполнить оценку геологических и извлекаемых запасов по категориям запасов, с целью постановки запасов на государственный баланс РК. Рассматривается и утверждается в Государственном Комитете Запасов РК (ГКЗ РК). Объем, методология и содержание работы определяется соответствующей инструкцией. Оценка запасов выполняется объемным методом, по обоснованным геолого-геофизическим параметрам, такими как площадь и эффективный объем залежи, коэффициенты пористости и нефтегазонасыщенности и свойства платового флюида.

#### ***Особенности карбонатных коллекторов.***

Необходимо обозначить чем же карбонатные резервуары и коллектора отличаются от терригенных:

- Карбонатные коллектора отличаются сложной внутренней структурой порового пространства, вследствие чего характеризуются высокой неоднородностью (анизотропией) свойств;
- Повышенная химическая активность карбонатных пород приводит к изменениям в первичном поровом пространстве, за счет растворения, а также отложения цемента во время диагенеза;
- Вследствие чего карбонатные породы подвержены образованию трещин и систем трещин различной интенсивности, которые могут сильно влиять на эксплуатационные характеристики месторождения;
- Помимо трещин в карбонатных резервуарах вследствие интенсивных диагенетических процессов образуются каверны (пустоты), различные геологические и карстовые тела, которые, могут оказывать существенное влияние на геологические запасы;
- Для обозначения совокупности вторичного порового пространства, их параметров (трещин, пустот, каверн и карста) применяется термин нематричные коллектора и нематричные свойства (пористость, проницаемость и насыщенность);
- Крупные карбонатные залежи, зачастую являются массивными залежами со значительной мощностью продуктивных отложений, где этаж нефтеносности может достигать более 500 метров;
- Вследствие высокой неоднородности и при наличии сети трещин (обеспечивающих высокую проницаемость), традиционная методика по выделению коллекторов (через

граничное значение параметров пористости, проницаемости и глинистости) не всегда применима для карбонатных коллекторов;

- Концептуальная модель осадконакопления имеет решающее значение для прогнозирования свойств резервуара по отдельным участкам;
- Карбонатные коллекторы часто содержат сероводород, что усложняет добычу;

Исходя из вышеизложенного, необходимо определить наиболее актуальные направления, решение которых при подсчете геологических и извлекаемых запасов карбонатных месторождений позволит с наиболее высокой вероятностью оценить потенциальные геологические и извлекаемые запасы, особенности коллектора и распределение фильтрационно-емкостных параметров.

#### ***Построение седиментационно-фациальной модели.***

Особенности диагенеза карбонатных пород обусловлены значительной минеральной и химической неустойчивостью этих образований и тем, что по отношению к ним вода может вести себя как достаточно сильный агент.

Вследствие чего, карбонатные отложения часто претерпевают значительные изменения уже на самых ранних этапах диагенеза. Кроме того, многие виды карбонатных образований накапливаются в мелководно-морских и прибрежно-морских обстановках, где нередко морские обстановки сменяются на пресные метеорные, что также накладывает своеобразный отпечаток на процессы их диагенеза.

Лито-фациальные зоны, как правило, определяются дигенетическими особенностями карбонатной постройки. В зависимости от диагенеза, каждая из областей карбонатной постройки обладает рядом отличительных особенностей и как следствие различными свойствами (параметрами) ФЕС породы.

В период диагенеза карбонатных отложений главную роль играют такие процессы, как растворение карбонатного материала, цементация осадка, т.е. выпадение минералов в пустотах осадка, превращение метастабильных минералов в стабильные.

Корректная модель осадконакопления на основе комплексных данных результатов интерпретации сейсмических данных, атрибутного анализа, исследований керновых образцов позволит определить участки с максимальным развитием трещин, каверн, карста с целью более достоверного прогнозирования коллекторских свойств и оценки запасов.

Пример седиментационно-фациальной модели приведен ниже на рисунке 1.

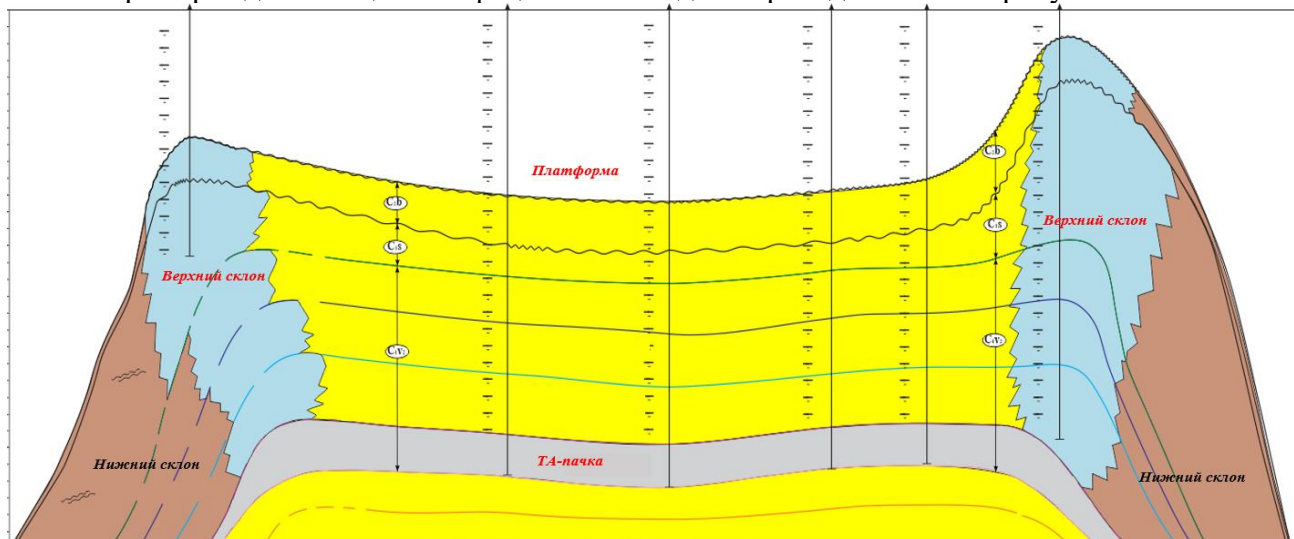


Рисунок 1 – Схематический седиментационно-фациальный разрез

Основные седиментационно-фациальные районы представлены следующими фациями. *Платформенные фации*, расположенные в центральной части карбонатной постройки,

представлены в основном вакстоунами с включением пакстоунов, характеризуется сложным строением пустотного пространства матрицы – присутствуют микрокаверны и небольшие каверны сантиметровых размеров, поры, микротрещины. Породы платформы залегают горизонтально, являются выдержанными и как правило хорошо коррелируются по каротажным данным. Характеризуются незначительным развитием вторичных диагенетических процессов таких как трещины и карны, преобладает матричный тип пористости.

*Верхний склон* представлен оолитовыми грейнстоунами и пакстоунами, также встречаются разнообразные виды баундстоунов (с кораллами, губками и водорослями) и редкие участки пелоидных пакстоунов. Характеризуется интенсивным развитием систем трещин и каверн, которые хорошо прослеживаются при анализе кернового материала. Тип пористости-каверново-трещинно-поровый

*Фации нижнего склона*, в основном, состоят из баундстоунов и баундстоуновых брекчий, которые склонны к образованию трещиноватости, но в отличие от пород верхнего склона система трещин менее развита. Наблюдается общая тенденция уменьшения размеров зерен вниз по склону с брекчией, более доминирующей в более проксимальных условиях, с постепенным переходом к зернистым фациям и фациям с мадстоуном. Тип пористости - трещинно-поровый.

*ТА-пачка*, представленная мадстоунами с высоким содержанием аргиллита, характеризуется низкими фильтрационно-емкостными свойствами, пористость преимущественно матричная.

Таким образом, изучая литолого-фациальную модель карбонатных месторождений, можно говорить о их фильтрационно-емкостных условиях, как они развиты в том или ином районе и в целом прогнозировать продуктивности отложений.

#### ***Геолого-гидродинамическая модель двойной среды***

Применение цифровых моделей резервуаров на сегодня является стандартной практикой для оценки запасов и определения оптимальной стратегии в разработке месторождений.

Простая модель двойной среды (рисунок 2) позволяет воспроизвести сложное строение карбонатного резервуара с учетом характерных особенностей, которые необходимо учитывать при построении модели, это прежде всего:

- Большое количество вертикальных слоев грида;
- Вследствие сложной природы карбонатного коллектора, зачастую весь объем залежи при построении модели принимается за коллектор;
- Следовательно, этап построения куба доли коллектора отсутствует, а параметры ФЕС контролируются лито-фациальной моделью, сейсмическими атрибутами или дополнительными трендами;
- Создание модели двойной среды начинается с анализа развития нематричных компонентов (сети трещин, кавернозных тел, карстовых образований) и последующего моделирования/интерполяции этих свойств в 3Д гриде;
- Дифференциальный подход к моделированию и распределению свойств для матричного и нематричного компонента (пористость, проницаемость, насыщенность) в результате которого создается два набора свойств для матричного и нематричного коллектора;
- Важным критерием качества/достоверности модели двойной среды является результаты адаптации гидродинамической модели, то есть созданная модель должна коррелироваться с фактическими результатами эксплуатации месторождения. Какой бы совершенной не была ваша модель двойной среды, если она не согласуется с работой скважин, применять ее на практике не представляется возможным;
- Такой набор свойств модели двойной среды позволяет с более высокой достоверностью воспроизвести поведение пластовых флюидов и гидродинамических потоков

при разработке месторождения, как следствие более достоверно оценивать извлекаемые запасы.

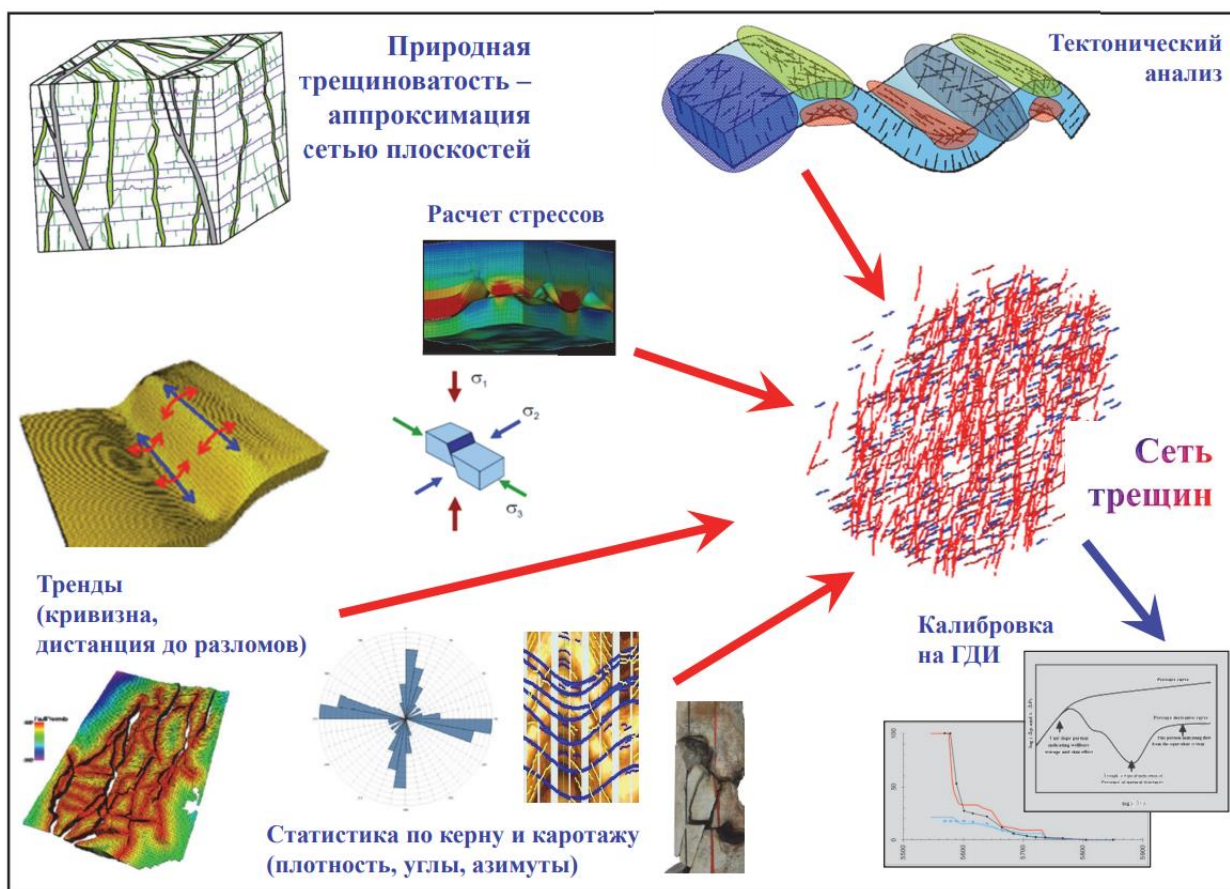


Рисунок 2 – Упрощенная схема создания модели трещин (двойной среды)

### Оценка неопределенностей

Оценка неопределенности, через специальной модуль реализована во всех современных программных пакетах, что позволяет оценить влияние геолого-геофизических параметров на величину геологических и извлекаемых запасов, таким образом оценить диапазон возможного изменения запасов, оценить экономические риски при разработки всего проекта.

Основные неопределенности характерны для:

- Общего объема пород резервуара, на которое влияет положение кровли/подошвы продуктивного резервуара (вследствие погрешностей сейсмоки при картировании отражающих горизонтов, помех/ошибок скоростной модели, интенсивного влияния надсолевой тектоники или перекрывающего соляного купола);
- Положение межфлюидальных контактов (нельзя исключать, что принятый по имеющимся на момент построения модели контакт может измениться);
- Параметры ФЕС, невозможно предсказать как будут изменяться значения коэффициентов пористости, проницаемости и водонасыщенности в межскважинном пространстве;
- Интенсивность развития вторичных свойств коллектора (системы трещин, карста и каверн), в межскважинном пространстве;
- Потенциальное изменение либо погрешности в определении свойств пластового флюида.

Единственная верная закономерность, которая характерна для оценки неопределенностей-это чем лучше и детальнее изучено месторождение (чем больше

пробурено скважин, выше качество/охват сейсмики, долгая история добычи), тем ниже имеющаяся неопределенность.

### **Выводы:**

1. Поскольку карбонатный коллектор по своей природе является очень сложным, целесообразно разработать дополнительные требования для подсчета/пересчета геологических и извлекаемых запасов карбонатных месторождений;
2. Для корректной оценки такого сложного типа коллектора, требуется высокая степень изученности месторождения данными керна, качественной сейсмикой, современными комплексами геолого-геофизических исследований скважин;
3. Построение и описание седиментационно-фациальной модели месторождения должно быть составной частью отчетов по оценке запасов и построению цифровой модели резервуара;
4. Поскольку карбонатный коллектор является очень сложным, зачастую характеризуется наличием трещин и каверн (нематричного компонента) необходимо приложить усилия для изучения свойств и закономерностей развития нематричных коллекторов
5. Обязательно построение геолого-гидродинамической модели двойной среды, для дифференцированной оценки матричных и нематричных фильтрационно-емкостных свойств коллектора;
6. Оценку геологических запасов целесообразно проводить дифференцировано для матричного и нематричного пространства;
7. Правильно построенная и адаптированная на историю разработки модель двойной среды позволяет понять динамические процессы, происходящие в резервуаре, корректно оценить возможные извлекаемые запасы и оптимизировать процессы разработки.

### **Список литературы**

1. V. Zhemchuzhnikov, A. Akhmetzhanov, K. Ibrashev and oth. The Geotectonic Peculiarities of the North Caspian Permian Salt-Bearing Basins (Kazakhstan). Almaty 2004.
2. Методика классификации запасов месторождений и прогнозных ресурсов, инструкций по подсчету запасов полезных ископаемых, в том числе относящихся к нетрадиционным углеводородам. Астана, 2023г.
3. Жемчугова В.А. Резервуарная седиментология карбонатных отложений. Москва, 2014 г.
4. Особенности геологического 3Д моделирования карбонатных и трещинных резервуаров. К.Е. Закревский, А.С. Кундин. Москва, 2016г.
5. Коллинз Дж. Ф., Бренкле П. Л. и др. Хроностратиграфия и секвентная стратиграфия, 2015 г.
6. Уилсон Дж.Л. Карбонатные фации в геологической истории. М. Недра, 1980 г.
7. Багринцева К.И. Условия формирования и свойства карбонатных коллекторов нефти и газа. Москва, 1999 г.

**И. И. Горячкин, Н. А. Нұғманова**

"ҚМГ Инжиниринг" ЖШС Атырау филиалы, Атырау қ., Қазақстан

### **СОЛТҮСТІК КАСПИЙ МАҢЫ КЕН ОРЫНДАРЫНЫҢ МЫСАЛЫНДА ҚОРЛАРДЫ БАҒАЛАУ КЕЗІНДЕ КАРБОНАТТЫ КОЛЛЕКТОРЛАРДЫҢ КОЛЛЕКТОРЛЫҚ ҚАСИЕТТЕРІН ДАМУҒА ЕРЕКШЕЛІКТЕРІН ЗЕРТТЕУ (ҚАШАҒАН-ТЕҢІЗ АУДАНЫ)**

**Аннотация.** Бұл мақалада солтүстік Каспий маңы мысалында көмірсутектердің карбонатты кен орындарының геологиялық құрылымының ерекшеліктері келтірілген. Карбонатты резервуарлардың терригеннен айрықша сипаттамалары, литологиялық, фациялық ерекшеліктері,

матрицалық емес компоненттері, олардың сүзу-сыйымдылық қасиеттеріне әсері келтірілген. Коллекторлық қасиеттерді бөлу және бағалау және карбонатты кен орындарын модельдеу ерекшеліктері атап өтілді.

**Түйінді сөздер:** резервуар, кен орны, карбонатты құрылыстар, карбонатты коллекторлар, шөгінділер, диагенез, фациялар, тұндыру моделі, Қос орта, модельдеу.

**I.I. Goryachkin, N.A. Nugmanova**

Atyrau Branch of KMG Engineering LLP, Atyrau, Kazakhstan

## STUDY OF THE DEVELOPMENT FEATURES OF RESERVOIR PROPERTIES OF CARBONATE RESERVOIRS WHEN ASSESSING RESERVES USING THE EXAMPLE OF FIELDS IN THE NORTHERN CASPIAN REGION (KASHAGAN-TENGIZ REGION)

**Abstract.** This article presents the features of geological structure of carbonate hydrocarbon deposits on the example of the Northern Caspian Sea. Distinctive characteristics of carbonate reservoirs from terrigenous ones, lithologic, facies features, non-matrix components, their influence on filtration-capacity properties are given. Peculiarities of distribution and evaluation of reservoir properties and modeling of carbonate reservoirs are emphasized.

**Keywords:** reservoir, field, carbonate structures, carbonate reservoirs, sedimentation, diagenesis, facies, sedimentation model, dual medium, modeling.

МРНТИ 52.47.27

**Қ.А.Сәмен**

Атырауский университет нефти и газа им. С.Утебаева, Атырау, Казахстан

E-mail: kobylyan\_2002@bk.ru

## СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ МЕТОДОВ ПОВЫШЕНИЯ НЕФТЕОТДАЧИ ПЛАСТОВ ПУТЕМ ПОЛИМЕРНОГО ЗАВОДНЕНИЯ

**Аннотация.** Методы повышения нефтеотдачи пластов путем полимерного заводнения сейчас являются одними из самых распространенных. Поэтому этот метод необходимо постоянно совершенствовать. В данной статье описывается метод повышения нефтеотдачи путем полимерного заводнения, его эффективность, основы технологии полимерного заводнения.

**Ключевые слова:** добыча нефти, полимерного заводнение, методы увеличения нефтеотдачи, снижение уровня обводненности, продление срока жизни месторождения.

### Необходимость увеличения добычи нефти

Мировой спрос на энергию растет в связи с развитием промышленности и жизни людей. В настоящее время ископаемые виды топлива, особенно нефть и газ, играют важную роль в обеспечении энергией по сравнению с другими методами производства энергии, такими как солнечная, ветряная и т.д. [1]. Чтобы удовлетворить мировой спрос на энергоносители, необходимо увеличить запасы нефти и возможности ее добычи. Как показано на рис. 1, ежегодный спрос на нефть растет, поэтому нефтедобывающие страны должны увеличить добычу нефти [2]. Увеличение добычи нефти и газа может быть достигнуто за счет разработки зрелых коллекторов или открытия новых залежей [3]. Перепад давления между пластом и добывающей скважиной подтягивает нефть к добывающей скважине, и это называется первичной добычей [4]. После этой стадии в пласт закачивают газ или воду для поддержания пластового давления. Эта стадия называется вторичной добычей. После первичной и вторичной стадий добычи нефти продолжение добычи нефти становится невозможным по экономическим соображениям [5]. Увеличение обводненности и газойлевого коэффициента приводит к дорогостоящей добыче жидкости из пласта из-за необходимости увеличения

наземного оборудования для отделения нефти от газа и воды. Поэтому необходимо изменить план добычи. После завершения этих этапов есть два варианта: остановка скважины и применение новых методов добычи.

Количество остаточной нефти, остающейся в пластах после вторичной добычи нефти, является значительным. Поэтому во многих случаях ликвидация скважины - не лучший выбор. Некоторые методы могут помочь извлечь остаточную нефть из пласта после вторичных стадий добычи [6]. Хотя эти третичные методы являются дорогостоящими и не всегда эффективными в эксплуатации, исследователи уделяют особое внимание увеличению добычи нефти с помощью этих методов, но третичная добыча все еще может быть экономически выгодной, если цена на нефть и спрос на нее достаточно высоки. Эти методы называются "повышение нефтеотдачи пластов" (EOR). Эта стадия называется третичным восстановлением [8].

### Эффективность метода полимерного заводнения

Как правило, процессы EOR подразделяются на четыре основные группы: химическое заводнение, термическое, смешивающееся заводнение и микробиологическое [9]. Химическое повышение нефтеотдачи пластов (CEOR) - один из важных методов повышения эффективности добычи, который применяется на некоторых нефтяных месторождениях. Исследования, связанные с повышением эффективности, показывают, что 11% проектов по повышению эффективности во всем мире приходится на CEOR. Более 77% этих методов - заливка полимерами и 23% - использование полимеров в сочетании с поверхностно-активными веществами [10]. Этот метод может включать полимеризацию, глубокую модификацию профиля пласта с использованием полимера, поверхностно-активного вещества, щелочи, эмульсии или их смеси [11]. Одним из первых способов повышения нефтеотдачи пластов является заводнение, при котором в нагнетательную скважину закачивается вода, чтобы подтолкнуть нефть к добывающей скважине [12]. Однако нефть и вода являются несмешивающимися жидкостями, что означает, что они не смешиваются. Это означает, что нефть и вода не могут вытеснить друг друга в нефтяном резервуаре. Из-за низкой вязкости воды и высокой неоднородности пласта возникают явления перекачивания, и закачиваемая вода поступает в добывающую скважину, однако в пласте остается некоторое количество нефти [13].

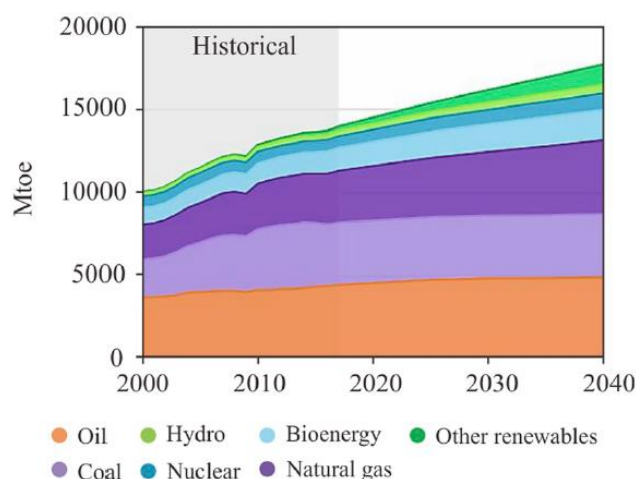


Рисунок 1. Мировой спрос на сырую нефть

Добавление водорастворимых полимеров увеличит вязкость воды, следовательно, улучшит контроль подвижности и в то же время может снизить относительную проницаемость воды по сравнению с нефтью. Полимерного заводнение используется в промышленности уже более 50 лет [14]. Обычно водорастворимые полимеры подразделяются на две группы: синтетические и биополимерные [15]. Гидролизированный полиакриламид (НРАМ) –

популярный синтетический полимер, используемый в большинстве процессов полимеризации в полевых условиях и в экспериментах [16]. Ксантан - это неионный биополимер, который используется в таких областях нефтяной промышленности, как полимерное заводнение и производство буровых растворов [17]. Заводнение полимером имеет ряд преимуществ, включая улучшение подвижности закачиваемой жидкости, повышение эффективности вертикальной и площадной зачистки, меньший расход воды по сравнению с заводнением водой и низкую стоимость по сравнению с другими методами повышения эффективности [13,18]. Основываясь на этих преимуществах, настоящее исследование сосредоточено на заливке полимеров. Многолетнее заводнение водой приводит к достижению так называемого плато добычи (пика, максимального производства нефти) и в то же время к достаточно высокому уровню обводнения в добывающих скважинах. Следовательно, применение специального химического состава для заводнения должно привести к изменениям, которые позволят добывающей компании принять обоснованное решение; продолжать или прекратить применение выбранной технологии. Если же применять МУН с самого начала разработки месторождения, все эти аспекты должны быть полностью переосмыслены. Например, закачка вязкого раствора полимера после длительного заводнения водой должна привести к снижению уровня обводненности и увеличению нефтесодержащей части – с ростом снижавшейся до этого кривой нефтяной добычи, свидетельствующим об эффективности процесса, в том числе экономической (рис. 2.) Если же полимер закачивается сразу после получения «первой нефти», определение успешности применения технологии меняется. Далее рассмотрим данный аспект при определении критериев успеха с целью помочь управлять успешным проектом закачки.

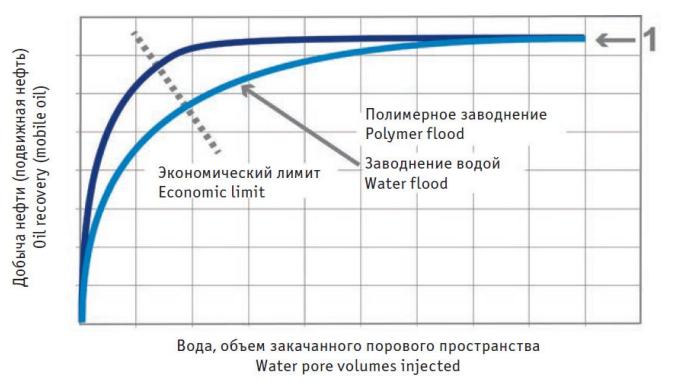


Рисунок 2. Сравнение результатов полимерного и водного заводнения

### Концепция и основы технологии полимерного заводнения

Как правило, полимерное заводнение выполняется в двух случаях:

- если отношение подвижности воды и нефти в процессе заводнения водой неблагоприятное. При этом непрерывная закачка полимера может улучшить коэффициент охвата;
- если пласт, даже при благоприятном отношении подвижности воды и нефти, имеет некоторую степень неоднородности. В таком случае закачка полимера может помочь извлечь нефть из низкопроницаемых пропластков.

В первом случае имеется неэффективное вытеснение, способствующее раннему прорыву воды (языки обводнения) с последующим длительным периодом двухфазной добычи с увеличивающимся обводнением.

На второй случай часто не обращают внимания. Выходит, что даже при отношении подвижности  $<1$  наличие высокопроницаемых каналов либо крупных наслоений, а также неоднородностей может сильно ухудшить площадной и вертикальный коэффициенты охвата во время закачки воды.

### Характеристики пласта

Что касается геологических и физико – химических условий для применения метода полимерного заводнения, можно отметить, что диапазон условий применения полимерного

заводнения за последние годы значительно расширился. На сегодняшний день полимерное заводнение можно использовать даже на месторождениях, где ранее эту технологию МУН применить было невозможно. Ряд разработок в области нефтехимии позволил создать полимеры, более устойчивые к температурному воздействию, минерализации и коэффициенту сдвига. Кроме того, были разработаны специальные защитные добавки, повышающие устойчивость полимеров в жестких средах. К тому же новые разработки в области оборудования, спроектированного специально для полимерного заводнения с учетом особенностей процесса закачки, увеличивают общую эффективность закачки полимерных растворов и сводят к минимуму риски деградации до попадания в пласт.

### **Выбор полимера**

Первый шаг, предваряющий любое лабораторное исследование, - определение целевого уровня вязкости жидкости, которая должна быть закачана в пласт. После этого осуществляется выбор наиболее подходящего полимера с учетом трех главных параметров:

- температуры пласта;
- минерализации закачиваемой воды;
- проницаемости пласта.

Дополнительно можно провести сравнение нескольких типов полимеров для выбора варианта, оптимального с экономической и практической точек зрения, т.е. обеспечивающего наивысшую вязкость при заданной дозировке.

### **Выводы и перспективы**

Для ускорения коммерческого развертывания проекта необходимо найти баланс между лабораторными исследованиями и результатами пилотного проекта путем выбора наиболее подходящего полимера и параметров закачки и прогнозирования некоторых результатов внедрения технологии на месторождении. Этот подход успешно реализован в России и в Казахстане на достаточно сложных месторождениях, на которых технология полимерного заводнения уже позволила повысить уровень добычи нефти и открыть новые перспективы для увеличения КИН.

**Қ.Сәмен**

С.Өтебаев атындағы Атырау мұнай және газ университеті

## **ПОЛИМЕРЛІ СУ АЙДАУ АРҚЫЛЫ ҚАБАТТАРДЫҢ МҰНАЙ БЕРГІШТІГІН АРТТЫРУ ӘДІСТЕРІН ЖЕТІЛДІРУ**

**Аңдатпа.** Полимерлі су айдау арқылы мұнай өндіруді арттыру әдістері қазір ең кең таралған әдістердің бірі болып табылады. Сондықтан бұл әдісті үнемі жетілдіріп отыру керек. Бұл мақалада полимерлі су айдау арқылы мұнай өндіруді арттыру әдісі, оның тиімділігі, полимерлі су айдау технологиясының негіздері сипатталған.

**Түйінді сөздер:** мұнай өндіру, полимерлі су басу, мұнай беруді ұлғайту әдістері, сулану деңгейін төмендету, кен орнының қызмет ету мерзімін ұзарту.

**K.Samen**

Atyrau University oil and gas named after S.Utebaev, Atyrau, Kazakhstan

## **IMPROVEMENT OF METHODS FOR INCREASING OIL RECOVERY BY POLYMER FLOODING**

**Abstract.** Methods of increasing oil recovery by polymer flooding are now among the most common. Therefore, this method needs to be constantly improved. This article describes a method for increasing oil recovery by polymer flooding, its effectiveness, and the basics of polymer flooding technology.

**Keywords:** oil production, polymer flooding, methods of increasing oil recovery, reducing

the level of waterlogging, prolonging the life of the field.

### Список литературы

1. M. Khayet, Solar desalination by membrane distillation: dispersion in energy consumption analysis and water production costs (a review), *Desalination* 308 (2013) 89–101.
2. Chien-Chiang Lee, Energy consumption and GDP in developing countries: a cointegrated panel analysis, *Energy Econ.* 27 (3) (2005) 415–427.
3. Firozjaili Ali Mohsenatabar, Majid Akbari, Ghassem Zargar, Sensitivity analysis and optimization on effective parameters during chemical enhanced oil recovery (CEOR) using experimental design and numerical simulation, *Energy Sources, Part A Recovery, Util. Environ. Eff.* 1–15 (2018) November <https://doi.org/10.1080/15567036.2018.1549164>.
4. William Lyons, *Working Guide to Reservoir Engineering*, Gulf professional publishing, 2009.
5. Larry W. Lake, William R Rossen Russell T Johns, Gary A. Pope, *Fundamentals of Enhanced Oil Recovery*, (2014).
6. Marie Planckaert, Oil reservoirs and oil production, *Petroleum Microbiology*, vols. 3–19, American Society of Microbiology, 2005.
7. Hernandez de Leon Ismael Bento, Rosângela Barros Zanoni Lopes Moreno, Evaluation of heavy oil recovery factor by water flooding and polymer flooding at different temperatures, *SPE Latin America and Caribbean Heavy and Extra Heavy Oil Conference*, Society of Petroleum Engineers, Lima, Peru, 2016, <https://doi.org/10.2118/181193-MS>.
8. Don W. Green, G Paul Willhite, “Enhanced Oil Recovery; Henry L. Doherty Memorial Fund of AIME, Society of Petroleum Engineers, 1998.
9. Ronald E. Terry, Enhanced oil recovery, *Encycl. Phys. Sci. Technol.* 18 (2001) 503–518.
10. Sandeep Rellegadla, Ganshyam Prajapat, Akhil Agrawal, Polymers for enhanced oil recovery: fundamentals and selection criteria, *Appl. Microbiol. Biotechnol.* 101 (11) (2017) 4387–4402.
11. James Sheng, *Modern Chemical Enhanced Oil Recovery: Theory and Practice*, Gulf Professional Publishing, 2010.
12. G.Q. Tang, Norman R. Morrow, Salinity, temperature, oil composition, and oil recovery by waterflooding, *SPE Reserv. Eng.* 12 (04) (1997) 269–276.
13. Riley B. Needham, Peter H. Doe, Polymer flooding review, *J. Pet. Technol.* 39 (12) (1987) 1–503.
14. Harry L. Chang, Polymer flooding technology yesterday, today, and tomorrow, *J. Pet. Technol.* 30 (08) (1978) 1–113.
15. James J. Sheng, Bernd Leonhardt, Nasser Azri, Status of polymer-flooding technology, *J. Can. Pet. Technol.* 54 (02) (2015) 116–126.
16. Randall Seright, Potential for polymer flooding reservoirs with viscous oils, *SPE Reserve. Eval. Eng.* 13 (04) (2010) 730–740.
17. Shu, Paul. 1988. “Amino resin modified xanthan polymer gels for permeability profile control.” Google Patents .
18. A.Z. Abidin, T. Puspasari, W.A. Nugroho, Polymers for enhanced oil recovery technology, *Procedia Chem.* 4 (2012) 11–16.

Р.Т. Сулейменова, М.Ф.Турдиев, А.Е. Шамшенова, А.Б. Итенов,  
А.С. Мухси

С.Өтебаев атындағы Атырау мұнай және газ университетіні, Самарканд мемлекеттік  
университеті

## БАТЫС ҚАЗАҚСТАН КЕНОРЫНДАРЫНДА ҚАБАТТАРДЫҢ МҰНАЙ БЕРГІШТІГІН АРТТЫРУ МАҚСАТЫНДА БУ МЕН СУДЫ КЕЗЕКПЕН АЙДАУДЫ ЖҮРГІЗУ ЖӘНЕ ОНЫҢ ТЕХНОЛОГИЯСЫ

**Андатпа.** Бұл мақалада балама инъекция технологиясы қарастырылады. Бұл технологияның мәні мынада: буды айдау кезінде қабат 2-4 ай бойы қызады, бұл тұтқырлықтың төмендеуіне және мұнайдың қозғалысының жоғарылауына әкеледі. X кен орнының Батыс учаскесінің 3-ші объектісінде бу мен суды кезектесіп айдау технологиясын тәжірибелік сынақтан өткізу.

Термиялық буды өңдеу қабатқа қаныққан буды айдау арқылы ұңғымалардың түп аймағын мезгіл-мезгіл қыздыруды қамтиды. Бұл жағдайда ұңғыма тоқтатылады, ұңғыманың сорғы жабдығы алынып тасталады және 10-20 м радиусы бар бу аймағы пайда болатындай етіп өнімді қабатқа бу айдалады, жабылып, 2-3 күн сақталады. Бұл кезеңде қысым мен температураның қайта бөлінуі, сондай-ақ резервуардың әсер етпеген аймақтарында ыстық конденсатпен капиллярлық сіңіру бар деп саналады.

**Кілт сөздер:** Кенорын, қабат қысымы, мұнай-су байланысы, мұнай бергіштік, бу термиялық технологиялар.

**Кіріспе.** Термиялық бумен өңдеу үшін қабат жағдайында тұтқырлығы 50 мПа с жоғары мұнайы бар тереңдігі 1000 м-ге дейінгі кен орындары қолайлы. Бұл жағдайда қабат жағдайындағы және ағымдағы қабат қысымына сәйкес қаныққан бу температурасы кезінде тұтқырлықтардың қатынасы кемінде 2-3 болуы керек. Егер кен орындарындағы мұнай тұтқырлығы төмен болса, онда ол парафинді (4%-дан жоғары), ал қабат температурасы парафиннің кристалдануы басталатын температурадан төмен болуы керек. Оның үстіне ұңғыма маңындағы аймақтағы парафинді-шайырлы шөгінділердің радиусы 1,0 м-ден асса, парафинді-шайырлы шөгінділердің радиусы 1 м-ден аз болса, онда электротермиялық өңдеуді қолдану тиімдірек [1-3].

Өңдеуден кейінгі ұңғыманың орташа дебиті  $q_{cp}$  мына формула бойынша анықталады

$$q_{cp} = \frac{\left(\frac{k_e}{k_a} \ln \frac{r_a}{r_c} + \ln \frac{r_e}{r_a}\right) (r_0 - r_c) q_0}{\left(1 - \frac{k_e}{k_a}\right) (r_0 \ln r_0 - r_0 - r_c \ln r_c) + (r_0 - r_c) \left(\ln \frac{r_e}{r_a r_c} + \frac{k_e}{k_a} \ln r_a\right)}$$

Мұнда  $k_e$  және  $k_a$  – тиісінше, қоршаған қабаттың мұнай өткізгіштігі және D-дегі өткізгіштігі төмендеген аймақ;  $r_e r_0 r_c r_a$  – сәйкесінше дренаж, қыздырылған аймақ, мұнай өткізгіштігі төмендеген аймақ және ұңғымалардың радиустары, м-мен;  $q_0$  – өңдеуге дейінгі ұңғыманың дебиті м<sup>3</sup>/сағ [3-5].

Өңдеу нәтижесінде сұйықтықтың орташа шығыны мына формула бойынша анықталады

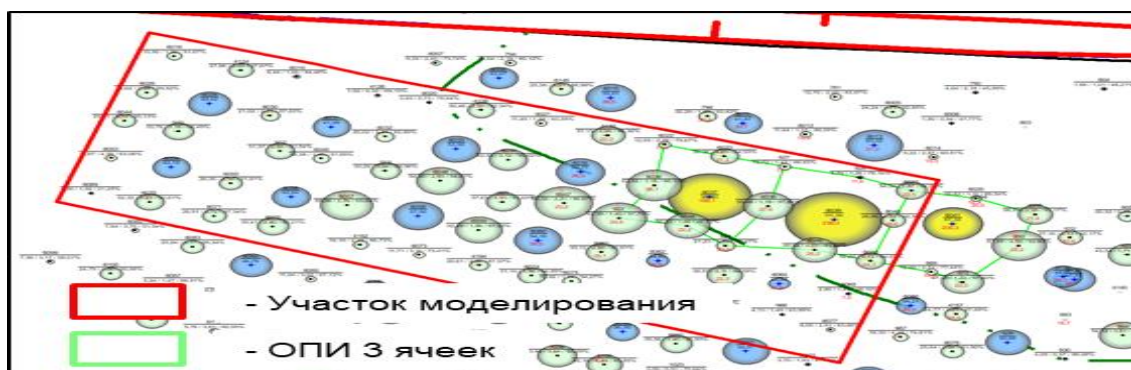
$$q_{cp} = \frac{\left(\frac{k_e}{k_a} \ln \frac{r_a}{r_e} + \ln \frac{r_e}{r_a}\right) q_0}{\frac{\mu_0}{\mu_e} \ln \frac{r_0}{r_e} + \frac{k_e}{k_a} \ln \frac{r_a}{r_0} + \ln \frac{r_e}{r_a}}$$

Мұнда  $\mu_e \mu_0$  – мұнайдың қабат жағдайындағы және қыздырылған аймақтағы орташа температурадағы динамикалық тұтқырлығы, мПа с.

Бу-термиялық өңдеуді жобалау кезіндегі негізгі көрсеткіштер: айдау жылдамдығы,

айдау ұзақтығы, дебиттің өсу қарқыны және дебиттің жоғарылау кезінде ұңғыманың жұмыс істеу ұзақтығы [4].

**Зерттеу.** №3 нысанның батыс бөлігінде тәжірибелік-өндірістік (ПИ) рұқсат етілген аумақта 53 өндіру және 12 айдау ұңғылары бар (1-сурет).



1 сурет. Ағымдағы үлгілердің картасындағы модельдеу аймағы, 3-объектінің батыс бөлігі

Батыс учаскесінің үшінші учаскесінде пилоттық жобаны жобалау кезінде АР 2019 шеңберінде учаскенің жасалған жылу композиттік гидродинамикалық моделі негізінде бағалау жұмыстары жүргізілді. Есептеу сектордың гидродинамикалық моделі үшін болжамның 13 нұсқасын қолдану арқылы жүргізілді. Опциялардың ең үлкен техникалық және экономикалық тиімділігі ауыспалы бу және су айдау (ASIW) 6-нұсқаны көрсетті - сатылы бу және сумен жабдықтау жүйесі, әрбір агенттің беру мерзімі 3-3 сағат, бу беру көлемі 3 сорғы үшін 22 тонна/сағ. ұңғымалар, су айдау көлемі 3 сорғы үшін бу көлемінің 100% құрайды. ұңғымалар (1 кесте).

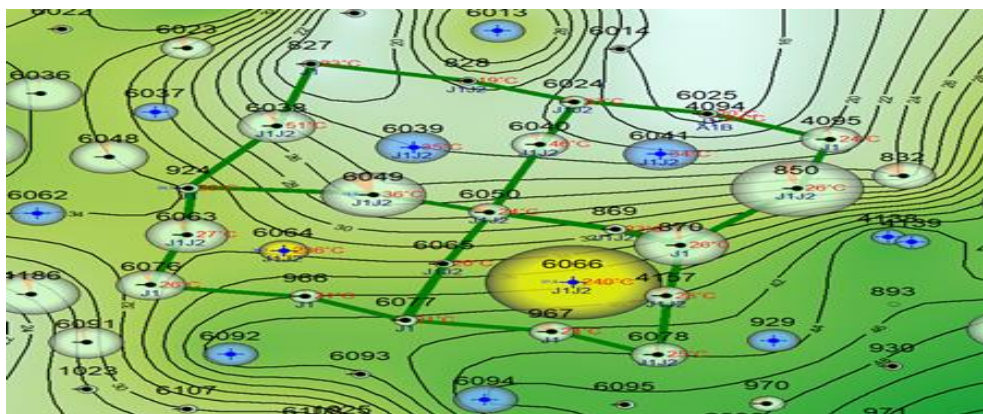
1-кесте. Секторлы гидродинамикалық модельдің болжамды нұсқалары

| Параметрлер | Жүктеп салу жүйесі | Жүктеп салу кезеңдері | Бу айдау көлемі | Бу генераторлары | Жалпақтардың саны жақсы | Су айдау көлемі | Мұнай алу коэффициенті, % |
|-------------|--------------------|-----------------------|-----------------|------------------|-------------------------|-----------------|---------------------------|
| 1           | Негіз              |                       |                 |                  |                         |                 | 18.6                      |
| 2           | Шахмат             | 3/3                   | 11 т/сағ        | 3                | 2                       | 100%            | 23.3                      |
| 3           | Шахмат             | 3/3                   | 11 т/сағ        | 3                | 2                       | 60%             | 23                        |
| 4           | Шахмат             | 3/3                   | 11 т/сағ        | 2                | 3                       | 100%            | 21.5                      |
| 5           | Шахмат             | 3/3                   | 11 т/сағ        | 2                | 3                       | 60%             | 21.1                      |
| 6           | Шахмат             | 3/3                   | 22 т/сағ        | 2                | 3                       | 100%            | 26.2                      |
| 7           | Шахмат             | 3/3                   | 22 т/сағ        | 2                | 3                       | 60%             | 25.5                      |
| 8           | Кезекте            | 3/3                   | 11 т/сағ        | 3                | 2                       | 100%            | 23.3                      |
| 9           | Кезекте            | 3/3                   | 11 т/сағ        | 3                | 2                       | 60%             | 22.9                      |
| 10          | L-тәрізді          | 3/3                   | 11 т/сағ        | 2                | 3                       | 100%            | 21.5                      |
| 11          | L-тәрізді          | 3/3                   | 11 т/сағ        | 2                | 3                       | 60%             | 21                        |
| 12          | L-тәрізді          | 3/3                   | 22 т/сағ        | 2                | 3                       | 100%            | 26.1                      |
| 13          | L-тәрізді          | 3/3                   | 22 т/сағ        | 2                | 3                       | 60%             | 25.6                      |

**ОПИ учаскесіндегі қазіргі даму жағдайы.** Нысанның 3-батыс учаскесінің ауыспалы бу және су айдау технологиясын тәжірибелік сынақтан өткізу 2019 жылдың маусым айында 6 ұяшықта басталды – 6037, 6039, 6041 ұңғымаларға бу айдау, 6062, 6064, 606 ұңғымаларға су айдау. (2 сурет). Бұл бөлімде өнімділігі бу үшін 11 т/сағ MPGU-4 бу генераторы қызмет көрсетеді.

Бу көлеміне шектеу қойылуына байланысты жұмыс алаңын 6037 және 6062 ұңғыма ұяшықтарынан басқа 4 ұяшыққа реттеу туралы шешім қабылданды. 2019 жылдың қыркүйегінен бастап 6037 ұяшыққа бу инъекциясы тоқтатылды, осылайша көршілес екі ұяшыққа инъекция ұлғайды, өйткені үш ұяшықтың барлық әрекеттесетін өндіру ұңғымаларында температура мен динамикалық деңгейде реакция байқалмады. Осылайша, 2019 жылдың қазан айынан бастап ОРІ-ға 4 ұяшық қатысуда:

- 4 айдау ұңғымасы (сызба бойынша: 2-де - бу айдау, 2-де - су айдау)
- 21 өндіру (реактивті) ұңғыма



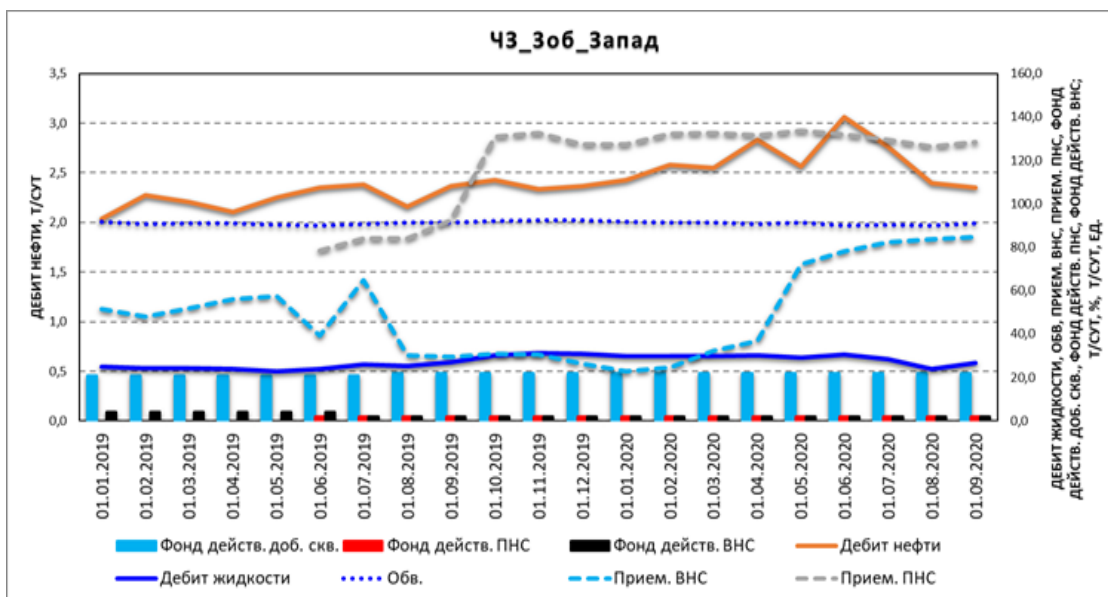
1 сурет. ОПИ ЧЗ ағымдағы бөлімі, 3-объект Батыс бөлімі

2 кестеде MPGU-4 қызмет көрсететін ұяшықтар, инъекциялық режимге енгізілген кезеңдері және бу мен су астында жұмыс істеген күндер саны (көк түс – су, қоңыр түс – бу) көрсетілген.

2-кесте. Бу мен суды айдау циклдарының саны мен ұзақтығы

| Дата       | МПУ-4 |      |      |      |      |      |      |      |
|------------|-------|------|------|------|------|------|------|------|
|            | 6039  |      | 6041 |      | 6064 |      | 6066 |      |
|            | Пар   | Вода | Пар  | Вода | Пар  | Вода | Пар  | Вода |
| 01.06.2019 | 51    | 8    | 42   | 18   |      | 60   |      | 60   |
| 01.07.2019 | 62    |      | 62   |      |      | 62   |      | 62   |
| 01.08.2019 | 62    |      | 62   |      |      | 60   |      | 62   |
| 01.09.2019 | 60    |      | 60   |      |      | 60   |      | 60   |
| 01.10.2019 | 62    |      | 62   |      |      | 62   |      | 62   |
| 01.11.2019 | 60    |      | 60   |      |      | 60   |      | 60   |
| 01.12.2019 | 55    |      | 62   |      |      | 62   |      | 62   |
| 01.01.2020 | 60    |      | 62   |      |      | 62   |      | 62   |
| 01.02.2020 | 58    |      | 58   |      |      | 58   |      | 58   |
| 01.03.2020 | 62    |      | 62   |      |      | 62   |      | 62   |
| 01.04.2020 | 60    |      | 59   |      |      | 45   |      | 45   |
| 01.05.2020 |       | 61   |      | 61   | 61   |      | 61   |      |
| 01.06.2020 |       | 60   |      | 60   | 58   |      | 58   |      |
| 01.07.2020 |       | 62   |      | 62   | 1    |      | 1    |      |
| 01.08.2020 |       | 62   |      | 62   | 41   |      | 51   |      |
| 01.09.2020 |       | 60   |      | 60   | 60   |      | 60   |      |

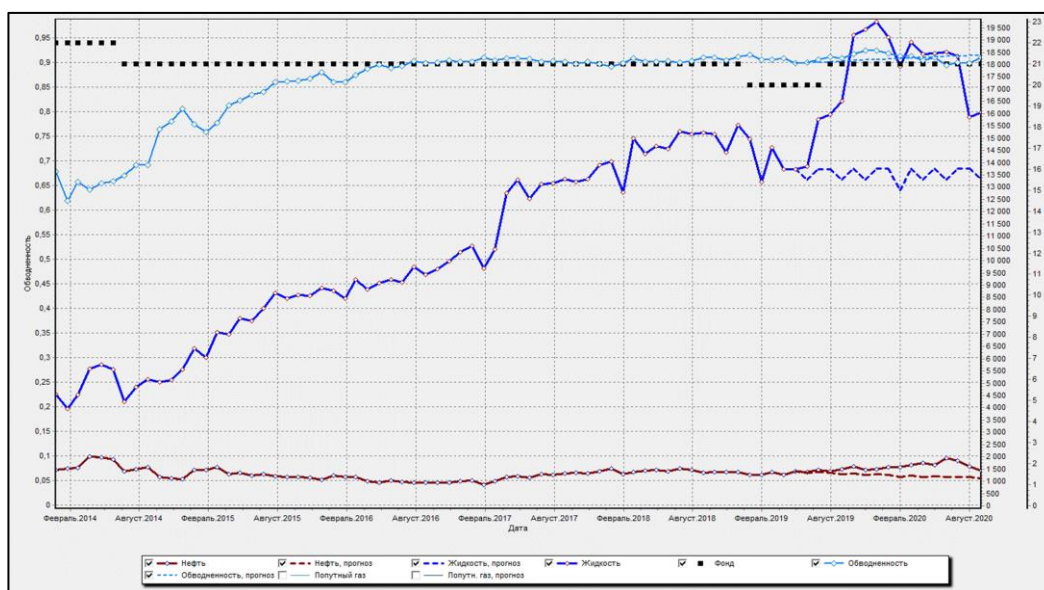
Мониторинг шеңберінде VNF ығысуының сипаттамалары негізінде тәжірибелік учаскедегі бу мен судың технологиялық тиімділігіне баға берілді (3 сурет).



2 сурет. ЧЗ учаскесіндегі технологиялық көрсеткіштердің динамикасы

Графиктерден көрініп тұрғандай, ЧЗ учаскесінде ұңғыманың жұмыс жағдайын оңтайландыру есебінен сұйық дебитінің жоғарылауы және мұнай дебитінің біршама жоғарылауы байқалады. 6039 ұяшықта буды айдау үшін өтемақы - 50-55%, 6041 ұяшықта - 25-30%, сонымен қатар, бірінші бу-су айдау циклі 9 айға созылды. Пилоттық жобаны жүзеге асыру кезеңінде айналадағы жалғамалардың сағасында температураның шамалы көтерілуі байқалды. Ұңғымаларда терең температуралық өлшемдер жүргізілмеген.

Тәжірибе алаңындағы бу мен судың технологиялық тиімділігіне, VNF ығысуының сипаттамаларына негізделген бағалау жүргізілді. Бұл негізгі нұсқаға қатысты ЧЗ технологиялық тиімділігін көрсетті, қосымша. 1,5 жылдан астам пайдаланылған өнім 5,5 мың тоннадан астамды құрады.

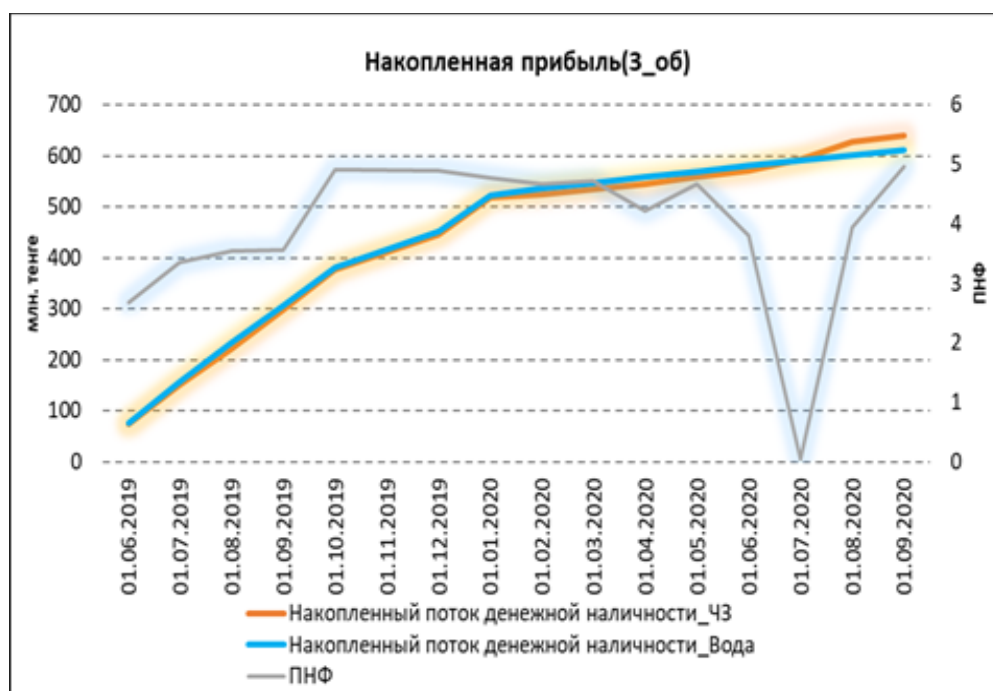


3 сурет. Нақты және болжамды деңгейлердің динамикасы

Кәдімгі суландырудың негізгі нұсқасымен ауыспалы айдау (бу-су) алаңды игерудің экономикалық тиімділігін салыстырмалы бағалау (3-кесте) ЧЗ-мен нұсқаның айтарлықтай артықшылығын көрсетпеді.

3-кесте. Нұсқалар бойынша салыстыру кестесі

| № | Көрсеткіштердің атауы                                            | Өлшм бірлігі  | Нұсқалар                  |                         |
|---|------------------------------------------------------------------|---------------|---------------------------|-------------------------|
|   |                                                                  |               | Су айдау - 3 объект Батыс | ЧЗ - 3 объект Батыс     |
| 1 | Табысты кезең                                                    | жылдар        | 01.06.2019 - 09.01.2020   | 01.06.2019 - 09.01.2020 |
| 2 | Мұнай өндіру                                                     | мың тонна     | 20                        | 25                      |
| 3 | Пайдалы мұнай алу коэффициенті                                   | д.е.          | 0,000                     | 0,000                   |
| 4 | Өнімді өткізуден түскен табыс                                    | миллион теңге | 1 253                     | 1532                    |
| 5 | Пайдалану шығындары                                              | миллион теңге | 546                       | 803                     |
| 6 | Операциялық пайда (кіріс - операциялық шығындар)                 | миллион теңге | 707                       | 729                     |
| 7 | Қаржылық салымдар                                                | миллион теңге | 0                         | 0                       |
| 8 | Ақша ағындары (түсім – операциялық шығындар – қаржылық салымдар) | миллион теңге | 707                       | 729                     |

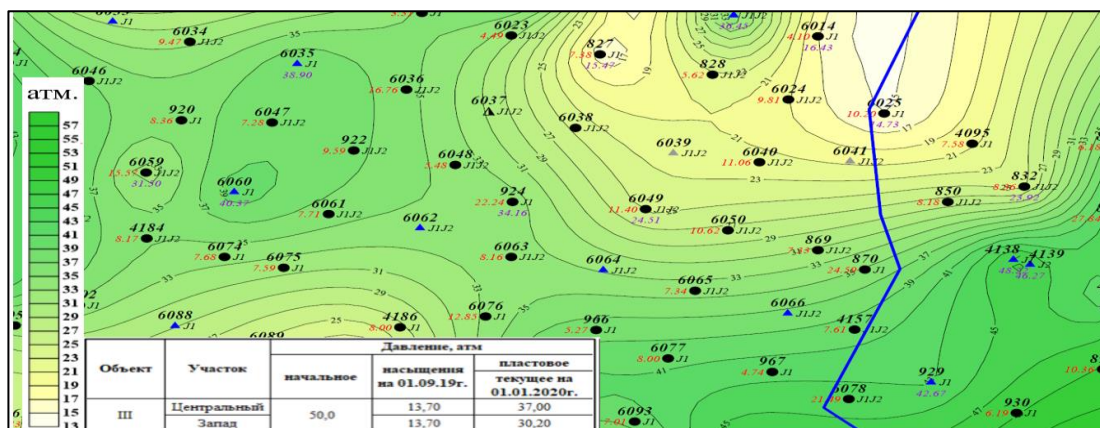


4 сурет. Жинақталған пайданың динамикасы

10.01.2020 ж. жағдай бойынша ЧЗ технологиясы салыстырмалы түрде тұрақты су айдаудың технологиялық әсерін көрсетеді, бірақ мұнай бағасының төмен болуына байланысты экономикалық тиімділік жоқ.

3 учаскедегі ЧЗ тиімділігінің төмен болуының себебі, батыс. Ауданның бастапқы қабат

қысымы 50 атм, ағымдағы қысым (01.01.2020 ж. жағдай бойынша) ОWC дейін төмендеген, 30,2 атм деңгейінде, қанығу қысымында - 13,7 атм. Ауданның орталық бөлігінде қабат қысымы төмендеген аймақ бар (6 сурет) айдау ұңғымаларында қысымды өлшеу жүргізілген жоқ.



5 сурет. ЧЗПВ учаскесінің изобар картасы, 3-объект Батыс бөлімі

Талдау нәтижелерінен көрініп тұрғандай, осы салада ЧЗПВ технологиясын қолданудың технологиялық әсері тиісті уақыт кезеңі үшін объектінің 1-бөліміндегіден айтарлықтай төмен, бұл былай түсіндіріледі: ЧЗПВ технологиясы мұнай қабатының жылу энергиясын жинақтау және беру қабілетімен анықталады, ал ПӘК оның температуралық өрісінің өзгеру сипатымен байланысты. Өрістің өзгеру сипаты көбінесе салқындатқыштың сипаттамаларымен анықталады. Салқындату сұйықтығы ретінде қаныққан буды сипаттайтын негізгі параметрлер мыналар болып табылады: ағыс жылдамдығы, қысым және құрғақтық, олар бірге будың жылу құрамын құрайды. Төменгі технологиялық әсер бұл жағдайда ЧЗПВ төмен жылу мөлшерімен түсіндіріледі бу, сондай-ақ ұңғымаларды каротаждық зерттеу нәтижелері бойынша барлық 3 айдау ұңғымаларында (6037, 6039, 6041) тек жоғарғы перфорацияланған аралықтардың жұмысында (2019 ж.) байқалды.

Осылайша, ZQ50-350/17-LM2C-II диафрагмалық шығын өлшегіштердің ОПИ талдау кезінде Қаражанбас кенорнындағы 1659, 4383, 5635 ұңғымаларында орнатылған, ұқсас бу сыйымдылығы (11 т/сағ) жылжымалы бу генераторы қызмет көрсететін нақты жұмыс жағдайында.) және салыстырмалы бу құбырларының ұзындықтары, будағы сұйық фазаның жоғары мөлшері - 70-80% анықталды, бұл бу құбырының ұзындығымен, 50%-ға дейін - бу генераторының паркі жасаған бастапқы қысыммен, жер бедерімен және қоршаған ортаның температурасымен бірге үлкен шығындарға әкеп соғады.



6 сурет. МПГУ ұңғыма сағасындағы қысым және инт. перфорация ПНС 6037, 6039, 6041

Бұрын айтылғандай, салқындатқыш ретінде қаныққан буды сипаттайтын негізгі параметрлер ағын, қысым және құрғақтық болып табылады. Бұл параметрлерді ұңғыма түбінде анықтау және олардың қабат арқылы сүзу процесінде өзгеруін болжау жылу буының әсер ету тиімділігін бағалау үшін қажет. Дегенмен, агентті қабатқа жібермес бұрын оны бу генераторынан ұңғыма түбіне жеткізу керек. Ол бу құбыры мен ұңғы оқпанымен қозғалған кезде будың жылу мөлшері, атап айтқанда бу қысымы өзгереді.

7 суретте қысымның айтарлықтай жоғалуы қай жерде болатынын көруге болады. Осылайша, бу генераторының шығысында қысым 44 атм, ұңғыма сағасына бу құбырының ұзындығы 6041 - 360 м, ұңғыма сағасындағы қысым 22 атм, ал жоғарғы перфорация аралықтарында қысым 20. атм, ауадағы қысым нүктесіне дейінгі тереңдік 400 м. Өз кезегінде, жер бетіндегі бу құбырындағы үлкен қысымды жоғалтулар перфорация аралықтарында будың қабатқа енуі үшін қажетті қысымның жасалмауына әкеледі. Бұл факторлар бу айдаудың төмен тиімділігіне әкеледі.

**Қорытындылар.** Кезең басынан бастап ұяшықтарда ұңғымаларды пайдалану жағдайларын оңтайландыру есебінен сұйық және мұнай өндірудің ұлғаюы байқалды. Технологияны қолданудың 1,5 жылындағы технологиялық эффект 5,5 мың тоннаны құрады, пилоттық жобаны жүзеге асыру кезеңінде айналадағы кеңейтулердің сағасында температураның шамалы көтерілуі байқалды. Ұңғымаларда терең температуралық өлшемдер жүргізілмеген. Ұңғымалар, а геофизикалық зерттеулер бойынша бу тек жоғарғы перфорация интервалына айдалады (және құрғақтығы төмен 6041 ұңғымада), конденсация төменгі интервалдар деңгейінде жүреді, ал ыстық су қабатқа енеді. Гидравликалық есептеулердің нәтижелері бойынша бу құрғақтығының негізгі жоғалтулары бу генераторынан ұңғыма сағасына дейінгі бу құбырларында болады. Бу генераторы жасаған бу қысымының 50% (44 атм) жер үсті бу құбырында жоғалады.

### Әдебиеттер тізімі

1. Imansakipova, Z.B., Buktukov, N.S., Imansakipova, B.B. PRESSURE DISTRIBUTION IN THE OIL RESERVOIR IN A TWO-DIMENSIONAL PLANE. *Naukovyi Visnyk Natsionalnoho Hirnychoho Universytetu*, 2023, (1), страницы 38–45
2. Bimagambetov, K.B., Logvinenko, A., Tuzelbayeva, S.R. EXPERIMENTAL STUDIES OF CHEMICAL AND TECHNOLOGICAL CHARACTERISTICS OF CROSS-LINKED POLYMER SYSTEMS APPLIED IN FLOW-DIVERSION TECHNOLOGIES. *News of the National Academy of Sciences of the Republic of Kazakhstan, Series of Geology and Technical Sciences* Эта ссылка отключена., 2021, 4(448), страницы 50–58
3. Buktukov, N., Mergenov, M. IMPROVEMENT of OIL FIELD DEVELOPMENT USING ENHANCED OIL RECOVERY METHODS. *Naukovyi Visnyk Natsionalnoho Hirnychoho Universytetu* Эта ссылка отключена., 2021, (6), страницы 23–28
4. Akhmetov, S.M., Suyungariyev, G.E. THE PROCESS of MONITORING the CURRENT CONDITION of OIL RECOVERY at the PRODUCTION FIELDS in WESTERN KAZAKHSTAN. *Journal of Applied Engineering Science* Эта ссылка отключена., 2021, 19(4), страницы 1099–1107
5. Akhmetov, N., Mardanova, L. Experimental support of field trial on the polymer flooding technology substantiation in the oil field of western Kazakhstan. *Periodico Tche Quimica*, 2020, 17(35), страницы 663–677.

**Annotation.** This article discusses the technology of sequential injection. The essence of this technology lies in the fact that during steam injection for 2-4 months, the reservoir warms up, which leads to a decrease in viscosity and an increase in oil mobility. Pilot tests of the technology of alternate injection of steam and water at the 3rd facility of the Western section of the X field.

Steam-thermal treatment consists in periodic heating of the bottom-hole zone of wells by injecting saturated steam into the formation. In this case, the well is stopped, the deep-pumping equipment is removed and steam is injected into the productive reservoir in such a way that a steam zone with a radius of 10-20 m is formed. After that, the well is usually sealed and maintained for 2-3 days. It is believed that during this period

there is a redistribution of pressure and temperature, as well as capillary impregnation of the uncovered sections of the collector with hot condensate.

**Keywords:** Field, reservoir pressure, oil-water contact, oil recovery, steam-thermal technologies.

МРНТИ 52.47.27

**Р.Т. Сулейменова, М.Ф.Турдиев, А.Е. Шамшенова, А.Б. Итенов,  
А.Куанышев**

С.Өтебаев атындағы Атырау мұнай және газ университеті, Самарканд мемлекеттік университеті

### **Х КЕНОРНЫНЫҢ ҰҢҒЫМАЛАРЫН БУ-ЦИКЛДІК ӨНДЕУ – ЖЫЛУЛЫҚ ӘДІСІНІҢ ТЕОРИЯЛЫҚ НЕГІЗДЕМЕСІ**

**Андатпа.** Белсенді кенорындарынан мұнай өндірудің жоғарылауы жаңа кенорындарының ашылуымен тең, бұл мәселе дүние жүзіндегі барлық мұнай өндіруші елдер үшін маңызды болып келеді.

Әрине, қабаттардың мұнайбергіштігін арттырудың барлық заманауи әдістерінің ішінде термиялық әдістер техникалық және технологиялық жағынан ең дайыны болып табылады. Олар тұтқырлығы 100 МПа-ға дейінгі мұнайды алуға мүмкіндік береді және сонымен бірге соңғы мұнайбергіштікті 30-50%-ға арттырады. Атап айтқанда, термиялық бу әдісі ТМД елдерінде де, одан тыс кенорындарында да кеңінен қолданылады.

Бұл мақаланың мақсаты – тұтқырлығы жоғары мұнай өндіру үшін ерекше өзекті болып табылатын ұңғымаларды бу-циклдік өндеу әдісін, нақты термиялық мұнай өндіру технологиясын таңдауды талдау және негіздеу.

**Кілт сөздер:** бумен өндеу, ұңғымалар, мұнайбергіштікті арттыру, өндіру, объект, кенорын.

Қазіргі таңда Қазақстанның мұнайлы кенорындарында мұнайбергіштікті арттыру әдістерінің ең тиімдісі ретінде бу-термиялық әсер ету әдісі кеңінен қолданылып келеді. Термиялық әдістерді қолдану арқылы мұнай өндірудің артуын анықтайтын негізгі факторларға мыналар жатады:

Тұтқырлығы жоғары мұнайдың маңызды ресурстарының болуы.

Мұнай кенорындарына әсер етудің жоғары тиімді технологияларын қолдану.

Қажетті жылу-энергетикалық жабдықтардың болуы.

Ұңғымалар мен жер бетіндегі ыстыққа төзімді жабдықты пайдалану.

Ұңғымалар ішіндегі процестерді тиімді бақылау және реттеу.

Термиялық мұнай өндіру әдістерінің кеңінен дамуы ғылыми-техникалық мәселелердің күрделі кешенін шешумен байланысты. Осы міндеттердің ішінде мыналарға ерекше назар аударылады:

Өртүрлі геологиялық және физикалық жағдайларда мұнай алу механизмдерін зерттеу.

Нақты кенорындарының геологиялық құрылымының ерекшеліктерін тиімді пайдалану мүмкіндіктерін анықтау.

Технологиялық процестерді жақсарту және 50-60% деңгейінде мұнай берудің жоғары көрсеткіштеріне қол жеткізу үшін термиялық және басқаларды қоса алғанда, мұнайбергіштікті арттырудың аралас әдістерін әзірлеу.

Парафинді кристалданудың басына жақын немесе одан төмен қабаттық температурада ауыр парафинді мұнайлары бар кен орындарын пайдалану кезінде 1,5 м-ге дейін, кейде 3 м-ге дейін радиуста ұңғылық аймақтардың мұнай өткізгіштігі нашарлайды. Бұл кеуекті арналар бетінде мұнайдың белсенді компоненттерінен (шайырлар, асфальтендер, органикалық қышқылдар) парафиндік шөгінділер мен полимолекулалық коллоидты адсорбциялық-

сольвационды қабаттардың пайда болуынан туындайды. Ұңғыма маңындағы аймақта мұнай өткізгіштігін нашарлататын бұрғылау және ұңғыманы аяқтағаннан кейін қалған шлам шөгінділері мен су бөгеттері де болуы мүмкін.

Түптік аймағының фильтрацияға төзімділігін төмендету үшін жылу эффектілері сәтті қолданылады. Қабатқа жылуды екі әдіспен енгізуге болады: 1) тау жыныстарының қаңқасы арқылы және ұңғымада орналасқан жылу көзінен қанықтыру сұйықтығы арқылы жылу беру (кондуктивті қыздыру әдісі) және 2) жылыту сұйықтарын қабатқа айдау есебінен қабат арқылы мәжбүрлі жылу мен салмақ алмасу (қаныққан немесе қатты қыздырылған бу, ыстық су және т.б.).

Әрбір әдістің резервуарға әсер ету механизмінде кейбір айырмашылықтар бар. Әдісті таңдау қолдану аймағының нақты геологиялық жағдайларымен анықталады. Түптік аймағын кондуктивті қыздыру әдісі жабық ұңғымада мерзімді түрде (ұңғымаларды мерзімді қыздыру әдісі) немесе жұмыс кезінде стационарлық (стационарлық ұңғыманы жылыту әдісі) жүзеге асырылуы мүмкін. Бұл әдістің негізгі артықшылығы - технологияның қарапайымдылығы және әдетте, төмен құны.

Басқа әдістерден айырмашылығы, ұңғыма түбіне бөтен заттар енгізілмейді, бұл қайтымсыз салдарға әкелуі мүмкін. Әдістің кемшіліктеріне аз уақыт ішінде қабатқа көп мөлшерде жылу енгізудің мүмкін еместігі жатады. Бұл тау жыныстарының тиімді жылу өткізгіштігінің төмен мәндеріне байланысты. Осыған байланысты, кондуктивті қыздыру кезінде жылытылатын аймақтың радиусы, әдетте, 1 м-ден аспайды.

Ұңғыманы жылытудың периодты әдісіндегі әсер ету механизмі келесі пайдалану кезінде қабаттан шығарылатын төменгі саңылау аймағында парафинді және асфальт-шайыр шөгінділерінің балқуына дейін төмендейді. Бұл жағдайда жұмыстың қайта басталуымен қабаттың қарқынды салқындауы орын алады және тау жыныстарының өткізгіштігін қалпына келтіру үшін бетті қайта өңдеу қажет.

Стационарлық қыздыру кезіндегі әсер ету механизмі жұмыс кезінде қабаттағы ұңғыманың айналасында радиусы 1 м-ге дейінгі сақиналы аймағының пайда болуымен байланысты, мұнда жеткілікті жоғары температура стационарлық сақталады. Бұл аймақта қабаттың жоғары мұнай өткізгіштігі жұмыс кезінде төмендемейді, ал мұнайдың тұтқырлығы айтарлықтай төмендейді.

Қабатқа жылутасығыштарды енгізу арқылы қабаттың ұңғыма маңындағы аймағын жылыту қабатқа тереңдете (20 м дейін) айтарлықтай қашықтықта жүзеге асырылуы мүмкін. Дегенмен, бұл әдіс, әдетте, өнімдегі судың айтарлықтай қысқаруына әкеледі. Сонымен қатар, ұңғыма маңындағы аймақта тұрақты эмульсиялардың, қабат ішіндегі су конустарының пайда болуы, борпылдақ қабаттың бұзылуы, егер бар болса, қабаттағы лиофильді саздардың ісінуі сияқты шамалы әсерлерді тудыруы мүмкін.

Жылутасығыш сұйықтарын айдау кезінде қабатқа әсер ету механизмі мұнайдың тұтқырлығына және қабаттың мұнай өткізгіштігіне әсер етеді. Бірақ бұл жағдайда мұнай тұтқырлығының төмендеуі тек температуралық фактормен ғана емес, сонымен қатар мұнайды ыстық конденсатпен сұйылту әсерінен де болады. Сонымен қатар, ұңғыма түбінің аймағын өңдеудің бұл әдісі парафинді-шайырлы шөгінділердің белсенді еруіне, шлам шөгінділерінің қопсытуына және су кедергілерін жоюға ықпал етеді. Осының нәтижесінде қабаттың мұнай өткізгіштігі қалпына келтіріліп қана қоймайды, көбінесе ұңғыманы пайдаланудың басындағыдан жоғары болады. Өңдеуден кейін кеуекті арналардың беті лиофобизацияланады (ыстық конденсат қабығымен жабылған), бұл коллектордағы жоғары температураның ұзақ сақталуымен бірге парафинді-шайырлы шөгінділердің қайта жиналу механизмін айтарлықтай баяулатады.

Әлемдегі мұнай өндірудің болашағын бағалай отырып, арзан және оңай өндірілетін мұнай дәуірі аяқталды деп айтуға болады. Дәстүрлі энергетикалық ресурстардың сарқылуы жағдайында ауыр мұнай мен газ гидраттары әлемдік экономикада маңызды бола түсуде. Олар Қазақстанда да ерекше маңызға ие, мұнда жеңіл мұнай кен орындары жартысынан астамы өндірілген, сонымен бірге жұмыс істеп тұрған және әлеуетті қайта өңдеушілер көп жағдайда

ресурстарға тікелей қол жеткізе алмайды. Ауыр мұнай мен табиғи битумдарды өндіруге арналған операциялық шығындар жеңіл мұнайды өндіруге кететін шығындардан 3-4 есе көп, бұл ауыр мұнайдың тығыздығы мен тұтқырлығының жоғарылауымен ғана емес, сонымен қатар оны өндіру мен өңдеу технологиясының дамымауымен де байланысты.

Қазақстанда ілеспе элементтердің үлкен концентрациясы бар тұтқырлығы жоғары мұнай кен орындарының (ВВН) болуы ұзақ уақыт бойы оның өзіндік құнының жоғары болуына байланысты мұнай шикізатының осы түрін өндіруді ұлғайтуға ықпал еткен жоқ. Сонымен қатар, тұтқырлығы жоғары мұнайдың химиялық қосылыстары мұнай өңдеудің технологиялық процестеріне теріс әсер етеді, мұнай өнімдерінің пайдалану сапасын төмендетеді, жабдықты коррозияға ұшыратады. Осыған байланысты ЖІӨ өндірудің өзіндік құнының төмендеуі жаңа инновациялық технологияларды, оны алу әдістерін енгізу қажеттілігін туғызады.

Кенбай кен орнының Шығыс Молдабек учаскесі 1999 жылы игерілді. Игеруде 10 өнімді қабат бар, оның 3 – і бор шөгінділерімен, 7-і Юра шөгінділерімен шектеседі. Барлық қабаттар 7 даму объектісіне біріктірілген. Кенорын бойынша негізгі өндіру юра шөгінділері бойынша объектілермен қамтамасыз етіледі (1.1-сурет). Ағымдағы жылдың басында таза бор шөгінділері бойынша өндіру барлық өндірістің ~16% құрайды, бұл ретте бор бойынша (І және ІІ объектілер) өндіру ұңғымаларының қолданыстағы қоры ~44% құрайды. Бор горизонттарының дамуы мұнайдың жоғары тұтқырлығына байланысты күрделі: оның горизонттардағы орташа мәні 200 сП-тан асады.

#### **Теориялық негіздемесі.**

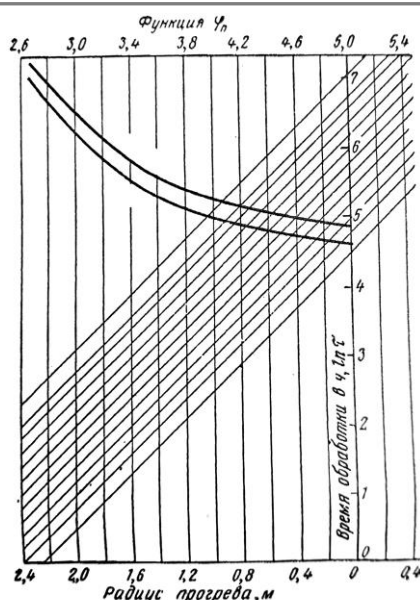
Өңдеу нәтижесінде сұйықтықтың орташа шығыны мына формула бойынша анықталады

$$q_{\text{ср}} = \frac{\left( \frac{k_e}{k_a} \ln \frac{r_a}{r_e} + \ln \frac{r_e}{r_a} \right) q_0}{\frac{\mu_0}{\mu_e} \ln \frac{r_0}{r_e} + \frac{k_e}{k_a} \ln \frac{r_a}{r_0} + \ln \frac{r_e}{r_a}}$$

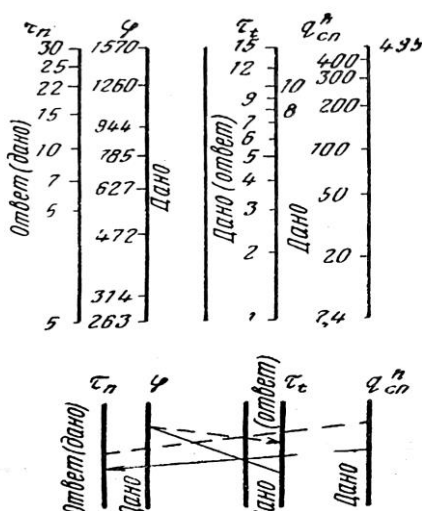
Мұнда  $\mu_e, \mu_0$  – қабат жағдайындағы және қыздырылған аймақтағы орташа температурадағы мұнайдың динамикалық тұтқырлығы, мПа·с.

Бу-термиялық өңдеуді жобалау кезіндегі негізгі көрсеткіштер: айдау жылдамдығы, айдау ұзақтығы, дебиттің өсу қарқыны және дебиттің жоғарылауы кезінде ұңғыманың жұмыс істеу ұзақтығы.

Айдау ұзақтығы және қыздырылған аймақтың радиусы, егер өнімді қабаттардың метріне құрғақ будың сызықтық шығыны және қабаттың меншікті энтальпиясын сипаттайтын коэффициент ( $\phi$ ) белгілі болса, номограммамен (1-сурет) анықталады. Номограмманы қолдану ережелері сол суретте көрсетілген диаграммамен түсіндіріледі.



1 сурет. Ұңғымаларды мерзімді электротермиялық өндеудің параметрлерін анықтауға арналған номограмма



2 сурет. Бу айдау ұзақтығын анықтауға арналған номограмма

Мұнда  $q_{СП}^h = \frac{q_{СП}}{h}$  - құрғақ будың сызықтық шығыны, кг/(сағ м);  $q_{СП}$  - құрғақ бу шығыны, кг/сағ;  $h$  - қабаттың қуаты;

$$\varphi = \pi \left[ m(1 - S_B) \rho_{НП} x_{П} + (1 - m) c_M \rho_M \frac{t_{П} - t_{ПЛ}}{i_{П}} + m S_B c_B \rho_B \frac{t_{П} - t_{ПЛ}}{i_{П}} \right]$$

$$\rho_{НП} = \frac{1}{\frac{x_{П}}{\rho_{СП}} + \frac{1 - x_{П}}{\rho_B}}$$

Мұндағы  $S_B$  - қабаттың сумен қанығуы, бірлік үлестерде;  $\rho_{НП}$  - дымқыл және қаныққан будың түбіндегі тығыздығы, кг/м<sup>3</sup>;  $m$  - бірлік бөліктерінде кеуектілікті қалыптастыру;  $x_{П}$  - бірлік фракцияларында төменгі жағындағы будың құрғақтығы;  $c_M, \rho_M$  - кДж/(кг·°С) және кг/м<sup>3</sup> бойынша қабат жынысының минералының жылу сыйымдылығы мен тығыздығы;  $i_{П}$  - кДж/кг-дағы буланудың жасырын жылуы;  $c_B, \rho_B$  - кДж/(кг·°С) және кг/м<sup>3</sup> бойынша төменгі бөлігіндегі конденсаттың меншікті жылу сыйымдылығы мен тығыздығы;  $t_{П}$  - төменгі жағындағы бу

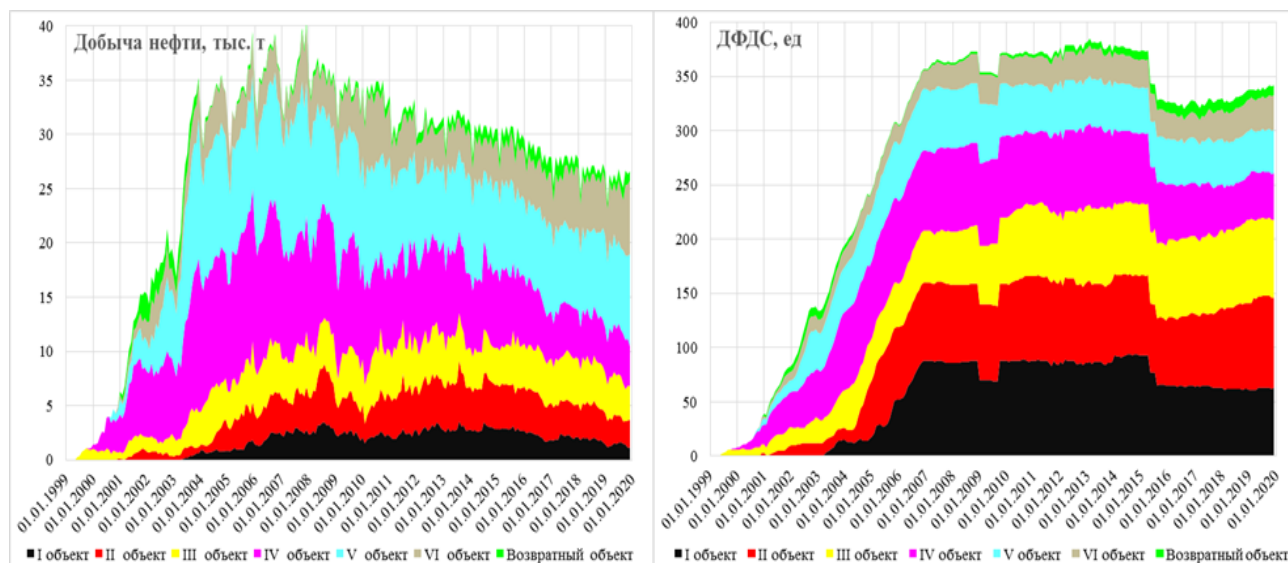
температурасы  $^{\circ}\text{C}$ ;  $t_{\text{пл}}$  – резервуар температурасы  $^{\circ}\text{C}$ .

Өңдеу нәтижесінде ұлғайған дебит кезінде ұңғыманың жұмыс істеу ұзақтығы мына формула бойынша анықталады

$$\tau_{\text{эф}} = \frac{\pi r_t^2 h C_{\text{п}}}{q_{\text{ср}} C_{\text{ж}}} \ln \frac{t_{\text{п}}}{60}$$

Мұндағы  $r_t$  – жылытылатын аймақтың радиусы,  $C_{\text{п}}; C_{\text{ж}}$  – сәйкесінше қабаттың және сұйықтықтың көлемдік жылу сыйымдылығы,  $\text{кДж}/(\text{м}^3 \cdot ^{\circ}\text{C})$ .  $q_{\text{ср}}$  мәні 2 суреттен анықталады.

**Зерттеу.** Бор бойынша қорлардың ағымдағы өндірісі өте төмен, ағымдағы игеру схемасы бойынша қалпына келтіру бастапқы өндірілетін қорлардың 5% -дан аспауы мүмкін, бұл максималды геологиялық және қалпына келтірілетін қорларға ие бор шөгінділері болып табылады. I объектінің мұнайды алудың бекітілген жобалық коэффициенті (бұдан әрі – КИН) 38% құрайды және термалды игеру әдістерін толық көлемде қолдануды көздейді (3 сурет).



3 сурет. Объект бойынша өндіру ұңғымаларының қоры және мұнай өндіру [1]

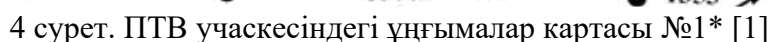
Термиялық даму технологиялары мұнай өндіруді қарқындату және қабаттардың мұнай өндірісін арттыру мақсатында қабатқа әсер етудің ең тиімді әдістерінің бірі болып табылады. Қазіргі уақытта әр түрлі әдістері жылу әсерінен негізделген айдау, ыстық су, бу немесе құру внутрипластового ошақтың жану кеңінен қолданыс тапты [1-4]. Техникалық мүмкін болатын ең жақсы салқындатқыш-бұл су буы. Осыған байланысты осы технологияны қолданудың тиімділігін арттыру тікелей практикалық маңызға ие.

Соңғы жылдары Қазақстан Республикасында және шетелде тұтқырлығы жоғары мұнай кен орындарын игеру саласында белгілі бір прогреске қол жеткізілді [5, 6]. Қазақстан үшін жетістіктердің бірі жылу әдістері технологиясын қолдану, атап айтқанда Кеңияқ және Қаражанбас кен орындарында су буын айдау болып табылады. Бұл кенорындарына сәйкес қабатқа жылу әсерін қолдану тәжірибесі қарастырылды.

ПТВ бірінші учаскесі сегіз айдау ұңғымасын қамтиды №№ 6001, 6002, 6003, 6006, 6008, 6009, Т-1249, Т-1251, барлық ұңғымалар III блокта орналасқан. Бұл учаскедегі жылу әсеріне қатысты іс-шаралар 2003 жылдан бастап жүргізілуде. есеп беру күні учаскеде барлығы 2284 мың тонна бу айдалды. Бұды өнімді қабаттарға айдау кезінде келесі шарттар сақталды:

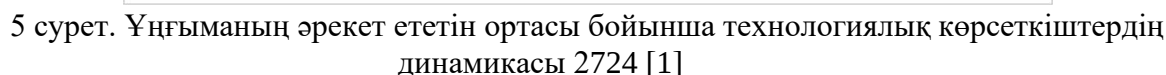
- \* бір айдау ұңғымасының қабылдау қабілеті-тәулігіне 65 тонна.
- \* сағадағы қысым-2.1 МПа
- \* сағадағы температура-213.3  $^{\circ}\text{C}$ ;
- \* құрғақ бу-78% [1].

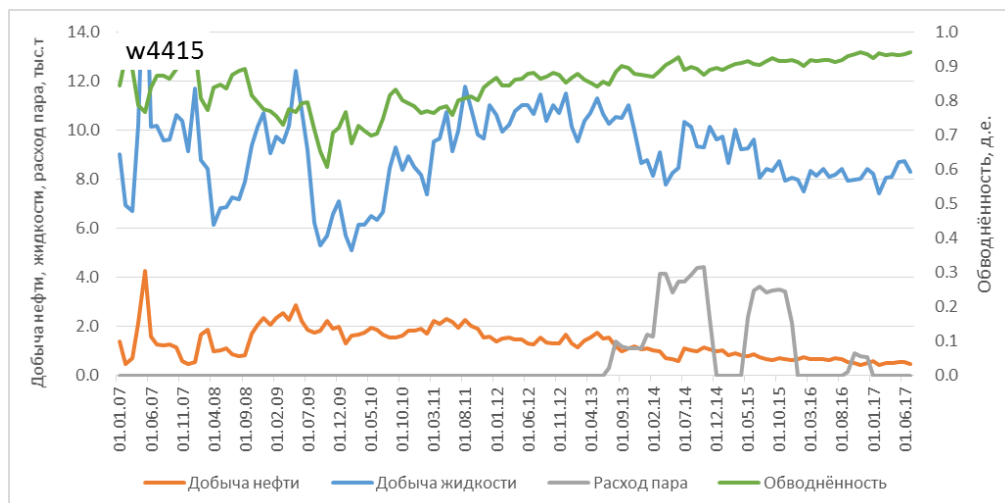
Сегіз бу айдау ұңғымасында бұды тұрақты айдаудың тиімділігін анықтау үшін жақын орналасқан реактивті ұңғымалардың жұмысына талдау жасалды. 1 суретте реактивті



Ұңғымалардың (учаскелердің) бірінші тобына сұйықтықты іріктеу мен буды айдау арасындағы тікелей байланыстың болуы тән, ол буды айдауды тоқтатқаннан кейін бірден сұйықтық деңгейінің төмендеуінде, суланудың төмендеуінде және тиісінше өндірілетін мұнай үлесінің өсуінде көрінеді. Бу айдауды қайта бастағаннан кейін сұйықтық деңгейі суланумен бірге көтеріле бастайды. Осылайша, жоғарыда сипатталған көрсеткіштер динамикасы 2-суретте 2724 ұңғыманың реакциялық ортасының мысалында келтірілген гармоникалық тербеліс түрін алады, мұнда айдау кезеңі сұйықтықтың өсуіне және сулануға сәйкес келеді, сәйкесінше тоқтау кезеңі – Сұйықтық пен сулану деңгейінің төмендеуі [1].

\* Ұңғымалардың (учаскелердің) екінші тобына бу айдау мен сұйықтықты алу арасындағы тәуелділіктің болмауы тән. Осы топтың барлық ұңғымалары 3 объектінің кенорнының оңтүстік контурлық бөлігінде орналасқан, онда контурлық айдаудың белсенді әсері байқалады. 3 суретте 4415 ұңғыманың реакциялық ортасы мысалында екінші топтағы ұңғымалар үшін көрсеткіштердің тән динамикасы көрсетілген.

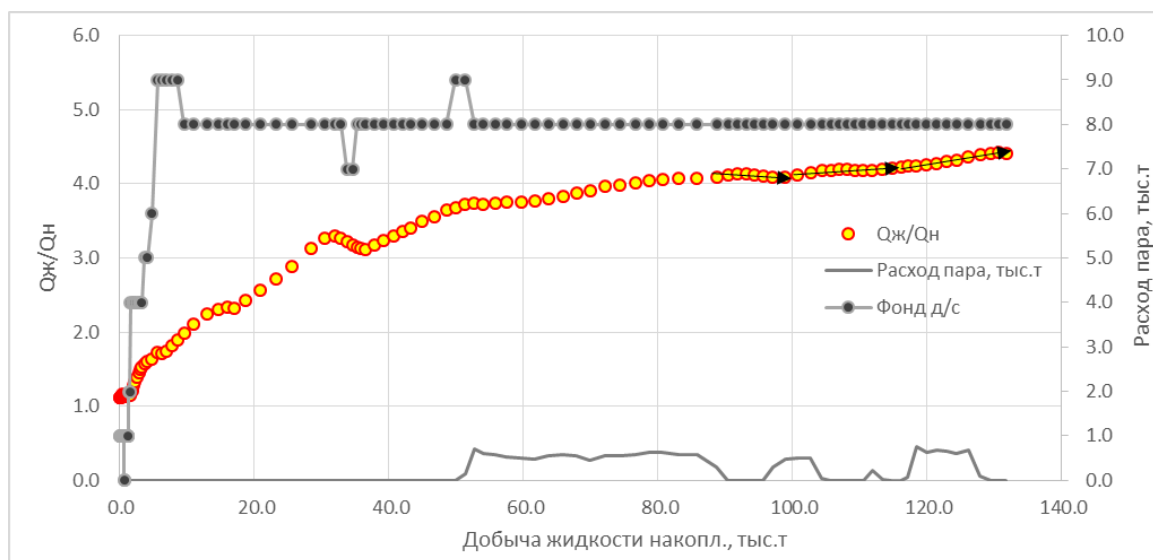




6 сурет. Ұңғыманың әрекет ететін ортасы бойынша технологиялық көрсеткіштердің динамикасы 4415 [1]

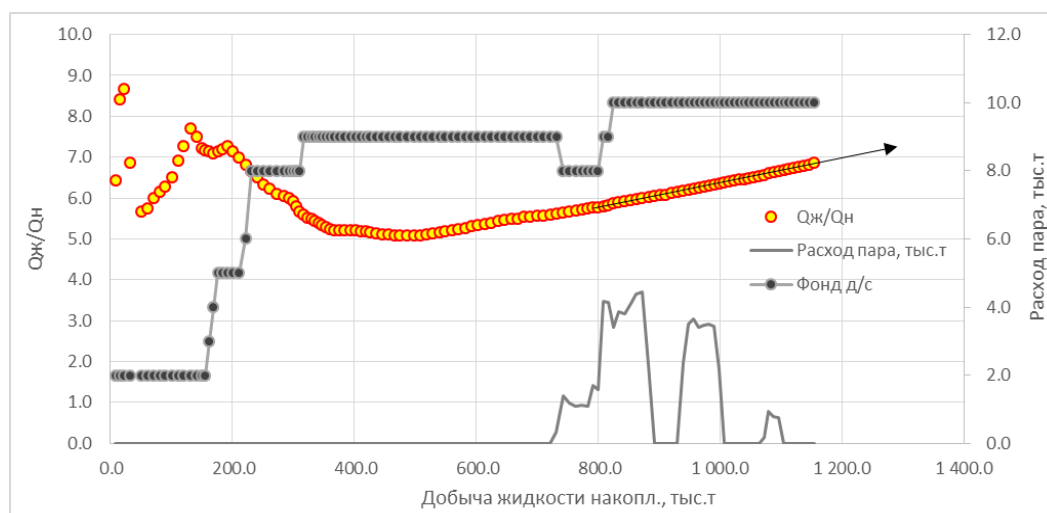
ПТВ екінші учаскесіне тоғыз айдау ұңғымасы кіреді №№ 61028, 61040, 61051, 61062, 61026, 61024, 61038, 61050, 61060, (сурет 5-6) I-2 блогында орналасқан. Осы учаскеде буды тұрақты айдау 2010 жылдың маусымынан бастап жүргізіледі, бұған дейін осы ұңғымаларда ПЦОС және ыстық су айдау жүзеге асырылды.

Мерзімді пайдалану учаскелерінде игеруді талдау кезінде 4415 реактивті ұңғымаларда сұйықтық өндірудің тән мінез-құлқы бар айдау ұңғымаларының екі тобын бөліп, келесі заңдылықтарды анықтауға мүмкіндік туды:



7 сурет. Ұңғыманың реакциялық ортасы бойынша  $Q_{ж}/Q_{н}$   $Q_{ж}$ -ға тәуелділігі 2724 [1]

Технологиялық тиімділікті бағалау үшін сұйық-мұнай факторының ( $Q_{ж}/Q_{н}(Q_{ж})$ ) жинақталған сұйықтық өндіруге тәуелділігі талданды. Ұңғымалардың 1 тобына тәуелділік көрсеткендей, бұл даму әдісі жауап беретін ортаның қорларын көбейтуге мүмкіндік береді. Бұл 7 суреттегі  $Q_{ж}/Q_{н}$  қисықтарының сипатынан туындайды, мұнда тоқтау кезеңінде қисықтың X осіне қатысты көлбеу бұрышының төмендеуі байқалады, бұл ұңғымалардың 2 тобының жұмысын сипаттайтын 8 суретте байқалмайды.



8 сурет. Ұңғыманың реакциялық ортасы бойынша  $Q_{ж}/Q_{н}$   $Q_{ж}$ -ға тәуелділігі 5116 [1]

Бу айдау технологиясын қолданудың бастапқы кезеңінде (2-5 жыл) объектілердің шығыс бөлігінде ұңғымаға мұнай дебитінің өсуі байқалды, содан кейін оның төмендеуі және 1 объектінің шығысында тұрақтануы, 2 - шығыста тұрақты төмендеуі, бастапқыда күрт, содан кейін 3 объектінің шығысында аз қарқынды құлдырауы тіркелді. ПТВ жүйесін енгізумен Солтүстік блокта дебиттің төмендеуінің алдыңғы қарқыны төмендейді.

Бу айдау технологиясын қолданудың басталуымен барлық учаскелерде суланудың өсу қарқыны төмендеді, соңғы үш жыл ішінде сулану көрсеткіші 75-80% деңгейінде тұрақтанды.

ПТВ учаскелерінде 1 тонна мұнай алу үшін қажетті бу көлемі (паронефть факторы) соңғы бес жыл ішінде 2,1-ден 4,5 т/т-ға дейін өсті, демек, айналатын будың тоннасына келетін мұнай көлемі төмендеді.

Көптеген бу айдау ұңғымаларының түптік аймағында будың төмен құрғақтығы, өндіруші ұңғымалардағы төмен температура кен орны жағдайында қолданылатын агент сапасының төмендеуін көрсетеді, бұл ұңғымааралық кеңістіктің термодинамикалық күйінің бұзылуына және технологияның тиімділігінің төмендеуіне әкеледі. Айдау ұңғымаларының негізгі санының сағалық температурасы қажетті параметрлерге сәйкес келмейді, бұл сонымен қатар технологияның сәйкес келмеуін, сәйкесінше бу сапасының төмендігін көрсетеді;

Соңғы жылдары бу айдау учаскелерінде мұнай өндіру деңгейі тұрақты - Солтүстік блокта және 1 объектінің Шығыс учаскесінде өсуде, бұл жаңа жобалық Ұңғымаларды енгізу арқылы қолдау табады. 2 және 3 объектілердің Шығыс учаскелерінде бұрғылау көлемі аз болған кезде орташа дебиттердің төмендеуіне байланысты мұнай іріктеу жыл сайын азаяды. Бу айдау технологиясын қолданудың басталуымен барлық учаскелерде суланудың өсу қарқыны төмендеді;

Бу айдау учаскелеріндегі температуралық фронт біркелкі емес, бу айдау аймағында орналасқан жекелеген өндіруші ұңғымаларда терең өлшеу деректері бойынша температура (+30°C) аспайды;

ПТВ учаскелерінде 1 тонна мұнай (бу мұнайлы факторы) алу үшін қажетті бу көлемі игерудің соңғы бес жылында 2,1-ден 4,5 т/т-ға дейін ұлғайды;

2016 жылғы сәуірден бастап Батыс учаскесінің 6 ұяшығында бу мен суды кезектесіп айдау технологиясын қолдану 1,5 жыл ішінде мұнайдың 28 376 тонна көлеміндегі қосымша жиынтық өсімімен көрсетілген оң технологиялық тиімділікті көрсетеді.

**Қорытынды.** Учаскелердің технологиялық көрсеткіштерінің динамикасын талдау кезінде көп жағдайда будың тоқтап қалу және айдау кезеңдерінің ұзақтығы әртүрлі (1 айдан 6 айға дейін) болатындығы анықталды, бұл сұйықтық өндірісінің төмендеуіне әсер етті. Тоқтау кезеңінде сұйықтықтың және қабат қысымының төмендеген деңгейлерін толық толықтыру мақсатында әр айдау циклі кезінде айдау арқылы іріктеу өтемақысының тең деңгейін, сондай-

ақ тоқтау және айдау циклдарының уақыт бойынша тең ұзақтығын сақтау қажет.

Осылайша, игеруді реттеудің бұл әдісі мұнай өндіруді тиісті бақылау кезінде мұнай өндіру деңгейін тұрақты деңгейде ұстап тұруға мүмкіндік береді, сулану қарқынын және буды тұрақты айдайтын учаскелерге тән будың бұзылу ықтималдығын азайтады, сонымен бірге бу өндіруге кететін шығындарды азайтады.

### Әдебиеттер тізімі

1. Ахметзянов Р.Р. Обзор некоторых методик и результатов исследований в системе «скважина — пласт». Известия высших учебных заведений. Нефть и газ. 2023;(4):27-41. <https://doi.org/10.31660/0445-0108-2023-4-27-41>.
2. Imansakipova, Z.B., Buktukov, N.S., Imansakipova, B.B. PRESSURE DISTRIBUTION IN THE OIL RESERVOIR IN A TWO-DIMENSIONAL PLANE. Naukovyi Visnyk Natsionalnoho Hirnychoho Universytetu Эта ссылка отключена., 2023, (1), страницы 38–45.
3. Bimagambetov, K.B., Logvinenko, A. EXPERIMENTAL STUDIES OF CHEMICAL AND TECHNOLOGICAL CHARACTERISTICS OF CROSS-LINKED POLYMER SYSTEMS APPLIED IN FLOW-DIVERSION TECHNOLOGIES. News of the National Academy of Sciences of the Republic of Kazakhstan, Series of Geology and Technical Sciences Эта ссылка отключена., 2021, 4(448), страницы 50–58.
4. Buktukov, N., Mergenov, M. IMPROVEMENT of OIL FIELD DEVELOPMENT USING ENHANCED OIL RECOVERY METHODS. Naukovyi Visnyk Natsionalnoho Hirnychoho Universytetu Эта ссылка отключена., 2021, (6), страницы 23–28.
5. Akhmetov, S.M., Suyungariyev, G.E. THE PROCESS of MONITORING the CURRENT CONDITION of OIL RECOVERY at the PRODUCTION FIELDS in WESTERN KAZAKHSTAN. Journal of Applied Engineering Science Эта ссылка отключена., 2021, 19(4), страницы 1099–1107

**Annotation.** Increasing oil recovery in actively developed fields is equivalent to the discovery of new fields, which makes this problem critically important for all countries involved in oil production around the world.

Of course, among all modern methods of increasing oil recovery from reservoirs, thermal methods are the most technically and technologically prepared. They make it possible to extract oil with a viscosity of up to 100 MPa and at the same time increase the final oil recovery by 30-50%. In particular, the method of steam-thermal exposure is widely used both in deposits in the CIS countries and abroad.

The purpose of this article is to analyze and justify the choice of a specific technology for thermal oil production, namely, the method of steam-cyclic well treatment, especially relevant for the production of high-viscosity oils.

**Keywords:** steam treatment, wells, enhanced oil recovery, production, facility, field.

МРНТИ 52.01

**Т.И. Касенов, А.А.Жанбатыров**  
ТОО «Таскор Inter», Казахстан

### К ВОПРОСУ О ВЫБОРЕ СПОСОБА РАЗРАБОТКИ МЕСТОРОЖДЕНИЯ САТИМОЛА

Выбор способа разработки месторождения является важным и первоочередным, так как его правильное решение касается рентабельности, безопасности и экологичности планируемого проекта.

Выбор способа разработки основан на учете горно-геологических, горно-технических,

гидрогеологических условий и вида твердого полезного ископаемого.

Месторождение Сатимолла в Западно-Казахстанской области является уникальным и крупным объектом недропользования, со сложными горно-геологическими, горно-техническими, гидрогеологическими условиями и глубину залегания рудных тел, а также прежде всего необходимо учитывать особый фактор – склонность калийных руд к растворению при попадании воды.

В настоящее время горной практике широко применяются следующие способы разработки:

- открытый способ разработки;
- подземный способ разработки;
- подземное скважинное выщелачивание;
- различные комбинации данных способов.

Открытый способ характерен для месторождений полезных ископаемых с максимальной глубиной разработки до 800м и со средним коэффициентом вскрыши не превышающим 10м<sup>3</sup>/т.

Подземный способ характерен для месторождений полезных ископаемых, расположенных на глубинах ниже 300м и большими наносами вскрышных пород, превышающие более 100м.

Подземное скважинное выщелачивание широко используется на урановых месторождениях при пластовом залегании рудных тел.

В Казахстане очень широко применяется комбинация открытого способа с подземным, что позволяет эффективно отрабатывать сложноструктурные месторождения (крутопадающие рудные тела и др.).

Уже при проведении геологоразведочных работ и подсчете запасов твердых полезных ископаемых определяется способ разработки месторождения. Техничко-экономическое обоснование и отчет по подсчету запасов направляются в ГКЗ РК, где на основании экспертизы отдельными независимыми экспертами по геологии и гидрогеологии, экономике, разработке и переработке твердых полезных ископаемых (4 эксперта), эти материалы рассматриваются на заседании ГКЗ РК и ставятся на государственный баланс. ТОО с ИУ «Сатбор» выполнил эти работы и получил Протокол ГКЗ РК №1058-11 -К от 19.04.2011года (кондиции) и Протокол №1080-11-У от 02.07.2011года (запасы).

Данной процедурой уже на основании горно-геологических, горно-технических, гидрогеологических условий и вида твердого полезного ископаемого обосновывается способ разработки и переработки месторождения и основные технологические параметры.

В связи с вышеизложенным, понятно, что основные технологические процессы (добыча, транспортировка, переработка) обоснованы в Протоколах ГКЗ РК и принимаются в Планах горных работ и в других проектных документах.

Таким образом, законодательно подтверждено, что определение способа разработки месторождения закреплено в проектных документах ГКЗ РК или в кодексе KazRC.

Доли основных методов добычи в общем объеме производства калийных удобрений представлены в таблице 1. Тем не менее, очевидно, что около 70 процентов, безусловно, наибольшая доля мирового производства калийных солей приходится на подземную добычу, из которой, большая часть добывается с помощью комбайновой выемки и только 11 процентов - с помощью буровзрывных работ. В конце концов, более 25 процентов мирового производства калийных удобрений производится из малоценных природных растворов, почти исключительно с помощью предварительной концентрации путем выпаривания первичных растворов на солнце.

Из 69 объектов во всем мире, на которых были получены сырьевые материалы для производства калийных удобрений в ходе плановых промышленных операций, 35 объектов используют подземную добычу калийных солей.

Таблица 1. Процентная доля различных методов добычи в мировом производстве калийных удобрений (данные 2013г).

| Метод извлечения                               | Процентная доля [%] |
|------------------------------------------------|---------------------|
| Добыча полезных ископаемых подземным способом: | 70                  |
| - комбайновая выемка                           | 59                  |
| - буровзрывным способом                        | 11                  |
| Добыча рассола                                 | 4                   |
| Добыча из природных растворов                  | 26                  |

Из таблицы 1 видно, что добыча подземным способом калийных руд наиболее существенная и будет возрастать ежегодно, так как этому способствует низкая себестоимость добычи и рост цен на калийные удобрения, а добыча из малоценных природных ресурсов будет снижаться за счет их природного истощения /2/.

По последней информации добыча калийных руд в мире уже достигла 80%, добыча рассолов -8% и выпаривание из морей и озер снизилась до 12%.

Согласно современному уровню техники, геологические запасы твердых калийных солей в геологических недрах, которые могут быть экономически выгодно извлечены с помощью горной или рассольной технологии, вероятно, содержат от 190 до 230 миллиардов тонн  $K_2O$ . Их глобальное распределение очень похоже на распределение эксплуатируемых сегодня калийных месторождений. Эти и без того огромные ресурсы твердых сырых солей еще больше увеличатся, как только значительно повысится уровень цен на продукцию калийных удобрений и, таким образом, более низкие предельные содержания для строительства и/или большая глубина залежей не будут представлять экономических барьеров.

На практике, некоторые компании (частная компания «SRPM Resources») по месторождению Сатимола предложила способ подземного скважинного растворения калийных солей, приведенный в Плане горных работ /3/, разработанный проектной компанией - ТОО «Viridi Navitas» (ГИП – Мырзабек К.А.) по шаблону Министерства энергетики РК. Данный План горных работ как минимум трижды нарушает Кодекс РК «О недрах и недропользовании», а именно:

- запасы месторождения Сатимола не апробированы в ГКЗ РК для подземного скважинного растворения.
- предусмотрена опытно-промышленная разработка (для ТПИ, кроме урана опытно-промышленная разработка законодательно не предусмотрена).
- не извлекаются боросодержащие руды (комплексное использование минерального сырья).

Также следует принять во внимание официальные заключения отечественных и зарубежных экспертов, по способу разработки калийных месторождений и в первую очередь академика, доктора геолого-минералогических наук, профессора, директора Научного центра Атырауского института нефти и газа Муфтаху Диарова, который буквально отметил следующее «Я, считаю, что в условиях солянокупольных структур с невыдержанной морфологией калийных солей с довольно крутыми углами падения соляных пород, способ добычи калийных солей путем выщелачивания является экономически невыгодным и нерентабельным» /4/.

Заключения других экспертов рекомендуют также не использовать способ подземного скважинного растворения для разработки месторождения Сатимола по горно-геологическим, горно-техническим, гидрогеологическим условиям из-за возможности затопления и потери месторождения, а также невозможности разработки данным способом бороносных руд /5-7/.

Несмотря на указанные нарушения законодательства РК, данный проект разработанный ТОО «Viridi Navitas» получил положительные заключения МЧС РК и

МЭГиПР РК.

В странах СНГ и дальнем зарубежье шахтный способ широко используется при разработке калийных месторождений и только некоторая часть, которая соответствует горно-геологическим и гидрогеологическим условиям – добыче рассолов из природных рассолов.

Следует также отметить, что способ подземного скважинного растворения является трудноуправляемым технологическим процессом и когда процесс выходит за пределы регламентированных параметров, то он(процесс) становится нерегулируемым, что приводит к масштабным авариям и к возможной потере объекта недропользования, и к экологическим катастрофам.

Таким образом, представленные аргументы к вопросу о выборе способа разработки месторождения Сатимола являются научно-обоснованными и находятся в нормативно-правовом поле и подтверждаются длительной практикой недропользования как в Республике Казахстан, так и зарубежом.

### Список литературы

1. Кодекс РК от 27 декабря 2017 года №125-VI ЗРК «О недрах и недропользовании» с изменениями и дополнениями.
2. Генрих Раух. Калийная промышленность в 21 веке. Современное состояние в области добычи и переработки сырья и утилизации образующихся отходов. Берлин, Heidelberg, Ercosplan, Springer Vieweg, 2015г, 580с. (на немецком языке).
3. План горных работ по месторождению Сатимола в 5 книгах и 7 томах. г. Алматы, 2021г., ТОО «Viridi Navitas».
- 4.М.Д. Диаров - академик НАН РК, доктор геолого-минералогических наук, профессор, директор Научного центра Атырауского института нефти и газа. Заключение на проект «Разработка калийных и бороносных солей месторождения Сатимола с опытно-промышленной добычей», Атырау, НЦ АИНГ, 2013г. 23с.
5. Мирошник А.Е. – кандидат экономических наук, ведущий аналитик ТОО «Корпорация «Казахмыс», . Заключение на проект «Разработка калийных и бороносных солей месторождения Сатимола с опытно-промышленной добычей»,Алматы,2013г, 6с.
6. Бахтин И.И. – кандидат технических наук, зав. Проектно-конструкторским отделом Института горного дела им.Д.А. Кунаева. Заключение на проект «Разработка калийных и бороносных солей месторождения Сатимола с опытно-промышленной добычей», Алматы,2013г. 17с.
- 7.Земсков А.Н.- доктор технических наук, профессор, генеральный директор ООО «Зарубежшахтострой», член Высшего горного совета (Россия). Заключение «Обоснование способа разработки борно-калийного месторождения Сатимола», Пермь, 2014г, 4с.

## ГЛАВА 2. ПРОБЛЕМЫ НЕФТЕХИМИИ И ЭКОЛОГИИ

МРНТИ 61.01.11

**К.С. Надиров**

НАО «Южно-Казахстанский университет им. М.Ауэзова», Шымкент, Казахстан

### СОСТОЯНИЕ И ПЕРСПЕКТИВЫ НЕФТЕПЕРЕРАБОТКИ НА ТОО «ПЕТРОКАЗАХСТАНОЙЛПРОДАКТС»

**Аннотация.** Рассмотрены вопросы переработки нефти на предприятии ТОО «ПетроКазахстанОйлПродактс». Это один из трёх ведущих нефтеперерабатывающих заводов Казахстана, построенный в 1985 году, который после модернизации является новейшим в республике. Проектная мощность завода составляет 6 млн. тонн в год, глубина переработки составляет 81,6%. Приведены основные установки и их производственные мощности. Подчеркивается, что для обеспечения внутреннего рынка нефтепродуктами необходимо в перспективе построить еще один нефтеперерабатывающий завод по топливно-масляному варианту. Дополнительно будут получены базовые масла, которые до настоящего времени не производились на отечественных нефтеперерабатывающих заводах. Это будет четвертый завод, мощность которого должна составить 12 млн. тонн нефти в год.

**Ключевые слова:** нефть; завод; бензин; авиакеросин; дизельное топливо; мазут; реконструкция.

За годы Советской власти в Казахстане было построено три нефтеперерабатывающих завода (НПЗ) Атырауский НПЗ, Павлодарский нефтехимический завод (ПНПЗ), Шымкентский НПЗ.

Шымкентский нефтеперерабатывающий завод (ТОО «ПетроКазахстан Ойл Продактс») — один из трёх ведущих НПЗ Казахстана. Построенный в 1985 году, сегодня, после модернизации он является новейшим в республике. Расположен в городе Шымкент, на юге Казахстана, в самой густонаселенной части республики. Проектная мощность Шымкентского НПЗ составляет 6 млн. тонн в год, глубина переработки составляет 81,6%.

ПетроКазахстан – нефтяная группа компаний, акционерами которой являются «Китайская Национальная Нефтяная Корпорация» и АО «Национальная компания «КазМунайГаз». Основу производственной структуры группы компаний ПетроКазахстан составляют два подразделения: АО «ПетроКазахстан Кумколь Ресорсиз» (ПККР) и ТОО «ПетроКазахстан Ойл Продактс» (ПКОП). АО «ПККР» расположено в Кызылординской области и занимается добычей нефти. ТОО «ПКОП» находится в Туркестанской области, в городе Шымкент, и осуществляет нефтепереработку. Доля CNPC - 50 процентов.

Необходимо отметить, что большинство нефтей Казахстана являются эмульсионными, с высоким содержанием пластовой воды, которая на ряде месторождений достигает 90 и более %. Кроме того, практически вся добываемая нефть в РК является парафинистой, что сопряжено с определенными трудностями при ее транспортировке и переработке.

Функционируют, также, около 30 мини НПЗ, то есть, нефтеперерабатывающие заводы мощностью до 1 млн. тонн нефти в год. Доля их в нефтепереработке в Казахстане составляет 5-6 млн. тонн в год. Большинство из них сегодня простаивает из-за нехватки сырья и несоответствия выпускаемой продукции требованиям.

Надо сказать, что на большинстве мини - заводов переработка нефти не настолько глубокая, как у трёх крупных НПЗ, но заводы небольшой мощности могут частично помочь решить вопрос с дефицитом бензина и дизельного топлива в периоды планового ремонта

крупных заводов. На мини - НПЗ производят печное топливо, мазут, дизель и нефть (прямогонный бензин). Из-за низкого качества выпускаемой продукции им трудно реализовывать свои нефтепродукты на внутреннем рынке. Поэтому этим заводам приходится большую часть своей продукции отправлять на экспорт. Дизельное топливо местного производства в ряде случаев покрывает региональный дефицит в весенний и осенний периоды полевых работ.

Следует отметить, что сегодня в условиях, когда к нефтепродуктам в соответствии со стандартами ЕВРО предъявляются жесткие требования, строительство мини - НПЗ является нецелесообразным.

Мини НПЗ – это, обычная атмосферная установка, которая разделяет нефть (в лучшем случае), на три фракции — бензиновую, дизельную и мазутную. Другие нефтепродукты на мини - НПЗ не получают. Бензин из этих установках выходит прямогонный, это означает, что октановое число в нем не более 70.

Товарный бензин, который имеет наибольшую значимость для автомобильного транспорта, имеет октановое число 92. На мини - НПЗ просто невозможно получить бензин АИ 92, если только не использовать присадки, экологичность которых чаще вызывает сомнение. Для того чтобы получать бензин с октановым числом выше 90 нужно иметь установку каталитического риформинга, которой на мини - заводах нет.

Получаемую дизельную (керосино-газойлевую) фракцию - без предварительной гидроочистки с целью удаления сернистых соединений трудно использовать.

Мазут – это, атмосферный остаток, побочный продукт производства, и понятно, что его цена меньше, чем цена сырья, из которого он получается. Поэтому, на современных НПЗ мазут перерабатывают дальше, получают вакуумный газойль и далее, на установке каталитического крекинга получают дополнительные фракции нефтепродуктов(бензин, газы крекинга), а также газойли каталитического крекинга.

Одной из главных проблем отечественных мини – НПЗ является сера. Чтобы избавляться от сернистых соединений, в частности, в дизельной фракции, нужна установка гидроочистки, а также катализаторы. Установку каталитической гидроочистки нефтяных фракций на мини - НПЗ также создать практически невозможно.

Завод «ПетроКазахстанОйлПродактс» расположен в городе Шымкент, на юге Казахстана, в самой густонаселенной части республики. Проектная мощность НПЗ составляет 6 млн. тонн в год, глубина переработки составляет 81,6%. Перерабатываемое сырье ПКООП — это в основном казахстанская нефть месторождений Кумколь и Кенкияк, а также западносибирская нефть из России.

Говоря о ТОО «ПКООП» в городе Шымкенте, необходимо отметить, что в преддверии строительства и запуска завода большой вклад в работу по подготовке кадров внес академик Надиров Надир Каримович. Фундамент сегодняшним научным достижениям ЮКУ им. М. Ауэзова в области нефтепереработки в свое время был заложен доктором химических наук, профессором, лауреатом Государственной премии Казахской ССР, академиком НАН РК Надировым Н. К. и его школой, который с 1968 по 1975 годы работал проректором по научной работе и первым заведующим кафедрой химической технологии переработки нефти и газа Казахского химико-технологического института в г. Чимкенте (ныне г.Шымкент).

Сегодня завод вырабатывает 30 % общего текущего объема нефтепродуктов, производимых тремя НПЗ Казахстана. Шымкентский НПЗ с учетом благоприятного географического расположения и высоких технических возможностей имеет все предпосылки для осуществления поставок нефтепродуктов на рынок.

В 2018 году была проведена модернизация завода, которая позволила увеличить глубину переработки, довести качество выпускаемой продукции до международных экологических стандартов К4 и К5 и добиться увеличения производительности по переработке нефти до 6 миллионов тонн в год. Часть установок адаптировали к меньшей мощности и переработке высокопарафинистой Кумкольской и высокосернистой Актюбинской нефти (рисунок -1).



Рисунок 1 – Завод ПКОП в Шымкенте

Целью модернизации стало восстановление мощности по первичной переработке нефти до 6 млн. тонн в год, увеличение глубины переработки и выхода светлых нефтепродуктов, а также доведение качества моторных топлив до требований технического регламента Таможенного союза.

По данным на 2023 на завод поставляют сырье: 60% Кумкольской нефти; 20% нефти с месторождений Западного Казахстана; 20% нефти с месторождений Актюбинской области.

Основные производственные мощности ТОО «ПКОП»:

1. Комплекс ЛК-6У, мощность установки - 6000 000 т/г. В состав ЛК-6У входят:

1.1. Секция 100-ЭЛОУ-АТ, мощностью - 6000 000 т/г.

1.2. Секция 200 - каталитический риформинг прямогонного бензина с предварительной гидроочисткой, мощностью - 1000 000 т/г.

1.3. Секция 300 - мощностью 1000 000 т/г.

1.3.1. Блок 300/1 – гидроочистка дизельного топлива, мощностью - 430 000 т/г.

1.3.2. Блок 300/2 – гидроочистка керосина, мощностью - 440 000 т/г.

1.3. Секция 400 – газодифракционная установка.

На секции 100-ЭЛОУ-АТ установлены поточные анализаторы нефтяных фракций.

Секция 300/1 реконструирована в гидродепарафинизацию дизельного топлива

Секция 300/2 реконструирована в гидродепарафинизацию керосина.

2. Установка получения элементарной серы (20 000 т/г.).

3. Установка вакуумной перегонки мазута (УВПМ), (1000 000 т/г.).

4. Установка замедленного коксования (УЗК), (1000 000 т/г.). Установка замедленного коксования реконструирована в установку легкого термического крекинга (висбрекинг) мазута.

5. Комбинированная установка каталитического крекинга (2000 000 т/г.). Сырье-вакуумный газойль, мазут.

6. Блок переработки газового конденсата (500 000 т/г.).

В связи с ростом потребления нефтепродуктов в мире и как следствие ухудшение экологической ситуации в последние годы предпринимаются меры по снижению вредного воздействия на окружающую среду. Так, известно, что в 2000 году Европейский Союз ввел ужесточенные спецификации на бензины и дизельные топлива, связанные с программой экологии автотранспорта ЕВРО-3, с 2005 года перешел на более жесткие нормы по программе ЕВРО-4. Также была принята Директива Европейского Союза о введении с 2009 года еще более жестких требований ЕВРО-5.

Напомним, что требования стандарта ЕВРО указывают на содержание вредных

веществ в выхлопных газах транспортных средств, работающих на бензиновом и дизельном двигателях. Например, ЕВРО – 4: в бензине содержание ароматических соединений должно быть не более 30%; бензола не более 1%; серы – не более 0,001%; непредельных соединений – не более 18%.

На базе ШНПЗ функционирует нефтехимический завод по производству метил-трет-бутилового эфира. Это первое нефтехимическое предприятие, которое было построено ОО «Шымкентской Химической Компанией» на Юге Казахстана. Предприятие поставляет продукцию на ШНПЗ. Метил-трет-бутиловый эфир (МТБЭ) это октаноповышающая добавка к бензину. Проект стал возможен после модернизации ШНПЗ, где появилась установка каталитического крекинга, которая может разделять газ на фракции, это C4 - метан-бутиленовая фракция, которая в свою очередь используется для производства. Из фракции извлекается изобутилен, который перерабатывают на собственной установке. Установка полностью технологически интегрирована в производственную цепочку ШНПЗ. Между предприятиями есть трубопроводная эстакада, по которой получается сырье и энергоресурсы (рисунок 2).



Рисунок 2 - Нефтехимический завод по производству метил-трет-бутилового эфира в Шымкенте

Планируется, что мощности предприятия позволят полностью покрыть потребности внутреннего рынка в уникальных добавках, которые повышают октановое число бензина.

Проект был реализован по Карте индустриализации в рамках Госпрограммы индустриально-инновационного развития на 2015-2019 годы. Цель - развитие нефтехимической отрасли Казахстана за счет увеличения глубины переработки нефтегазохимического сырья на Шымкентском нефтеперерабатывающем заводе (ШНПЗ). После модернизации ШНПЗ в Казахстане получают продукцию с высокой добавленной стоимостью 3-х переделов: нефть → сжиженный углеводородный газ → метил-трет-бутиловый эфир. Сжиженный углеводородный газ как раз и получает «Шымкентская Химическая Компания» (ШХК). Новое предприятие с современным и технологичным оборудованием было запущено на территории специальной экономической зоны «Оңтүстік». Аналогов этому производству в нефтехимической отрасли Казахстана нет.

Мощность завода - 57 тыс. тонн продукции в год. Этого достаточно, чтобы покрыть потребности внутреннего рынка. Синтез МТБЭ проходит при температуре 50-80°C и давлении до 12 мПа в реакторе, заполненном кислотным катализатором – гранулами диаметром 15 мм. Таким образом, Из фракции извлекается изобутилен, который перерабатывают на собственной установке, а метанол приобретается по коммерческой цене.

Следует отметить, что главными проблемами в сфере переработки нефтяного сырья на сегодняшний день можно отнести: дефицит казахстанских специализированных кадров; высокая обводненность, эмульсионность, добываемой высокопарафинистой нефти; недостаточная глубина переработки нефти; проблема нехватки нефтепродуктов в период планового ремонта завода, а также необходимость расширения базы по ремонту действующего оборудования.

Кадровый дефицит нефтяников Казахстана, ощущался практически во все времена. Сейчас, как и раньше, эту проблему решают, приглашая на руководящие должности специалистов из-за рубежа.

Исходя из создавшейся ситуации, в этих условиях Южно-Казахстанский университет им. М.Ауэзова совместно с работодателями разработал новые образовательные программы (ОП), в которых изложены основные требования к компетенциям выпускаемых специалистов, которые будут трудиться на заводе. Будущие специалисты будут проходить производственную практику непосредственно на предприятии. Это позволит решить проблему старения квалифицированного персонала, пополнить кадровый персонал молодыми специалистами.

Глубина переработки нефти, например, на Шымкентском НПЗ (ТОО "ПетроКазахстанОйлПродуктс") в настоящее время составляет 83%. При этом доля светлых нефтепродуктов от общего объема переработки сырья составляет 76%. Это с учетом проведенной модернизации и реконструкции Шымкентского НПЗ согласно Государственной Программе индустриально-инновационного развития Республики Казахстан, определяющей развитие отечественных нефтеперерабатывающих заводов. Эти меры позволили увеличить глубину переработки сырья, также существенно увеличить производство автомобильных топлив – бензина и дизеля, соответствующих по качеству экологическим классам К4 и К5. В перспективе следует провести мероприятия по увеличению ассортимента выпускаемой продукции (производство базовых масел, нефтяных дорожных битумов, растворителей). Это позволит увеличить глубину переработки нефти до 87 %.

Правительством РК и НК АО «КазМунайГаз» принято решение о расширении мощности производства на ТОО ПК ОП к 2029 году до 12 млн. тонн в год. Это позволит дополнительно увеличить долю светлых нефтепродуктов, включая высокооктановые бензины АИ-92, АИ-95, АИ-96, АИ-98, а также керосина и дизельных (летнего и зимнего) топлив, примерно, в два раза. Можно сказать, что это будет фактический еще один нефтеперерабатывающий завод. Необходимо провести мероприятия по расширению базы по ремонту действующего оборудования. Например, на Шымкентском НПЗ (ТОО "ПК ОП") более 90% оборудования при реализации проекта по модернизации завода было поставлено из-за рубежа. Для поддержания всего оборудования в рабочем состоянии необходимо расширить базу по ремонту оборудованию, в том числе теплообменные аппараты, действующие реакторы и др.

Основные показатели предприятия ТОО «ПК ОП»: бензин – 2 100 000 тонн в год; авиационный керосин – 343 000 тонн в год; дизельное топливо – 1 928 000 тонн в год; сжиженный газ – 324 000 тонн в год; мазут товарный – 1 000 760 тонн в год; сера техническая – 103 000 тонн в год. Глубина переработки нефти – 83%, доля светлых нефтепродуктов от общего объема переработки сырья - 76%.

И, наконец, для обеспечения внутреннего рынка нефтепродуктами необходимо в перспективе построить НПЗ по топливно-масляному варианту. Это даст возможность увеличить глубину переработки нефти на 5-7%. Дополнительно будут получены базовые масла, которые до настоящего времени не производились на отечественных нефтеперерабатывающих заводах. Это будет четвертый завод, мощность которого должна составить 12 млн. тонн нефти в год. Для обеспечения сырьем этого завода, необходимо будет поставлять определенное количество сырой нефти.

**K.S. Nadirov**

Non-profit Joint Stock Company M. Auezov South Kazakhstan University

#### **THE STATE AND PROSPECTS OF OIL REFINING AT PETROKAZAKHSTANOILPRODUCTS» LLP**

**Annotation.** The issues of oil refining at the «PetroKazakhstanOilProducts» LLP enterprise are considered. It is one of the three leading oil refineries in Kazakhstan, built in 1985, which, after modernization,

is the newest in the republic. The design capacity of the plant is 6 million tons per year, the processing depth is 81.6%. The main installations and their production capacities are given. It is emphasized that in order to provide the domestic market with petroleum products, it is necessary in the future to build another oil refinery using the fuel and oil option. Additionally, base oils will be obtained, which have not been produced at domestic refineries to date. This will be the fourth plant, which should have a capacity of 12 million tons of oil per year.

**Keywords:** oil; plant; gasoline; jet fuel; diesel fuel; fuel oil; reconstruction.

УДК 10167

МРНТИ 31.21.18

**Ш.К. Ақымғалиева, Р.М. Искаков**

С. Утебаев атындағы Атырау мұнай және газ университеті, Атырау, Қазақстан

E-mail: sh22akymgali@mail.ru

## **ПОЛИПРОПИЛЕН НЕГІЗІНДЕГІ ПОЛИМЕРЛІ ЖАБЫНДАРДЫҢ МЕТАЛДЫҚ ҚАСИЕТТЕРІН АРТТЫРУДЫҢ ХИМИЯЛЫҚ МОДИФИКАЦИЯСЫ**

**Аннотация.** Қазіргі кезде полимерлі материалдар өндірісте кеңінен қолданылады, себебі олар жеңіл, төзімді және экологиялық жағынан тиімді. Алайда полимерлі жабындардың физикалық қасиеттері, соның ішінде өткізгіштігі мен беріктігі, кейбір салаларда шектеулерге ие. Осыған байланысты, полипропилен негізіндегі полимерлі жабындардың химиялық модификациясы арқылы металдық қасиеттер беру маңызды бағыт болып табылады. Бұл мақалада полипропилен мен оның қасиеттері, химиялық модификацияның негізгі әдістері, модификацияланған полимерлі жабындардың қолданылу аясы туралы ақпараттар берілетін болады.

**Кілт сөздер:** полипропилен, модификация, металдық қасиет, нанобөлшектер.

Полипропилен (ПП) – полиолефиндер тобына жататын материал, полиэтиленге қарағанда сәл қаттырақ болып келеді. Ол төмен тығыздық пен жоғары жылуға төзімділікке ие, сондықтан оны орауыштарда, автомобиль өнеркәсібінде, тұтыну тауарларында, медициналық бұйымдарда және құйылған пленкаларда кеңінен қолданады. ПП химиялық формуласы –  $(C_3H_6)_n$ .

ПП өндірісі пропен мономерін полимерлеу арқылы жүзеге асырылады. Екі негізгі әдіс қолданылады: Циглер-Натта полимеризациясы немесе металлоцендік катализатор арқылы полимерлеу. Полимерлеу нәтижесінде үш негізгі ПП құрылымы пайда болуы мүмкін: атактикалық, изотактикалық және синдиотактикалық. ПП-нің қасиеттерін өндіріс әдісіне байланысты әртүрлі реттеуге болады.

*ПП келесі қасиеттерге ие [1]:*

➤ Еру температурасы: ПП еру температурасы полимердің түріне байланысты белгілі бір диапазонда өзгереді. Атактикалық, изотактикалық және синдиотактикалық түрлерінің әрқайсысының өзіне тән еру температурасы бар. Мысалы, изотактикалық ПП жоғары еру температурасына ие болып, ол жоғары температураларда да беріктігін сақтай алады. Бұл қасиет оны техникалық қолданбаларда, мысалы, автомобиль бөлшектерінде немесе тұрмыстық техникада кеңінен пайдалануға мүмкіндік береді. Еру температурасының нақты мәні ПП-нің молекулалық салмағына, қимасының ұзындығына және басқа да құрылымдық параметрлерге тәуелді.

➤ Төмен тығыздық: бұл оның жеңіл болуына мүмкіндік береді, салмақты азайту маңызды болған жағдайларда қолайлы. Осыған байланысты оны көптеген салаларда жеңіл материал ретінде қолдануға болады. Мысалы, көлік саласында жеңіл салмақты материалдар отын үнемдеуіне және экологиялық әсерді азайтуға ықпал етеді. Сонымен қатар, оның

жеңілдігі оны тұрмыстық бұйымдарда, орауыш материалдарда және түрлі құрылымдық компоненттерде қолдануға ыңғайлы етеді. Төмен тығыздық сонымен қатар тасымалдау мен өңдеуді жеңілдетеді, бұл өндіріс шығындарын азайтады.

➤ Химиялық тұрақтылық: полипропилен химиялық реагенттерге, қышқылдарға және негіздерге жоғары тұрақтылық көрсетеді, бұл оны химия саласында қолдануға ыңғайлы етеді. Алайда, кейбір ароматтық (мысалы, бензол) және галогенделген (мысалы, хлорорганикалық) қосылыстарға қарсы тұрақтылығы шектеулі, бұл олардың ұзақ мерзімді әсеріне байланысты материалдың қасиеттеріне әсер етуі мүмкін. Осы қасиет ПП-ді белгілі бір химиялық ортада қолданғанда мұқият таңдау қажет екенін көрсетеді. Сонымен қатар, химиялық тұрақтылықтың жоғары болуы оны азық-түлік қаптамасында және медициналық құрылғыларда пайдалануға жарамды етеді.

➤ Жанғыштық: отқа жанғыш болып келеді және бұл оның пайдаланылу салаларын шектейді, әсіресе жоғары температуралы немесе отқа жақын ортада қолдану кезінде қауіпсіздік шараларын талап етеді. Жанғыш материал ретінде ПП-ні қолдану үшін өртке қарсы қоспалар немесе өртке төзімді жабындар қолданылуы мүмкін. Сонымен қатар, ПП-нің жанғыштығын азайту үшін оның құрылымын өзгерту немесе арнайы өңдеу әдістерін қолдану мүмкіндігі қарастырылады. Бұл оның қауіпсіздігін арттыру және өрт қауіпсіздігін қамтамасыз ету мақсатында маңызды.

➤ Механикалық және электрлік қасиеттері жоғары температурада және ылғалды жағдайларда сақталады. Оның осы қасиеті оны электротехникалық құрылғыларда және жоғары температуралы орталарда пайдалануға мүмкіндік береді. Мысалы, ол кабель изоляциясында, электрлік панельдерде және жоғары температурадағы өндірістік жабдықтарда кеңінен қолданылады. Ылғал ортада ПП-нің қасиеттерін жоғарылату үшін гидрофобты қасиеті маңызды рөл атқарады, бұл материалды сыртқы ортадағы ылғалдан қорғап, оның ұзақ мерзімді тұрақтылығын қамтамасыз етеді. Сонымен қатар, жоғары температураға төзімділігі оны авиация, көлік және басқа да жоғары технологиялық салаларда қолдануға ыңғайлы етеді.

➤ Қоршаған ортаға төзімділігі: механикалық жүктемелер кезінде жарылуларға төзімді. Бұл қасиет оны сыртқы ортада қолдануға ыңғайлы етеді, мысалы, құрылыс материалдары, автомобиль корпусы және басқа да құрылымдық компоненттерде. Жарықшақтарға төзімділігі материалдың ұзақ мерзімділігін қамтамасыз етеді, себебі ол механикалық соққылар мен тербелістер нәтижесінде пайда болатын жарылулардың алдын алады. Сонымен қатар, қоршаған орта жағдайларында тұрақтылығы оны климаттық өзгерістерге төзімді етеді, бұл оның пайдалану аясын кеңейтеді.

➤ Микроорганизмдерге сезімталдығы: полипропиленнің кейбір микроорганизмдерге сезімталдығы оның биологиялық тұрақтылығына әсер етеді. Бұл қасиет материалды биологиялық шабуылдан қорғау үшін арнайы қоспалар немесе антимикробиялық өңдеу әдістерін қолдануды талап етеді. Мысалы, медициналық құрылғыларда қолданылатын ПП биотұрақты қоспалармен өңделіп, микроорганизмдердің өсуін тежейді. Сонымен қатар, ауыл шаруашылығында және тамақ өнеркәсібінде қолданылатын ПП өнімдерінде биологиялық тұрақтылық маңызды рөл атқарады, себебі олар санитарлық талаптарға сәйкес болуы керек. Микроорганизмдерге сезімталдығының төмендеуі материалдың гигиеналық қасиеттерін жақсартады және оның ұзақ мерзімді пайдаланылуын қамтамасыз етеді.

➤ Буда стерилизацияға төзімділігі: бұл қасиет оны медициналық құралдар мен жабдықтарда пайдалануға ыңғайлы етеді. Бу стерилизациясы – бұл биологиялық ластанудан арылту әдісі, ол материалдың құрылымына зиян келтірмей, микроорганизмдерді жоюға мүмкіндік береді. Бұл қасиет медициналық құрал-жабдықтарда, дәрілік қаптамаларда және басқа да стерильділікті талап ететін қолданбаларда ПП-ні кеңінен қолдануға себепші болады. Сонымен қатар, буға төзімділігі оның химиялық тұрақтылығын және жоғары температураларға қарсы төзімділігін көрсетеді, бұл материалдың әртүрлі өндірістік және ғылыми зертханалық процестерде қолданылуын қамтамасыз етеді.

Полипропиленнің бірнеше негізгі түрі бар, әрқайсысының өзіне тән ерекшеліктері мен қолдану салалары. Мысалы, гомополимер полипропилен ең кең тараған түрі болып табылады және оны орауыштарда, текстиль өнеркәсібінде және басқа салаларда қолданады.

*Полипропиленнің түрлері мен қолданылуы:*

➤ Тозуға төзімді сополимер полипропилен кездейсоқ сополимер элементтерін қамтиды және оның жақсы соққыға төзімділігі арқасында орауыштарда және өнеркәсіпте қолданылады.

➤ Капталған полипропилен жабық клеткалы құрылымы арқылы жоғары беріктік пен жылуизоляцияға ие болып, оны автомобиль және құрылыс өнеркәсібі сияқты әртүрлі салаларда қолайлы етеді.

➤ Полипропилен тримерлі сополимер басқа түрлерден айырмашылығы этилен және бутан мономерлерін қамтуымен ерекшеленеді, бұл оны жоғары температураларға төзімді және мөлдір етеді.

➤ Жоғары пластикалық топтары полипропилен жақсы жылу тұрақтылығы мен химиялық тұрақтылығымен, көбінесе пена орауыш материалдарын өндіруде және басқа салаларда қолданылады.

*Полипропиленді қолданудың қауіпсіздігі:* Полипропилен қолдану қауіпсіз деп саналады, себебі ол химиялық токсиктілік тұрғысынан денсаулық пен қауіпсіздікке елеулі тәуекелдер тудырмайды:

➤ Салыстырмалы қауіпсіздік: полипропиленді қолдану салыстырмалы түрде қауіпсіз

деп саналады. Ол көптеген химиялық реагенттерге инертті және әдетте қалыпты қолдану шарттарында зиянды заттар шығармайды.

➤ Коррозияға қарсы тұрақтылық: ол әртүрлі коррозия түрлеріне жақсы тұрақтылыққа

ие және азық-түлік өнімдерімен реакцияға түспейді, бұл оны азық-түлік өнеркәсібінде қолдануға мүмкіндік береді.

*Полипропиленді қолданудың артықшылықтары:*

➤ Жеңіл және берік: Полипропилен аз салмақта жоғары беріктікке ие, бұл оны жеңіл, бірақ берік бұйымдар жасау үшін тамаша материал.

➤ Химиялық әсерлерге төзімділік: Ол түрлі химиялық әсерлерге, соның ішінде қышқылдарға, негіздерге және еріткіштерге төзімді, бұл оның қолдану аясын кеңейтеді.

➤ Экологиялық қауіпсіздік: Полипропилен оңай қайта өңделеді және қайта пайдаланылуы мүмкін, бұл оның қоршаған ортаға әсерін азайтады және оны кейбір басқа материалдарға қарағанда экологиялық тұрғыдан оң әсер етеді.

Енді модификациялауға келер болсақ — бұл материалдың немесе заттың қасиеттерін, құрылымын немесе құрамын өзгерту процесі. Модификацияның мақсаты — материалдың функционалдық мүмкіндіктерін арттыру, оның тиімділігін, беріктігін, тұрақтылығын немесе басқа да қажетті қасиеттерін жақсарту. Бұл процесс ғылыми, инженерлік, медициналық және технологиялық салаларда кеңінен қолданылады.

Модификацияның түрлері [2]:

➤ Физикалық модификация: Заттың физикалық қасиеттерін, мысалы, пішінін, тығыздығын немесе құрылымын өзгерту. Мысалы, полимерді созу, екшелу немесе араластыру арқылы оның механикалық қасиеттерін жақсарту.

➤ Химиялық модификация: Заттың химиялық құрылымын өзгерту, жаңа функционалды топтарды енгізу немесе химиялық реакциялар арқылы жаңа қосылыстар жасау. Мысалы, полимерге металдық элементтерді қосу арқылы оның электрөткізгіштік қасиетін арттыру.

➤ Биологиялық модификация: Заттың қасиеттерін биологиялық процестер арқылы өзгерту, мысалы, ферменттер немесе микроорганизмдер арқылы. Мысалы, белсенді бактериялармен өңделген органикалық қалдықтардың қасиеттерін жақсарту.

Модификациялау материалдарға жаңа қасиеттер мен функционалдық мүмкіндіктерді қосып, олардың қолдану аясын кеңейтеді. Бұл процесс өндірісте немесе өнімді пайдалану барысында экономикалық тиімділікті қамтамасыз етіп, шығындарды азайтады. Модификацияланған материалдар коррозияға, температуралық өзгерістерге және механикалық жүктемелерге төзімділігін арттырып, олардың қауіпсіздігі мен сенімділігін жақсартады. Нәтижесінде, модификация материалдарды әр түрлі салаларда, соның ішінде құрылыс, көлік, электроника және медицинада қолдану үшін қажетті қасиеттермен қамтамасыз етеді, бұл олардың өміршеңдігін және өнімділігін арттырады.

*Химиялық модификацияның әдістері.* Полипропиленнің (ПП) құрылымын өзгерту және оған металдық қасиеттер беру үшін бірнеше химиялық модификация әдістері қолданылады. Бұл әдістер материалдың функционалдық мүмкіндіктерін арттырып, оны кеңінен қолданылатын салада тиімді етеді.

1. Плазмалық өңдеу – полимер бетіне металдық элементтерді енгізу арқылы олардың беткі қасиеттерін өзгертуге арналған әдіс. Бұл процесс кезінде жоғары энергиядағы плазма ағымы материал бетімен өзара әрекеттесіп, металдардың жұқа қабатын құра алады. Плазмалық өңдеу арқылы полипропиленнің беткі қабатында металдық қасиеттерді арттыру, мысалы, электрөткізгіштік, механикалық беріктік және коррозияға төзімділік сияқты қасиеттерді қамтамасыз ету үшін қолданылады. Бұл әдіс материалдың беткі қабатын бүлдірмей, жылдам және тиімді металлизациялауға мүмкіндік береді. Сонымен қатар, плазмалық өңдеу арқылы алынған метал қабаты материалдың басқа қасиеттеріне әсер етпейді. Плазмалық өңдеудің бірнеше түрі бар [3]:

- Стереолиттік плазма өңдеу: Бұл әдіс кезінде плазма ағымы арқылы беткі қабатқа металл иондары енгізіледі, нәтижесінде материалдың бетінде металдық қасиеттер пайда болады.

- Дисконтинуалды плазма өңдеу: Пластикалық өңдеу кезінде плазма ағымы үздіксіз емес түрде беріледі, бұл белгілі бір үлгілер мен құрылымдарды құруға мүмкіндік береді.

2. Нанобөлшектермен модификациялау – металдың микро бөлшектерін полипропилен матрицасына қосу арқылы материалдың электрөткізгіштігін және басқа да қасиеттерін арттыру әдісі. Нанобөлшектер ретінде көбінесе алтын, күміс немесе мыс сияқты металдар қолданылады. Нанобөлшектердің қосылуы полипропиленнің электрөткізгіштік қасиетін арттырады, сонымен қатар оның механикалық беріктігін күшейтеді. Бұл әдіс әсіресе электроника және құрылыс салаларында қолданылатын материалдар үшін маңызды. Әдістің 2 негізгі түрі бар [4]:

- Наноқұймалар: Метал нанобөлшектерін полимер матрицасына біркелкі түрде тарату арқылы электрөткізгіштікті арттыру.

- Наноқаптамалар: Полипропилен бетіне нанобөлшектерді қаптау арқылы оның беткі қасиеттерін өзгерту.

Осылайша, нанобөлшектердің қосылуы материалдың беткі бетімен жақсы өзара әрекеттесуі нәтижесінде беріктігін және функционалдық қасиеттерін арттырады. Сонымен қатар, бұл әдіс материалдың жеңілдігі мен икемділігін сақтай отырып, оны жоғары технологиялық қолданбаларға сай етеді.

3. Химиялық қаптау – полипропилен бетіне метал қабатын химиялық реакциялар арқылы қаптау әдісі. Бұл процесс барысында полимер бетіне метал иондарын енгізу арқылы металдық қабат қалыптастырылады. Химиялық қаптау арқылы полипропиленнің бетіне метал қабатын қосу материалдың беріктігін, электрөткізгіштік қасиетін және басқа металдық қасиеттерін жақсартады. Бұл әдіс материалдың сыртқы қасиеттерін өзгерту арқылы оның қызмет ету мерзімін ұзартады. Негізгі түрлері:

- Электролиз әдісі: Полипропилен бетіне металл иондарын электролиз арқылы енгізу.

- Сығым әдісі: Химиялық реагенттер арқылы металл қабатын құру, бұл материалдың беткі қабатын қорғап, оның қасиеттерін арттырады.

Қорытынды. Полипропилен беріктігі, химиялық төзімділігі және төмен құны арқасында әртүрлі салаларда кеңінен қолданылатын жоғары молекулалық полимер болып табылады. Химиялық және физикалық қасиеттеріне байланысты ол өнеркәсіптің әртүрлі салаларында кеңінен қолданылады. Бұл полимердің бөлме температурасында жоғары беріктігі мен қаттылығы сияқты механикалық сипаттамалары оны берік және ұзаққа созылатын өнімдерді жасау үшін өте қолайлы етеді. ПП-ның термиялық тұрақтылығы оның механикалық қасиеттерін тіпті жоғары температурада сақтауға мүмкіндік береді, бұл оның қолдану аясын айтарлықтай кеңейтеді. Полипропиленнің қышқылдарға, сілтілерге және еріткіштерге химиялық тұрақтылығы оны химиялық контейнерлерде және құбыр желілерінде пайдалануды қамтамасыз етеді. Жақсы оқшаулау қабілеті мен төмен диэлектрлік өткізгіштігінің арқасында ол электрлік және электронды құрылғыларда қолданылады. Оның ультракүлгін сәулеленуге және ауа-райының әсеріне төзімділігі полипропиленді сыртқы жағдайларда пайдалану үшін таптырмас материал етеді.

Полипропилен негізіндегі полимерлі жабындардың химиялық модификациясы арқылы металдық қасиеттер беру заманауи материалтанудың маңызды бағыты болып табылады. Плазмалық өңдеу, нанобөлшектермен модификациялау және химиялық қаптау әдістері материалдың функционалдық қасиеттерін арттырып, оны кеңінен қолданылатын салада тиімді етеді. Бұл әдістер материалдың электрөткізгіштігін, механикалық беріктігін және коррозияға төзімділігін арттыру арқылы оның қолдану мүмкіндіктерін кеңейтеді. Осылайша, полипропилен негізіндегі полимерлі жабындардың химиялық модификациясы өнеркәсіптік өнімдердің сапасын арттырып, жаңа технологиялық шешімдерді ұсынуға мүмкіндік береді.

### Пайдаланылған әдебиеттер

1. Liu S.H., Zhang H.Y., Wang Y.P., Ji G., Li L., Xu P., Huang J.H., Zhang S.L., Li C.X., Li C.J. Microstructural evolution of alumina coatings by a novel long laminar plasma spraying method. *Surf. Coat. Technol.* 2019; 363:210–220.
2. Zhang T., Sun J., Ren L., Yao Y., Wang M., Zeng X., et al. Nacre-inspired polymer composites with high thermal conductivity and enhanced mechanical strength. *Compos Appl Sci Manuf* 2019;121:92–9.
3. Bołtryk M., Krupa A., Pawluczuk E. Modification of the properties of the cement composites with the organic filler. *Constr Build Mater* 2018;167:143–53.
4. Sauer M., Shiozawa H., Ayala P., Ruiz-Soria G., Liu X., Chernov A., et al. Internal charge transfer in metallicity sorted ferrocene filled carbon nanotube hybrids. *Carbon* 2013; 59:237–45.

**Ш.К. Ақымғалиева, Р.М. Искаков**

Атырауский университет нефти и газа имени С. Утебаева, Атырау, Казахстан  
E-mail: sh22akymgali@mail.ru

### МОДИФИКАЦИЯ ХИМИЧЕСКИХ ВЕЩЕСТВ ДЛЯ ПОВЫШЕНИЯ МЕТАЛЛИЧЕСКИХ СВОЙСТВ ПОЛИМЕРНЫХ ПОКРЫТИЙ НА ОСНОВЕ ПОЛИПРОПИЛЕНА

**Аннотация.** В настоящее время полимерные материалы широко используются в производстве благодаря своей легкости, прочности и экологической эффективности. Однако физические свойства полимерных покрытий, включая проводимость и прочность, имеют ограничения в некоторых областях. В этой связи химическая модификация полимерных покрытий на основе полипропилена для придания металлических свойств является важным направлением. В данной статье будет представлена информация о полипропилене и его свойствах, основных методах химической модификации, а также области применения модифицированных полимерных покрытий.

**Ключевые слова:** полипропилен, модификация, металлическое свойство, наночастицы.

**Sh.K. Akymgalieva, R.M. Iskakov**

Atyrau Oil and Gas University named after S. Utebaev, Atyrau, Kazakhstan

E-mail: sh22akymgali@mail.ru

## **MODIFICATION OF CHEMICAL SPECIES TO INCREASE METALLIC PROPERTIES OF POLYPROPYLENE-BASED POLYMERIC COATINGS**

**Abstract.** Currently, polymer materials are widely used in production due to their lightness, durability, and ecological efficiency. However, the physical properties of polymer coatings, including conductivity and strength, have limitations in certain fields. In this regard, the chemical modification of polypropylene-based polymer coatings to impart metallic properties is an important direction. This article provides information on polypropylene and its properties, the main methods of chemical modification, and the application areas of modified polymer coatings.

**Keywords:** polypropylene, modification, metallic property, nanoparticles.

МРНТИ 61.51.21

**С.Е. Нәбидоллаев, Ж.Ә. Түсіпқалиев, М.Д. Уразғалиева, Н.В. Кузнецова,  
А.Ж. Жексембаева**

ТОО «КМГ Инжиниринг», г. Атырау, Казахстан

НАО «Атырауский университет нефти и газа имени Сафи Утебаева», г.Атырау,  
Казахстан

## **КОНВЕРСИЯ СИНТЕЗ-ГАЗА С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ НЕТРАДИЦИОННЫХ ПОЛИФУНКЦИОНАЛЬНЫХ МЕТАЛЛИЧЕСКИХ КАТАЛИЗАТОРОВ**

**Аннотация.** Работа посвящена разработке новых высокоэффективных нанесенных катализаторов, обладающих высокой активностью, стабильностью и селективностью, для процессов углекислотного и пароуглекислотного риформинга биогаза.

Работа является актуальной, поскольку в условиях постепенного истощения нефтяных ресурсов, важную роль будут играть природный газ и газохимические процессы. Переход на них позволяет использовать имеющуюся инфраструктуру нефтехимической промышленности.

В работе были изучены процессы углекислотного и пароуглекислотного риформинга биогаза на новом полиметаллическом нанесенном катализаторе.

В результате проведенных исследований были определены оптимальные условия получения синтез-газа с соотношением  $H_2/CO > 1$ , в процессах углекислотного и пароуглекислотного риформинга биогаза на новых полиметаллических катализаторах.

**Ключевые слова:** Синтез-газ, катализ, зеленая химия, водородная энергетика.

**Введение.** Одними из острейших проблем, стоящими перед человечеством в 21 веке, являются создание экономически эффективной и экологически безопасной системы энергообеспечения жизнедеятельности человека, поиск альтернативных возобновляемых источников сырья для энергетики и нефтехимического производства. Важнейшим средством решения проблем является постепенная замена устаревших, экологически опасных энергетических технологий 19-20 веков (сжигание ископаемого органического топлива, использование ядерной энергии, строительство крупных ГЭС). Развитие эффективных нетрадиционных источников позволит дать населению тепло и свет за счет использования местных возобновляемых энергетических ресурсов, обеспечить экологическую безопасность систем энергоснабжения, сохранить не возобновляемые топливно-энергетические ресурсы для будущих поколений, а также обеспечить сырьем нефтехимическое производство взамен

исчезающей нефти.

В такой ситуации чрезвычайно актуальным становится вопрос использования возобновляемых источников, одним из которых является биогаз. Биогаз образуется из органического возобновляемого субстрата и является экологически чистым природным сырьем. Биогаз производится из натурального сырья, отходов растениеводства, птицефабрик и животноводческих комплексов и пр., в результате переработки которых выделяется в значительных количествах метан. Другим основным компонентом биогаза является диоксид углерода. Оба парниковых газа – метан и диоксид углерода, являются готовым сырьем для получения каталитическим способом синтез-газа, из которого далее можно синтезировать любые органические соединения. Каталитическая переработка биогаза способствует утилизации парниковых газов, что является благоприятным фактором и соответствует принципам «зеленой» химии.

Все существующие методы получения синтез-газа из метана происходят в присутствии катализатора, активность, селективность, стабильность которого обеспечивают эффективность производства. Таким образом, ставится задача создания нового или усовершенствования старых катализаторов, эффективных, дешевых, простых по способу приготовления, и, в случае катализаторов риформинга метана, устойчивых к коксообразованию.

В настоящее время в РК не имеются технологии переработки биогаза.

**Актуальность работы.** Углекислотная и пароуглекислотная конверсия биогаза в синтез-газ – одни из привлекательных химических реакций, дающих начало синтезу углеводородов (жидкое топливо) и других технически ценных продуктов.

Пароуглекислотная конверсия биогаза позволяет утилизировать одновременно два парниковых газа, используя дешевое сырье и получая при этом привлекательное соотношение  $H_2/CO$  в синтез-газе.

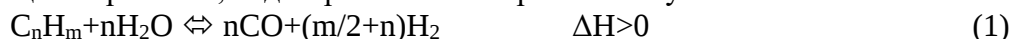
**Цель работы.** Создание новых высокоэффективных нанесенных катализаторов для процессов углекислотной и пароуглекислотной конверсии биогаза; подбор технологических параметров процессов для получения синтез-газа с регулируемым соотношением  $H_2/CO$ .

**Научная новизна.** Разработаны новые нанесенные катализаторы, модифицированные металлами, обладающие высокой активностью, стабильностью и селективностью в процессе углекислотной и пароуглекислотной конверсии биогаза в синтез-газ. Определены оптимальные условия проведения процесса взаимодействия метана с углекислотным газом с получением синтез-газа с повышенным содержанием водорода.

**Практическая ценность.** Синтезированы новые катализаторы для процессов углекислотной и пароуглекислотной конверсии метана. Катализатор отличается высокой активностью и устойчивостью к углеобразованию. Разработаны условия процессов углекислотной и пароуглекислотной конверсии биогаза и получения синтез-газа с повышенным содержанием водорода.

**Методы исследования.** Методы получения синтез-газа. Паровой риформинг. Паровой риформинг – это конверсия углеводородов водяным паром на никелевых катализаторах.

Основная реакция обратимая, эндотермическая и протекает с увеличением объема:



Побочные реакции, сопровождающие этот процесс:

Реакция водяного газа (реакция сдвига):



Реакции образования углерода:



*Парциальное окисление.* Процесс парциального окисления ведут при температуре 1350–1600°С и давлении до 15 МПа, без использования катализатора и в присутствии водяного пара при соотношении пар/углерод около 0,2. Побочным продуктом является сажа, которая может образовываться двумя путями: термическим крекингом части углеводородов или по реакции Будуара [1].

Основные реакции:



*Углекислотная конверсия.* Основная реакция процесса сильно эндотермическая, протекает при температуре 1000-1100°С и давлении 0,1 - 2 МПа в присутствии катализатора [2].



Кроме реакции (11) в смеси  $CH_4$  и  $CO$  протекают реакции образования углерода (12), стадиями которой являются реакции Будуара (4), паровая конверсия метана (11) и конверсия  $CO$  водяным паром (3).



**Результаты и дискуссия.** *Углекислотная и паро-углекислотная конверсия метана на Со-содержащих катализаторах.* По активности и стабильности  $CO$ -катализаторы схожи с никелевыми системами. В настоящей работе паровую конверсию биогаза изучали на новом 5%  $Co-M_1(9:1)$  - 5%  $M_2/Al_2O_3$  катализаторе.

Для опытов была приготовлена экспериментальная смесь с соотношением  $CH_4:CO_2:Ar$  составляющими 1:1:7. Затем с целью увеличения выхода оксида углерода для подходящего соотношения полученного синтез-газа в исходную смесь добавили  $CO$  с дальнейшим соотношением  $CH_4:CO_2:Ar:CO=1:1:7:0,01$ . Эксперименты осуществлялись в лабораторной кварцевой установке проточного типа, при атмосферном давлении, варьировании объемной скорости в пределах 900-1000 ч<sup>-1</sup> и температуры процесса от 300-750°С. В данной работе были изучены влияние температуры, паров воды, объемной скорости и влияния изменения исходного состава смеси на выход продуктов.

*Углекислотная конверсия метана на 5%  $Co-M_1(9:1)$  - 5%  $M_2/Al_2O_3$  катализаторе.* Риформинг метана на 5%  $Co-M_1(9:1)$  - 5%  $M_2/Al_2O_3$  катализаторе проводился при варьировании температуры от 485 до 743°С. Данные по влиянию температуры на степени конверсии метана и диоксида углерода приведены в таблице 1. С повышением температуры степени конверсии метана и диоксида углерода возрастают. Таким образом, степень конверсии метана растет от 8,35 до 100% с увеличением температуры от 485 до 743°С, а степень конверсии диоксида метана повышается от 31,71 до 100% в том же температурном интервале. Максимальная степень конверсии диоксида углерода достигается при 743°С и составляет 96,42%, то есть также наблюдается полная конверсия метана.

Влияние температуры на степени конверсии метана и диоксида углерода графически представлены на рисунке 1. Из рисунка видно, что степень конверсии метана резко возрастает от 31,715 до 100% с повышением температуры от 485 до 743°С.

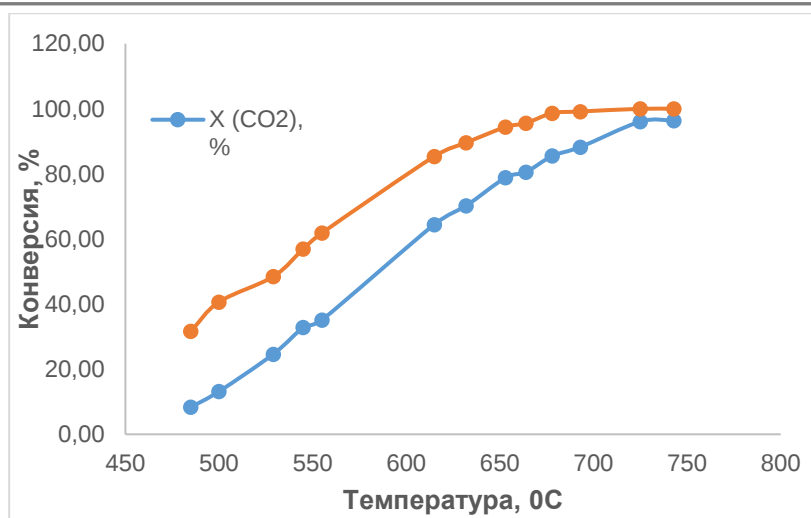


Рисунок 1. Влияние температуры на степени конверсии CH<sub>4</sub> и CO<sub>2</sub> при углекислотной переработке метана на 5% Co-M<sub>1</sub>(9:1) - 5%M<sub>2</sub>/Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> катализаторе

Таблица 1. Активность 5% Co-M<sub>1</sub>(9:1) - 5%M<sub>2</sub>/Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> катализатора в парокислотной конверсии метана

| Температура процесса, °C | Степень конверсии, % |                 | Отношение H <sub>2</sub> /CO |
|--------------------------|----------------------|-----------------|------------------------------|
|                          | CO <sub>2</sub>      | CH <sub>4</sub> |                              |
| 485                      | 8,35                 | 31,71           | 1,34                         |
| 500                      | 13,17                | 40,66           | 1,33                         |
| 529                      | 24,64                | 48,48           | 1,26                         |
| 545                      | 32,85                | 56,97           | 1,23                         |
| 555                      | 35,15                | 61,86           | 1,17                         |
| 615                      | 64,46                | 85,39           | 1,19                         |
| 632                      | 70,22                | 89,61           | 1,25                         |
| 653                      | 78,84                | 94,39           | 1,20                         |
| 664                      | 80,59                | 95,61           | 1,21                         |
| 678                      | 85,51                | 98,66           | 1,19                         |
| 693                      | 88,25                | 99,17           | 1,21                         |
| 725                      | 96,05                | 100,00          | 1,23                         |
| 743                      | 96,42                | 100,00          | 1,26                         |

Во всем изученном интервале температур продуктом углекислотного риформинга метана на 5% Co-M<sub>1</sub>(9:1) - 5%M<sub>2</sub>/Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> катализаторе является синтез-газ, выход которого составляет 90-100% в зависимости от температуры. Соотношение H<sub>2</sub>/CO в синтез-газе, полученном при температуре 743°C, составляет 1,23 отображено в таблице 1. При этом степени конверсии метана и диоксида углерода составляют ~100%.

Во всем изученном интервале температур на 5% Co-M<sub>1</sub>(9:1) - 5%M<sub>2</sub>/Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> в углекислотной конверсии метана образуется синтез-газ. В интервале температур 457-500°C выходы водорода и монооксида углерода меньше 0,86 и 0,65 мкмоль/г кат\*с соответственно, значительный выход H<sub>2</sub> и CO наблюдается при температуре процесса выше 675°C. На рисунке 6 показано влияние температуры на выходы H<sub>2</sub> и CO в интервале температур 615-725°C. С повышением температуры выходы H<sub>2</sub> и CO увеличиваются. При варьировании температуры процесса от 615 до 725°C выход водорода увеличивается от 2,29 до 3,09 мкмоль/г кат\*с. В то время как, выход монооксида углерода возрастает от 1,83 до 2,46 мкмоль/г кат\*с в интервале

температур 615-725°C. Необходимо отметить, что выход водорода выше монооксида углерода во всем изученном интервале температур (рисунок 2).

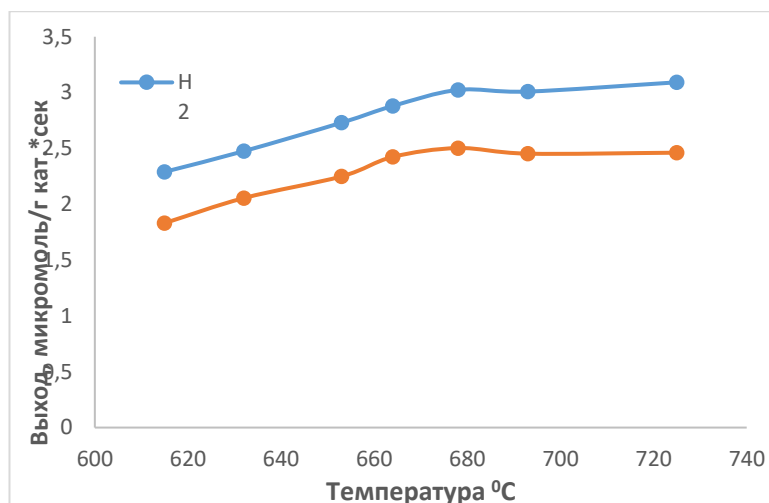


Рисунок 2. Влияние температуры на выходы H<sub>2</sub> и CO в углекислотном риформинге метана на 5% Co-M<sub>1</sub>(9:1) - 5%M<sub>2</sub>/Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> катализаторе при CH<sub>4</sub>:CO<sub>2</sub>=1:1, P=0,1 МПа, V<sub>0</sub>=1000 ч

Помимо синтез-газа при высоких температурах, 800-900°C, образуются жидкая фракция кислых соединений, в основном уксусная кислота.

*Пароуглекислотная конверсия метана на 5% Co-M<sub>1</sub>(9:1) - 5% M<sub>2</sub>/Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> катализаторе.* С целью комбинирования процессов углекислотной и паровой конверсии метана была проведена углекислотная и пароуглекислотная конверсия метана с добавлением CO в исходную смесь на 5% Co-M<sub>1</sub>(9:1) - 5%M<sub>2</sub>/Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> катализаторе. Процесс проводился в проточной лабораторной кварцевой установке при введении в состав исходной смеси 10-30- об.% паров воды и 5% оксида углерода при варьировании объемной скорости и температуры.

*Пароуглекислотная конверсия метана на 5% Co-M<sub>1</sub>(9:1) - 5% M<sub>2</sub>/Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> катализаторе.* Пароуглекислотный риформинг метана проводили на 5% Co-M<sub>1</sub>(9:1) - 5%M<sub>2</sub>/Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> катализаторе при варьировании температуры от 467 до 715°C и атмосферном давлении. Данные по влиянию температуры на степени конверсии метана и диоксида углерода приведены в таблице 2. Степень конверсии метана растет от 5,5 до 100% с повышением температуры от 467 до 715°C. При температуре 715°C достигается максимальная степень конверсии метана 100%, то есть происходит полная конверсия метана. Степень конверсии диоксида углерода растет от 30,56 до 100% в том же интервале температур. Степень конверсии метана при температуре 615°C уже составляет 100%.

Таблица 2. Пароуглекислотная конверсия метана на 5% Co-M<sub>1</sub>(9:1) - 5%M<sub>2</sub>/Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> катализаторе

| Температура процесса, °C | Степень конверсии, % |                 | Отношение H <sub>2</sub> /CO |
|--------------------------|----------------------|-----------------|------------------------------|
|                          | CO <sub>2</sub>      | CH <sub>4</sub> |                              |
| 467                      | 5,50                 | 30,56           | 5,25                         |
| 487                      | 12,38                | 38,92           | 3,53                         |
| 519                      | 19,95                | 48,37           | 3,02                         |
| 541                      | 34,94                | 60,66           | 2,96                         |
| 563                      | 45,46                | 69,56           | 2,33                         |

Продолжение таблицы 2

|     |        |        |      |
|-----|--------|--------|------|
| 594 | 55,69  | 83,19  | 2,41 |
| 612 | 73,16  | 88,82  | 2,09 |
| 631 | 78,84  | 95,01  | 1,93 |
| 643 | 83,30  | 97,53  | 1,76 |
| 651 | 86,22  | 99,05  | 1,67 |
| 660 | 91,05  | 100,00 | 1,63 |
| 670 | 92,71  | 100,00 | 1,59 |
| 681 | 96,53  | 100,00 | 1,60 |
| 692 | 98,10  | 100,00 | 1,56 |
| 696 | 98,68  | 100,00 | 1,53 |
| 704 | 98,95  | 100,00 | 1,52 |
| 712 | 100,00 | 100,00 | 1,53 |
| 715 | 100,00 | 100,00 | 1,52 |

Изменение степени конверсии метана и диоксида углерода с повышением температуры в процессе паро-углекислотной конверсии метана графически показано на рисунке 3. С повышением температуры степени конверсии метана и диоксида углерода изменяются с довольно близкими отклонениями.

При паро-углекислотной конверсии метана на кобальтовом катализаторе продуктом реакции является синтез-газ. При полном превращении метана при температуре процесса 700°C образующийся синтез-газ имеет состав  $H_2/CO=1,49$

Во всем изученном интервале температур на 5% Co-M<sub>1</sub>(9:1) - 5%M<sub>2</sub>/Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> в пароуглекислотной конверсии метана образуется синтез-газ. В интервале температур 353-487°C выходы водорода и монооксида углерода меньше 0,99 и 0,19 мкмоль/г кат\*с соответственно, значительный выход H<sub>2</sub> и CO наблюдается при температуре процесса выше 660°C. На рисунке 6 показано влияние температуры на выходы H<sub>2</sub> и CO в интервале температур 631-715°C. С повышением температуры выходы H<sub>2</sub> и CO увеличиваются. При варьировании температуры процесса от 631 до 715°C выход водорода увеличивается от 2,8 до 3,49 мкмоль/г кат\*с. В то время как, выход монооксида углерода возрастает от 1,83 до 2,35 мкмоль/г кат\*с в интервале температур 631-715°C. Необходимо отметить, что выход водорода выше монооксида углерода во всем изученном интервале температур (рисунок 4).

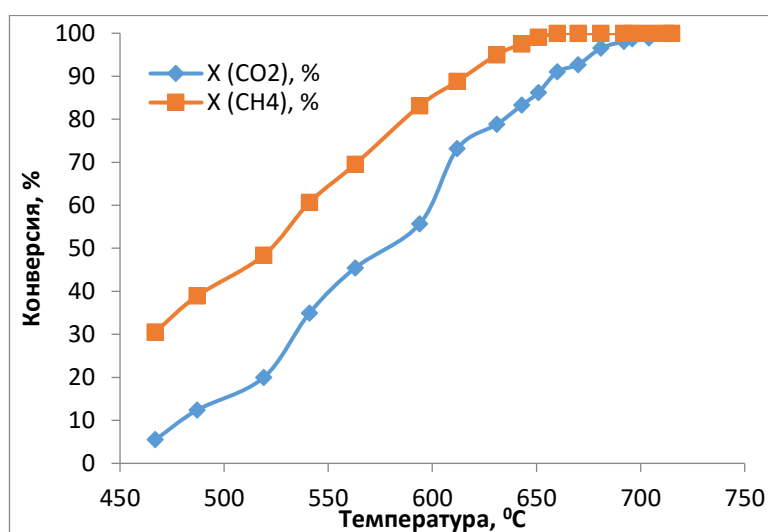


Рисунок 3. Влияние температуры на степени конверсии CH<sub>4</sub> и CO<sub>2</sub> при паро-углекислотном риформинге метана на 5% Co-M<sub>1</sub>(9:1) - 5%M<sub>2</sub>/Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> катализаторе

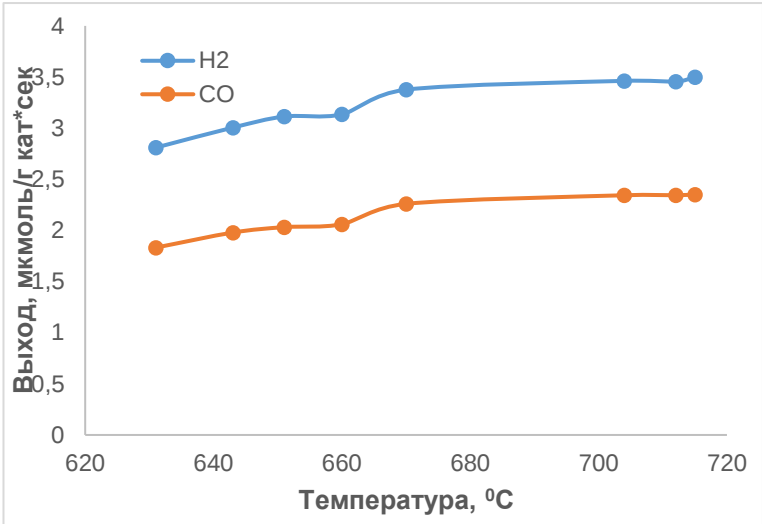


Рисунок 4. Влияние температуры на выходы H<sub>2</sub> и CO в углекислотном риформинге метана на % Co-M<sub>1</sub>(9:1) - 5%M<sub>2</sub>/Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> катализаторе при CH<sub>4</sub>:CO<sub>2</sub>=1:1, P=0,1 МПа, V<sub>о</sub>=1000 ч<sup>-1</sup>

В ходе проведения опытов была приготовлена новая смесь состава CH<sub>4</sub>:CO<sub>2</sub>:Ar:CO = 1:1:7:0,01, поэтому ниже будет проведен сравнительный анализ паро-углекислотной конверсии на 5% Co-M<sub>1</sub>(9:1) - 5%M<sub>2</sub>/Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>.

*Влияние воды на процессы углекислотного риформинга и бириформинга метана.* Сравним процессы риформинга и бириформинга на 5% Co-M<sub>1</sub>(9:1) - 5%M<sub>2</sub>/Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> катализаторе. Сравнительные данные по углекислотной и паро-углекислотной конверсии метана на кобальтовом катализаторе приведены в таблице 3.

Полное превращение метана осуществляется как при углекислотном риформинге, так и при паро-углекислотной конверсии метана.

При углекислотной конверсии метана полное превращение метана происходит при 725<sup>0</sup>С, в то время как конверсия диоксида углерода составляет 96,05%. При температуре процесса 725<sup>0</sup>С синтез-газ имеет состав H<sub>2</sub>/CO=1,26.

Таблица 3. Влияние воды на процесс риформинга метана на 5% Co-M<sub>1</sub>(9:1) - 5%M<sub>2</sub>/Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>при P=0,1МПа, V<sub>о6</sub>=1000 ч<sup>-1</sup>, CO<sub>2</sub>:CH<sub>4</sub>:Ar=1:1:7;

| Катализатор                                         | Процесс         | , °C | Степень конверсии, % |                 | H <sub>2</sub> /CO | ΔH <sub>2</sub> /CO | ΔX <sub>CO2</sub> | Δt, °C |
|-----------------------------------------------------|-----------------|------|----------------------|-----------------|--------------------|---------------------|-------------------|--------|
|                                                     |                 |      | CH <sub>4</sub>      | CO <sub>2</sub> |                    |                     |                   |        |
| 5%Co-M <sub>1</sub> /Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> | Сухой риформинг | 725  | 100                  | 96,42           | 1,26               | +0.23               | +3,58             | -31    |
|                                                     | Бириформинг     | 712  | 100                  | 100             | 1,49               |                     |                   |        |

При паро-углекислотной конверсии метана степень конверсии диоксида метана  $\sim 100\%$  при температуре процесса  $712^{\circ}\text{C}$ , в то время как степень конверсии диоксида углерода составляет  $96,42\%$ . При  $712^{\circ}\text{C}$  образуется синтез-газ состава  $\text{H}_2/\text{CO}=1,49$ .

На катализаторе наблюдается повышение содержания водорода в синтез-газе. Эти результаты свидетельствуют об одновременном протекании наряду с углекислотной конверсией реакции парового риформинга метана. Несмотря на понижение степени конверсии метана в процессе бириформинга на  $31,5\%$ , вода оказывает положительное влияние на катализатор, так как понизилась температура процесса полной конверсии метана на  $31^{\circ}\text{C}$  и увеличилось соотношение  $\text{H}_2/\text{CO}$  от  $1,26$  до  $1,49$ , что благоприятно для синтеза Фишера-Тропша.

### **Заключение.**

Со-содержащие катализаторы показали активность и стабильность, сопоставимые с никелевыми системами, что делает их перспективными для процессов углекислотной и паро-углекислотной конверсии метана. Новый катализатор  $5\% \text{Co-M}_1(9:1) - 5\% \text{M}_2/\text{Al}_2\text{O}_3$  продемонстрировал высокую эффективность в паровой конверсии биогаза, что подтверждается экспериментальными данными. Добавление  $\text{CO}$  в исходную смесь ( $\text{CH}_4:\text{CO}_2:\text{Ar}:\text{CO}=1:1:7:0,01$ ) позволило увеличить выход оксида углерода, что способствует получению синтез-газа с подходящим соотношением компонентов. Эксперименты показали, что температура, наличие паров воды, объемная скорость и состав исходной смеси существенно влияют на выход продуктов конверсии. Оптимальные условия для максимального выхода были определены в диапазоне температур  $300-750^{\circ}\text{C}$  и объемной скорости  $900-1000 \text{ ч}^{-1}$ . Полученные результаты могут быть использованы для дальнейшего развития технологий конверсии метана, что важно для эффективного использования биогаза и снижения выбросов углекислого газа.

С повышением температуры от  $485$  до  $743^{\circ}\text{C}$ , степень конверсии метана и диоксида углерода значительно возрастает. Конверсия метана увеличивается с  $8,35\%$  до  $100\%$ , а конверсия диоксида углерода — с  $31,71\%$  до  $100\%$ . Максимальная степень конверсии диоксида углерода достигается при  $743^{\circ}\text{C}$  и составляет  $96,42\%$ , что также соответствует полной конверсии метана. Основным продуктом углекислотного риформинга метана является синтез-газ, выход которого составляет  $90-100\%$  в зависимости от температуры. Соотношение  $\text{H}_2/\text{CO}$  в синтез-газе при температуре  $743^{\circ}\text{C}$  составляет  $1,23$ . График на рисунке 1 показывает резкое увеличение степени конверсии метана с  $31,71\%$  до  $100\%$  при повышении температуры от  $485$  до  $743^{\circ}\text{C}$ . Эти выводы подчеркивают важность температуры в процессе углекислотного риформинга метана и эффективность катализатора  $5\% \text{Co-M}_1(9:1) - 5\% \text{M}_2/\text{Al}_2\text{O}_3$  в достижении высокой степени конверсии.

Во всем изученном интервале температур на катализаторе  $5\% \text{Co-M}_1(9:1) - 5\% \text{M}_2/\text{Al}_2\text{O}_3$  в углекислотной конверсии метана образуется синтез-газ. В интервале температур  $457-500^{\circ}\text{C}$  выходы водорода и монооксида углерода составляют менее  $0,86$  и  $0,65 \text{ мкмоль/г кат}\cdot\text{с}$  соответственно. Значительный выход  $\text{H}_2$  и  $\text{CO}$  наблюдается при температуре выше  $675^{\circ}\text{C}$ . С повышением температуры от  $615$  до  $725^{\circ}\text{C}$  выходы  $\text{H}_2$  и  $\text{CO}$  увеличиваются. Выход водорода увеличивается от  $2,29$  до  $3,09 \text{ мкмоль/г кат}\cdot\text{с}$ , а выход монооксида углерода возрастает от  $1,83$  до  $2,46 \text{ мкмоль/г кат}\cdot\text{с}$ . Во всем изученном интервале температур выход водорода выше выхода монооксида углерода. При высоких температурах ( $800-900^{\circ}\text{C}$ ) образуются жидкие фракции кислых соединений, в основном уксусная кислота. Эти выводы подчеркивают важность температуры в процессе углекислотного риформинга метана и эффективность катализатора в достижении высоких выходов синтез-газа.

Степень конверсии метана увеличивается с  $5,5\%$  до  $100\%$  при повышении температуры от  $467$  до  $715^{\circ}\text{C}$ . Полная конверсия метана достигается при температуре  $715^{\circ}\text{C}$ . Степень конверсии диоксида углерода также возрастает с  $30,56\%$  до  $100\%$  в том же температурном интервале. При температуре  $615^{\circ}\text{C}$  степень конверсии метана уже составляет  $100\%$ , что указывает на высокую эффективность катализатора при этой температуре. Соотношение  $\text{H}_2/\text{CO}$  уменьшается с  $5,25$  до  $1,52$  по мере повышения температуры от  $467$  до  $715^{\circ}\text{C}$ , что может

указывать на изменение механизма реакции или условий равновесия. График на рисунке 3 показывает, что степени конверсии метана и диоксида углерода изменяются с довольно близкими отклонениями при повышении температуры. Эти выводы подчеркивают важность температуры в процессе паро-углекислотного риформинга метана и эффективность катализатора 5% Co-M<sub>1</sub>(9:1) - 5% M<sub>2</sub>/Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> в достижении высокой степени конверсии.

При паро-углекислотной конверсии метана на кобальтовом катализаторе основным продуктом реакции является синтез-газ. При полном превращении метана при температуре 700°C синтез-газ имеет состав H<sub>2</sub>/CO=1,49. В интервале температур 353-487°C выходы водорода и монооксида углерода составляют менее 0,99 и 0,19 мкмоль/г кат\*с соответственно. Значительный выход H<sub>2</sub> и CO наблюдается при температуре выше 660°C. С повышением температуры от 631 до 715°C выходы H<sub>2</sub> и CO увеличиваются. Выход водорода увеличивается от 2,8 до 3,49 мкмоль/г катс, а выход монооксида углерода возрастает от 1,83 до 2,35 мкмоль/г катс. Во всем изученном интервале температур выход водорода выше выхода монооксида углерода. В ходе опытов была приготовлена новая смесь состава CH<sub>4</sub>:CO<sub>2</sub>:Ar:CO = 1:1:7:0,01 для сравнительного анализа паро-углекислотной конверсии. Эти выводы подчеркивают важность температуры в процессе паро-углекислотного риформинга метана и эффективность катализатора 5% Co-M<sub>1</sub>(9:1) - 5% M<sub>2</sub>/Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> в достижении высоких выходов синтез-газа.

Полное превращение метана достигается как при углекислотном риформинге, так и при паро-углекислотной конверсии метана. При углекислотной конверсии метана полное превращение метана происходит при 725°C, при этом конверсия диоксида углерода составляет 96,05%. При паро-углекислотной конверсии метана полная конверсия метана достигается при 712°C, а конверсия диоксида углерода также составляет 96,42%. При углекислотной конверсии метана при 725°C синтез-газ имеет состав H<sub>2</sub>/CO=1,26. При паро-углекислотной конверсии метана при 712°C синтез-газ имеет состав H<sub>2</sub>/CO=1,49. Вода оказывает положительное влияние на катализатор, снижая температуру полной конверсии метана на 31°C и увеличивая соотношение H<sub>2</sub>/CO от 1,26 до 1,49. Это благоприятно для синтеза Фишера-Тропша, так как повышенное соотношение H<sub>2</sub>/CO улучшает условия для этой реакции. В процессе паро-углекислотной конверсии наблюдается повышение содержания водорода в синтез-газе, что указывает на одновременное протекание реакции парового риформинга метана. Эти выводы подчеркивают важность выбора условий процесса и состава катализатора для оптимизации выхода синтез-газа и эффективности конверсии метана и диоксида углерода.

### Список литературы

1. Aasberg-Petersen K., Bak Hansen J.-H., Christensen T.S., Dybkjaer I., Seier Christensen P., Stub Nielsen C., Winter Madsen S.E.L., Rostrup-Nielsen J.R., Technologies for large-scale gas conversion // Applied Catalysis A: General. 2001.V. 221. P. 379-387.,
2. Aartun I., Venvik H.J., Holmen A., Pfeifer P., Görke O., Schubert K. // Catal. Today, v. 110, № 1—2, 2005.- P. 98—107.

**С. Е. Нәбидоллаев, М. Д. Уразғалиева, Н. В. Кузнецова, А. Ж. Жексембаева**  
"ҚМГ Инжиниринг" ЖШС, Атырау қ., Қазақстан "Сафи Өтебаев атындағы Атырау мұнай және газ университеті" КЕАҚ, Атырау қ., Қазақстан

### ДӘСТҮРЛІ ЕМЕС КӨПФУНКЦИОНАЛДЫ МЕТАЛДЫҚ КАТАЛИЗАТОРЛАР ҚОЛДАНА ОТЫРЫП СИНТЕЗ-ГАЗДЫ ТҮРЛЕНДІРУ

**Андатпа.** Жұмыс биогаздың көмірқышқыл газы мен бу көмірқышқыл газын реформалау процестері үшін жоғары белсенділігі, тұрақтылығы және селективтілігі бар жаңа жоғары тиімді қолданылған катализаторларды әзірлеуге арналған. Жұмыс өзекті болып табылады, өйткені мұнай ресурстарының біртіндеп сарқылуы жағдайында табиғи газ және газ-химиялық процестер маңызды рөл атқарады. Оларға көшу мұнай-химия өнеркәсібінің қолда бар инфрақұрылымын пайдалануға

мүмкіндік береді. Жұмыста жаңа полиметалл қолданылған катализатордағы биогаздың көмірқышқыл және бу-көмірқышқыл риформинг процестері зерттелді. Жүргізілген зерттеулер нәтижесінде жаңа полиметалл катализаторларында биогаздың көмірқышқыл және бу-көмірқышқыл риформинг процестерінде  $H_2/CO > 1$  қатынасы бар синтез-газды алудың оңтайлы шарттары анықталды.

**Түйінді сөздер:** Синтез-газ, катализ, жасыл химия, сутегі энергетикасы.

**S.E. Nabidollaev, M.D. Urazgalieva, N.V. Kuznetsova,**

**A.J. Zheksembayeva**

KMG Engineering LLP, Atyrau, Kazakhstan Atyrau

University of Oil and Gas named after Safi Utebayev, Atyrau, Kazakhstan

## **SYNTHESIS GAS CONVERSION USING UNCONVENTIONAL POLYFUNCTIONAL METAL CATALYSTS**

**Summary.** The work is devoted to the development of new highly efficient supported catalysts with high activity, stability and selectivity for the processes of carbon dioxide and steam carbon dioxide reforming of biogas.

The work is relevant, because in the conditions of gradual depletion of oil resources, natural gas and gas chemical processes will play an important role. The transition to them allows using the existing infrastructure of the petrochemical industry.

In this work, the processes of carbon dioxide and steam carbon dioxide reforming of biogas on a new polymetallic supported catalyst were studied.

As a result of the research, the optimal conditions for obtaining synthesis gas with a ratio of  $H_2/CO > 1$  were determined in the processes of carbon dioxide and steam-carbon dioxide reforming of biogas on new polymetallic catalysts.

**Key words:** Synthesis gas, catalysis, green chemistry, hydrogen energy.

МРНТИ 61.01.11

**Г.Б. Инхаева, Г.К. Шамбилова**

С.Өтебаев атындағы Атырау мұнай және газ университеті, Атырау, Қазақстан

[i.gulbakhyt23@aogu.edu.kz](mailto:i.gulbakhyt23@aogu.edu.kz)

**х.ғ.д., профессор**

## **ӨНІМДІЛІКТІҢ ТҰРАҚТЫ ӨСУІН ҚАМТАМАСЫЗ ЕТУ ЖӘНЕ ЖАҒЫМСЫЗ НӘТИЖЕЛЕРДЕГІ ТИІМДІЛІКТІ БАҒАЛАУДАҒЫ МҰНАЙ ӨНЕРКӘСІБІНІҢ ТӘЖІРИБЕСІ**

**Аңдатпа.** Бұл жұмыстың мақсаты-мұнай саласындағы еңбек тиімділігі мен өнімділігін бағалауға арналған өзекті зерттеулерге үлес қосу. Ең жақсы әдістердің бірі-әр түрлі ресурстар мен өнімдері бар кәсіпорындардың тиімділігі мен өнімділігін бағалау үшін сәтті қолданылатын терең талдау. Бұл зерттеу деректердің белгісіздігі мен қажетсіз нәтижелерді жою арқылы тиімділік пен өнімділікті өлшеуге мүмкіндік беретін деректерді қамтуды талдау (DEA) әдісіне негізделген бірегей жүйені әзірледі, бұл шешім қабылдаушыларға пайдалы ақпарат береді. Адаптивті робастты оңтайландыру консерватизм деңгейі мен тәуекел туралы шешім қабылдаушылардың қалауы арасындағы байланысты ескере отырып, таралуы белгісіз белгісіз деректермен жұмыс істеу үшін қолданылады. Ұсынылған сенімді DEA тәсілінің басты артықшылығы-тапсырмада белгісіздік болған кезде де нәтижелер тұрақты болып қалады. Мақалада 2000-2018 жылдар аралығындағы 25 елдегі экологиялық тиімділік пен өнімділікті талдау үшін  $CO_2$  шығарындыларын қажетсіз нәтиже ретінде қарастыруды қоса алғанда, деректердің белгісіздігі жағдайында мұнай өңдеу зауытының эмпирикалық зерттеуі берілген. Алынған нәтижелер маңызды қорытындылар береді. Біріншіден, сенімділік құны әлемдік

мұнай нарығындағы өнімділікті бағалау кезінде әртүрлі технологияларға әртүрлі әсер ететіні анықталды, АҚШ-тың мұнай өнеркәсібі өнімділіктің ең жоғары өсуін көрсетіп, мұнай өндіру мен өндірісті төмен шығындармен жылдам ұлғайту жөніндегі күш-жігерін растады. Мүмкін, басқа елдер өнімділікті арттыру үшін АҚШ тәжірибесінен практикалық сабақ ала алады. Деректер сондай-ақ 2008 жылғы жаһандық қаржы дағдарысы кезеңінде мұнай өнеркәсібінің басқа қарастырылып отырған кезеңдермен салыстырғанда айтарлықтай төмендеуін, сондай-ақ ақша-несие және фискалдық ынталандырудың арқасында 2009-2011 жылдар аралығындағы өнімділіктің күрт өсуін растайды. Тағы бір қорытынды-ЖІӨ өсу қарқыны мен технологиялық инновациялар бүкіл әлем бойынша мұнай өнеркәсібінің өнімділігін арттыруға тиімдірек ықпал етуі мүмкін.

**Түйін сөздер:** мальмквист өнімділік индексі, статистикалық регрессия, жаһандық қаржы дағдарысы, CO<sub>2</sub> шығарындылары, адаптивті робастты оңтайландыру, экологиялық нормативтер, технологиялық инновациялар, деректердің белгісіздігі, мұнай саласындағы еңбек тиімділігі.

### Кіріспе

Әлемдік мұнай өндірісінің тиімділігі күшті бәсекелестік пен COVID-19 пандемиясы, Иран мұнай өнеркәсібіне қарсы санкциялар, Ресей мен Украина соғысы, АҚШ пен Қытай арасындағы сауда қақтығысы сияқты жаһандық белгісіздік факторларының әсерінен бүкіл әлемде үлкен алаңдаушылық тудыратын негізгі мәселелердің біріне айналды. Қазіргі экономиканың маңызды құрамдас бөлігі бола отырып, мұнай саласы жаһандық энергетиканың негізгі көзі болып табылады және ұзақ мерзімді экономикалық дамуда маңызды рөл атқарады. Халықаралық еңбек ұйымының (ХЕҰ) мәліметтері бойынша 6 миллионға жуық адам тікелей мұнай өнеркәсібінде, ал жанама түрде 50 миллионнан астам адам жұмыс істейді. Өнеркәсіп бәсекеге қабілеттілікті сақтау үшін минималды шығындармен мұнай өндіру мен мұнай өнімдерін өңдеуге байланысты көптеген қиындықтар мен белгісіздіктерге тап болады. Бұл сын-қатерлерге жаһандық сұраныс, бағаның құбылмалылығы, жаһандық пандемияның күшеюі, халықаралық ынтымақтастық, технологиялық жетістіктер және экологиялық нормативтердің қатаюы жатады. Бұл тұрғыда мұнай өндіретін кәсіпорындардың тиімділігі мен өнімділігін үнемі бағалау өте маңызды. Тиімділікті талдау өндірістік жүйенің күшті және әлсіз жақтарын анықтауға мүмкіндік береді, бұл жүйенің жұмысын оңтайландыруға, тұтынушылардың қанағаттанушылығын арттыруға, ішкі және сыртқы өзара әрекеттесуді жақсартуға және процестерді объективті басқаруға ықпал етеді.

### Тиімділік пен өнімділікті бағалау

Деректерді қамтуды талдау (DEA) – бұл өндірістік бөлімшелер тобының салыстырмалы тиімділігін өлшеуге арналған параметрлік емес әдіс, ол кірістер мен шығыстар арасындағы нақты функционалды қатынасты орнатуды қажет етпейді. Әдебиетте кеңінен қолданылатын екі негізгі DEA моделі бар: CCR және BCC. CCR моделі тұрақты масштабты қайтару (CRS) болжамына сүйенсе, BCC моделі өзгермелі қайтарымды (VRS) ескереді. Масштабты тиімділік (SE) ұғымы CCR тиімділігінің BCC тиімділігіне қатынасы ретінде енгізілген.

Көптеген DEA модельдері статикалық талдауға арналған, алайда шынайы өмірдегі тапсырмалар динамикалық тәсілді қажет етеді. Бұл уақыт аспектісін ескеретін DEA модельдерінің дамуына әкелді. Уақытша тәуелді DEA модельдерінің екі бағыты бар: "терезе талдауы" және Мальмквист өнімділік индексі (MPI). MPI жалпы факторлық өнімділіктің өзгеруін бағалайды, яғни екі уақыт кезеңі арасындағы тиімділік пен технологиядағы прогресс немесе регрессияны көрсетеді.

MPI қолданылуына қарамастан, ол үш негізгі проблемаға тап болады: циклділіктің болмауы, өнімділік өзгерісінің екі түрлі көрсеткіштері және сызықтық бағдарламалау мәселелері. Осыған байланысты Пастор мен Ловелл Мальмквистің жаһандық өнімділік индексін (GMPI) әзірледі, ол бұл кемшіліктерді жояды және өнімділіктің өзгеруінің бірыңғай көрсеткішін ұсынады. Ары қарай, зерттеушілер MPI-дің әртүрлі аспектілерін зерттеп,

жетілдірді, мысалы, қажетсіз өнімдерді ескеру немесе нәтижелерді топтық бағалауға біріктіру.

Мұндай жетістіктерге қарамастан, МРІ-дің ыдырау мәселелері әлі де зерттеу тақырыбы болып қала береді, соның ішінде қажетсіз өнімдермен жұмыс істеу тәсілдері мен өнімділіктің өзгеруін бағалаудың жаңа әдістері.

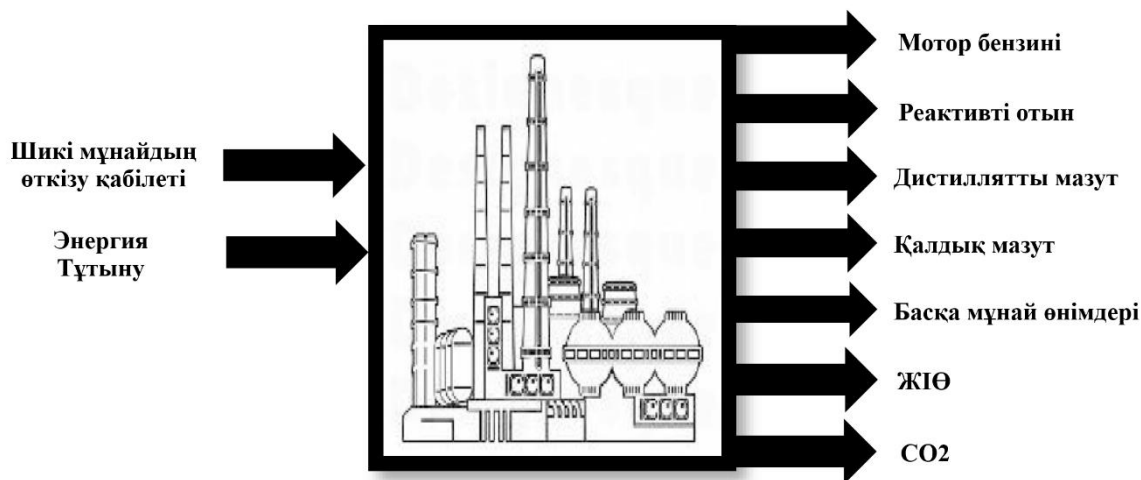
### Экологиялық тиімділік

Көптеген зерттеулер DEA әдісін жеке және мемлекеттік энергетикалық ұйымдардың жұмыс тиімділігін, өнімділігін және экологиялық көрсеткіштерін бағалау үшін қолданысты, бұл әдіс аймақтық, ұлттық және халықаралық деңгейлерде кеңінен қолданылды. Бұл бағыттағы бірнеше маңызды шолулар DEA-ның энергия тиімділігін бағалаудағы әлеуетін жан-жақты көрсетеді (1 сурет).

Sueyoshi және оның әріптестері (2017) 1980-2010 жылдар аралығында жарияланған 700-ге жуық DEA жұмыстарына талдау жүргізсе, Мардани және оның авторлары (2017) 2006-2015 жылдардағы 144 зерттеуді талдап, осы әдістің энергия тиімділігін бағалаудағы әлеуетін көрсетті. Соңғы жылдары Ю мен Хэ (2020) DEA-ға негізделген энергия тиімділігін библиометриялық тұрғыдан зерттеді.

Бұл жұмыста біз DEA-ны мұнай-газ өнеркәсібінде қолдануға қатысты зерттеулерге назар аударамыз. Өртүрлі зерттеулерде, мысалы, CCR және BCC модельдері, мұнай мен газ өндіру тиімділігін бағалау үшін қолданылды. Сонымен қатар, SBM, RAM, және кері бағалау (inverse DEA) сияқты радиалды емес DEA модельдері де мұнай-газ өнеркәсібіндегі тиімділікті талдауға кеңінен қолданылды.

Энергияны пайдалану тиімділігін талдаумен қатар, көптеген зерттеулер уақыт өте келе өнімділік өсімін өлшеуге бағытталды. Сондай-ақ, құрылымдық қиындықтарды шешу үшін



DEA желілік модельдері қолданылды. Мұнай өңдеу өнеркәсібінде, мысалы, парниктік газдар шығарындыларын ескере отырып, экологиялық тиімділік пен өнімділікті бағалау үшін DEA және МРІ қолданылған зерттеулер де бар.

1 сурет - Мұнай өңдеу зауытын талдау моделі

Әдебиеттерде мұнай өңдеу өнеркәсібіндегі экологиялық тиімділік пен өнімділікті бағалауға арналған көптеген жұмыстар жасалды, мысалы, Италиядағы жеті мұнай өңдеу зауытының экологиялық тиімділігін бағалау немесе АҚШ-тағы мұнай-газ компанияларының CO<sub>2</sub> шығарындыларының әсерін азайтуға бағытталған инвестициялық стратегияларды жасау.

### Белгісіздік

Алдыңғы бөлімдерде талқыланған әдебиеттерде кірістер мен шығыстар анықталған және нақты деп есептелді, бірақ шынайы міндеттерде деректердің белгісіздігі жиі кездеседі. Мұнай саласында, мысалы, реттеушілер мен компаниялар тиімділік бағалауда нақты көрсеткіштерге

сүйенеді, бірақ деректердің ауытқуы нәтижелердің шатасуына әкелуі мүмкін.

Бизнес ортада деректердің белгісіздігі шешімдерге әсер етеді, сондықтан оны есепке алу маңызды. Бұл зерттеу мұнай саласының тиімділігін бағалау кезінде деректердің белгісіздігіне баса назар аударады. MPI және DEA әдістерінде деректердің белгісіздігін шешу үшін шамамен DEA, стохастикалық DEA, Bootstrap DEA, анық емес DEA және ұялшақ DEA сияқты тәсілдер қарастырылған.

Соорег және әріптестері (1999) ұсынған шамамен DEA белгісіз деректерді шектеулі аралықтарда сипаттайды, бірақ тиімділік бөлу туралы ақпаратты ескермейді. Стохастикалық DEA ықтималдықтарды бөлу функциясын орнатуды талап етеді, ал Bootstrap DEA тиімділік ұпайларының статистикалық қасиеттерін зерттейді. Бұлыңғыр DEA белгісіз деректерді өңдеуге арналған, бірақ оның қолданылуы күрделі болуы мүмкін.

Бұл мақалада DEA-ның ұялшақ тәсілі қолданылып, мұнай өнеркәсібінде белгісіздік жағдайында MPI-ді бағалау талқыланады. Emrouznejad және әріптестері (2011) белгісіз кірістер мен шығыстарда MPI өлшеуді зерттесе, Хатами-Марбини және әріптестері (2012) анықталмаған деректермен ауруханалардың MPI бағалау әдісін ұсынды.

Белгісіздік жағдайында MPI зерттеулері мұнай өнеркәсібінде маңызды, бірақ жеткіліксіз қарастырылған. Мысалы, Sueyoshi (2000) мұнай компаниясының стратегиясын жоспарлау үшін DEA стохастикалық моделін қолданса, Eller және әріптестері (2011) мұнай компанияларының тиімділігін талдау үшін DEA және SFA әдістерін қолданды. Тавана және әріптестері (2019) бұлыңғыр DEA моделін ұсынды, ал Аль-Мана және әріптестері (2020) NOC және IOCs тиімділігін бағалау үшін төрт әдісті біріктірді.

1-кестеде белгісіздік жағдайында DEA және MPI қолданатын зерттеулердің қысқаша мазмұны берілген.

### **Жарналар**

Әдебиеттерге жүргізілген шолу бұл тапсырманың күрделілігіне байланысты белгісіздік жағдайында мұнай өнеркәсібіндегі өнімділіктің өсуін зерттеуге жеткілікті көңіл бөлінбегенін көрсетеді. Бұл мақаланың мақсаты белгісіздік маңызды рөл атқаратын және тиісті шешімдерді қажет ететін жағдайларда мұнай өңдеу зауыттарындағы өнімділікті арттыруға баса назар аудару болып табылады. Біз BMPI өлшеу кезінде DEA модельдеріндегі деректердің белгісіздігі мен қажетсіз нәтижелерді модельдеу үшін RO әдісін қолданамыз. Мақаланың негізгі қорытындыларын жеті аспект бойынша анықтауға болады: (i) модельдердің жоғары орындалуын қамтамасыз ететін белгісіздік жағдайында өнімділіктің өсуін бағалау үшін жағымсыз нәтижелерді ескере отырып, жаңа әдісті әзірлеу, (ii) шешім қабылдаушыларға консерватизм дәрежесін реттеу арқылы тәуекел деңгейін таңдауға мүмкіндік беру, (iii) сенімділік бағасы тұжырымдамасын енгізу және мұнай өңдеу зауыттарының әртүрлі бұзылу деңгейлеріне төзімді екенін анықтау, (iv) ұсынылған сенімді BMPI VRS LP технологиясына тән кемшіліктерді болдырмайды, және жаңа уақыт кезеңін қосу кезінде деректерді қайта есептеу қажеттілігін жояды, (v) белгісіздік және жағымсыз нәтижелердің болуы жағдайында мұнай өңдеу зауыттарының өнімділігінің өсуін өлшеу үшін негізгі факторларды анықтау және бағалау, (vi) өндірістік функцияны ұсыну үшін экономикалық және экологиялық аспектілерді ескеретін ең қолайлы кіріс және шығыс деректерін таңдау, (vii) мәліметтердегі әртүрлі деңгейдегі бұзушылықтар жағдайында мұнай өңдеу зауыттарының тиімділігі мен өнімділігін талдау үшін ұсынылған әдісті қолдану, соңғы 10 жылдағы қалаулы және қалаусыз нәтижелер.

### **Мальмквист индексындағы деректердің белгісіздігі**

Деректердегі белгісіздік өндірістік бөлімшелердің тиімділігі мен өнімділігіне әсер етеді. Эрготт және оның әріптестері (2018) талдауда деректердің белгісіздігін ескеру қажеттігін атап өтті. DEA модельдері тиімділік шекарасының сезімталдығы мен деректердегі бұзылуларға тәуелді, бұл өнімділікті бағалауда белгісіздікті ескеруді маңызды етеді. Шешім қабылдаушылар үшін белгісіздік жағдайында алынған нәтижелерге сенімді болу өте маңызды.

RO тәсілі белгісіздікті ескеру үшін әзірленген, ол бастапқыда инженерлік есептерде

қолданылған. Сойстер (1973) сызықтық бағдарламалаудағы баған белгісіздігін жою үшін модель ұсынды, ал Бен-Тал және Немировский (1998, 2000) консерватизмді төмендету үшін эллипсоидтық модель әзірледі. Берцимас пен Сим (2004) көп қырлы жиынтықтарды қолдана отырып, RO тәсілінің икемділігін арттырды.

RO тәсілі DEA-да да қолданыс тапты (Shokouhi et al., 2010; Sadjadi et al., 2011; Omrani, 2013; Lu, 2015; Arabmaldar et al., 2017). Бұл тәсіл тәуекелдерді басқарудың үш әдісіне негізделген. Берцимас пен Симнің жұмысы белгісіздік жағдайында тиімділік пен өнімділікті бағалауда пайдалы ақпарат береді.

RO тәсілінің артықшылықтары: (i) ықтималдықты бөлу туралы болжамдардың болмауы, (ii) деректер өзгергенде тұрақты шешімдер табу, (iii) консерватизм деңгейін бақылау, (iv) қосымша ақпарат беру, және (v) модельдердің икемділігі мен үлкен есептерді шешуге қолайлылығы.

Бұл артықшылықтар бізді RO тәсілін зерттеуге және белгісіздік жағдайында BMPI қолдануға бағыттады. Мұнда біз қарапайым мысал келтіріп, белгісіздікке арналған сенімді BMPI ұсынамыз.

### **Мұнай өңдеу өнеркәсібінің практикалық мысалы**

Мұнай-химия өнеркәсібі жоғары технологиялық және үздіксіз тиімділік пен өнімділікті бақылауды қажет етеді. Энергетика секторы жаһандық экономикалық дамуда маңызды рөл атқарады, сондықтан оның технологиялық жағдайын үнемі бағалап отыру қажет.

Бұл зерттеу АҚШ-тың энергетикалық ақпарат басқармасы (EIA) және басқа қайталама көздерден алынған деректерді пайдаланып, 25 елдің мұнай өңдеу зауыттарындағы өнімділіктің өсуін талдайды. Бастапқыда 2000-2018 жылдар аралығы қарастырылды, бірақ деректердің болмауына байланысты 2005-2014 жылдарға назар аударылды. Зерттеуге өндірістік көрсеткіштер ретінде шикізат көлемі мен энергия тұтынуы, сондай-ақ шығу деректері ретінде өнім түрлері, ЖІӨ және CO<sub>2</sub> шығарындылары алынды.

Таңдалған елдер технологиялық даму, нормативтік база, шикізатқа қол жетімділік және саяси тұрақтылық жағынан ерекшеленеді, бірақ барлық мұнай өңдеу зауыттары ұқсас міндеттерді атқарады және жаһандық белгісіздік жағдайында жұмыс істейді деп есептелді.

Зерттеу барысында мұнай өңдеу зауыттарының тиімділігі мен өнімділігін бағалау үшін DEA сенімді модельдері қолданылды. Барлық кіріс және шығыс деректері үшін үш бұзылу деңгейі (1%, 5%, 10%) қарастырылды, ал консерватизм деңгейі бұзылу мөлшеріне байланысты 0-ден 9-ға дейін өзгертілді, бұл оңтайлы шешімдерге қол жеткізуге мүмкіндік берді.

### **Саясат бойынша қорытынды және ұсыныстар**

Белгісіздік нақты міндеттерде маңызды рөл атқарады және оны елемеу қате шешімдерге және инвестициялардың дұрыс бөлінбеуіне әкелуі мүмкін. Мұнай өнеркәсібі мұнай бағасының ауытқуы, тұрақсыз сұраныс, экологиялық шектеулер және күтпеген оқиғалар сияқты көптеген белгісіздік факторларымен бетпе-бет келеді. Бұл зерттеуде белгісіздік жағдайында тиімділік пен өнімділікті бағалау үшін сенімді DEA моделі ұсынылады. Сенімді оңтайландыру әдістерін қолдана отырып, белгісіз деректерді қарастырамыз және консервативтілік деңгейі мен тәуекелдік қалаулар арасындағы байланысты зерттейміз.

Рэй мен Деслидің (1997) тәсіліне негізделген бұл әдіс Пастордың BMPI (2011) моделін бейімдейді. 2005-2014 жылдар аралығында 25 елдегі мұнай өңдеу зауыттарының тиімділігі мен өнімділігін талдау үшін қолданылды. Нәтижелер 2008 жылғы қаржылық дағдарысқа байланысты төмендеу және 2009-2011 жылдардағы өсуді қоспағанда, өнімділіктің тұрақтылығын көрсетеді. Сонымен қатар, VRS технологиясының CRS-ке қарағанда тұрақты екені анықталды. ЖІӨ өсуі мен еңбек өнімділігі арасындағы оң корреляция маңызды болып шықты, ал АҚШ ең жоғары өнімділік өсімін көрсетті.

Энергетикалық саясат пен мұнай саласындағы реформалар үлкен қысымға ұшырайды, ал саяси факторлар тиімділікке тікелей әсер етеді. Тұтынушыларға қатысты экологиялық және әлеуметтік-саяси нормаларды, сапа, қауіпсіздік және энергия тиімділігі стандарттарын сақтау

маңызды. Тиімділік пен өнімділікті арттыру үшін заманауи технологиялық шешімдер қажет.

Зерттеудің бірнеше шектеулері бар: белгісіздік тек көп қырлы жиындармен шектеледі, деректер 2000-2018 жылдар аралығымен ғана шектеледі, және тек CO<sub>2</sub> шығарындылары қажетсіз нәтиже ретінде қарастырылды. Болашақ зерттеулерде интерактивті әдістерді және зауыттардың желілік құрылымдарын модельдеуді қосу маңызды.

### Әдебиеттер тізімі

1. Әл-Мана АА, Наваз В, Камал А, Кош М (2020) ұлттық және халықаралық мұнай компанияларының қаржылық және операциялық тиімділігі: эмпирикалық тергеу. Ресурстық Саясат 68:101701
2. Barros C, Antunes OS (2014) Анголаның мұнай блоктарындағы өнімділіктің өзгеруі. Энергия Көзі В Бөлігі 9(4):413-424
3. Dale iNN, JOSHI JM (2020) DEA және tobit модельдерін қолдана отырып, мұнай өңдеу зауыттарының техникалық тиімділігін бағалау: Үнділік перспектива. Есептеу Химиясы Eng 142:107047
4. Grosskopf Sh, Lovely CAKE, Pasurka C (1989) кейбір нәтижелер жағымсыз болған кезде өнімділікті көпжақты салыстыру: параметрлік емес тәсіл. Экономикалық статистика 71(1):90-98
5. Гриффелл-Ол (1999) - мальмквисттің жалпы өнімділік индексі. 7(1): 81-101
6. Ike CB, Lee H (2014) ұлттық мұнай компаниялары мен оның детерминанттарының тиімділігі мен өнімділігін өлшеу. Геосистология 17(1): 1-10

**Г.Б. Инхаева, Г.К.Шамбилова**

Атырауский университет нефти и газа имени С.Утебаева, Атырау, Казахстан  
[i.gulbakhyt23@aogu.edu.kz](mailto:i.gulbakhyt23@aogu.edu.kz)

### ОПЫТ НЕФТЯНОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ В ОБЕСПЕЧЕНИИ УСТОЙЧИВОГО РОСТА ПРОИЗВОДИТЕЛЬНОСТИ И ОЦЕНКЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ ПРИ ОТРИЦАТЕЛЬНЫХ РЕЗУЛЬТАТАХ

**Аннотация.** Цель данной работы-внести вклад в актуальные исследования по оценке эффективности и производительности труда в нефтяной отрасли. Одним из лучших методов является углубленный анализ, который успешно используется для оценки эффективности и производительности предприятий с различными ресурсами и продуктами. В этом исследовании была разработана уникальная система, основанная на методе анализа покрытия данных (DEA), который позволяет измерять эффективность и производительность за счет устранения неопределенности данных и нежелательных результатов, предоставляя лицам, принимающим решения, полезную информацию. Адаптивная робастная оптимизация используется для работы с неизвестными данными с неопределенным распространением, учитывая взаимосвязь между уровнем консерватизма и предпочтениями лиц, принимающих решения о риске. Основным преимуществом предлагаемого надежного подхода DEA является то, что результаты остаются стабильными даже при наличии неопределенности в задаче. В статье представлено эмпирическое исследование нефтеперерабатывающего завода в условиях неопределенности данных, включая рассмотрение выбросов CO<sub>2</sub> как нежелательных результатов для анализа экологической эффективности и производительности в 25 странах с 2000 по 2018 год. Полученные результаты дают важные выводы. Во-первых, было обнаружено, что стоимость надежности по-разному влияет на различные технологии при оценке производительности на мировом нефтяном рынке, при этом нефтяная промышленность США продемонстрировала самый высокий рост производительности и подтвердила свои усилия по быстрому увеличению добычи и добычи нефти с меньшими затратами. Возможно, другие страны смогут извлечь практические уроки из опыта США для повышения производительности. Данные также подтверждают значительное сокращение нефтяной промышленности в период глобального финансового кризиса 2008 года по сравнению с другими рассматриваемыми периодами, а также резкое

повышение производительности в период с 2009 по 2011 год благодаря денежно-кредитным и фискальным стимулам. Другой вывод заключается в том, что темпы роста ВВП и технологические инновации могут более эффективно способствовать повышению производительности нефтяной промышленности во всем мире.

**Ключевые слова:** индекс производительности мальмквиста, статистическая регрессия, глобальный финансовый кризис, выбросы CO<sub>2</sub>, адаптивная оптимизация робаста, экологические нормативы, технологические инновации, неопределенность данных, эффективность труда в нефтяной отрасли.

**G. B. Inkhayeva, G. K. Shambilova**

Atyrau University oil and gas named after S.Utebaev, Atyrau, Kazakhstan

[i.gulbakhyt23@aogu.edu.kz](mailto:i.gulbakhyt23@aogu.edu.kz)

**d.c.s., professor**

## EXPERIENCE OF THE OIL INDUSTRY IN ASSESSING EFFICIENCY IN ENSURING SUSTAINABLE PRODUCTIVITY GROWTH AND NEGATIVE RESULTS

**Annotation.** The purpose of this work is to contribute to topical research to assess labor efficiency and productivity in the oil industry. One of the best methods is in-depth analysis, which is successfully used to assess the efficiency and productivity of enterprises with different resources and products. This study developed a unique system based on the data coverage analysis (DEA) method that allows you to measure efficiency and performance by eliminating data uncertainty and unwanted outcomes, providing useful information to decision makers. Adaptive robust optimization is used to work with unknown data whose distribution is unknown, taking into account the relationship between the level of conservatism and the preferences of risk decision makers. The main advantage of the proposed reliable DEA approach is that the results remain stable even when there is uncertainty in the task. The article presents an empirical study of an oil refinery in the face of data uncertainty, including the consideration of CO<sub>2</sub> emissions as an undesirable outcome for environmental efficiency and performance analysis in 25 countries between 2000 and 2018. The results obtained give important conclusions. First, the cost of reliability was found to have different effects on different technologies when assessing performance in the global oil market, with the US oil industry showing the highest productivity growth and reaffirming its efforts to rapidly increase oil production and production at low costs. Perhaps other countries will be able to draw practical lessons from the US experience to increase productivity. The data also confirm a significant decline in the oil industry during the 2008 global financial crisis compared to other periods under review, as well as a sharp increase in productivity from 2009 to 2011 due to monetary and fiscal incentives. Another conclusion is that GDP growth rates and technological innovations can more effectively contribute to increasing the productivity of the oil industry around the world.

**Keywords:** Malmquist Performance Index, statistical regression, global financial crisis, CO<sub>2</sub> emissions, adaptive robust optimization, environmental regulations, technological innovation, data uncertainty, labor efficiency in the oil industry.

**Г.Б. Инхаева, Г.К. Шамбилова**

С.Өтебаев атындағы Атырау мұнай және газ университеті, Атырау, Қазақстан

[i.gulbakhyt23@aogu.edu.kz](mailto:i.gulbakhyt23@aogu.edu.kz)

**х.ғ.д., профессор**

## ЭТИЛЕНДІ СЕЛЕКТИВТІ ОЛИГОМЕРИЗАЦИЯЛАУ ҮШІН ТЕМІР НЕГІЗІНДЕГІ КАТАЛИЗАТОРЛАРДЫ ЗЕРТТЕУ

**Аңдатпа.** Сызықтық  $\alpha$ -олефиндер химия өнеркәсібінде бастапқы материал ретінде кеңінен қолданылады. Бұл қосылыстарды өндірудегі маңызды бағыт этиленнің селективті олигомеризациясы болып табылады. Темір негізіндегі катализаторлар жоғары белсенділігі, селективтілігі және лиганд құрылымын икемді өзгерту мүмкіндігі арқасында осы саладағы

зерттеушілердің назарын аударады. Бұл мақалада сокатализаторлардың рөліне, лиганд құрылымының ерекшеліктеріне және біртекті катализаторларды иммобилизациялау әдістеріне назар аудара отырып, этиленді селективті олигомеризациялау үшін катализаторларды әзірлеудегі соңғы жетістіктер талданды.

**Түйін сөздер:** сызықтық полимерлер, селективті олигомеризация, катиондық координациялық полимерлеу, дииминопиридин лигандтары, каталитикалық белсенділік, лиганд алмастырғыштар, пластификаторлар.

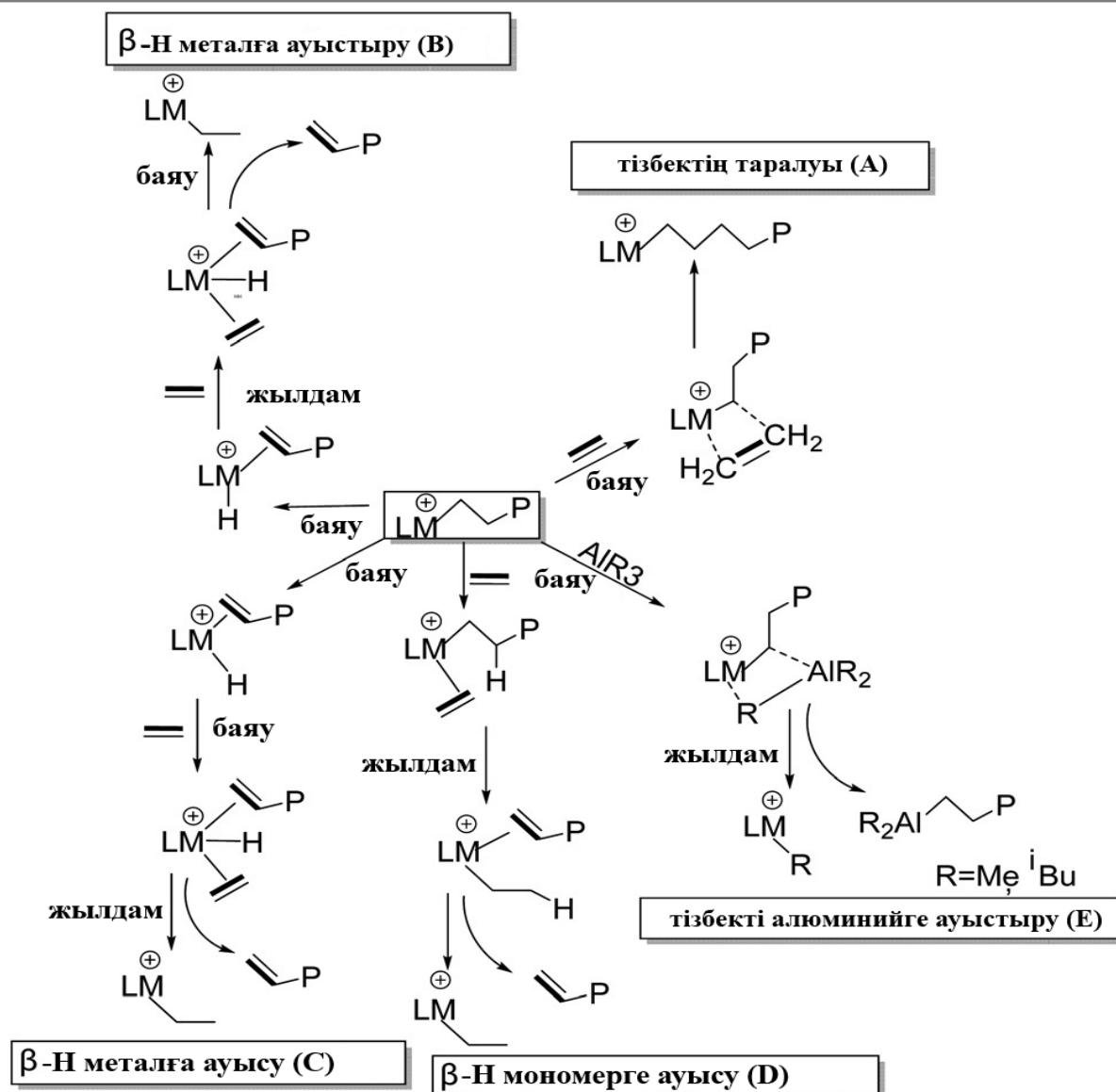
### **Кіріспе**

Сызықтық полимерлер майлау майлары, беттік белсенді заттар және пластификаторлар сияқты өнімдерді өндіруде маңызды химиялық шикізат болып табылады. 1-бутен, 1-гексен және 1-октен тығыздығы төмен сызықтық полиэтилен (LLDPE) өндіру үшін этилен сомономерлері ретінде қолданылады. Этиленнің селективті емес олигомеризациясы кезінде алынған өнімдер көбінесе қосымша энергияны қажет ететін бөлу процесін талап етеді. Ал этиленнің селективті олигомеризациясы олефиндерді көміртектің қажетті мөлшерімен және жоғары селективтілікпен алуға мүмкіндік береді, бұл шикізатты тиімді пайдалануға және өзіндік құнын төмендетуге ықпал етеді.

Соңғы жылдары катализаторларды зерттеу мен дамытуға, әсіресе хром, темір, цирконий, кобальт және никель негізіндегі кешендерге көп көңіл бөлінді. Хром негізіндегі катализаторлар этиленді тримерлеу және тетрамерлеу процестерінде кеңінен қолданылады, ал темір катализаторлары жоғары каталитикалық белсенділік пен селективтілікке ие. Темір катализаторларының әсер ету механизмі катиондық координациялық полимерлеу процесі ретінде сипатталады, және лигандтардың кеңістіктік және электронды әсерлері каталитикалық белсенділікке және өнімнің таралуына айтарлықтай ықпал етеді. Соңғы зерттеулерде NNN типті дииминопиридин лигандтары темір катализделген этилен олигомеризациясында жиі қолданылады.

### **Лиганд құрылымының этиленнің селективті олигомеризациясындағы темір катализаторларының тиімділігіне әсері**

Темірге негізделген селективті каталитикалық жүйеде лигандтар шешуші рөл атқарады. Гибсон мен Брукхарт бисиминопиридин лигандтарын ашып, белсенді орталықтар ретінде Co(II) және Fe(II) көмегімен тиісті кешендерді синтездеді. Металл орталығы ретінде темір катализаторлары 108 г моль/сағ жететін жоғары белсенділікті көрсететіні анықталды. Этиленнің селективті олигомеризация жүйесіндегі Лиганд темір орталығын тұрақтандырады, ал кеңістіктік шектеулер, алмастырғыштар, функционалдық топтар, үйлестіру бұрыштары және лиганд құрылымы бүкіл каталитикалық жүйенің белсенділігі мен селективтілігіне тікелей немесе жанама әсер етуі мүмкін. Зерттеулер көрсеткендей, лигандтардың кеңістіктік және электронды әсерлері жүйенің каталитикалық сипаттамаларына әсер етіп қана қоймайды, сонымен қатар өнімнің таралуына әсер етеді. Соңғы жылдары NNN, PNN және pno типті лигандтарды зерттеуге назар аударылды, NNN типті дииминопиридин лигандтары темір катализделген этилен олигомеризациясында жиі қолданылады. 1 кестеде соңғы онжылдықтарда осы салада зерттеушілер кеңінен қабылдаған механизмді көрсетеді және осы процестің арнайы кезеңдері келесідей (1 кесте).



1 кесте - Темір катализаторымен катализденетін этиленді олигомеризациялау механизмі

### NNN типті лигандтар және дииминопиридин лигандтары

Чирик және оның әріптестері гетероиминді дипиридил темір лигандын синтездеп, бірдей жағдайларда салыстырмалы талдау жүргізу үшін PNN типті лигандты таңдады. Салыстыру үшін PDI және PNN деп белгіленген тиісті Fe(II) кешендері алынды. 2-суретте осы екі кешеннің молекулалық құрылымдары көрсетілген. Зерттеулер этиленнің олигомеризациясындағы PDI белсенділігі PNN лигандының белсенділігінен айтарлықтай жоғары екенін көрсетті. Мысалы, ең жоғары каталитикалық белсенділігі бар темір көзін таңдағанда, PNN негізіндегі кешеннің белсенділігі небәрі  $1,34 \times 10 \times$  г моль/сағ құрады, ал PDI бар кешендердің белсенділігі 9,972 г моль/сағ жетті. зерттеушілер MAO мөлшерінің ұлғаюымен PNN кешені құрылымы бар жаңа PNN темір Қос кешендерінің түзілуіне бейім деп болжайды, алкилдеу процесінде PNN-ге ұқсас. Сонымен қатар, PNN Қос темір кешені диссоциациялануы мүмкін, нәтижесінде катализатор дезактивацияланады.

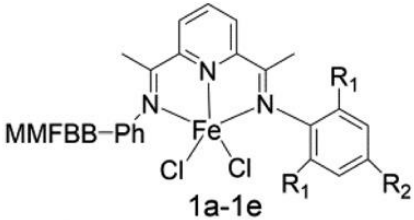
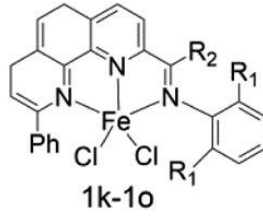
WenHong Yang және оның авторлары бис (Имин) пиридин лигандтарының қасиеттерін зерттеді және этиленнің олигомеризациясы процесінде лигандтардың термиялық тұрақтылығына әсер ететін факторларды зерттеді. Таңдалған лигандтардың молекулалық құрылымдары 3-суретте көрсетілген. Нәтижелер жылу тұрақтылығына үш негізгі фактор әсер

ететінін көрсетті: (1) катализатордағы белсенді металл атомдары мен азот атомдары арасындағы химиялық байланыстар тізбегі, (2) орталық көміртек атомы мен арил тобындағы түзу тізбекті көміртек атомы арасындағы ең аз қашықтық және (3) орталық бес мүшелі сақинаның диэдралды бұрышы. 1a - 1e кешенінің жылу тұрақтылығына осы факторлардың орташа эксперименттік үлесі тиісінше 48%, 26% және 26%, ал 1F–1J кешені үшін 46%, 33% және 21% құрады. Бұл деректер лигандтың белсенді орталығының иондық байланыстарының реті олигомеризация реакциясындағы лигандтың жылу тұрақтылығына айтарлықтай әсер ететінін көрсетеді.

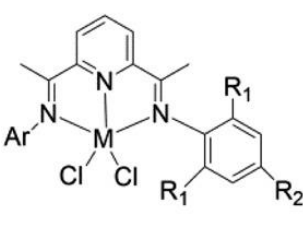
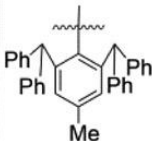
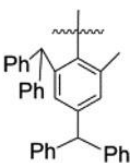
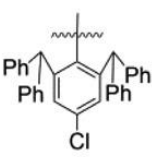
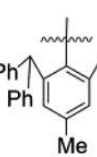
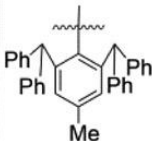
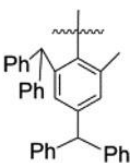
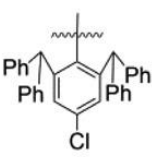
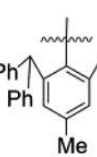
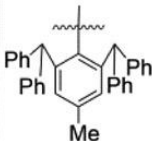
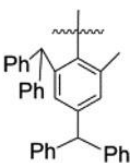
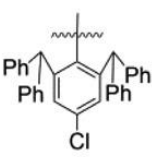
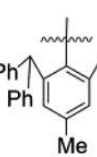
### Басқа NNN лигандтары және NN лигандтары-байламдар

Григорий А. Солан және оның командасы этиленді олигомерлеуде қолданылатын циклоалкилбис(хош иісті амин)пиридин лигандтарының дамуын зерттеп, оларды Мао сокатализаторымен үйлестірді. Жаңа катализаторлар дәстүрлі дииминопиридин лигандтарымен салыстырғанда каталитикалық белсенділікті, селективтілікті және термиялық тұрақтылықты жақсартты. 3В кешені  $\alpha$ -олефиндерге 94%-дан астам селективтілікпен ең жоғары белсенділік көрсетті, ал 3D лиганд 95%-дан астам селективтілікті қамтамасыз етті (2 кесте).

2013 жылы Wen-Hua Sun тобы NNN типті фенантролин лигандтарын синтездеп, оларды темірмен үйлестірді. 4В лиганд ең жоғары белсенділікті көрсетті,  $\alpha$ -олефиндердің селективтілігі 94%-ға дейін жетті. Ммао сокатализатор ретінде пайдаланылғанда, этиленнің димерлеу және тримерлеу реакцияларының белсенділігі мен селективтілігі айтарлықтай артты.

|                                                                                                                                                                                                                                                                     |                                                                                     |    |      |    |    |    |                |    |    |      |    |    |                |   |   |   |    |    |                                                                                                                                                                                                                                                                        |  |    |    |    |    |    |                |    |    |      |    |    |                |    |    |    |    |    |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------|----|------|----|----|----|----------------|----|----|------|----|----|----------------|---|---|---|----|----|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--|----|----|----|----|----|----------------|----|----|------|----|----|----------------|----|----|----|----|----|
|                                                                                                                                                                                   |  |    |      |    |    |    |                |    |    |      |    |    |                |   |   |   |    |    |                                                                                                                                                                                                                                                                        |  |    |    |    |    |    |                |    |    |      |    |    |                |    |    |    |    |    |
| 1a-1e                                                                                                                                                                                                                                                               | 1k-1o                                                                               |    |      |    |    |    |                |    |    |      |    |    |                |   |   |   |    |    |                                                                                                                                                                                                                                                                        |  |    |    |    |    |    |                |    |    |      |    |    |                |    |    |    |    |    |
| <table><tr><td></td><td>1a</td><td>1b</td><td>1c</td><td>1d</td><td>1e</td></tr><tr><td>R<sub>1</sub></td><td>Me</td><td>Et</td><td>i-Pr</td><td>Me</td><td>Et</td></tr><tr><td>R<sub>2</sub></td><td>H</td><td>H</td><td>H</td><td>Me</td><td>Me</td></tr></table> |                                                                                     | 1a | 1b   | 1c | 1d | 1e | R <sub>1</sub> | Me | Et | i-Pr | Me | Et | R <sub>2</sub> | H | H | H | Me | Me | <table><tr><td></td><td>1k</td><td>1l</td><td>1m</td><td>1n</td><td>1o</td></tr><tr><td>R<sub>1</sub></td><td>Me</td><td>Et</td><td>i-Pr</td><td>Me</td><td>Et</td></tr><tr><td>R<sub>2</sub></td><td>Me</td><td>Me</td><td>Me</td><td>Ph</td><td>Ph</td></tr></table> |  | 1k | 1l | 1m | 1n | 1o | R <sub>1</sub> | Me | Et | i-Pr | Me | Et | R <sub>2</sub> | Me | Me | Me | Ph | Ph |
|                                                                                                                                                                                                                                                                     | 1a                                                                                  | 1b | 1c   | 1d | 1e |    |                |    |    |      |    |    |                |   |   |   |    |    |                                                                                                                                                                                                                                                                        |  |    |    |    |    |    |                |    |    |      |    |    |                |    |    |    |    |    |
| R <sub>1</sub>                                                                                                                                                                                                                                                      | Me                                                                                  | Et | i-Pr | Me | Et |    |                |    |    |      |    |    |                |   |   |   |    |    |                                                                                                                                                                                                                                                                        |  |    |    |    |    |    |                |    |    |      |    |    |                |    |    |    |    |    |
| R <sub>2</sub>                                                                                                                                                                                                                                                      | H                                                                                   | H  | H    | Me | Me |    |                |    |    |      |    |    |                |   |   |   |    |    |                                                                                                                                                                                                                                                                        |  |    |    |    |    |    |                |    |    |      |    |    |                |    |    |    |    |    |
|                                                                                                                                                                                                                                                                     | 1k                                                                                  | 1l | 1m   | 1n | 1o |    |                |    |    |      |    |    |                |   |   |   |    |    |                                                                                                                                                                                                                                                                        |  |    |    |    |    |    |                |    |    |      |    |    |                |    |    |    |    |    |
| R <sub>1</sub>                                                                                                                                                                                                                                                      | Me                                                                                  | Et | i-Pr | Me | Et |    |                |    |    |      |    |    |                |   |   |   |    |    |                                                                                                                                                                                                                                                                        |  |    |    |    |    |    |                |    |    |      |    |    |                |    |    |    |    |    |
| R <sub>2</sub>                                                                                                                                                                                                                                                      | Me                                                                                  | Me | Me   | Ph | Ph |    |                |    |    |      |    |    |                |   |   |   |    |    |                                                                                                                                                                                                                                                                        |  |    |    |    |    |    |                |    |    |      |    |    |                |    |    |    |    |    |

|                                                                                     |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          |                                                                                     |                                                                                      |                                                                                       |          |    |    |    |                                                                                     |                                                                                     |                                                                                      |                                                                                       |          |                |      |    |    |      |    |                |   |    |    |   |    |   |    |    |    |    |    |
|-------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------|----------|----|----|----|-------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------|----------|----------------|------|----|----|------|----|----------------|---|----|----|---|----|---|----|----|----|----|----|
|  | <table><tr><td></td><td>1f</td><td>1g</td><td>1h</td><td>1i</td><td>1j</td></tr><tr><td>Ar</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td>Ph-BBFMM</td></tr><tr><td>R<sub>1</sub></td><td>i-Pr</td><td>Et</td><td>Me</td><td>i-Pr</td><td>Me</td></tr><tr><td>R<sub>2</sub></td><td>H</td><td>Me</td><td>Me</td><td>H</td><td>Me</td></tr><tr><td>M</td><td>Fe</td><td>Fe</td><td>Fe</td><td>Fe</td><td>Co</td></tr></table> |                                                                                     | 1f                                                                                   | 1g                                                                                    | 1h       | 1i | 1j | Ar |  |  |  |  | Ph-BBFMM | R <sub>1</sub> | i-Pr | Et | Me | i-Pr | Me | R <sub>2</sub> | H | Me | Me | H | Me | M | Fe | Fe | Fe | Fe | Co |
|                                                                                     | 1f                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       | 1g                                                                                  | 1h                                                                                   | 1i                                                                                    | 1j       |    |    |    |                                                                                     |                                                                                     |                                                                                      |                                                                                       |          |                |      |    |    |      |    |                |   |    |    |   |    |   |    |    |    |    |    |
| Ar                                                                                  |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       |  |  |  | Ph-BBFMM |    |    |    |                                                                                     |                                                                                     |                                                                                      |                                                                                       |          |                |      |    |    |      |    |                |   |    |    |   |    |   |    |    |    |    |    |
| R <sub>1</sub>                                                                      | i-Pr                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     | Et                                                                                  | Me                                                                                   | i-Pr                                                                                  | Me       |    |    |    |                                                                                     |                                                                                     |                                                                                      |                                                                                       |          |                |      |    |    |      |    |                |   |    |    |   |    |   |    |    |    |    |    |
| R <sub>2</sub>                                                                      | H                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        | Me                                                                                  | Me                                                                                   | H                                                                                     | Me       |    |    |    |                                                                                     |                                                                                     |                                                                                      |                                                                                       |          |                |      |    |    |      |    |                |   |    |    |   |    |   |    |    |    |    |    |
| M                                                                                   | Fe                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       | Fe                                                                                  | Fe                                                                                   | Fe                                                                                    | Co       |    |    |    |                                                                                     |                                                                                     |                                                                                      |                                                                                       |          |                |      |    |    |      |    |                |   |    |    |   |    |   |    |    |    |    |    |

2 кесте - Бис (имин) пиридин лигандтарының молекулалық құрылымдары

Минфанг Чжэн және оның әріптестері о-фенантролин лигандтарын зерттей отырып, Мао және ММАО-ның каталитикалық белсенділігі жоғары екенін анықтады. Олар  $\alpha$ -олефиндерге селективтілігі 90%-дан асатын нәтижелерге қол жеткізді, ал кешендер процес барысында жоғары термиялық тұрақтылық көрсетті.

### PNN Лиганд

Стивен О. Ойвах және оның әріптестері екі 8А және 8В дифенилфосфорилпиридин лигандтарын синтездеді және Мао немесе  $AlMe_3$  көмегімен этиленді олигомерлендіруді сокатализаторлар және бензолды еріткіш ретінде қолданды. Суретте. 10 пирозолинфосфопиридин лигандының синтез процесі ұсынылған. Тәжірибелер каталитикалық жүйенің негізгі өнімі C4 екенін және оның селективтілігі 99% жеткенін көрсетті. Сондай-ақ, пиридин сақинасындағы алмастырғышты үлкен топқа ауыстыру кезінде каталитикалық белсенділіктің төмендегені анықталды, өйткені бұл этиленнің белсенді металл орталығымен жанасуына жол бермеді.

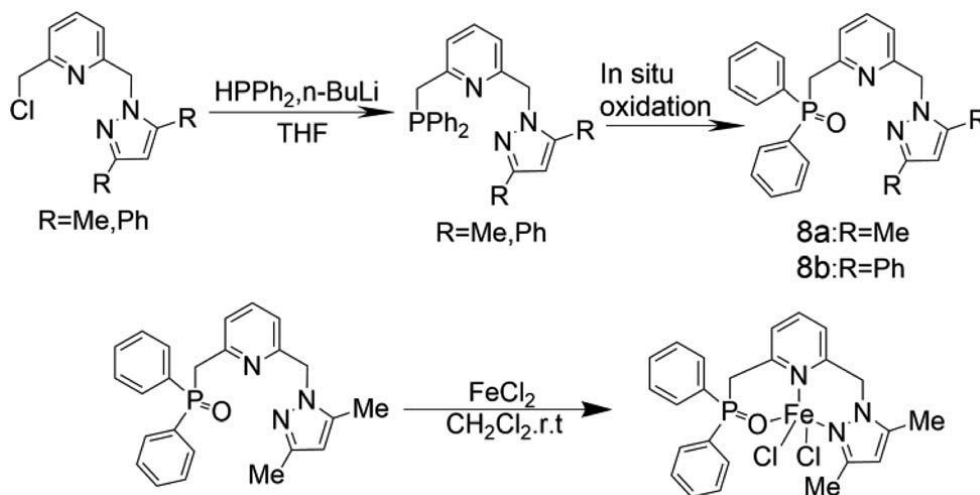
Сонымен қатар, уақыт өте келе  $\alpha$ -C4 селективтілігі төмендегені байқалды, бұл  $\alpha$ -C4-тің 2-бутенге изомерленуінің жоғарылауына байланысты болуы мүмкін. Жүйедегі қысым 10-нан 30 барға дейін жоғарылағанда, каталитикалық белсенділік  $3,6 \times 10^5$ -дан  $4,3 \times 10^6$  г/(моль Fe) - ге дейін өсті, ал  $\alpha$ -C4 селективтілігі 65% - дан 77% - ға дейін өсті. Зерттеушілер димеризацияның жоғары жылдамдығы 1-бутеннің 2-бутенге изомерленуін төмендетуі мүмкін деп болжады. PNN Лиганд өте жоғары селективтілік пен белсенділікті көрсетті, оны жүйедегі қысымның өзгеруімен оңай реттеуге болады. Сонымен қатар, уақыт өте келе  $\alpha$ -C4 селективтілігі төмендегені байқалды, бұл  $\alpha$ -C4-тің 2-бутенге изомерленуінің жоғарылауына байланысты болуы мүмкін.

### Лиганд NNOO

Цуй-Цин Ли және оның командасы гипертармақталған салицилальдегидтерді синтездеп, этиленді олигомеризациялау үшін  $Et_2AlCl$  және MAO сокатализаторларын қолданды. Зерттеулер олигомеризация өнімдерінің реактивтілігі мен селективтілігін температура, қысым және Al/Fe қатынасын реттеу арқылы басқаруға болатынын көрсетті. MAO-мен белсендірілгенде каталитикалық белсенділік  $8,17 \times 10^6$  г/(моль Fe)·сағ-қа жетті, ал  $EtAlCl_2$  қолданғанда бұл көрсеткіш  $1,102 \times 10^6$  г/(моль Fe)·сағ-қа дейін артты.

Еріткіштердің өнімге әсерін зерттей отырып, зерттеушілер толуолдың бутеннің (62,64%), циклогексанның ұзын тізбекті олигомерлердің (53,01%), ал гексанның гексеннің (73,74%) негізгі өнімдері болатынын анықтады. Еріткіштер кешендердің белсенділігіне айтарлықтай әсер етті, мысалы, толуолдағы кешеннің белсенділігі метилциклогексанға қарағанда жоғары болды.

Сокатализаторлардың таңдауы да кешендердің белсенділігі мен селективтілігіне елеулі әсер етті. MAO белсендірілген кешендер төмен каталитикалық белсенділік көрсеткенімен,  $Et_2AlCl$  қолданғанда белсенділік артты. Зерттеулер сондай-ақ лигандтардың жоғары көміртекті қосылыстарға селективтілігінің MAO қолданусыз да жоғары болатынын көрсетті (3 кесте).

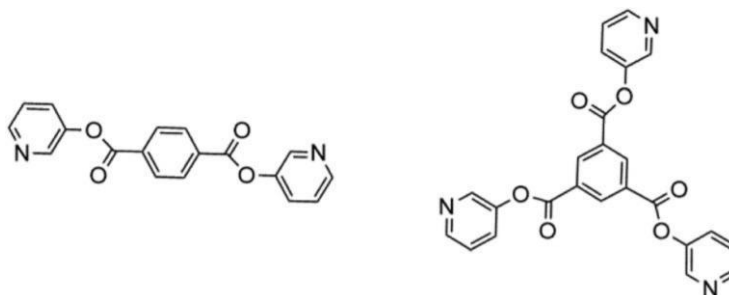


3 кесте - Сәйкес комплекстерді құру үшін пирозолон лигандтарының реакция процесі

Азаде Таджароди тобы фенол лигандтарын синтездеп, этиленді олигомеризациялау үшін  $\text{Et}_2\text{AlCl}$  сокатализаторын қолданды. Олардың зерттеуі электронды акцепторлық топтардың катализаторлардың белсенділігін арттыратынын, ал  $\text{NNO}$  лигандтарының жоғары көміртекті алкендерге жоғары селективтілік көрсететінін анықтады.

#### NNO-лиганд және NO-лиганд

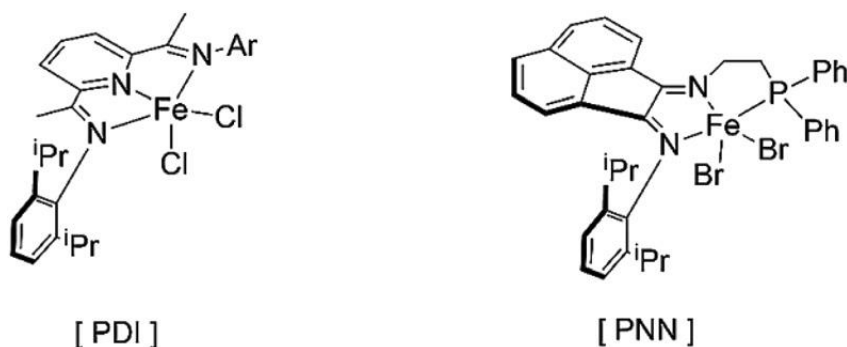
Ин Чжан және оның әріптестері пиридин лигандтарының 12А және 12В түрлерін синтездеп, оларды  $\text{Fe(III)}$  металлоактивті орталықтарымен үйлестірді. Этиленді олигомеризациялау үшін сокатализатор ретінде  $\text{Et}_2\text{AlCl}$  қолданылды. Зерттеушілер 12А кешенінің қысым 0,6 МПа-дан 1 МПа-ға дейін артқанда каталитикалық белсенділіктің  $0,79 \times 10^5$ -дан  $1,48 \times 10$  г/(моль×сағ) дейін өскенін, ал С4 өнімдерінің шығымының 67,16%-дан 90,41%-ға дейін артқанын анықтады. Ал 12В кешені 12А-ға қарағанда төмен тиімділік көрсетті. Реакцияның жоғары белсенділігін сақтау үшін  $\text{Et}_2\text{AlCl}$  мөлшерін қатаң бақылау қажет, өйткені оның артық болуы алюминий қоспаларының түзілуіне және каталитикалық әсердің төмендеуіне әкелуі мүмкін.  $\text{Et}_2\text{AlCl}$  тізбектің өсуін тежеп, бутенге жоғары селективтілікті қамтамасыз етеді (4 кесте).



4 кесте - Көп қабатты пиридиндердің молекулалық құрылымы

Хидеки Курокава және оның командасы темірмен үйлестірілген жаңа ацетимидті пиридин лигандын зерттеп, этиленді олигомеризациялау үшін триэтилалюминий немесе триизобутилалюминийді сокатализатор ретінде пайдаланды. 13В кешені  $\alpha$ -олефиндерге 95%-дан асатын жоғары селективтілік көрсеткенімен, 13А кешені негізінен полимерлерден тұрды. ТиБА сокатализатор ретінде MAO-дан тиімдірек болып шықты. Лиганд жүйедегі қысымның өзгеруіне сезімтал, ал алюминийоксаны пайдаланбайтын сокатализаторлар шығынды азайта алады.

#### Сокатализатордың темірмен катализделген этиленнің селективті олигомеризация жүйесінің тиімділігіне әсері



5 кесте - PDI және PNN молекулалық құрылымдары

Темір катализаторларымен катализделген этиленнің олигомеризациясы процесінде өнімнің таралуына әсер ететін негізгі факторлар тізбектің өсуі мен  $\beta$ -Н тасымалдау реакцияларының өзара бәсекелестігі болып табылады. В-Н тасымалын жақсартып, полиэтилен балауызы сияқты қосымша өнімдердің түзілуін азайту үшін жаңа сокатализаторлар әзірленуде. Бұл сокатализаторлар белсенді орталықпен өзара әрекеттесуді оңтайландырып, реакцияны тиімдірек етеді. кестеде екі кешеннің молекулалық құрылымын көрсетеді (5 кесте).

Сокатализатордың басты қызметі белсенді орталықты алкилдеу үшін қажетті алкил топтарын қамтамасыз ету болып табылады, бұл катион орталығымен динамикалық тепе-теңдікті орнататын теңдестірілген анионның пайда болуына әкеледі. Бұл тепе-теңдік белсенді орталықта этиленді қосу және тізбекті тасымалдау процестерін тиімді жүзеге асыруға мүмкіндік береді.

Зерттеулер сокатализаторларды қолданудың олигомеризация процесіне әсер ететін бірнеше аспектілерін анықтады:

1. Сокатализатор темірдің металл орталығына әсер етіп, алкилдеуді тудырады, осылайша каталитикалық әсерді күшейтеді.

2. Ол метал орталығында алкил топтарын таратады, бұл этиленнің белсенді орталықпен жанасу ықтималдығын және реакция жылдамдығын арттырады.

3. Сокатализатордың металл темір орталығымен әрекеттесуі анион-катион жұптарының түзілуіне әкеледі, бұл жүйенің каталитикалық белсенділігін арттырады.

Метилалюминоксан (МАО), модификацияланған метилалюминоксан (ММАО), этилалюминоксан (ЕАО) және басқа да сокатализаторлармен жүргізілген тәжірибелер олардың әрқайсысының жүйенің белсенділігі мен селективтілігіне әртүрлі әсер ететінін көрсетті. Мысалы, МАО және ММАО жоғары каталитикалық белсенділік көрсеткенімен, жанама өнімдердің едәуір мөлшерін де түзіп отырды. Ал I-ВАО катализатордың жоғары селективтілігі мен ұзақ қызмет ету мерзімін қамтамасыз ете отырып, ең жақсы жалпы өнімділікті көрсетті.

Осылайша, сокатализаторды дұрыс таңдау және оңтайландыру темірмен катализделген этиленнің олигомеризация процесінің тиімділігі мен селективтілігін арттырудың негізгі факторлары болып табылады.

### **Этиленнің селективті олигомеризациясындағы темірмен катализделген жүйенің жүктемесі**

Біртекті темір негізіндегі катализаторлар жоғары белсенділік пен селективтілікке ие және құрылымдық модификацияға оңай бейімделеді. Алайда, олар температураға сезімтал, бұл олардың каталитикалық белсенділігін шектейді. Зерттеулер, мысалы, Хуан Кампораның жұмысы, темір кешендеріндегі лигандтарға ортаның елеулі әсер ететінін көрсетті. Бұл факторлар температураға, қысымға, катализатор түріне және басқа жағдайларға тәуелді. Реакция тұрақтылығын арттыру үшін катализатор субстратын қолдану ұсынылады. Молекулалық електердің кеуекті арналары мономердің диффузиясына әсер етуі мүмкін, бұл олефиндердің олигомеризациясындағы белсенділікті төмендетеді, бірақ тізбекті ұзу және тасымалдау реакциялары тежеледі.

Этиленнің олигомеризациясында тасымалдаушыдағы катализатордың тиімділігіне температура, концентрация және кеуектер диаметрі әсер етеді. Катализаторлар субстратқа тікелей қолданылуы немесе алкилалюминиймен алдын ала өзгертілуі мүмкін. Екінші әдіс полимер құрылымын жақсырақ бақылауға мүмкіндік береді. Металлорганикалық жақтауларда (MOF) этиленнің димеризациясы, мысалы, Джером Канивенің зерттеуінде, C4 өнімдерінің 95%-дық үлесіне қол жеткізілді. MOF жүйелері қайта пайдалануға болатын, үнемді және экологиялық таза болып табылады. Хан Янг және әріптестері этиленнің олигомеризациясын катализдеу үшін MOF түрлерін зерттеді, ал октен селективтілігі 80%-дан асты. Температура субстраттың жүктеме әсеріне және катализатордың белсенділігіне әсер етуі мүмкін. Мысалы, 150°C-тан 250°C-қа дейін белсенділік өсті, бірақ одан жоғары температурада төмендеді.

Cun-Yue Gao және бірлескен авторлар мезопорозды молекулалық електердің этиленнің

олигомеризациясында жоғары белсенділік көрсете алатынын анықтады. Кеуектердің мөлшері жүйенің белсенділігіне әсер етеді, ал Al/Fe молярлық қатынасы белсенділікті өзгертеді. Этилен олигомеризациясында SBA-15, ITQ-2 және MCM-22 сияқты тасымалдаушылар тиімділікті көрсетеді. MCM-41 SBA-15-тен жоғары белсенділік көрсетті, бұл оның жоғары термиялық тұрақтылығы және синергетикалық әсерімен түсіндіріледі. Зерттеушілер төмен температурада диффузиялық әсерлер катализатордың белсенділігін тежейді, ал жоғары температурада тасымалдаушы материал кешеннің термиялық тұрақтылығын арттыратынын анықтады.

### Қорытынды және перспективалар

Соңғы зерттеулер темір негізіндегі каталитикалық жүйелерде диаминопиридин лигандтарының жоғары белсенділігін көрсетті. Мао сокатализаторын қолдану және арнайы өңделген фенолдық қосылыстарды қосу арқылы максималды каталитикалық белсенділік 1,0108 г/моль·сағ-тан асуы мүмкін. Сокатализатордағы алюминий атомдарының үйлестіру құрылымы және оның электронды ортасы полиэтилен балауызының түзілуін тежеуде шешуші рөл атқарады. Аниондар мен катиондар арасындағы өзара әрекеттесу алюминий атомдарының айналасындағы электронды бұлттың тығыздығын арттырып, олардың электрондарды тарату қабілетін төмендету арқылы күшейеді. Этиленді қабылдау баяулағанымен және белсенділік төмендегенімен,  $\beta$ -H тізбегінің тасымалдау реакциясының жоғарылауы полиэтилен балауызының пайда болуына жол бермейді. Алюминий оксансыз сокатализаторларда ТМА әсері MAO-мен салыстыруға болатын жақсы нәтижелерді көрсетеді.

MCM-41 және ZSM-5 негізіндегі катализаторлардың термиялық тұрақтылығы біртекті катализаторлардан жоғары. ZSM-5 негізіндегі катализаторлар біртекті катализаторлармен салыстырғанда өнімдердегі төмен көміртекті компоненттердің жоғары қатынасын көрсетеді, бұл молекулалық електердің ішкі арналарының түріне байланысты. MCM-41 негізіндегі катализаторлар да осы көрсеткіштің жоғары деңгейін көрсетеді.

Темір негізіндегі этиленді селективті олигомерлеуге арналған катализаторлардың жетістіктеріне қарамастан, әлі де жетілдіруді қажет ететін бірнеше аспектілер бар. Мао сокатализаторы жоғары каталитикалық қасиеттерге ие болғанымен, оның жоғары құны арзан әрі экологиялық таза баламаларды іздеуге түрткі болуда. Молекулалық електерді катализаторлардың тасымалдаушысы ретінде пайдалану катализатордың селективтілігі мен термиялық тұрақтылығын айтарлықтай арттыра алады, бірақ бұл каталитикалық жүйенің белсенділігіне де әсер етуі мүмкін. Сондықтан катализаторлардың белсенділігін сақтауға немесе жақсартуға қабілетті жаңа тасымалдаушыларды және оларды жүктеу әдістерін зерттеу мен синтездеу маңызды бағыт болып табылады. Этиленнің димеризациясымен шектелетін темір катализаторларының жоғары белсенділігі мен селективтілігіне қарамастан, жоғары көміртекті өнімдерді алу үшін этиленнің селективті олигомеризациясы бойынша қосымша зерттеулер өзекті болып қала береді. Осылайша, каталитикалық реакция механизмдерін терең зерттеу, жаңа лиганд құрылымдарын әзірлеу және басқа инновациялар темір катализаторларын этиленнің селективті олигомеризациясы үшін тиімдірек ете алады.

### Қолданылған әдебиеттер тізімі

1. Л.Д. Ли, этилендегі Активаторлардың әсерін зерттеуде полимерлену темір кешендерімен катализденеді және кең/бимодальды молекулалық полиэтиленнің синтезін салмақты бөлу, Докторлық диссертация, Чжэцзян университеті, 2005.
2. Эм Джей Хантон, К. Тенза, Органометаллика, 2010, 27(21), 5712-5716.
3. Дж. Е., темір катализаторларындағы белсенді түрлердің микрохимиялық ортасына Делдал болу және оны этилен олигомеризациясында қолдану, Докторлық диссертация, Чжэцзян Университеті, 2015 ж.

4. А.Будье, П. А. Р. Брейл, Л. Магни, Этиленді олигомеризациялаудың жаңа каталикалық жүйесі: анионды N,N,n лигандтары Бар темір(III) кешені, Органометаллдар, 2011, 30(10), 2640-2642.
5. А.Голлвитцер, Т. Дитель, В. П. Кречмер, Табиғи қауымдастық, 2017, 8(1), 1226.
6. С. Мекинг, Дж.Хеминф, 2010, 32(18), 534–540.

**Г.Б. Инхаева, Г.К. Шамбилова**

Атырауский университет нефти и газа имени С.Утебаева, Атырау, Казахстан

### **ИССЛЕДОВАНИЕ КАТАЛИЗАТОРОВ НА ОСНОВЕ ЖЕЛЕЗА ДЛЯ СЕЛЕКТИВНОЙ ОЛИГОМЕРИЗАЦИИ ЭТИЛЕНА**

**Аннотация.** Линейные  $\alpha$ -олефины широко используются в качестве исходного материала в химической промышленности. Важным направлением в производстве этих соединений является селективная олигомеризация этилена. Катализаторы на основе железа привлекают внимание исследователей в этой области благодаря своей высокой активности, селективности и способности гибко изменять структуру лиганда. В этой статье были проанализированы последние достижения в разработке катализаторов для селективной олигомеризации этилена с акцентом на роль сокатализаторов, особенности структуры лиганда и методы иммобилизации гомогенных катализаторов.

**Ключевые слова:** линейные полимеры, селективная олигомеризация, катионная координационная полимеризация, дииминопиридиновые лиганды, каталитическая активность, заместители лигандов, пластификаторы.

**G. B. Inkhayeva, G. K. Shambilova**

Atyrau University oil and gas named after S.Utebaev, Atyrau, Kazakhstan

### **INVESTIGATION OF IRON-BASED CATALYSTS FOR SELECTIVE OLIGOMERIZATION OF ETHYLENE**

**Annotation.** Linear  $\alpha$ -olefins are widely used as a starting material in the chemical industry. An important direction in the production of these compounds is the selective oligomerization of ethylene. Iron-based catalysts attract the attention of researchers in this field due to their high activity, selectivity and the ability to flexibly change the structure of the ligand. In this article, the latest achievements in the development of catalysts for the selective oligomerization of ethylene were analyzed, with an emphasis on the role of co-catalysts, features of the ligand structure and methods of immobilization of homogeneous catalysts.

**Keywords:** linear polymers, selective oligomerization, cationic coordination polymerization, diminopyridine ligands, catalytic activity, ligand substituents, plasticizers.

УДК 678.742  
МРНТИ:35.15.01

**Ж.М.Демеуова, М. М.Есиркепова**  
Атырауский университет нефти и газа имени С.Утебаева  
г. Атырау, 060011, Республика Казахстан  
\*e-mail: [Zh.demeuova@mail.ru](mailto:Zh.demeuova@mail.ru)

## **РАЗРАБОТКА БИТУМНОГО ГИДРОИЗОЛЯЦИОННОГО МАТЕРИАЛА КАРАТУРУНСКОГО МЕСТОРОЖДЕНИЯ**

**Аннотация.** Научная работа изучает получение битума с высокими гидроизоляционными свойствами, модифицированного элементарной серой при окислении нефтяного остатка. Объектом исследования стали дистиллированные остатки нефти Каратурунского месторождения и обычная сера. Сера-один из нефтепродуктов, собираемых в нефтедобывающих зонах. Процесс окисления углеводородов осуществляется при температуре от 180 до 200°C без добавления серы и без добавления серы ) в течение 4 часов. Окисление серосодержащих углеводородов 5, 7 и 10 мас.% при температуре 200°C в течение 3-4 часов позволяет получать дорожные битумы марок БНД 200/300, БНД 130/200, БН 90/130 и БН 70/30.

**Ключевые слова:** битум, гидроизоляционный битум, сера, Каратурун, пенетрация.

**Введение.** Битум - это сложное сочетание вязких, черных, липких органических жидкостей. Это сложная смесь соединений и молекул с высокой температурой кипения и относительно низким соотношением водорода и углерода. В США термины «битум» и «асфальт» являются синонимами, однако в других регионах, таких как Европа и Азия, эти два термина имеют разные значения [1-4].

Согласно определению Европейского стандарта, битум - это практически летучий, адгезивный и гидроизоляционный материал, получаемый из сырой нефти или присутствующий в природном асфальте, который полностью или почти полностью растворим в толуоле и очень вязкий или почти твердый при температуре окружающей среды, тогда как асфальт определяется как смесь минеральных веществ. заполнители и битумное вяжущее. Известно, что он не представляет никакой опасности для безопасности, здоровья или окружающей среды. Между тем, Американское общество по испытаниям и материалам определяет битум как общий класс аморфных, природных или искусственных, темноокрашенных вяжущих веществ, состоящих в основном из углеводородов с высокой молекулярной массой, растворимых в сероуглероде. Асфальт также определяется как вяжущий материал, в котором преобладающими компонентами являются битумы. Термины "битумный" и "асфальтовый" в этом случае относятся к материалам, которые содержат битум или асфальтобетон или обработаны им [2, 5-6].

Большое количество серы добывается при разработке нефтяных, газовых и газоконденсатных месторождений Казахстана. Скопление серы в регионах нефтедобычи оказывает негативное воздействие на окружающую среду и здоровье населения.

Твердая элементарная сера безвредна, но при разливе серы в сернокислых картах происходит выделение в воздух более половины сероводорода, растворенного в жидкой сере. Серная пыль, образующаяся при разрушении серы, также оказывает вредное воздействие и представляет наибольший риск. В связи с этим возникла проблема утилизации серы, поскольку ее открытое хранение оказывает негативное влияние на окружающую среду из-за взаимодействия с ней. Сера - это хлеб химической промышленности, сам по себе ценный продукт, который используется примерно в 30 000 продуктах. Поэтому следует использовать другие экономичные дороги, подобные нефтегазовым, холодильным и металлургическим. Одним из перспективных направлений использования элементарной серы является дорожное строительство - чрезвычайно материалоемкая отрасль строительной индустрии. Здесь серу

можно применять в качестве модификатора дорожного битума для придания улучшенных эксплуатационных характеристик. Также серу оценили как дешевое сырье. США проводят промышленные испытания сернокислого вяжущего сульфкса (60-70% серы с углеводородами и полимерами) с 1979 года. Сера с углеводородами, может полностью заменить асфальт в асфальтобетоне [5,6].

Казахстан является девятой по величине страной в мире, его площадь составляет 2717300 км<sup>2</sup>, и были согласованы государственные программы по улучшению инфраструктуры и строительству дорог по всей стране [6]. По этим причинам потребление битума растет с каждым годом. Основной проблемой дорожного строительства является низкое качество битума, используемого для изготовления асфальтобетонных покрытий.

В нашей стране удовлетворение потребности в битумном материале происходит за счет его импорта из России и Ирана. Характеристики импортируемого битума полностью не соответствуют климатическим условиям нашей страны, т.е. не выдерживают резких перепадов температур от -40 до +40°C. А также в целях сохранения качества и технологических свойств битум не рекомендуется транспортировать на большие расстояния. В связи с этим производство битума различных марок на основе отечественного сырья является актуальной проблемой. В данной работе предлагается использовать серу, собранную в регионах нефтедобычи, для производства битума.

## 2. Экспериментальная часть

Объектом исследования являются остатки перегонки и элементарная сера с Каратурунского нефтяного месторождения. Нефть Каратурунского месторождения характеризуется низким выходом легких фракций и высоким содержанием смолисто-асфальтеновых веществ, что делает ее наиболее подходящим сырьем для производства битума в казахстанской нефти. Сера - один из нефтепродуктов, производимых в нефтедобывающих регионах. Процесс окисления углеводородов происходит в цилиндрическом реакторе объемом 3 литра, изготовленном из нержавеющей стали. В ходе процесса сырье орошается нагретым воздухом, подаваемым компрессором. Окисление остаточного масла проводилось при температурах 180-210 °C, без серы и с добавлением 5-10 масс. Образцы продуктов окисления отбирались через регулярные промежутки времени (2, 2,5, 3, 3,5 и 4 часа).



Рисунок 1 . Процесс окисления углеводородов

Проникающая способность - это степень проникновения стандартной иглы в соответствующим образом подготовленный образец битума при заданных условиях температуры, нагрузки и времени. Единица измерения пенетрации составляет 0,1 мм и не указывается, так как обычно обозначает только измеренную величину. Измерения проводились в соответствии со стандартом 11501-78 с помощью пенетromетра PN-03. Температура размягчения - это температура, при которой битум переходит из относительно твердого состояния в жидкое. Температура размягчения измерялась методом «кольцо и шарика» в соответствии со стандартом 11506-73. Индекс пенетрации характеризует степень проникновения коллоидного битума или его отклонение от чистой вязкости. Он определяется

по эмпирической формуле.



Рисунок 2 . Устройство для определения проникающей способности

### 3 Результаты и обсуждение

Окисление сырой нефти с элементарной серой может дать сернистые битумные вязущие с улучшенными свойствами в мягких экспериментальных условиях.

В связи с этим в данной работе рассматривается возможность получения битума путем окисления остаточной нефти Каратурунского нефтяного месторождения элементарной серой. Сначала процесс окисления был опробован при низких температурах (180 °С), при этом в битум добавлялось 5-10 мас. % серы.

Однако анализ показал, что физико-механические свойства почти всех образцов были неудовлетворительными: при температуре 180°С требуемые температуры размягчения и пенетрации в соответствии с требованиями стандарта были достигнуты только при добавлении 10 масс. % серы и времени окисления 4 часа. Поэтому температура окисления была увеличена до 200°С, а результаты обобщены в таблице ниже.

Таблица 1 – Физико-механические свойства продуктов окисления остатков Каратурунского нефти при 200°С с добавлением серы.

| Количество серы, добавляемой при окислении масла, мас. % | 5   |             |             | 7           |     |           | 10  |          |     |
|----------------------------------------------------------|-----|-------------|-------------|-------------|-----|-----------|-----|----------|-----|
| Время окисления, час                                     | 3   | 3,5         | 4           | 3           | 3,5 | 4         | 3   | 3,5      | 4   |
| Глубина проникновения иглы в битум при 25°С, 0,1мм:      | 295 | 209         | 157         | 206         | 180 | 115       | 26  | 24       | 16  |
| Температура размягчения, °С, не менее:                   | 40  | 43          | 44          | 44          | 48  | 49        | 67  | 77       | 86  |
| Температура хрупкости, °С, не более:                     | -   | -21         | 22          | -23         | -   | -14       | -   | -        | -   |
| Индекс проникновения                                     | 2,3 | 0,9         | 0,4         | 0,5         | 1,5 | 0,9       | 1,1 | 2,3      | 2,3 |
| Соответствие стандартам                                  | -   | БНД 200/300 | БНД 130/200 | БНД 200/300 | -   | БН 90/130 | -   | БН 70/30 | -   |

Как видно из таблицы 1, температуры размягчения и значения проницаемости продуктов окисления без серы не соответствуют требованиям стандарта при всех исследованных температурах: при окислении углеводородов, содержащих 5 и 7 мас.% серы, при 200°C в течение 3-4 часов получают дорожный битум марок БНД 200/300, БНД 130/ 200 и БН 90/130.

При увеличении содержания серы до 10 мас.% физико-механические показатели значительно отличаются и приближаются к стандартам для строительных битумов (БН 70/30).

Было проведено сравнение физико-механических характеристик окисленного битума. Основными характеристиками дорожного битума являются температура проникновения и размягчения. Они определяют консистенцию и области применения битума. Зависимость или изменение свойств битума от времени окисления при температуре 200°C показана на рисунках 3 и 4.

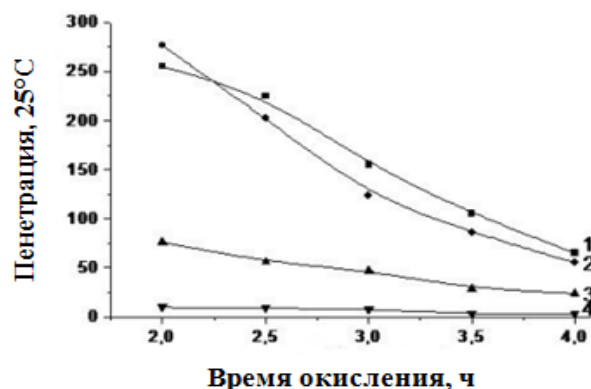


Рисунок 3 – Зависимость пенетрации от времени окисления продуктов при температуре 200°C.

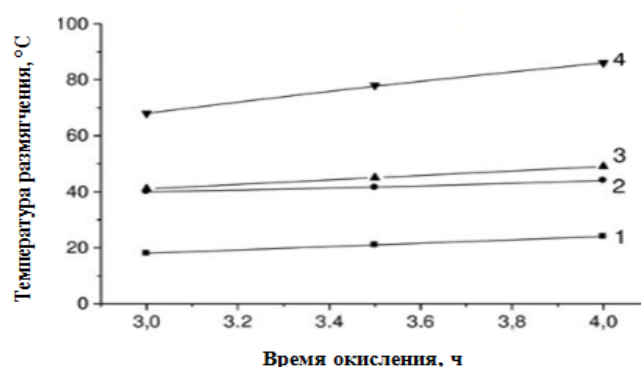


Рисунок 4 – Зависимость температуры размягчения от времени окисления продуктов при температуре 200°C.

При окислении масляного остатка без добавления серы в течение 2 часов температура размягчения продукта повышалась с 16 до 41 °C, т.е. прирост составлял 25 °C (рисунок 4). При этом температура размягчения продуктов окисления серой была выше. За это время температура остановки битума при добавлении 5 мас.% серы увеличилась с 32 до 53°C, а при добавлении 7 мас. % серы - с 44 до 62°C. Как видно из рисунка 3, при увеличении содержания серы с 5 мас. % до 10 мас. % в этих процессах проникновение сернистого битума снижалось. Следовательно, по мере увеличения количества серы в смеси скорость окисления масла значительно снижается. Температура размягчения битума с добавлением 10 % серы за 2 часа увеличилась на 26 °C (с 82 °C до 108 °C). В этом случае температура размягчения быстро повышается, а пенетрация снижается незначительно.

#### 4. Заключение

Полученные данные позволяют сделать вывод, что добавление элементарной серы приводит к сокращению времени процесса окисления и смягчению режимов процесса. Результаты исследований показали, что окисление высоковязкого нефтяного остатка с добавлением элементарной серы (5-10 мас. %) при низких температурах (200 °C) за короткое время (3,5-4 часа) можно получить битум удовлетворительного качества. В результате процесса окисления битум обладает эластичностью, повышенной температурой размягчения, пониженной хрупкостью и повышенной прочностью. Эти свойства позволяют использовать сернистые битумы как вяжущие для асфальтобетонов, так и в качестве мастик для ремонта дорожных покрытий. Кроме того, это позволяет частично решить проблему утилизации серы, которая накапливается в регионах нефтедобычи.

#### Список литературы

- 1 Мансуров З.А., Онгарбаев Е.К., Тулеутаев Б.К. Утилизация нефтяных отходов для производства дорожно-строительных материалов // Евразийский химико-технологический журнал. – 2000. – №2(2). – С. 161-66.
- 2 Мансуров З.А., Онгарбаев Е.К., Тулеутаев Б.К. Загрязнение почвы сырой нефтью и буровыми растворами. Использование отходов при производстве дорожно-строительных материалов. Химия и технология топлив и масел. 37 (6):441 (2001).
- 3 Тлеуберди Э., Онгарбаев Е.К., Берендт Ф., Шнайдер И., Иманбаев Е.И., Тулеутаев Б.К., Досжанов Е.О., Мансуров З.А. Возможности приготовления асфальтобетона из нефтеносных песков Казахстана // Вестник КазНУ. Химическая серия. – 2012. – №4 (68). – С. 9-13.
- 4 Акказин Е.А. Получение битума окислением Каражанбасской нефти и нефтяных остатков: автореф. дис. ... канд. хим. наук 02.00.13. – Алматы: Арекет-Принт, 2009. – 22 С.
- 5 Е. Тлеуберди, Е.К. Онгарбаев, З.А. Мансуров, Ф. Берендт. Наноструктура битума, получаемого из тяжелой нефти. – Алматы: Qazaq University, 2017. – С. 164.
- 6 Иманбаев Ю., Онгарбаев Ю., Тилеуберди Ю., Кривцов Е., Головкин А., Мансуров З. Высокотемпературная трансформация смолисто-асфальтеновых компонентов нефтеносных песчаных битумов // Журнал Сербского химического общества. – 2017. – Том 82, – № 9. – С. 1063-73.

**Zh.M.Demeuova, M.M.Esirkepova**

Atyrau University oil and gas named after S.Utebaev, Atyrau, Kazakhstan

#### DEVELOPMENT OF BITUMEN WATERPROOFING MATERIAL OF THE KARATURUNSKOYE FIELD

**Annotation.** The scientific work studies the production of bitumen with high waterproofing properties, modified with elemental sulfur during the oxidation of oil residue. The object of the study was distilled oil residues from the Karaturun field and ordinary sulfur. Sulfur is one of the petroleum products collected in oil-producing zones. The process of oxidation of hydrocarbons is carried out at temperatures from 180 to 200 °C without the addition of sulfur and without the addition of sulfur) within 4 hours. Oxidation of sulfur-containing hydrocarbons of 5, 7 and 10 wt. % at a temperature of 200 °C for 3-4 hours makes it possible to obtain road bitumen grades BNZH 200/300, BNZH 130/200, BN 90/130 and BN 70/30.

**Keywords:** bitumen, waterproofing bitumen, sulfur, Karaturun, penetration.

**Ж.М.Демеуова, М. М.Есиркепова**

С.Утебаев атындағы Атырау мұнай және газ университеті

#### ҚАРАТҰРЫН КЕН ОРНЫНЫҢ БИТУМДЫ ГИДРООҚШАУЛАҒЫШ МАТЕРИАЛЫН ӨЗІРЛЕУ

**Аннотация.** Ғылыми жұмыс мұнай қалдығының тотығуы кезінде элементар күкіртпен

өзгертілген жоғары гидроокшаулағыш қасиеттері бар битум өндірісін зерттейді. Зерттеу нысаны Каратурун кен орны мұнайының дистилляцияланған қалдығы мен қарапайым күкірт болды. Күкірт-мұнай өндіру аймақтарында жиналатын мұнай өнімдерінің бірі. Көмірсутектердің тотығу процесі 180-ден 200°C-қа дейінгі температурада күкірт қоспай және күкірт қоспай ) 4 сағат ішінде жүзеге асырылады. Құрамында 5, 7 және 10 мас. % күкірті бар көмірсутектердің 200°C температурада 3-4 сағат ішінде тотығуы БНЖ 200/300, БНЖ 130/200, БН 90/130 және БН 70/30 маркалары жол битумдарын алуға мүмкіндік береді.

**Түйінді сөздер:** битум, гидроокшаулағыш битум, күкірт, Каратурун, ену.

ӨОК 628.3

**М.К.Досмагамбетова, Д.К.Кулбатыров, Г.Р.Жақсиева, А.С.Балкембай**  
«Сафи Өтебаев атындағы Атырау мұнай және газ университеті» КеАҚ, Атырау, Қазақстан

## **ӨНДІРІСТІК АҒЫНДЫ СУЛАРДЫ МҰНАЙ ӨНІМДЕРІНЕН ОТТЕГІМЕН ҚАНЫҚТЫРЫП ТАЗАРТУ**

**Аңдатпа.** Әлемдік өнеркәсіптің дамуы қоршаған орта мен гидросфераның жағдайына айталықтай жағымсыз әсер етуде. Қазіргі уақытта су ресурстарын пайдалану кезінде, оның ластануы орын алмайтын антропогендік қызмет түрі жоқ. Су - бұл планетадағы ең құнды ресурстардың бірі, әсіресе жалпы әлемдік су қорларының 2,53% құрайтын тұщы судың маңызы зор. Тарихта үлкен қалалар бой көтерген ірі өзендер мен көлдердің жансыз ағынды суларға айналуларының, құрғап орны экологиялық апатты аймаққа айналғаны туралы мысалдары өте көп, сондықтан таза су ресурстарын сақтау және оларды үнемді пайдалану мәселесі өте өзекті болып саналады. Қазіргі уақытта әлемде әр түрлі өндірістік салалардың ағынды суларды қайта пайдалану үрдісі қолға алынған.

**Түйін сөздер:** ағынды сулар, суды тазарту, мұнай қалдықтары, биологиялық тазарту әдісі, оттегімен қанықтыру.

### **Кіріспе.**

Ағынды сулар - бұл құбырлар немесе каналдар жүйесімен ағызылатын, атмосфералық жауын-шашынның түсуі және адамның тұрмыстық немесе өндірістік қызметі процесінде пайдаланғаннан кейін елді мекендер мен өнеркәсіптік кәсіпорындардың аумақтарында суару-жуу суларының ағуы нәтижесінде пайда болатын сулар. [1]. Атырау облысында мұнай өнеркәсібі (өндіру, тасымалдау, өңдеу) саласы қарқынды дамығандықтан, осы салада су ресурстарын пайдалану, үнемдеу және ағынды суларды заман талабына сай тазалап қайта қолдану өткір өзекті мәселе саналады.

Өндірістік аумақтан, өңдеу объектілерінен, мұнайды және оны қайта өңдеу өнімдерін тасымалдау, сақтау және өткізу объектілерінен шығарылатын және тазарту мақсатында өңдеуге жіберілетін су, құрамында мұнай бар өндірістік ағынды су деп аталады. Құрамында мұнай бар өндірістік сарқынды сулар қондырғылаурды суыту, резервуарларды тазарту, резервуарлардан тауар асты суларын ағызу, құбырларды гидравликалық және пневмогидравликалық тазарту, сондай-ақ жанармай құю және тасымалдау автомобиль құралдарын жуу, булау және желдету және т. б. нәтижесінде пайда болады [2].

Құрамында мұнай бар өндірістік сарқынды суларды тазарту қоршаған ортада зиянды салдарға әкеп соғуы мүмкін зиянды және қауіпті қасиеттерді жою үшін жүргізіледі. Әр түрлі тазарту технологияларын қолдану құнды компоненттерді бейтараптандыруға, залалсыздандыруға және оларды бөліп алуға бағытталған. Осылайша, тазарту технологиясы мен жабдықтарын таңдау, ең алдымен, құрамында мұнай бар ағынды сулардың ластану сипатына және оның табиғи су сапасынан ауытқуына байланысты. Тазалау әдісін таңдау өндірістік ағынды сулардың зиянды факторларына және судың сапасына қойылатын талаптарға байланысты. Мысалы, өндірістік ағынды сулардағы эмульсияланған мұнай

өнімінің құрамын азайту үшін оны қайта пайдалану үшін гравитациялық тұнба, флотация, коагуляция, сүзу және т.б. әдістер қолданылады. Алдын ала тазарту кезеңінен өткен суды технологиялық қажеттіліктер үшін резервуарларды жуу, жабдықты салқындату, бу алу және т. б. пайдалануға болады [3].

Ағынды суларды тазарту жүйелерінің саны өте көп және тазаланатын судың қаншалықты ластанғандығы, өндіріс түрі мен экономикалық орындылығын ескере отырып, ең оңтайлы әдісті таңдау керек. Тазарту қондырғыларының үш негізгі түрі белгілі:

- Жергілікті - технологиялық қондырғылардан кейін орнатылады және технологиялық схеманың бөлігі болып табылады. Тікелей қондырғылардан құнды қоспалар алынады. Тазарту қондырғыларының бұл түрінде тұндыру, экстракция, сүзу, сорбция, коагуляция әдістері қолданылады;

- Зауыттық - биологиялық тазарту және дезинфекциялау қондырғылары;

- Аудандық немесе қалалық - механикалық (сүзу, тұндыру) немесе тұрмыстық сарқынды суларды биологиялық тазарту жүзеге асырылады. Қазіргі уақытта ағынды суларды тазарту үшін ғылым мен техниканың барлық жетістіктері қолданылады. Ағынды суды тазалау әдістері: механикалық, физика-химиялық, химиялық, биохимиялық, термохимиялық және термиялық т.б. болып бөлінеді [4-7].

Мұнай өнімдерімен ластанған ағынды сулар экология мен адам денсаулығына айтарлықтай қауіп төндіреді. Қазіргі заманғы тазарту технологияларында мұндай ластаушы заттарды тиімді жоюға мүмкіндік беретін әдістерге көп көңіл бөлінеді. Ең перспективалы шешімдердің бірі-ағынды сулардағы көмірсутектерді ыдырату үшін оттегін пайдаланатын оттегінің тотығу әдісі.

Әдістің жұмыс принципі оттегінің тотығуы химиялық реакцияға негізделген, онда оттегі мұнай өнімдеріндегі көмірсутектермен әрекеттеседі. Бұл көмірқышқыл газы мен су сияқты аз уытты қосылыстардың пайда болуына әкеледі. Қолдану түріне байланысты бірнеше негізгі тәсілдерді ажыратуға болады:

1. Оттегімен тікелей тотығу: бұл әдісте таза газ немесе ауа ретінде берілетін оттегі ағынды суларда ериді. Тотығу процесі газ бен сұйықтық арасындағы фазалық интерфейсте жүреді, бұл оттегінің көмірсутектермен әрекеттесуіне ықпал етеді.

2. Белсенді оттегімен тотығу: бұл тәсіл озон ( $O_3$ ) немесе сутегі асқын тотығын ( $H_2O_2$ ) генерациялау арқылы алынған белсенді оттегін пайдаланады. Бұл заттардың тотығу қабілеті жоғары және көмірсутектерді тиімді ыдыратады.

Оттегімен тотығу әдісі бірқатар маңызды артықшылықтарға ие:

- Тиімділігі: оттегінің тотығуы мұнай өнімдерінің кең спектрін, соның ішінде биологиялық ыдырауы қиын ауыр және күрделі көмірсутектерді тиімді ыдыратады.

- Экологиялық қауіпсіздік: тотығу процесінде мұнай өнімдері көмірқышқыл газы мен су сияқты қауіпсіз соңғы өнімдерге ыдырайды, бұл қоршаған ортаның ластану қаупін азайтады.

- Техникалық қызмет көрсетудің төмен құны: процесс салыстырмалы түрде қарапайым жабдықты қажет етеді және оны қолданыстағы ағынды суларды тазарту жүйелеріне оңай біріктіруге болады.

### **Зерттеу материалдары мен әдістері.**

Зерттеу нысаны ретінде «Атырау мұнай өңдеу зауыты» ЖШС («АМӨЗ» ЖШС) ағынды сулары алынды және оны оттегімен қанықтыру арқылы тазалау, яғни биологиялық әдіс қолданылды арқылы судағы мұнай және мұнай өнімдерін азайту арқылы жүргізілді. 1-суретте көрсетілгендей зерттеуге алдын ала белгіленген су үлгілері алынып, оларды таза оттегі бар қысымды баллонға орнатылған редуктор және оттегі шығынын бақылау үшін қосымша зертханалық U тәрізді газ шығынын бақылайтын сулы манометр орнатып, әртүрлі уақыт аралығында су үлгілерінің тазалану дәрежесі тексерілді.



1-сурет. Ағынды суды оттегімен қанықтыру жүйесі

Оттегімен қаныққан су үлгілерінің мұнай өнімдерінен тазалану дәрежесі 2-суретте көрсетілген Флюорат-02 құралымен анықталды [8].



2-сурет. Флюорат-02 судағы мұнай өнімдерін анықтау құралы

### **Зерттеу нәтижелері.**

Бүгінгі күнде «АМӨЗ» ЖШС өндірістік ағынды суларды тек ауамен қанықтыру арқылы тазалауды жолға қойған, бұл әдіс көп уақытты қажет етеді және тиімділігі төмен. Ауа құрамындағы оттегінің үлесі небәрі - 21% болса, таза оттегі - 100%, сондықтан ағынды суды оттегімен қанықтыру 5 есеге көп болғандықтан, процесс сапалы әрі өте тез жүреді.

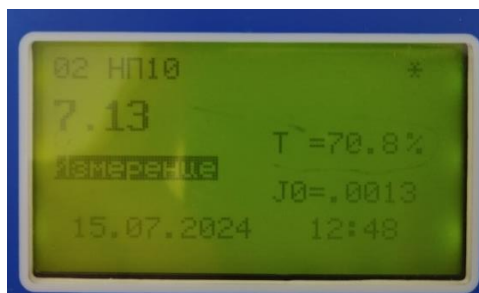
«Сафи Өтебаев атындағы Атырау мұнай және газ универсиеті» КЕАҚ (АтМГУ) «Геоэкология» ғылыми-ізденіс зертханасында (ФИЗ) «АМӨЗ» ЖШС өндірістік ағынды суларын мұнай қалдықтарынан 100% таза оттегімен қанықтырып тазарту барысында мұнай қалдықтарын күрт азайтып жақсы нәтижеге қол жеткізілді (2-сурет).

Оттегімен қанықтырылып тазаланған өндірістік ағынды сулардағы мұнай өнімдерін анықтау үшін арнайы әдістемеге сай [8] суға гексан ертіндісін қосып экстракцияға түсіріп, тұнғасын суды бөліп аламыз (4-сурет).



4-сурет. Өндірістік ағынды суларды гексанмен экстракциялау

Бөліп алынған судағы мұнай өнімдерін «Геоэкология» ГИЗ Флюорат-02 құралымен анықталып, оттегімен қанықтырып тазалау әдісінің тиімділігіне көз жеткізілді (5-сурет).



5-сурет. Флюорат-02 құралымен тазаланған судағы мұнай өнімдерін анықтау

Өндірістік ағынды суды оттегімен қанықтырғанға дейін коагулянтпен, қанықтырғаннан кейін флокулянтпен өңдеп, сүзу арқылы тазалау нәтижесі 6-суретте көрсетілген.



6-сурет. Өртүрі тазалау әдістерінен өткен ағынды су үлгілері

Зерттеу барысында ағынды суда флокулянт пен когулянтты қанша уақыт ұстау керектігі де басты назарда болды, ұзақ жасалған тәжірибелер нәтижесіне сүйеніп, екі препаратты бірге 1 сағат ұстау мейілінше тазартуға мүмкіндік береді деген тұжырымға келдік. Алдағы уақытта флокулянттарды өзгертіп, тәжірбиені қайта жүргізіу көзделінуде. Жаңа флокулянттармен ағынды суларды тазалау мерзімін 1 сағаттан да азайтуды, тазалау сапасын арттыру жоспарлануда.

### **Қорытынды.**

Оттегімен тотығу әдісі ағынды суларды мұнай өнімдерінен тазартудың тиімді шешімі болып табылады. Ол ластаушы заттарды жоюдың жоғары дәрежесін қамтамасыз етеді, экологиялық қауіпсіздікке ие және оны қолданыстағы тазарту жүйелеріне оңай біріктіруге болады. Биологиялық тазарту немесе адсорбция сияқты басқа әдістермен бірге ол қоршаған орта мен адам денсаулығын қорғауға бағытталған ағынды суларды басқарудың кешенді жүйелерін құруға көмектеседі.

Алдағы уақытта Н.К.Надіров атындағы Мұнайхимия инженериясы және экология институты зертханаларында бар приборларымен стандартқа сай зерттеулерді студенттермен, магистранттармен бірге жүргізу жоспарлануда. Ең басты мақсатымыз білім алушылармен зертханада ағынды судың құрамындағы мұнай өнімдерін оттегімен қанықтырып, мемлекеттік стандарттарды, шарттарды пайдаланып жұмыс істеуге университет қабырғасында үйрету, кезкелген өндіріс орындарында университетті бітіргеннен кейін жұмыс істеу мүмкіндігін арттыру, яғни біздің студенттеріміз диплом алғаннан кейін сұранысқа ие мамандар болып қалыптасуына ықпал ету.

### **Әдебиеттер**

1. Вертинский А. П. Современные методы очистки сточных вод: особенности применения и проблематика. Инновации и инвестиции. №1. 2019. с. 175-182. <https://cyberleninka.ru/article/n/sovremennyye-metody-ochistki-stochnyh-vod-osobennosti-primeneniya-i-problematika/viewer>
2. Золотов А.В., Лисовский В.А., Багреева И.С., Слепова Е.В. Основные способы очистки нефтепродуктосодержащих производственных сточных вод. Science Time. С. 42-54. <https://cyberleninka.ru/article/n/osnovnye-sposoby-ochistki-nefteproduktosoderzhaschih-proizvodstvennyh-stochnyh-vod/viewer>
3. Золотов А.В. Обзор методов и устройств очистки нефтесодержащих стоков. Нефтепереработка и нефтехимия. 2015. № 9. С.42-47
4. Матус Л.И., Нефедьева Е. Э. Конспект лекций по дисциплине «Методы очистки сточных вод». Часть 1: учеб. Пособие. ВолГТУ. Волгоград, 2017. – 88 с.
5. Поварова Л.В. Анализ методов очистки нефтесодержащих сточных вод. Наука. Техника. Технологии (политехнический вестник). 2018. №1. С. 189–205. <http://id-yug.com/index.php/ru/ntt/archiv/2018/1-2018?id=1027>
6. Жусупова Л.А., Тимурлан А. Методы очистки сточных вод от нефтепродуктов. Актуальные научные исследования в современном мире, 2017. № 5–9 (25). С. 123–129.
7. Тюрина Е.В. Технология очистки сточных вод на нефтяных промыслах. Сборник: Наследие И.М. Губкина: интеграция образования, науки и практики в нефтегазовой сфере Материалы международной научно-практической конференции. Под общей редакцией С.Г. Горшенина, 2018. С. 231–235.
8. ПНД Ф 14.1:2:4.128-98 Количественный химический анализ вод. методика измерений массовой концентрации нефтепродуктов в пробах природных, питьевых, сточных вод флуориметрическим методом на анализаторе жидкости «Флюорат-02»

**М.К.Досмагамбетова, Д.К.Кулбатыров, Г.Р.Жаксиева, А.С.Балкембай**  
 НАО «Атырауский университет нефти и газа имени Сафи Утебаева», Атырау, Казахстан

## **ОЧИСТКА ПРОМЫШЛЕННЫХ СТОЧНЫХ ВОД ОТ НЕФТЕПРОДУКТОВ НАСЫЩЕНИЕМ КИСЛОРОДОМ**

**Аннотация.** Развитие мировой промышленности оказывает достаточно негативное влияние на состояние окружающей среды и гидросферы. В настоящее время при использовании водных ресурсов отсутствует вид антропогенной деятельности, при котором не происходит ее загрязнения. Вода-один из самых ценных ресурсов на планете, особенно имеет большое значение пресная вода, составляющая 2,53% мировых запасов воды. В истории очень много примеров того, как крупные реки и озера, заросшие большими городами, превратились в безжизненные сточные воды, осушенное место превратилось в экологически аварийную зону, поэтому вопрос сохранения чистых водных ресурсов и их экономного использования считается весьма актуальным. В настоящее время в мире наблюдается тенденция повторного использования сточных вод различными промышленными предприятиями.

**Ключевые слова:** сточные воды, очистка воды, нефтяные отходы, метод биологической очистки, насыщение кислородом.

**M.K.Dosmagambetova, D.K.Kulbatyrov, G.R.Zhaksyieva, A.S.Balkembay**  
 Non-profit JSC «Atyrau Oil and Gas University named after Safi Utebayev», Atyrau, Kazakhstan

## **TREATMENT OF INDUSTRIAL WASTEWATER FROM OIL PRODUCTS BY OXYGEN SATURATION**

**Annotation.** The development of the world industry has a rather negative impact on the state of the environment and hydrosphere. At present, when using water resources, there is no type of anthropogenic activity that does not pollute it. Water is one of the most valuable resources on the planet, especially fresh water, which makes up 2.53% of the world's water reserves, is of great importance. In history, there are many examples of how large rivers and lakes overgrown by large cities turned into lifeless sewage, drained place turned into an ecologically emergency zone, so the issue of preserving clean water resources and their economical use is considered very urgent. Nowadays, there is a trend of wastewater reuse by various industrial enterprises in the world.

**Keywords:** wastewater, water treatment, oil waste, biological treatment method, oxygenation.

МРНТИ 61.59.01

**Н.Н.Ильясова, Ж.К.Карешова, Р.М.Искаков**  
 НАО «Атырауский университет нефти и газа» имени Сафи Утебаева  
 Институт нефтехимической инженерии и экологии имени Н.К. Надирова, Казахстан,  
 г.Атырау  
 email: [ilyassova\\_23@aogu.edu.kz](mailto:ilyassova_23@aogu.edu.kz), [r.iskakov@aogu.edu.kz](mailto:r.iskakov@aogu.edu.kz)

## **ХИМИЧЕСКАЯ И МЕХАНИЧЕСКАЯ МОДИФИКАЦИЯ ПОЛИМЕРОВ И ПОЛУЧЕНИЕ ПОЛИМЕРНЫХ КОМПОЗИТОВ НА ОСНОВЕ ИНДУСТРИАЛЬНО ВЫПУСКАЕМЫХ ПОЛИМЕРОВ**

**Аннотация.** Физико-механические, теплофизические и другие важные свойства полимерных композитов в первую очередь зависят от полимерных наполнителей, используемых в качестве модификаторов. Примерами наполнителей являются вещества, которые выступают в качестве структурных модификаторов, добавки, минеральные добавки и так далее. Как показывают исследования, проведенные в этой области, для улучшения химических и физико-механических параметров используются модификаторы различного назначения. В статье приведены сведения о разработке и производстве полимерных композиционных материалов. Показана возможность получения и использования

композиционных материалов в различных областях техники. Кроме того, собран обзор исследований, которые дают широкое представление о полимерных композиционных материалах. Показано, что использование полимерных композиционных материалов может привести к значительным достижениям в современном производстве. В статье также представлена информация об органических и неорганических наполнителях с разными свойствами. В данной работе показаны инновационные применения полимерных композиционных материалов различного назначения.

**Ключевые слова:** полипропилен, композиты, наполнитель, термостойкость, модификация, добавка.

### Введение

Полимерные композиты – общее название двух- либо многокомпонентных материалов на основе макромолекулярного соединения (пластика), которое армируется различными наполнителями. Матрица выполняет функцию связующего звена, тогда как добавки обеспечивают необходимые физические параметры. По своим свойствам полимерные композиционные материалы не уступают традиционным аналогам, а зачастую превосходят их. При этом они значительно легче. Полимерные композиты широко используются для изготовления конструкционных материалов и изделий, обладающих высокими деформационно-прочностными свойствами. В этой связи, возникла необходимость в создании качественно новых материалов для изделий машиностроения и методов прогнозирования их свойств. Поэтому реальной представляется возможность проектирования эффективных материалов на основе адекватных моделей, позволяющих с высокой степенью точности прогнозировать свойства вновь создаваемых композиционных материалов.[1]

С развитием полимерной химии параллельно развивались и технологии производства полимерных композиционных материалов (ПКМ) на основе различных наполнителей и красителей, придающих изделиям новые свойства. Основным технологическим приемом получения полимерных композитов длительное время являло механическое смешение наполнителя и полимерной матрицы.

Полимеризационное наполнение - химическая прививка катализатора либо инициатора к поверхности наполнителя и последующая полимеризация или сополимеризация мономеров на этих поверхностях - возможно, открывает новую страницу в химии и технологии композитов. Развитие технологии композиционных полимерных материалов в настоящее время определяется научными исследованиями в области полимерного материаловедения, поскольку проблема взаимодействия наполнителей и матриц весьма многогранна.[2]

В настоящее время разработано множество процессов и методов, основными из которых являются каландрование, отливка, прямое прессование, литьё под давлением, экструзия, пневмоформование, термоформование, вспенивание, армирование, формование из расплава и твёрдофазное формование.

Возможности полимерных композиционных материалов чрезвычайно широки благодаря неисчерпаемой вариативности их составов, многообразию полимеров и наполнителей, способам их модификации и взаимно распределения. Способы получения полимерных композитов определяются как типом наполнителя (волокнистый, порошкообразный), так и агрегатным состоянием полимера (жидкий или твердый).

Их основное отличие от традиционных, -исключительная равномерность и однородность распределения наполнителя в массе полимерного связующего, так как газообразный или жидкий мономер смешивается с мелкодисперсным порошком наполнителя намного легче, чем высоковязкий олигомер или полимер.

В результате каждая минеральная частица становится «укутанной» однородной пленкой полимера, при этом достаточно часто макромолекулы химически связаны с поверхностью наполнителя. Традиционный способ получения ПКМ не позволяют получать материалы такого рода. Таким образом, в настоящее время основными способами получения композиционных материалов являются смешение и полимеризационное наполнение.[3]

### Добавки применяемые в производстве

Важно готовить полимерные смеси, полностью или частично совместимые с целью получения новых материалов с новыми свойствами, что в основном зависит от специфического взаимодействия, которые могут существовать между полимерами, составляющими смесь; то есть степень совместимости между ними. Этого можно добиться добавлением добавок, улучшающих совместимость к смесям. В таблице 1 приведен список применяемых в производстве добавок и их назначение.[4]

Таблица 1. Наименование добавок и их назначение

| №  | Наименование аддитива                       | Назначение аддитива                                                                                         |
|----|---------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 1  | Фосфит 168 (Ирграфос 168)                   | Защита полимера от окисления во время переработки в изделия                                                 |
| 2  | Дигидроталькит DHT-4A                       | Дезактивация остатков катализатора в полипропилене                                                          |
| 3  | Кремний антиадгезив (Sylobloc 45)           | Антиблокирующий агент-препятствует слипанию рукава, пленок, улучшает фиксацию и нанесение печати            |
| 4  | Эрукамид (Crodamide ER)                     | Смазывающая добавка, понижающая трение                                                                      |
| 5  | Олеомид (Crodamide OR)                      | Добавка понижающая трение                                                                                   |
| 6  | Антиоксидант 1010 (Ирганокс 1010)           | Основной антиоксидант-термостабилизатор. Защищают готовые полимерные изделия от старения                    |
| 7  | Стеарат кальция                             | Дезактивация остатков катализатора в полипропилене                                                          |
| 8  | Безфенольный антиоксидант (Иргастаб FS 042) | Стабилизатор полипропилена                                                                                  |
| 9  | Тальк (Hi-Talc, Steamic OOS)                | Агент для нуклеации полипропилена (осветляющий агент)                                                       |
| 10 | Стабилизатор HALS 622                       | Светостабилизатор – защита полипропилена от действия света, УФ излучении                                    |
| 11 | Миллад 3988                                 | Агент для нуклеации полипропилена                                                                           |
| 12 | Бензоат натрия                              | Стабилизатор полипропилена                                                                                  |
| 13 | Ирганокс PS802 FL                           | Термостабилизатор в сочетании с фенольным антиоксидантом. Обеспечивает стабилизацию тепла общего назначения |

### Область применения полипропилена

Полипропилен находит широкое применение благодаря обеспечению эффективного развития экономики и повышению конкурентоспособности продукции. Это происходит за счет:

- снижения материалоемкости,
- замены дорогостоящих материалов,
- создания техники нового поколения,
- формирования передовых технологий для переработки материалов.

На основе полипропилена можно получать множество продуктов, в том числе смесевые термоэластопласты и высокомодульный высокопрочный пластик. Благодаря экологической чистоте, технологичности переработки и утилизации полипропилен вытесняет поливинилхлорид, ударопрочный полистирол и АБС-пластики с мирового рынка пластмасс.[5]

Полипропилен активно используют во всех доминирующих отраслях экономики:

- автомобилестроении,
- машиностроении,
- электронике,
- электротехнике,
- приборостроении,
- транспорте,
- строительстве и т. д.

Иногда его называют «королем» пластмасс. Также позиции полипропилена сильны в сфере изготовления полимерных волокон и нитей. Низкая цена и простота утилизации позволяют ему вытеснять из производства другие материалы. Полипропилен используют при изготовлении предметов домашнего быта (ковров, пледов), гигиены (одноразовых подгузников) и медицинских средств.[6]

В настоящее время данный материал нельзя назвать самым популярным полимером – на рынке лидируют полиэтилен и поливинилхлорид. При этом по темпам роста производства полипропилен находится вне конкуренции. Также следует учитывать, что даже в XXI веке реализован не весь научный и технический потенциал полимера.[7] Для исследования потенциала применения полипропилена были проведены исследования и получены другие композиционные материалы из полипропилена марки PP H030 GP общего назначения. Физико-механические свойства полученных композиции были исследованы на соответствие целевым значениям показателей.

### Экспериментальная часть

Для модификации в качестве объекта исследования была выбрана марка PP H030 GP полипропилена. Марка PP H030 GP имеет следующие характеристики: температура плавления 160° С, модуль упругости при изгибе 1200 МПа, разрушающее напряжение 32,0 МПа, показатель текучести расплава при 230° С равен 3,0 г/10 мин.

Для получения порошка полипропилена проведена полимеризация с применением мономер-пропилен, триэтилалюминий, силан и водород. Полимеризация проводилась при температуре 80°С. Далее из полученного порошка методом экструзии с добавлением к порошку добавок получены гранулы марок PP H030 GP, PP H270 GP, PP H350 GP.

Приготовление разных марок произведен в экструдере LabTech Engineering Scientific.

Для получения гранулированного полипропилена с маркой PP H270 GP и PP H350 GP в секции экструдера нагревались в диапазоне температур 170-250°С, к порошку добавлялись следующее добавки:

Таблица 2. Состав марки PP H270 GP

| Наименование добавки |                      | кг/т | %     | Цель     |
|----------------------|----------------------|------|-------|----------|
| 1                    | Antioxidant 3114     | 0.3  | 0,03  | 300 ppm  |
| 2                    | Phosphite 168        | 1.2  | 0,12  | 1200 ppm |
| 3                    | Calcium Stearate F&T | 0.45 | 0,045 | 450 ppm  |
| 4                    | Trigonox 301         | 1.34 | 0.134 | 1340 ppm |

Таблица 3. Состав марки PP H350 GP

| Наименование добавки |                      | кг/т | %     | Цель     |
|----------------------|----------------------|------|-------|----------|
| 1                    | Antioxidant 3114     | 0.3  | 0,03  | 300 ppm  |
| 2                    | Phosphite 168        | 1.2  | 0,12  | 1200 ppm |
| 3                    | Calcium Stearate F&T | 0.45 | 0,045 | 450 ppm  |
| 4                    | Trigonox 301         | 1.52 | 0.152 | 1520 ppm |

Совершенно очевидно, что для получения многокомпонентных полимерных смесей необходимо в первую очередь осуществить правильный подбор межфазных добавок, способных обеспечить их хорошую смешиваемость и совместимость. Совместимость полимерных смесей определяется не только типом используемых полимерных компонентов, но и их соотношением. Связано это с тем, что при определенных соотношениях полимерные компоненты могут быть совместимыми или несовместимыми.[8]

В данном случае в качестве компатибилизатора, улучшающий совместимость полимерных смесей, использовали добавки: Antioxidant 3114, Phosphite 168, Calcium Stearate F&T, Trigonox 301. В особенности меняя соотношение добавки Trigonox 301 мы получили разные марки полипропилена.

#### **Проведение анализа**

Коммерческие сорта полипропилена содержат различные типы добавок, такие как стабилизаторы окисления и обработки, антистатик, поглотители кислоты, а также зародышеобразователи. Помимо структуры полимера (например, молекулярной массы, молекулярно-массового распределения, содержания сомономеров и т. Д.), конкретные свойства полипропиленового материала также являются функцией конкретного состава добавок.

#### **Подготовка образца**

По описанным выше методами были получены гранулы, для сравнения гранул изначальной марки PP H030GP с полученными гранулами марок PP H270 GP и PP H350 GP были проведены исследования для которых подготовлены диски, а также разные формы образцов для испытания.

Гранулы полипропилена прессуются в диски в LabTech Engineering Scientific пресс машине (толщина = 3 мм) с горячей плитой для формования под давлением. Необходимое количество материала (гранул) зависит от конкретного размера дисков, которые подогнаны под размеры держателей образцов. Применяется пленка Teflon® в качестве промежуточного слоя для подготовки образца в специальной стальной форме. Это предотвращает прилипание пластика к поверхности формы. Образцы (диски) формируют при температуре 200 ° C и давлении около 50 бар при времени выдержки 3 минуты. Затем форму охлаждают до комнатной температуры с максимальной скоростью и поддерживают давление около 10 бар. Важно поддерживать однородную толщину образца и гладкую поверхность. В некоторых случаях может потребоваться изменить условия формования для достижения наилучших результатов. Таким же образом готовят образцы, которые используются в качестве эталонов. Толщина образца должна быть постоянной для всех образцов по набору стандартов. [9]

Для определения содержания добавок в полученных гранулах применили рентгено-флуоресцентный спектрометр производства BRUKER модели S8 Jaguar.

Концентрация добавки в ПП рассчитывается исходя из концентрации конкретного элемента путем умножения на индивидуальный коэффициент пересчета (f). Этот коэффициент представляет собой соотношение молекулярной массы добавки и атомной массы элемента.

Таблица 4. Полученные при исследовании результаты для марки PP H030 GP

| ПТР (230 °С, 2,16 кг), г/10мин | Разброс значений ПТР, % | Массовая доля гранул другого цвета, % | Массовая доля гранул размеров свыше 5 до 8 мм и менее 2мм и слипшихся % | Массовая доля летучих, % | Количество включений, шт | Модуль упругости при изгибе, МПа | Предел текучести при растяжении, МПа |
|--------------------------------|-------------------------|---------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------|--------------------------|--------------------------|----------------------------------|--------------------------------------|
| 2,7-3,3                        | Не более 8              | не допускается                        | Не более 3                                                              | Не более 0,09            | Не более 3               | Не менее 1200                    | Не менее 32                          |
| 2,92                           | 3,72                    | 0                                     | 0,95                                                                    | 0,05                     | 0                        | 1260                             | 32,0                                 |
| 3,29                           | 3,01                    | 0                                     | 0,24                                                                    | 0,04                     | 0                        | 1270                             | 32,0                                 |

| Относительное удлинение при пределе текучести | Массовая доля растворимых веществ в ксилоле | Насыпная плотность гранул, кг/м <sup>3</sup> | Интенсивность запаха, балл | Содержание воды | Индекс желтизны | Содержание добавок, мг/кг |                         |
|-----------------------------------------------|---------------------------------------------|----------------------------------------------|----------------------------|-----------------|-----------------|---------------------------|-------------------------|
| не менее 9                                    | не нормируется                              | -                                            | -                          | -               | не более 0      | Стеарат кальция           | Phosphite 168 (Alkonox) |
|                                               | 2.0 - 5.0                                   | 500 - 550                                    | не более 0                 | не более 500    |                 | 700-900                   | 380-520                 |
| 11,7                                          | 3,22                                        | 508                                          | 0                          | 105             | -3,20           | 797                       | 502                     |
| 11,0                                          | 2,46                                        | 518                                          | 0                          | 119             | -3,09           | 799                       | 515                     |

Таблица 5. Полученные при исследовании результаты для марки PP H270 GP

| ПТР (230 °С, 2,16 кг), г/10мин | Разброс значений ПТР, % | Массовая доля гранул другого цвета, % | Массовая доля гранул размеров свыше 5 до 8 мм и менее 2мм и слипшихся % | Массовая доля летучих, % | Количество включений, шт | Модуль упругости при изгибе, МПа | Предел текучести при растяжении, МПа |
|--------------------------------|-------------------------|---------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------|--------------------------|--------------------------|----------------------------------|--------------------------------------|
| 30-40                          | Не более 8              | не допускается                        | Не более 5                                                              | Не более 0,09            | Не более 3               | Не менее 1200                    | Не менее 34                          |
| 27,1                           | 2,78                    | 0                                     | 1,11                                                                    | 0,04                     | 0                        | 1210                             | 34,2                                 |
| 26,8                           | 2,95                    | 0                                     | 0,91                                                                    | 0,05                     | 0                        | 1250                             | 34,3                                 |

Таблица 6. Полученные при исследовании результаты для марки PP H350 GP

|                                                  |                                                |                                              |                            |                 |                 |                           |
|--------------------------------------------------|------------------------------------------------|----------------------------------------------|----------------------------|-----------------|-----------------|---------------------------|
| Относительное удлинение при пределе текучести, % | Массовая доля растворимых веществ в ксилоле, % | Насыпная плотность гранул, кг/м <sup>3</sup> | Интенсивность запаха, балл | Содержание воды | Индекс желтизны | Содержание добавок, мг/кг |
|--------------------------------------------------|------------------------------------------------|----------------------------------------------|----------------------------|-----------------|-----------------|---------------------------|

|            |                       |              |            |                 |            |                            |                                    |
|------------|-----------------------|--------------|------------|-----------------|------------|----------------------------|------------------------------------|
| не менее 8 | не<br>нормируе<br>тся | -            | -          | -               | не более 0 | Стеар<br>ат<br>кальц<br>ия | Phosph<br>ite 168<br>(Alkon<br>ox) |
|            | 2.0 - 3.0             | 500 -<br>550 | не более 0 | не более<br>500 |            | 380-<br>520                | 1000-<br>1400                      |
| 10,8       | 2,98                  | 511          | 0          | 391             | -2.60      | 401                        | 1152                               |
| 11,6       | 2.89                  | 514          | 0          | 283             | -2.48      | 481                        | 1098                               |

Таблица 7. Общая характеристика марок

| №<br>п/п | Марка          | Показатель<br>текучести<br>расплава при<br>температуре<br>230° С и<br>массе груза<br>2,16 кг, г/10<br>мин, в<br>пределах | Состав рецептуры<br>стабилизации              | Свойства<br>полипропилена                                                        | Рекомендуемая<br>область применения<br>или метод переработки<br>в изделия                                                                                                                                                                                                                         |
|----------|----------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 1        | PP H<br>270 GP | 23,0-30,0                                                                                                                | Антиоксидант<br>Термостабилизато<br>р Антацид | Стойкость к<br>термоокислительном<br>у старению<br>Термостабильность<br>расплава | Изготовление изделий<br>общего назначения<br>методами литья под<br>давлением, экструзии,<br>компаундирования.<br>Применяется для<br>использования в<br>практике<br>хозяйственнопитьевог<br>о водоснабжения,<br>изготовления изделий,<br>предназначенных для<br>контакта с пищевыми<br>продуктами. |
| 2        | PP H<br>350 GP | 30,0-40,0                                                                                                                | Антиоксидант<br>Термостабилизато<br>р Антацид | Стойкость к<br>термоокислительном<br>у старению<br>Термостабильность<br>расплава | Изготовление изделий<br>общего назначения<br>методами литья под<br>давлением, экструзии,<br>компаундирования.<br>Применяется для<br>использования в<br>практике хозяйственно<br>питьевого<br>водоснабжения,<br>изготовления изделий,<br>предназначенных для<br>контакта с пищевыми<br>продуктами. |

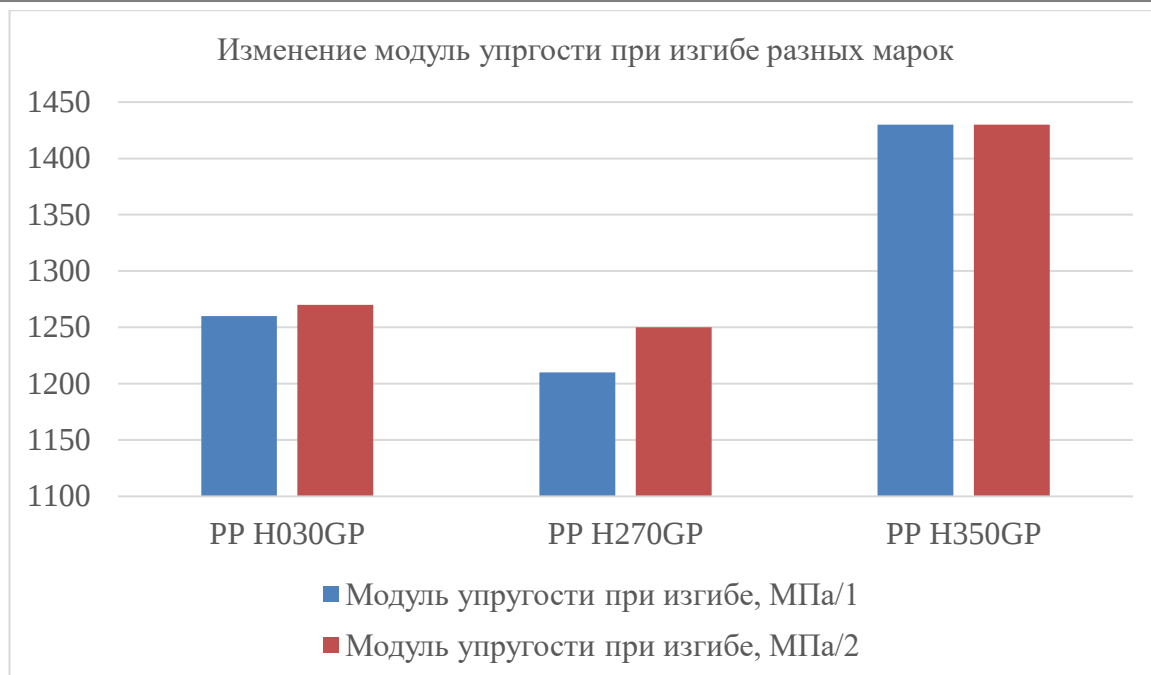


Таблица 8. Характеристика/Спецификация продукта марки PP H270 GP и PP H350 GP

| Показатель |                                                                                                       | ЕИ                | Значение       |
|------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------|----------------|
| 1          | Показатель текучести расплава                                                                         | г/10мин           | 23-30/30-40    |
| 2          | Массовая доля растворимых веществ в ксилоле                                                           | %                 | Не нормируется |
| 3          | Разброс ПТР, не более                                                                                 | %                 | 8              |
| 4          | Размер гранул                                                                                         | мм                | 2-5            |
| 5          | Массовая доля гранул размером (менее 2 мм, свыше 5 до 8 мм) и формой, отличающихся от нормы, не более | ед.               | 5              |
| 6          | Массовая доля гранул другого цвета, отличающихся от характерного цвета для данной партии, не более    | Мпа               | 0              |
| 7          | Количество включений, не более                                                                        | шт/м <sup>2</sup> | 3              |
| 8          | Индекс желтизны, не более                                                                             | шт/м <sup>2</sup> | 0              |
| 9          | Массовая доля летучих веществ, не более                                                               | % масс.           | 0.09           |
| 10         | Предел текучести при растяжении, не менее                                                             | МПа               | 32/34          |
| 11         | Относительное удлинение при пределе текучести, не менее                                               | шт.               | 8              |
| 12         | Модуль упругости при изгибе, не менее                                                                 | %                 | 1200           |
| 13         | Интенсивность запаха, не более                                                                        | %                 | 0              |

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

По итогам полученных результатов заключить следующее:

- при добавлении добавок к изначальной марке PP H030GP который имеет показатель текучести расплава при 230° C равен 3,0 г/10 мин мы получили две другие марки с высоким значениями предела текучести расплава при 230° C которые равны 25-35 г/10мин. Эти добавки соответственно усилили предел текучести при растяжении от 32 до 34 МПа.

Таким образом, получены две разные марки PP H270 GP и PP H350GP, определены физико-механические свойства полученных марок гранул полипропилена, сравнены результаты начальной марки PP H030 GP с полученными марками. По результатам полученных при сравнении марки PP H270 GP и PP H350 GP можно в дальнейшем применять в изготовление изделий общего назначения методами литья под давлением, экструзии, компаундирования, для использования в практике хозяйственно питьевого водоснабжения, изготовления изделий, предназначенных для контакта с пищевыми продуктами.

Разработка новых марок полипропилена жизненно важна для особых видов применения, и исследования должны продолжаться, чтобы иметь идеальный выбор для будущих потребностей цивилизации.

В заключении мы можем сказать, что полипропилен продолжает оставаться предметом изучения из-за его интенсивного использования в повседневной деятельности, что сделало его отличным выбором благодаря его выдающимся свойствам, которых продолжают исследовать, поскольку их можно модифицировать несколькими методами и наполнителями.

Высокий спрос на полипропилен заставит нефтехимические компании инвестировать в этот бизнес, чтобы производить необходимые человечеству товары по всему миру. Огромное количество применений полипропилена показало, что он является идеальным выбором среди всех других полимеров для производства гибких, долговечных, дешевых и легких пластмасс для многочисленных промышленных, коммерческих, медицинских и личных целей.

Учитывая мировое потребление пропилен, нерационально переходить на другие продукты, кроме полипропилена. Высокое потребление пропилен связано с большим производством полипропилена, который — необходим во многих отраслях промышленности. Нет другого такого пластика, как полипропилен, который отличался бы разнообразием сфер применения. Неограниченное количество областей применения ПП делает его уникальным.

## Список литературы

1. Luana Varela Miranda, Jose Wallace Barbosa do Nascimento, Julio R.Valdes. Hot mix method for the manufacture of sand-polymer bricks. – San Diego, 2023. -С.1-10.
2. Ищенко Н.Я., Шахназарли Р.З., Алиева А.М., Фаттаева Д.И., Гулиев А.М. Влияние размера частиц наполнителя на прочностные свойства полипропиленовых композиций. - Белорусская Республика, Sciences of Europe, 2021. -С.13-17.
3. Слямов Е.Ж., Масакбаева С.Р. Влияние титаномагниевого катализатора на полимеризацию полипропилена в условиях ТОО “Компания НефтеХим LTD”. – Республика Казахстан: Павлодар, Торайгыров университет, 2021. -С.206-216.
4. Ta Quy Hung, Mitsuo Mizoguchi, Yuya Takase. Strengthening effect of the fixing method of polypropylene band on unreinforced brick masonry in flexural, shear, and torsion behaviors. – Japan, Division of engineering, Muroran Institute of technology, Muroran// College of design manufacturing technology, 2023. -С.1-17.
5. Mat-Shayuti M.S., Abdullah M.Z., Megat-Yusoff P.S.M.. Thermal properties and morphology of polypropylene/polycarbonate/polypropylene-graft-maleic anhydride blends. – Malaysia: Universiti Teknologi Mara, Universiti teknologi Petronas, MAREC Web of cnferences 69, 03001. 2016. – С. 1-6.
6. Muhammed Khizar, Shagufta Ishtiaque, Muhammed Junaid Hashmi, Mahwish Mobeen Khan. Enhancing film quality and uniformity in Pearlescent Bi-axially oriented polypropylene films:

a study of manufacturing process. – Pakistan: Department of chemical engineering, University of Karachi, Karachi// Department of applied and chemical technology, 2023. – С.183-189.

7. Абдукаримов С.А., Бозорова Н.Х., Тураев Э.Р. Особенности модификации полипропилена. – Республика Узбекистан: Ташкент, 2022. – С.81-84.

8. Javier Vallejo Montesinos, David Contreras Lopez, José Amir Gonzalez Calderon. Modification of Polypropylene by additives. – LAP LAMBERT Academic Publishing, 2018. С.1-118.

9. Quantification of additives and catalyst components in polypropylene by XRF. – Novolen Technology, 2019. – С.5-7.

**Abstract.** The physical-mechanical, thermophysical, and other important properties of polymer composites primarily depend on the polymer fillers used as modifiers. Examples of fillers include substances that act as structural modifiers, additives, mineral additives, and so on. As studies conducted in this area show, modifiers for various purposes are used to improve chemical and physical-mechanical parameters. The article provides information about the development and production of polymer composite materials. The possibility of obtaining and using composite materials in various fields of technology is shown. In addition, a review of studies that provide a broad understanding of polymer composite materials is also collected. It has been shown that the use of polymer composite materials can lead to significant advances in modern manufacturing. This paper shows innovative applications of polymer composite materials for various purposes.

**Key words:** polypropylene, composites, filler, heat resistance, modification, additive.

УДК 577.11

С.Е. Нәбидоллаев, Түсіпқалиев Ж. Ә., М.Д. Уразғалиева, Н.В. Кузнецова,  
А.Ж. Жексембаева

ТОО «КМГ Инжиниринг», г. Атырау, Казахстан

НАО «Атырауский университет нефти и газа имени Сафи Утебаева»,  
г.Атырау, Казахстан

## ИССЛЕДОВАНИЕ ХАРАКТЕРИСТИК БИОПОЛИМЕРОВ: УСТОЙЧИВОСТЬ ГЕЛЛАНА К ДЕСТРУКЦИИ ПОД ВОЗДЕЙСТВИЕМ ВНЕШНИХ ФАКТОРОВ В ПЛАСТОВЫХ УСЛОВИЯХ

**Аннотация.** Использование водорастворимых полимеров для повышения нефтеотдачи пластов объясняется их высокой экономической эффективностью и технологической доступностью. Активное развитие биотехнологий в последние годы открыло возможности применения биополимеров в нефтяной промышленности. Эти биополимеры представляют собой полисахариды как растительного, так и микробного происхождения. Их промышленная ценность заключается в способности изменять реологические свойства водных растворов — через образование гелевых структур или посредством изменения их текучести. Реологическое поведение полисахаридов может варьироваться: оно может быть ньютоновским, псевдопластичным или пластичным. Многие из полисахаридов обладают тиксотропными свойствами, при которых растворы демонстрируют высокую вязкость при низких скоростях сдвига, и пониженную вязкость при увеличении нагрузки.

**Ключевые слова:** Геллан, полисахариды, природный полимер, потокоотклоняющие технологии.

### Введение.

Применение водорастворимых полимеров для повышения нефтеотдачи пластов обусловлено высокой экономической эффективностью и технологической гибкостью метода. В последние годы, благодаря стремительному развитию биотехнологий, стало возможным внедрение биополимеров в нефтяную промышленность. Эти полисахариды, происходящие

как из растительных, так и микробных источников, обладают высокой практической ценностью. Они могут в малых концентрациях значительно изменять реологические свойства водных систем, повышая вязкость, образуя гели, и выступая в роли стабилизаторов суспензий и эмульсий, что привлекает внимание специалистов в области нефтедобычи. В результате, в последние два десятилетия биополимеры активно применяются в разведочном и эксплуатационном бурении, а также в методах повышения нефтеотдачи, таких как улучшение процессов заводнения с использованием ферментативных микробных процессов.

Кроме этого, биополимеры применяются для модификации профиля проницаемости и селективной закупорки, заводнения с биосурфактантами, целенаправленной активации пластовой микрофлоры, стимуляции добывающих скважин и очистки оборудования от асфальто-парафиновых отложений. В сравнении с традиционными водорастворимыми синтетическими полимерами, биополимеры имеют ряд значительных преимуществ, особенно в суровых условиях, где синтетические аналоги оказываются менее эффективны. Они демонстрируют устойчивость при высоких температурах до 100–120°C, а некоторые представители — до 150°C, что охватывает полный температурный диапазон разработанных месторождений. Биополимеры также сохраняют стабильность в широком диапазоне pH, как в кислых, так и в щелочных средах, что делает их идеальными для использования в щелочных композициях с повышенными нефтewытесняющими свойствами, а также в кислотных составах, обеспечивающих пролонгированное растворение карбонатных пород коллекторов.

Дополнительным преимуществом биополимеров является их безопасность для человека и окружающей среды, что выгодно отличает их от других реагентов, применяемых в нефтедобыче.

В результате многолетних исследований и промысловых испытаний водорастворимых полимеров в бурении и интенсификации нефтедобычи сформулированы требования, которым должны удовлетворять водорастворимые полимеры, применяемые в этих процессах:

1. Полимер должен быстро и полностью растворяться в воде (0,5 кг полимера в 1 м<sup>3</sup> воды в течение 1 ч в условиях минимальной механической деструкции);
2. Степень гидролиза полимера не должна превышать 20 – 30%;
3. Физико-химические свойства полимера не должны сильно изменяться во времени и при воздействии температуры;
4. Реагент должен быть устойчив к высаливанию в пластовых водах;
5. Реагент должен эффективно загущать воду при небольших концентрациях;
6. Раствор полимера должен фильтроваться через пористую среду без затухания, то есть не должен забивать поверхность фильтрации;
7. Реагент должен представлять собой линейный полимер с минимальным числом поперечных связей;
8. Полимер должен выпускаться в виде мелкодисперсного порошка с концентрацией основного вещества 90 – 100%;
9. Реагент должен обладать фактором сопротивления, но вместе с тем адсорбция полимера из раствора в пористой среде должна быть минимальной, чтобы обеспечить продвижение оторочки реагента на значительное расстояние по пласту;
10. Реагент не должен вызывать коррозию оборудования;
11. Реагент не должен быть токсичным.

Способность полимерных материалов к биодеструкции в значительной мере определяется их химическим составом, молекулярной структурой и свойствами макромолекул. В то же время на устойчивость упаковочных полимеров к биологическому разложению существенное влияние оказывают макроструктурные особенности.

В отличие от ксантана, рамзана и велана, геллан не содержит боковых сахарных цепей, но имеет ацетильные и глицериновые заместители на глюкозных остатках в основной цепи полимера. Рентгеновская дифракция на волокнах геллана выявила структуру левозакрученной трёхскладчатой двойной спирали, которая является ключевым фактором гелеобразования этого полисахарида. Вязкость геллановой камеди резко снижается при повышенных

температурах, а при комнатных температурах она проявляет высокую чувствительность к наличию солей. В присутствии одно-, двух- и трёхвалентных ионов геллан образует слабые гели, что подчёркивает его специфическое поведение в различных химических средах.

**Методы исследования.** Для оценки степени деградации геллана был проведен ряд экспериментов с добавлением раствора трёхвалентного железа в 0,5%-ный раствор геллана при различных концентрациях. После этого через образовавшийся гель продували воздух с помощью компрессора в течение времени, варьирующегося от 1 до 6 часов.

По завершении каждого эксперимента сразу замерялись вязкость, уровень растворенного кислорода и водородный показатель (pH). Затем каждую пробу герметично хранили при комнатной температуре в течение одной недели, после чего повторно проводились измерения тех же параметров. Все результаты экспериментов были представлены в виде графиков.

Вязкость измерялась на реометре Anton-Paar, серия MCR-72. Уровень растворенного кислорода и pH определялись с помощью оксиметра Hach HQ30d (Field Case) Meter, который включает встроенный pH-метр. Исследования механических свойств биополимера проводились с использованием анализатора текстур и механических свойств TA.XTplus компании Stable Micro Systems. Работа проводилась в стенах лаборатории инженерного профиля «Нефтехимия» и КМГИ.

**Результаты и дискуссия.** Анализируя данные, представленные на рисунке 1, можно выделить несколько ключевых тенденций. Во-первых, наблюдается рост вязкости раствора по мере увеличения времени для всех исследуемых концентраций  $\text{FeCl}_3 \cdot \text{H}_2\text{O}$ . Во-вторых, с повышением концентрации  $\text{FeCl}_3 \cdot \text{H}_2\text{O}$  вязкость раствора на любом заданном временном интервале также увеличивается.

Рассмотрим влияние концентрации более подробно. При концентрации 0 ppm (синяя линия) вязкость остается на самом низком уровне по сравнению с остальными экспериментальными данными. Для концентрации 5 ppm (фиолетовая линия) наблюдается незначительное повышение вязкости по сравнению с 0 ppm, при этом она продолжает увеличиваться с течением времени.

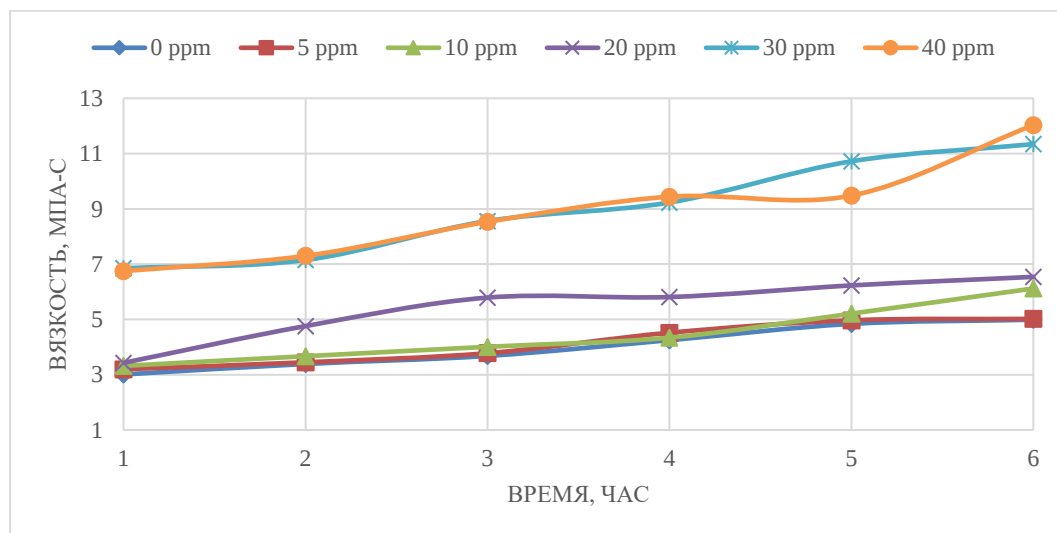


Рисунок 1. Изменение вязкости от времени и концентрации  $\text{FeCl}_3 \cdot \text{H}_2\text{O}$

При концентрации 10 ppm (зеленая линия) вязкость значительно выше, чем при 5 ppm, и также продолжает расти. При концентрации 20 ppm (оранжевая линия) вязкость еще выше, чем при 10 ppm, и демонстрирует значительный рост. При концентрации 30 ppm (серая линия) вязкость достигает максимальных значений среди всех представленных концентраций. А также можно заметить временную зависимость. Во-первых, вязкость увеличивается наиболее

резко в первые часы наблюдения, затем рост становится более плавным. Во-вторых, наибольший прирост вязкости наблюдается в первые 2-3 часа, после чего темп роста замедляется. Следуя этим наблюдениям, можно сделать следующие заключения:

- $\text{FeCl}_3 \cdot \text{H}_2\text{O}$  оказывает значительное влияние на вязкость раствора, причем это влияние усиливается с увеличением концентрации.
- Вязкость раствора увеличивается с течением времени, особенно в первые часы.
- Для практического применения важно учитывать как концентрацию  $\text{FeCl}_3 \cdot \text{H}_2\text{O}$ , так и временной фактор, так как оба параметра существенно влияют на вязкость.

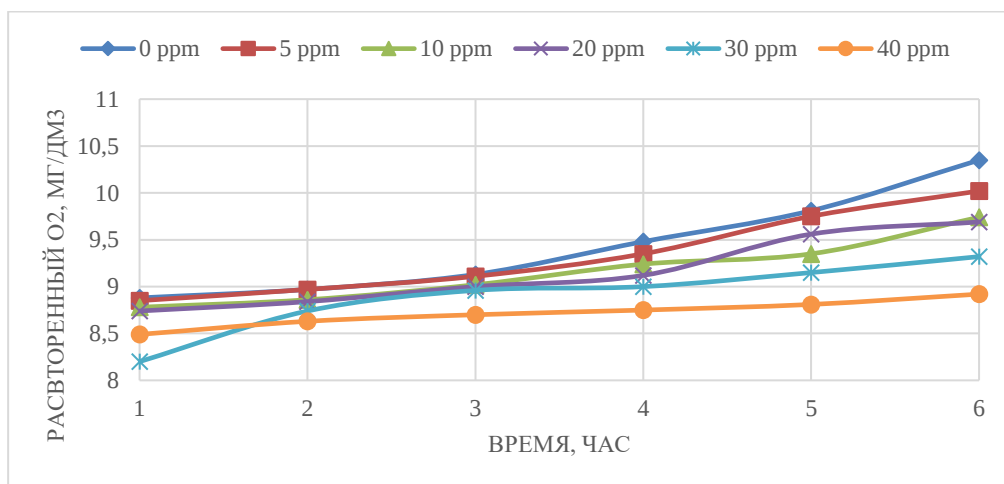


Рисунок 2. Изменение содержания раств.кислорода от времени и концентрации  $\text{FeCl}_3 \cdot \text{H}_2\text{O}$

На рисунке 2 проницаемость увеличивается с течением времени для всех концентраций. Чем выше концентрация (ppm), тем больше проницаемость на любом этапе времени. При концентрации 5 ppm (фиолетовая линия) проницаемость увеличивается медленно, начиная чуть выше 8 и заканчивая чуть ниже 9. При концентрации 10 ppm (синяя линия) проницаемость растет быстрее, чем при 5 ppm. При концентрации 20 ppm (зеленая линия) проницаемость еще выше, чем при 10 ppm. При концентрации 30 ppm (желтая линия) проницаемость значительно выше, чем при 20 ppm. При концентрации 40 ppm (красная линия) проницаемость достигает максимальных значений, начиная с чуть выше 8 и заканчивая чуть ниже 11. На данном рисунке также можно увидеть следующие временные зависимости: проницаемость увеличивается наиболее резко в первые часы наблюдения, затем рост становится более плавным; наибольший прирост проницаемости наблюдается в первые 2-3 часа, после чего темп роста замедляется. Подводя итоги по графику можно сказать: концентрация вещества (ppm) оказывает значительное влияние на проницаемость, причем это влияние усиливается с увеличением концентрации; проницаемость увеличивается с течением времени, особенно в первые часы; для практического применения важно учитывать как концентрацию вещества, так и временной фактор, так как оба параметра существенно влияют на проницаемость.

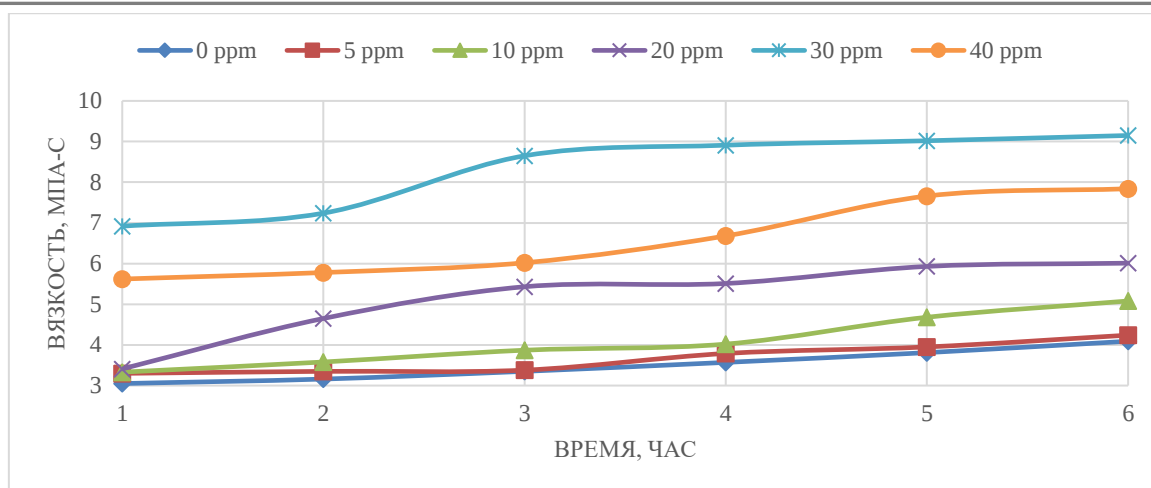


Рисунок 3. Изменение вязкости от времени и концентрации  $\text{FeCl}_3 \cdot \text{H}_2\text{O}$  (через неделю)

Сравнивая данные на рисунках 1 и 3 можно заметить следующее. Чем выше концентрация  $\text{FeCl}_3 \cdot \text{H}_2\text{O}$ , тем выше вязкость раствора на любом этапе времени. Вязкость увеличивается наиболее резко в первые часы наблюдения, затем рост становится более плавным. Вязкость увеличивается с течением времени, причем этот рост более выражен в Рисунке 3 по сравнению с Рисунком 1. Вязкость при концентрации 40 ppm достигает максимальных значений, начиная с чуть выше 3 и заканчивая чуть ниже 10. В обоих графиках можно увидеть, что вязкость увеличивается с течением времени, но в Рисунке 3 этот рост более выражен. В Рисунке 3 вязкость при всех концентрациях выше, чем в Рисунке 1, что может указывать на накопительный эффект  $\text{FeCl}_3 \cdot \text{H}_2\text{O}$  через неделю.

В обоих графиках наибольший прирост вязкости наблюдается в первые 2-3 часа, после чего темп роста замедляется. В Рисунке 3 вязкость продолжает расти более плавно после первых часов наблюдения, что может свидетельствовать о более стабильном увеличении вязкости через неделю.

Следуя данным, можно увидеть, что через неделю концентрация  $\text{FeCl}_3 \cdot \text{H}_2\text{O}$  оказывает более значительное влияние на вязкость раствора. Вязкость раствора через неделю выше для всех концентраций по сравнению с первоначальными данными. Для практического применения важно учитывать как концентрацию  $\text{FeCl}_3 \cdot \text{H}_2\text{O}$ , так и временной фактор, так как оба параметра существенно влияют на вязкость, особенно через длительное время.

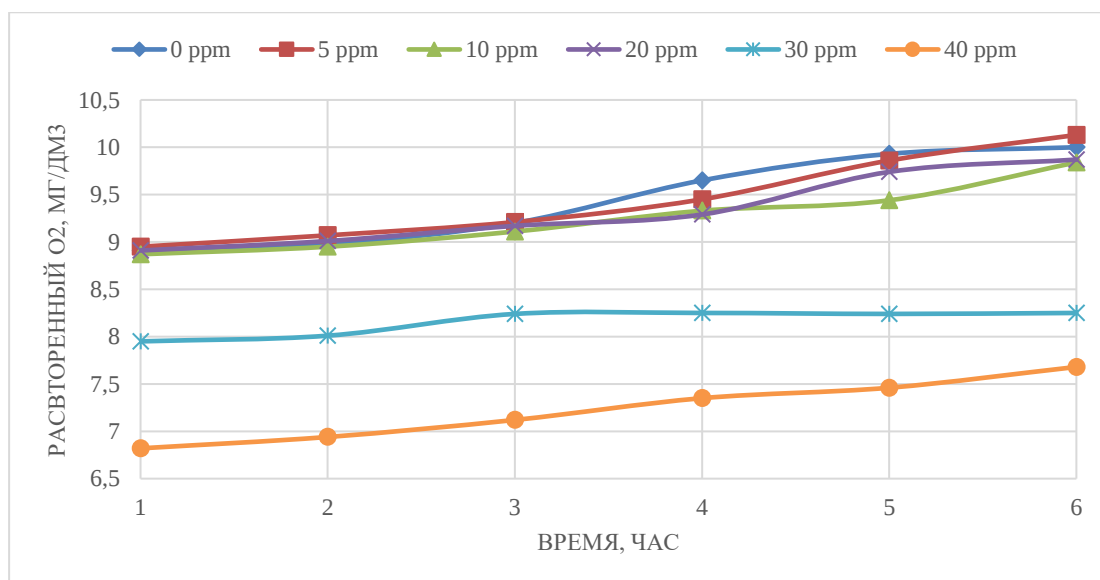


Рисунок 4. Изменение содержания раств.кислорода от времени и концентрации  $\text{FeCl}_3 \cdot \text{H}_2\text{O}$  (через неделю)

$\text{FeCl}_3 \cdot \text{H}_2\text{O}$  оказывает значительное влияние на содержание растворенного кислорода в растворе, причем это влияние усиливается с увеличением концентрации.

Содержание растворенного кислорода снижается с течением времени, особенно в первые часы.

Для практического применения важно учитывать как концентрацию  $\text{FeCl}_3 \cdot \text{H}_2\text{O}$ , так и временной фактор, так как оба параметра существенно влияют на содержание растворенного кислорода.

Сравнивая Рисунок 2 и Рисунок 4 можно сделать следующие выводы: В Рисунке 2  $\text{FeCl}_3 \cdot \text{H}_2\text{O}$  увеличивает содержание растворенного кислорода с течением времени, особенно при более высоких концентрациях. В Рисунке 4  $\text{FeCl}_3 \cdot \text{H}_2\text{O}$  снижает содержание растворенного кислорода с течением времени, особенно при более высоких концентрациях.

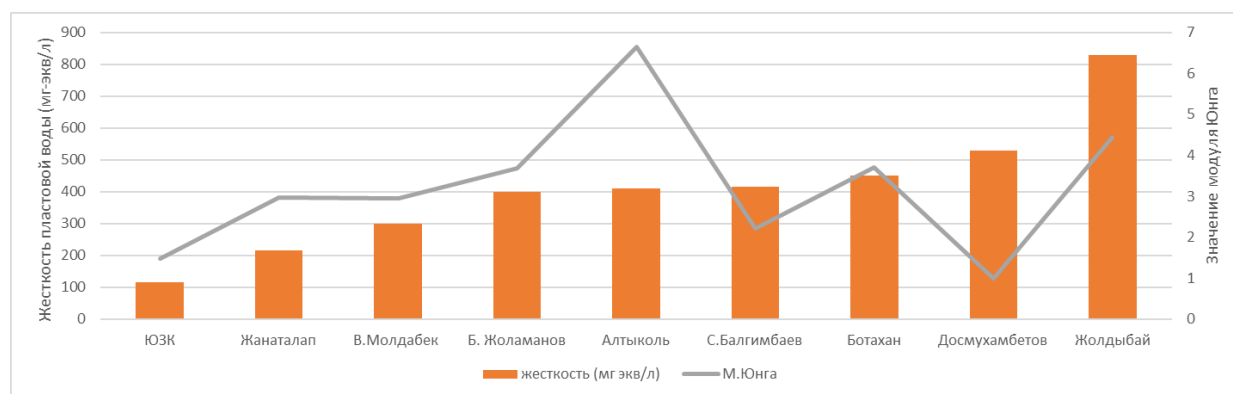


Рисунок 5. Жесткость воды в месторождениях АО «ЭМГ»

**Заключение.** В ходе экспериментов, направленных на изучение деградации геллана, были проведены измерения вязкости, содержания растворенного кислорода и pH в 0,5%-ном растворе геллана с добавлением различных концентраций трёхвалентного железа ( $\text{FeCl}_3$ ). Эксперименты включали продувание воздуха через гель в течение различных промежутков времени (от 1 до 6 часов).

#### Основные выводы:

##### *Влияние концентрации $\text{FeCl}_3$ :*

С увеличением концентрации  $\text{FeCl}_3$  наблюдаются значительные изменения в вязкости и содержании растворенного кислорода.

Более высокие концентрации  $\text{FeCl}_3$  приводят к более выраженным изменениям в измеряемых параметрах, что указывает на сильное воздействие железа на структуру полимера.

##### *Временная зависимость:*

Наиболее заметные изменения в вязкости и содержании растворенного кислорода происходят в первые часы эксперимента.

Через неделю хранения при комнатной температуре фиксируются дополнительные изменения параметров, что свидетельствует о продолжении процессов деградации даже после завершения активной фазы эксперимента.

##### *Сравнение до и после хранения:*

После недели хранения при комнатной температуре все пробы показывают изменения в вязкости, содержании растворенного кислорода и водородном показателе (pH).

Это указывает на то, что деградационные процессы в геллане продолжаются, даже после окончания первичных измерений.

Результаты экспериментов, представленные в виде графиков, чётко демонстрируют влияние концентрации  $\text{FeCl}_3$  и времени на деградацию геллана. Это важно для понимания его стабильности и поведения в различных условиях эксплуатации.

### Список литературы

1. Соболев К.А. Исследование биополимеров в качестве реагентов для нефтедобычи: диссертация на соискание ученой степени кандидата технических наук. – Москва, 2005, Агзамов Ф.А., Морозов Д.В. Применение биополимеров для водоизоляции пластов. – Уфа, 2002.
2. Агзамов Ф.А., Морозов Д.В. Применение биополимеров для водоизоляции пластов. – Уфа, 2002.
3. Кукин В.В., Соляков Ю.В. Применение водорастворимых полимеров для повышения нефтеотдачи пластов. – М.: ВНИИОЭНГ, 1982. – 44 с.
4. Толстых Л.И., Голубева И.А. Химические реагенты для идентификации добычи нефти. Ч. 1. Полимеры для повышения нефтеотдачи. – М.: РГУ нефти и газа, 1993. – 32 с., Жданов С.А. Применение методов увеличения нефтеотдачи пластов: состояние и перспективы. – М.: Нефть и газ, 1998. – 19 с.
5. Мачихин, Ю.А. Инженерная реология пищевых материалов учебник / Ю.А. Мачихин, С. А. Мачихин.

**С. Е. Нәбидоллаев, Ж. Ә.Түсіпқалиев, М. Д. Уразғалиева, Н. В. Кузнецова, А. Ж. Жексембаева**

"ҚМГ Инжиниринг" ЖШС, Атырау қ., Қазақстан  
"Сафи Өтебаев атындағы Атырау мұнай және газ университеті" КЕАҚ,  
Атырау қ., Қазақстан

#### **БИОПОЛИМЕРЛЕРДІҢ СИПАТТАМАЛАРЫН ЗЕРТТЕУ: ГЕЛЛАННЫҢ ҚАБАТ ЖАҒДАЙЫНДА СЫРТҚЫ ФАКТОРЛАРДЫҢ ӘСЕРІНЕН ЖОЙЫЛУҒА ТӨЗІМДІЛІГІ**

**Андатпа.** Мұнай өндіруді арттыру үшін суда еритін полимерлерді қолдану олардың жоғары экономикалық тиімділігі мен технологиялық қол жетімділігіне байланысты. Соңғы жылдары биотехнологиялардың белсенді дамуы мұнай өнеркәсібінде биополимерлерді қолдану мүмкіндіктерін ашты. Бұл биополимерлер өсімдіктерден де, микробтардан да шыққан полисахаридтер. Олардың өндірістік құндылығы сулы ерітінділердің реологиялық қасиеттерін өзгерту қабілетінде — гелдік құрылымдардың пайда болуы немесе олардың өтімділігін өзгерту арқылы. Полисахаридтердің реологиялық мінез-құлқы әртүрлі болуы мүмкін: ол Ньютондық, псевдопластикалық немесе пластикалық болуы мүмкін. Көптеген полисахаридтер тиксотропты қасиеттерге ие, мұнда ерітінділер төмен ығысу жылдамдығында жоғары тұтқырлықты және жүктеме жоғарылағанда төмен тұтқырлықты көрсетеді.

**Түйін сөздер:** Геллан, полисахаридтер, табиғи полимер, ағыннан бас тарту технологиясы.

**S.E. Nabidollaev, Tusipkaliev J.A., M.D. Urazgaliyeva, N.V. Kuznetsova, A.J. Zheksembayeva**  
KMG Engineering LLP, Atyrau, Kazakhstan Atyrau  
University of Oil and Gas named after Safi Utebayev, Atyrau, Kazakhstan

#### **STUDY OF BIOPOLYMER CHARACTERISTICS: GELLAN RESISTANCE TO DEGRADATION UNDER THE INFLUENCE OF EXTERNAL FACTORS IN RESERVOIR CONDITIONS**

**Summary.** The use of water-soluble polymers for enhanced oil recovery is explained by their high economic efficiency and technological availability. Active development of biotechnology in recent years has opened up opportunities for the application of biopolymers in the oil industry. These biopolymers are polysaccharides of both plant and microbial origin. Their industrial value lies in their ability to modify the rheological properties of aqueous solutions - through the formation of gel structures or by changing their fluidity. The rheological behaviour of polysaccharides can vary: it can be Newtonian, pseudoplastic or plastic.

Many of the polysaccharides have thixotropic properties in which solutions exhibit high viscosity at low shear rates, and reduced viscosity with increasing load.

**Key words:** Gellan, polysaccharides, natural polymer, flow-reducing technologies.

МРНТИ 61.51.33

А.Д. Тілепберген, А.Т.Сағынаев

«Сафи Өтебаев атындағы Атырау мұнай және газ университеті» КеАҚ

## Қ-ГЕКСАДЕКАННЫҢ ТОТЫҒУ ӨНІМДЕРІНІҢ ҚҰРАМЫ МЕН ҚАСИЕТТЕРІН ЗЕРТТЕУ

Парафиннің тікелей тотығуымен [1] алынған эфир қышқылдарының молекулаларындағы көміртегі атомдарының саны әртүрлі компоненттердің күрделі қоспасы болып табылады. Эфир қышқылдары қоспасының құрамына кіретін компоненттер балку және қайнау температураларымен, әр түрлі еріткіштерде ерігіштігімен, адсорбциялану қабілетімен және т.б. ерекшеленеді.

Эфир қышқылдарының қоспасын фракциялау мақсатында ерітіндінің тұтқырлығын төмендету үшін оксидаттың бастапқы қоспасы жеңіл бензинде алдын ала ерітілді. Эфир қышқылдары мен жеңіл бензиннің салмақ қатынасы 1:10 болады. Эфир қышқылдарының бензиндегі ерітіндісін силикагель мен кварцтың 1 : 3 қатынасындай қоспамен толтырылған адсорбциялық колонна арқылы өткізілді. Силикагель-кварц қоспасы түйіршіктерінің мөлшері 60-70 меш болды. Колонканың астынан әр уақытта бірдей көлемде сынамалар алынды. Ерітіндіні колоннаның жоғарғы жағынан тамшылату жылдамдығы төменгі жағынан тамшылату жылдамдығына тең болатындай етіп реттелді. Іріктелген сынамаларды бензиннен айдап алынып, өлшеніп зерттелді. Фракциялардың шығымына сүйене отырып, эфир қышқылдарының жалпы қоспасының 86,6 масс. % адсорбент арқылы өтіп, тар фракцияларға бөлінді, ал 13,4 масс. % адсорбентте адсорбцияланған деп қорытындылауға болады. Адсорбцияланған бөлікті спирт-бензол қоспасымен жуып, спирт-бензолды айдағаннан кейін эфир саны 386 мг КОН/г болатын қою шайыр тәрізді өнім бөлінді.

Функционалды сандардың мәндері бойынша бірінші фракция күрделі эфир болып табылады.

Екінші фракцияны май қышқылдарына жатқызуға болады, өйткені олардың қышқыл санының мәні бірінші фракциядан әлдеқайда көп.

Эфир қышқылдарының жалпы қоспасының 68,33 масс. % жеке эфир қышқылдары құрайды. Көміртегі атомдарының саны бастапқы гексадеканның көміртегі атомының санынан көп эфир қышқылдарының түзілуін парафиннің сұйық фазалық тотығу жағдайында эфир қышқылдары бір немесе әртүрлі молекулалардағы бос карбоксил және гидроксил топтары бар компоненттермен конденсациясы нәтижесімен түсіндіріледі. Карбонилді және эфир қышқылдарының молекулалық массасының жоғарылауын қоспағанда, функционалды сандардың табиғи төмендеуі эфир қышқылдарының қоспасының нақты бөлінуін көрсетеді.

Бұл факт парафиннің сұйық фазалық тотығу жағдайында жоғары молекулалы эфир қышқылдары төмен молекулалы парафиндерге қарағанда қайта тотығуға оңай ұшырайды деп болжауға негіз болады. Микроэлементтерді талдау деректеріне сәйкес барлық эфир қышқылдары  $C_nH_{2n-2}O_4$  қатарына жатады. 1-Фракцияның эфир қышқылдары таза, оларды жеке эфир қышқылдарына жатқызуға болады, ал 2-фракцияның эфир қышқылдарында  $C=O$  тобының саны, шамамен  $-OCO-$  және  $-COOH$  топтарының санымен бірдей, сондықтан оларды кетоэфир қышқылдары деп атаған жөн.

Осылайша, жүргізілген зерттеулердің нәтижелері тотыққан гексадекан-нан бөлініп алынған эфир қышқылдарының қоспасы, белгілі бір қатынаста, монокарбон қышқылдарынан,

эфир қышқылдарынан, кетоэфир қышқылдары мен күрделі эфирлік сипаттағы шайыр тәрізді өнімдерден тұрады деген қорытындыға келеді. Эфир қышқылдарының техникалық қоспасында әртүрлі компоненттердің болуы оларға ерекше қасиеттер беретіні анық, бұл өз кезегінде оларды әртүрлі бағыттарда қолдану аясын кеңейтеді.

Эфир қышқылдарының химиялық табиғаты туралы түсінікті кеңейту мақсатында кейбір тар фракцияларға Nicolet is5 ИҚ-Фурье спектрометрде спектрлік зерттеулер жүргізілді.

Эфир қышқылдарының үлгілері  $\text{NaCl}$ -дінің екі пластинасының арасында таза сұйықтықтың жұқа қабықшалары ретінде түсірілді.

Спектрлерде эфир қышқылдары қосылыстарында болатын барлық сипаттамалық құрылымдық элементтердің сіңіру жолақтары, карбоксил тобының ( $\delta 1690 \text{ см}^{-1}$ ;  $\nu\text{CO}$ ), күрделі эфирлі топтың ( $\delta 1710 \text{ см}^{-1}$ ;  $\nu\text{CO}$ ), сондай-ақ ұзын қ-алкил тізбектеріне тән күрделі эфирлердегі  $\nu\text{CO}$  және  $\delta\text{H}$  топтары ( $1410$  және  $1280 \text{ см}^{-1}$ ) көрінді.

Спектрлер бойынша эфир қышқылдарының күшті сутекті байланыстар арқылы димерлер түзуге бейімділігін бағалауға болады, өйткені  $\text{C=O}$  сіңіру жолағы димерге сәйкес келетін  $1710 \text{ см}^{-1}$  жиілікте ғана көрінеді.

### Тотығу өнімдерінің эфирқышқылдық фракцияларын этерификациялау

Карбон қышқылдарының күрделі эфирлері әдетте қышқыл катализаторларының қатысында карбон қышқылдарының спирттермен әрекеттесуі арқылы алынатыны белгілі [1, 2].

Эфир қышқылдық фракцияларды этил спиртімен этерификациялау бензол ортасында КУ-2 катионитінің қатысында, қоспаны  $90^\circ\text{C}$  температурада қыздыру арқылы жүзеге асырылды. Реакцияның соңын жинағыштағы судың бөлінуінің тоқтауы арқылы анықтайды. Атмосфералық айдау арқылы еріткішті және реакцияға түспеген спиртті алып тастағаннан кейін, қайтаэтерификация өнімдерін фракциялауды вакуумдық айдау арқылы жүргіздік.

### Гексадеканның тотығу өнімдерінің депрессорлық қасиеттерін сынау

Екі эфирқышқылды фракциялардың АМӨЗ ЖШС өндіретін жазғы дизель отынының қату температурасына әсеріне сынақтар жүргізілді.

қ-Гексадеканның тотығуынан түзілген екі эфирқышқылды фракциялардың (ЭҚФ) сипаттамалары төменде келтірілген:

ЭҚФ-I:  $T_{\text{қайнау}} = 111-135, 8 \text{ мм. сын. бағ.}, n_D^{20} = 1,4335$

ЭҚФ-II:  $T_{\text{қайнау}} = 136-142, 8 \text{ мм. сын. бағ.}, n_D^{20} = 1,4337$

Дизель отынына депрессорлық қоспа ретінде ГТЭҚФ-I және ГТЭҚФ-II сынағының нәтижелері кестеде келтірілген.

Кесте – Жазғы дизель отынына ЭҚФ-ды сынау нәтижелері

| Аталуы                | Қоспаның құрамы,<br>масс. % | Қату температурасы, $^\circ\text{C}$ |
|-----------------------|-----------------------------|--------------------------------------|
| Қоспасыз дизель отыны | -                           | -13                                  |
| ЭҚФ-I қоспасы         | 0,05                        | -15                                  |
|                       | 0,1                         | -17                                  |
| ЭҚФ-II қоспасы        | 0,05                        | -16                                  |
|                       | 0,1                         | -18                                  |

Кестеде көрсетілгендей, эфирқышқылды фракциялар дизель отынының қатаю температурасына депрессорлық қасиеттерді көрсетеді.

Дизель отынының құрамына эфир қышқылды фракцияларды эфирлеу өнімінің ( $T_{\text{қайнау}} = 122^\circ\text{C}$  8 мм. сын. бағ.,  $n_D^{20} = 1,4408$ ) 0,1 масс. % мөлшерін қосу отынның қату температурасын минус  $18^\circ\text{C}$  дейін төмендетеді.

Осылайша, біздің зерттеулеріміздің нәтижелері қ-гексадеканның тотығу өнімдерінің эфирқышқылды фракциялары және оның этил спиртімен күрделі эфирінің депрессиялық қасиеттер көрсететінін және жазғы дизель отынының қату температурасын айтарлықтай төмендетпейтінін көрсетті. Біздің ойымызша зерттеліп отырған қосылыстардың молекулалық массалары төмен болғандықтан шығар [3, 4]. Әдебиеттерден [5] белгілі, депрессорлық қоспалардың молекулалық массалары отындардағы ең ауыр парафиндердің молекулалық массасынан бірнеше есе үлкен болуы керек. Сондықтан парафинді көмірсутектердің тотығуының эфирлік өнімдерін және олардың депрессорлық қасиеттерін екі бағытта дамыту бойынша зерттеуді жалғастыру керек: біріншіден, эфир қышқылдары мен оның күрделі эфир туындыларын жоғары молекулалы парафинді көмірсутектерден (сұйық, қатты парафиндер және олигомер олефинді полимерлерден) алу керек; екіншіден, эфирқышқылды фракцияларды жоғары спирттермен этерификациялау жүргізу керек, яғни көміртекті тізбектер ұзынырақ болуы керек, сонда олардың молекулалық массалары үлкен болады.

### Әдебиеттер

1. Гилязов Е.Г., Сагинаев А.Т., Сериков Т.П. Окисление парафиновых углеводородов нефти // Материалы Международного симпозиума «Современные проблемы высшего образования и науки в области химии и химической инженерии», Алматы, 2013, с. 200-203.
2. Гилязов Е.Г., Сагинаев А.Т. Сложные эфиры парафиновых углеводородов как потенциальные депрессоры дизельного топлива // Материалы Международной научно-практической конференции «Нефтегазопереработка-2013», Уфа, 2013, с.89-90.
3. Агаев С.А., Глазунов А.М. Сложноэфирные депрессорные присадки для дизельных топлив. – Нефтепереработка и нефтехимия, 2001, № 10, с. 32-36.
4. Куковицкий М.М. Промышленное получение синтетических масел на основе сложных эфиров // Нефтепереработка и нефтехимия, 2015, № 9. – с. 14-19.
5. Гилязов Е.Г., Сагинаев А.Т. Новые способы получения депрессорных присадок. – Saarbrücken: LAP LAMBERT Academic Publishing. – 2017. – 91 с.

УДК 665.7.038.3

**Е.Г.Гилязов, М.Д.Уразгалиева, А.Ж.Жексембаева, Н.В.Кузнецова**  
 НАО «Атырауский университет нефти и газа им. С. Утебаева», г. Атырау, Казахстан

### **ЭФФЕКТИВНОСТЬ ТРЕТ-АМИЛ-МЕТИЛОВОГО ЭФИРА И ЭТИНИЛЦИКЛОПЕНТАНОЛА НА ПОВЫШЕНИИ ОКТАНОВОГО ЧИСЛА БЕНЗИНОВЫХ СМЕСЕЙ**

**Аннотация.** Октановое число бензина является одним из основных показателей топлива, и одним из способов повышения его октанового числа является добавление присадок. В настоящей работе исследованы влияния этинилциклопентанола (ЭЦП) и трет-амил-метилового эфира (ТАМЭ) на повышение октанового числа бензиновых композиций. Показано, что ЭЦП является эффективной кислородсодержащей присадкой (оксигенатом), для повышения октанового числа бензиновых композиций по сравнению с ТАМЭ.

**Ключевые слова:** бензин, бензиновые композиции, оксигенат, октановое число, этинилциклопентанол, трет-амил-метилвый эфир.

**Введение.** Октановое число является важным показателем качества бензина, от которого зависит его детонационная стойкость и эффективность работы двигателя. Для повышения октанового числа бензина используются различные присадки, среди которых (трет-амил-метилвый эфир) ТАМЭ и МТБЭ являются наиболее распространенными.

Октановое число бензина является одним из основных показателей топлива, и одним из способов повышения его октанового числа является добавление присадок.

Для повышения октанового числа бензина применяются различные присадки, оксигенаты: Метил-трет-бутиловый эфир (МТБЭ): это одна из наиболее распространенных присадок для повышения октанового числа бензина. МТБЭ добавляется к топливу для улучшения его характеристик, таких как устойчивость к детонации и эффективность сгорания. Применение МТБЭ позволяет увеличивать октановое число бензинов при добавлении его в количестве всего лишь 10-15% [1]. В тоже время, из-за отрицательного влияния для грунтовых вод, производство МТБЭ в США запрещено с 2006 года [2]. Монометиланилин (ММА) также используется для повышения октанового числа бензина. ММА обладает антидетонационными свойствами и помогает предотвратить детонацию в двигателе. В Таможенном союзе запрещено использование присадок-антидетонаторов на основе монометиланилина и металлосодержащих соединений, что привело к разработке довольно широкого ассортимента кислородсодержащих, или оксигенатных присадок [3]. Изопропиловый спирт - добавление изопропилового спирта в бензин может улучшить его октановое число. Этот спирт также помогает снизить выбросы вредных веществ. [4,5]. Этиловый спирт: может быть использован в качестве присадки для повышения октанового числа бензина. Он обладает антидетонационными свойствами и может улучшить характеристики топлива. Существует 3 пути применения биоэтанола:

- в качестве добавки к бензину в количестве 5-15% для бензиновых двигателей (марки автомобильного топлива Е5, Е10, Е15);
- в смеси с бензином в разном соотношении (содержание этанола до 85%), наиболее распространенное 85% биоэтанола и 15% бензина (марки Е20, Е30, Е85);
- для синтеза этилтретбутилового эфира ЭТБЭ (производство наиболее развито в Европе) [6]. Трет-амил-метиловый эфир (ТАМЭ) – это органическое соединение, которое применяется почти исключительно в неэтилированных бензиновых смесях для повышения октанового числа и летучести. Жесткие требования к экологическим характеристикам и уменьшение ассортимента высокооктановых добавок в связи с необходимостью уменьшения доли ароматических компонентов в товарных бензинах и запретом с 2016 г. использования монометиланилина (ММА) вызывают все больший интерес к ТАМЭ и способствуют увеличению спроса на него [7].

Исследования в области присадок к топливам продолжаются, и новые разработки помогут оптимизировать топливные смеси для более эффективной работы двигателей

Важно отметить, что эффективность каждой присадки может зависеть от конкретных условий и требований. Поэтому перед использованием любой присадки рекомендуется провести тщательные исследования и тестирование.

Целью данного исследования является исследование эффективности октаноповышающих присадок ТАМЭ и ЭЦП (этинилциклопентанол) на бензиновых смесях: бензина прямой перегонки и бензина риформинга.

Методы исследования. Для проведения исследования были приготовлены бензиновые смеси содержащие бензин с установки АВТ и бензин с установки риформинга полученные из ТОО «АНПЗ». Количество в % процентах указано в рисунке 1.



Рисунок 1. Содержание бензинов АВТ и риформат в бензиновой смеси, %

Влияние этинилциклопентанола (ЭЦП) и метил-трет-амилового эфира (МТАЭ) на повышение октанового числа бензиновых композиций было определено по возрастанию октанового числа смеси прямогонного бензина и бензина риформинга в соотношении 20:80. Октанового числа сравнивались согласно нормам ГОСТ Р 51866-2002 (ЕН 228-99) и ТУ 4215-002-60283547-2006. Октановое число бензиновых смесей с ЭЦП и ТАМЭ определялось на октанометре SHATOX SX-150.



Рисунок 2. Схема приготовления бензиновых композиций

Эффективность кислородсодержащих присадок (оксигенатов) ЭЦП и ТАМЭ, в качестве высокооктановых компонентов исследовали путем введения их в бензиновых композициях в концентрации от 3-х до 15 % (масс.). Схема приготовления бензинов предоставлена в рисунке 2, а наименование композиций и содержание присадок дано в таблице 1.

Таблица 1. Наименование бензиновой смеси и соответственно добавляемая концентрация присадки ТАМЭ и ЭЦП

| Наименование бензиновой композиции, № | 1 | 2 | 3 | 4  | 5  | 6 | 7 | 8 | 9  | 10 |
|---------------------------------------|---|---|---|----|----|---|---|---|----|----|
| Содержание присадки, в %              | 3 | 5 | 7 | 11 | 15 | 3 | 5 | 7 | 11 | 15 |
| ТАМЭ                                  | + | + | + | +  | +  | - | - | - | -  | -  |
| ЭЦП                                   | - | - | - | -  | -  | + | + | + | +  | +  |

Результаты и дискуссия. При добавлении присадок к бензиновой смеси учитывалось приемистость бензинов, а также учитывалось ограничения по концентрациям добавляемых присадок. Приемистость — это способность базового бензина или углеводородной группы повышать детонационную стойкость при добавлении антидетонаторов.

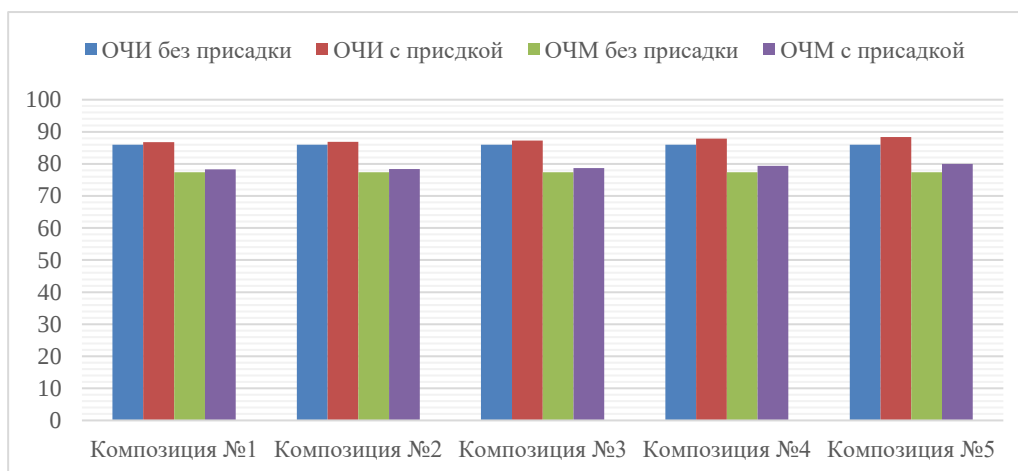


Рисунок 3. Зависимость октанового числа бензиновой композиции (АВТ+ риформинг, 20:80) от концентрации ТАМЭ.

В результате проведенных исследований было установлено что при добавлении ЭЦП в бензиновую смесь выявлены наилучшие результаты по повышению октанового числа по сравнению с ТАМЭ. При введении в бензиновую композицию в одинаковом количестве присадок ЭЦП и ТАМЭ, первый показывает более значительное повышение октанового числа. Это можно заметить в полученных данных при исследовании бензиновой композиции на изменение октанового числа моторным и исследовательском методом определения октанового числа. Полученные данные отображены в виде графиков.

Как можно увидеть в рисунке 3, изначально составлял 86, при добавлении 3% ТАМЭ октановое число повысилось до 86,8, значить прирост равен 0,8 при исследовательском методе определения октанового числа. При моторном методе исследования изначально октановое число бензиновой смеси было 77,4, а при добавлении 3% присадки ТАМЭ составил 78,3. Мы рассмотрели ОЧИ и ОЧМ композиции №1. При дальнейшем увеличении концентрации ТАМЭ прирост ОЧИ составил: в композиции №2 - 0,9; композиции №3 - 1,3; в композиции №4 - 1,9; в композиции №5 - 2,4. Прирост октанового числа по моторному методу составил: в композиции №2 - 1,0; в композиции №3 - 1,3; в композиции №4 - 2,0; в композиции №5 - 2,6. Подытоживая при минимальном добавлении ТАМЭ октановое число по исследовательскому методу составил 86,8, а при максимальном добавлении достиг 88,4. Также, при моторном методе определения октанового числа при минимальном добавлении ТАМЭ октановое число было равно 78,3, а при максимальных количестве ТАМЭ равнялось к 87,4.

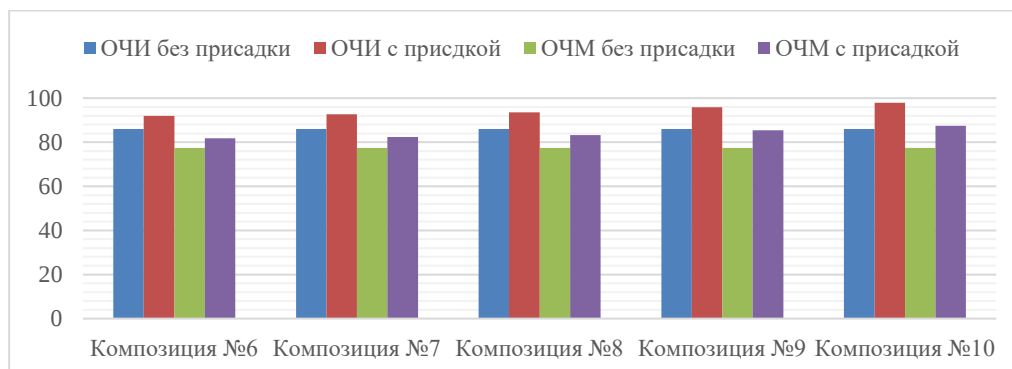


Рисунок 4. Зависимость октанового числа бензиновой композиции (АВТ+ риформинг, 20:80) от концентрации ЭЦП

Теперь рассмотрим изменения октанового числа бензиновой смеси при добавлении ЭЦП. Динамику изменений можно увидеть на графике, показанный в рисунке 4. На графике можно заметить, что при примешивании ЭЦП в количестве 3% октановое число по исследовательскому методу поднялось до 91,9, а изначальное ОЧИ составляло 86. Значит при минимальном добавлении ЭЦП прирост составил 5,9. Октановое число при моторном методе определения изначально составляло 77,4, а при добавлении 3% добавлении ОЧМ составил 81,8. Соответственно, прирост в композиции №6 при ОЧМ составил 4,4. №7 – 6,7; композиции №8 – 7,5; в композиции №9 – 9,9; в композиции №10 – 11,9. Прирост октанового числа по моторному методу составил: в композиции №7 – 5,0; в композиции №8 – 5,8; в композиции №9 – 8,0; в композиции №10 – 10,0. Итак при минимальном добавлении ЭЦП октановое число по исследовательскому методу составило 91,9, а при максимальном добавлении достигло 97,9. При моторном методе минимальное октановое число равно 81,8, а максимальное 87,4.

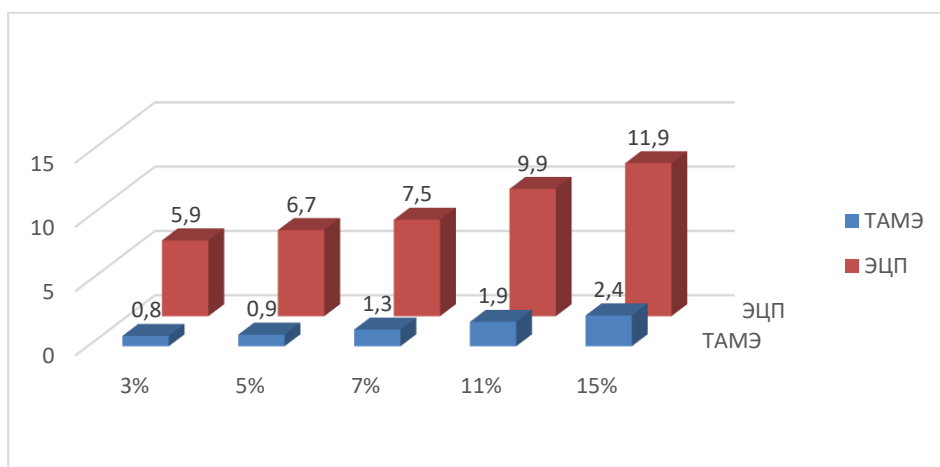


Рисунок 5. Сравнение зависимости прироста октанового числа бензиновых композиций от концентрации ТАМЭ и ЭЦП по исследовательскому методу

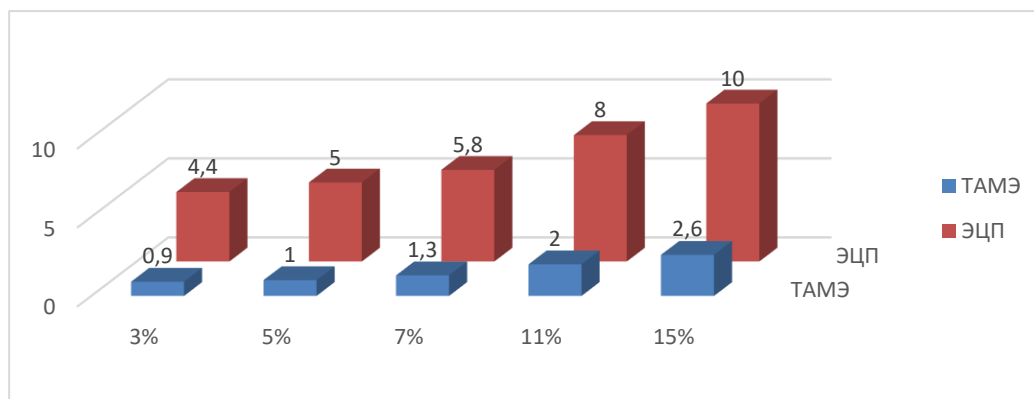


Рисунок 6. Сравнение зависимости прироста октанового числа бензиновых композиций от концентрации ТАМЭ и ЭЦП по моторному методу

В диаграмме, показанной в рисунке 5, представлены сравнения прироста октанового числа композиций от №1 до №10 по исследовательскому методу. В диаграмме можно отчетливо заметить разницу прироста октанового числа, значительный прирост заметен в бензиновых композициях с добавкой третичного ацетиленового спирта – ЭЦП. Можно заметить, что при добавлении 3% ЭЦП прирост октанового числа выше, чем при добавлении 15% ТАМЭ. Это доказывает эффективность ЭЦП как добавки к бензиновой смеси.

**Заключение.** В ходе проведенных исследований было установлено, что добавление присадок к бензиновой смеси значительно влияет на повышение октанового числа. При

сравнении двух присадок, ТАМЭ и ЭЦП, было выявлено, что ЭЦП демонстрирует более значительное повышение октанового числа как по исследовательскому, так и по моторному методам.

Основные выводы: 1. При добавлении 3% ТАМЭ октановое число по исследовательскому методу увеличилось с 86 до 86,8, а по моторному методу — с 77,4 до 78,3. 2. При добавлении 3% ЭЦП октановое число по исследовательскому методу увеличилось с 86 до 91,9, а по моторному методу — с 77,4 до 81,8. 3. Максимальное повышение октанового числа при добавлении ТАМЭ составило 2,4 по исследовательскому методу и 2,6 по моторному методу. 4. Максимальное повышение октанового числа при добавлении ЭЦП составило 11,9 по исследовательскому методу и 10,0 по моторному методу.

Полученные результаты свидетельствуют о высокой эффективности ЭЦП как высокооктанового компонента бензинов. Таким образом, ЭЦП может быть рекомендована для широкого применения в нефтехимической промышленности для улучшения качества моторных топлив.

### Список литературы

1. Александрова, И. В. Каталитическое газофазное разложение метил-трет-бутилового эфира / И. В. Александрова // Известия высших учебных заведений. Нефть и газ. – 2011. - №6. – с.100-104.
2. Бабкин, К. Д. Влияние метил-трет-бутилового (МТБЭ) и метил-трет-амилового (МТАЭ) эфиров на свойства реформулированных бензинов : дис. канд. техн. наук. – Москва: РГУНиГ им. И. М. Губкина, 2021. – 117 с.
3. ТР ТС 013/2011 Технический регламент таможенного союза от 18 октября 2011 года № 826 «О требованиях к автомобильному и авиационному бензину, дизельному и судовому топливу, топливу для реактивных двигателей и мазуту»
4. Evtimov T. Researching the potential use of isopropyl alcohol as an additive to diesel fuel. International scientific journal "Machines. technologies. materials", 2015, pp. 35-37
5. Arul Thayammal Ganesan, Varatharaju Perumal Exhaust Emission Level Reduction Process in Si Engine by Isopropyl Alcohol as Gasoline Additive, 2020, pp. 5605-5614
6. Guirong Wu, Jun Cong Ge Effect of Ethanol Additives on Combustion and Emissions of a Diesel Engine Fueled by Palm Oil Biodiesel at Idling Speed. Energies, 2021, 12 p.
7. Капустин В.М., Хакимов Р.В. Влияние метил-трет-амилового эфира на экологические свойства автомобильных бензинов / Защита окружающей среды в нефтегазовом комплексе. - 2020. - № 2 (293). - с. 33-38

**Е.Г. Гиладжов, М.Д. Уразгалиева, А.Ж. Жексембаева, Н.В. Кузнецова**

«Сафи Өтебаев атындағы Атырау мұнай және газ университеті» КеАҚ, Атырау, Қазақстан

### **БЕНЗИН ҚОСПАЛАРЫНЫҢ ОКТАНДЫҚ САНЫН АРТТЫРУДАҒЫ ТЕРТ-АМИЛ-МЕТИЛ ЭФИРІ МЕН ЭТИЛЦИКЛОПЕНТАНОЛДЫҢ ТИІМДІЛІГІ**

**Аңдатпа.** Бензиннің октандық саны жанармайдың негізгі көрсеткіштерінің бірі болып табылады, ал оның октандық санын арттырудың бір жолы - қоспаларды қосу. Бұл жұмыста бензин композицияларының октандық санын арттыруға этилициклопентанол (ЭЦП) және терт-амил-метил эфирінің (ТАМЭ) әсері зерттелді. ТАМЭ-мен салыстырғанда ЭЦП бензин композицияларының октандық санын арттыру үшін тиімді оттеkkұрамды қоспа (оксигенат) екендігі көрсетілген.

**Түйін сөздер:** бензин, бензин композициясы, оксигенат, октан саны, этилициклопентанол, терт-амил-метил эфирі.

Gilazhov E.G., Urazgalieva M.D., Zheksembayeva A.J., Kuznetsova N.V.  
Atyrau University of Oil and Gas named after S. Utebaev, Atyrau, Kazakhstan

## EFFICIENCY OF TERT-AMYL METHYL ETHER AND ETHYNYLCYCLOPENTANOL ON INCREASING OCTANE NUMBER OF GASOLINE BLENDS

**Summary.** The octane number of gasolines is one of the main indicators of fuel, and one of the ways to increase its octane number is to add additives. In the present work, the effects of ethynylcyclopentanol (ECP) and tert-amyl methyl ether (TAME) on increasing the octane number of gasoline compositions have been investigated. It is shown that ECP is an effective oxygenate for increasing the octane number of gasoline compositions compared to TAME.

**Key words:** gasoline, gasoline compounds, oxygenate, octane number (ON), ethynylcyclopentanol, tert-amyl-methyl ether.

УДК 542.343+547.27+547.21  
МРНТИ 61.51.37

**А.С.Уакбаева, А.Т. Сагинаев**

Атырауский университет нефти и газа имени С.Утебаева, г.Атырау  
[albino4ka\\_4ever@mail.ru](mailto:albino4ka_4ever@mail.ru), [asaginaev@mail.ru](mailto:asaginaev@mail.ru)

## СОВРЕМЕННОЕ СОСТОЯНИЕ И ПЕРСПЕКТИВЫ РАЗВИТИЯ ПОЛУЧЕНИЯ, ПРИМЕНЕНИЯ ДЕПРЕССОРНЫХ ПРИСАДОК ИЗ АСФАЛЬТО-СМОЛО-ПАРАФИНОВЫХ ОТЛОЖЕНИЙ (ОБЗОР)

**Аннотация.** Асфальто-смоло-парафиновые отложения (АСПО) являются одной из наиболее сложных проблем при добыче и транспортировке нефти. Эти отложения значительно ухудшают эксплуатационные характеристики трубопроводов и нефтепромыслового оборудования. В последние годы депрессорные присадки из АСПО активно исследуются как одно из решений для минимизации их воздействия. Данная статья рассматривает современное состояние исследований и технологий по получению депрессорных присадок из АСПО, а также перспективы их применения в нефтяной промышленности. Особое внимание уделяется механизму действия присадок, их влиянию на температуру застывания и фильтруемости топлива, а также эффективности различных типов присадок.

**Ключевые слова:** асфальто-смоло-парафиновые отложения, депрессорные присадки, нефтяная промышленность, снижение вязкости, транспортировка нефти.

### Введение

Большая доля добываемой в Казахстане нефти является высокопарафинистой. Асфальто-смоло-парафиновые отложения (АСПО) — это твердые фракции, содержащие высокомолекулярные соединения, такие как парафины, смолы и асфальтены, которые выпадают в осадок в процессе добычи, транспортировки и переработки нефти. Эти отложения могут блокировать нефтепроводы и снижать производительность скважин, что приводит к значительным экономическим потерям.

Одним из подходов для предотвращения и минимизации образования АСПО является использование депрессорных присадок, которые изменяют реологические свойства нефти, снижая температуру кристаллизации парафинов и уменьшение вязкости нефти. В последние годы появился значительный интерес к получению таких присадок из самих АСПО, что позволяет снизить издержки и сделать процесс более экологически чистым. В настоящее время описаны сотни соединений, обладающие в той или иной мере депрессорным действием. К ним относятся природные, высокомолекулярные, смолистые соединения, содержащиеся в нефти; некоторые углеводороды, состоящие из ароматических колец и алкильных цепей различной длины; гетероорганические продукты — полимеры и сополимеры, особенно

широкое распространение получили соединения полимерного типа, среди которых найдены наиболее эффективные депрессорные присадки. Состав АСПО изучался многими авторами, и к настоящему времени по этому вопросу имеются довольно четкие представления. Твердые углеводороды нефти и смолисто-асфальтеновые вещества (САВ) являются основной частью высокомолекулярных соединений нефти. АСПО представляют собой темнокоричневую или черную густую мазеобразную массу высокой вязкости, которая при повышении температуры значительно снижается. Состав АСПО изменяется в широких пределах в зависимости от многих факторов в скважинах и системах сбора нефти, они содержат (масс. %): парафина – 12–86, смол – 0,8–20, асфальтенов – 0,3–45, масел – 6,3–50, неорганических включений – 0–37. Температура плавления подобных отложений изменяется от 25 до 150°C [1]. В соответствии с современными представлениями АСПО не являются простой смесью асфальтенов, смол и парафинов, а представляют собой сложную структурированную систему [2, 3]. Основную долю АСПО составляют парафины. Обычно под термином «парафины» объединяют всю углеводородную часть отложений, состоящую из парафинов и церезинов. В состав нефтяных парафинов и церезинов входят алканы с числом атомов углерода больше 16, являющиеся твердыми веществами. Нефтяные парафины представляют собой смесь алканов разной молекулярной массы – от 300 до 450. Имеющиеся данные о составе церезинов недостаточны. Считается, что церезины состоят в основном из высокомолекулярных н-алканов (с числом атомов углерода от 36 до 55), а также циклоалканов с длинными боковыми цепями, алканов изостроения, очень небольшого количества алканоаренов. Молекулярные массы церезинов лежат в пределах от 500 до 750. Примесь церезина в парафинах практически невозможно отделить [4]. Структура парафиновых углеводородов микрокристаллическая, нафтены с длинными алкильными радикалами образуют макрокристаллическую структуру [5]. В монографии [6] приведены данные по химическому составу твердых предельных углеводородов нефти: – в образцах парафина, имеющих температуру плавления от 40 до 60°C, преобладают парафины нормального строения с числом атомов углерода C<sub>24</sub> – C<sub>30</sub>; C<sub>11</sub> – содержание парафиновых углеводородов изостроения зависит от природы нефти и может достигать 25–30 масс. %, при этом преобладают малоразветвленные парафиновые углеводороды; – с повышением молекулярной массы твердых углеводородов в их составе возрастает доля нафтеновых и ароматических структур. Смолисто-асфальтеновые вещества представляют собой гетероциклические соединения сложного гибридного строения, в состав которых входят азот, сера, кислород и металлы (Fe, Mg, V, Ni, Ca, Ti, Mo, Cu, Cr и др.). До 98 масс. % САВ составляют ароматические и нафтеновые структуры. САВ концентрируются в тяжелых нефтяных остатках – гудронах и битумах. В зависимости от природы нефти САВ составляют от 40 до 60–70 масс. % тяжелого нефтяного остатка. Старые парафинистые нефти метанового основания, как правило, содержат небольшое количество смол – до 1–4 масс. %. Наиболее богаты смолами и асфальтенами молодые нефти нафтенно-ароматического или ароматического основания (до 50 масс. %) [4]. Смолы могут иметь различную окраску – от светлой до темной. Смолы обычно представляют собой высоковязкие жидкости коричневого, черного или бурого цветов. Удельный вес нейтральных смол обычно колеблется в пределах 1–1,07, молекулярная масса – 600–800 а.е.м., иногда выше. При большом содержании смолы способны значительно влиять на вязкость нефти и, как правило, именно они обуславливают цвет нефти [7]. Смолы хорошо растворяются во всех нефтяных углеводородах, в том числе и в легких предельных углеводородах C<sub>5</sub>–C<sub>6</sub>. Смолы легко окисляются при комнатной температуре, особенно на свету. Значительное влияние на свойства смол оказывает характер их получения. Так, выделенные из нефтяных дистиллятов смолы являются жидкими или полужидкими, а из гудронов – твердыми, но пластичными. Нейтральные смолы неустойчивы и могут переходить в асфальтены. Структура смол, характер входящих в их состав функциональных групп сложны и точно не установлены. С химической точки зрения смолы представляют собой конденсированные циклические системы из ароматических, нафтеновых и гетероатомных систем [7]. Для смол характерно наличие гетероатомов в молекуле. Гетероатомы несут роль связующего звена, образуя соединительные кольца. О циклическом

строении смол свидетельствует низкое содержание водорода. Экспериментальные данные говорят о явном наличии более 3 ароматических циклов, 1–2 нафтеновых циклах и метановых цепей. Согласно авторам [8], основой структуры молекул смол является плоская конденсированная поликарбоциклическая сетка, состоящая преимущественно из бензольных колец. В этой структурной сетке могут содержаться нафтеновые и гетероциклические кольца, количество и положение которых в конденсированной системе зависит от химической природы исходной нефти. Молекулы смол являются структурными блоками, из которых в результате реакций дегидрогенизации и конденсации строятся молекулы [9, 10]. Асфальтены отличаются от остальных компонентов тем, что их фрагменты имеют три ароматических или гетероароматических кольца, а молекула состоит из 4–5 фрагментов. Структурные фрагменты асфальтенов имеют практически плоское пространственное строение. Рентгеноструктурным анализом было показано, что молекулы асфальтенов образуют пачки, состоящие из 4–5 параллельно расположенных плоскостей. Эти пачки являются «ядром» сложной структурной единицы нефти, которое, благодаря высокой полярности компонентов, сольватируется молекулами смол и ароматических масел [9]. Провести четкую границу между смолами и асфальтенами весьма сложно. Асфальтены состоят в генетической связи с нефтяными смолами и нефтяными маслами. При переходе от нефтяных масел к нефтяным смолам и асфальтенам увеличивается молекулярная масса соединения, возрастает число гетероатомов, возрастает доля ароматических элементов структуры и повышается степень их конденсированности, наблюдается постепенное обеднение водородом и обогащение углеродом, снижается доля нафтенового и алифатического углерода при одновременном увеличении доли метильного углерода, что указывает на увеличение числа парафиновых цепей при резком сокращении их длины.

Дизельное топливо широко применяется в различных отраслях, особенно в транспортных и промышленных секторах. Однако при эксплуатации в условиях низких температур возникает проблема кристаллизации парафиновых углеводородов, что приводит к ухудшению текучести топлива, повышению вязкости и закупорке фильтров. Эти явления затрудняют работу топливной системы и могут привести к полной остановке двигателя.

Для борьбы с этими негативными эффектами разрабатываются и применяются депрессорные присадки, которые модифицируют процессы кристаллизации парафинов и снижают температуру застывания топлива, улучшая его низкотемпературные характеристики [11].

### **Механизм действия депрессорных присадок**

Депрессорные присадки влияют на фазовые переходы в дизельном топливе, замедляя процесс образования кристаллов парафинов или изменяя их форму. В нормальных условиях при понижении температуры парафиновые углеводороды начинают кристаллизоваться, образуя крупные кристаллы, которые могут блокировать фильтры и нарушать подачу топлива.

Основной механизм действия присадок заключается в том, что они связываются с кристаллами парафинов на начальных стадиях их образования, препятствуя их слипанию и росту до опасных размеров. Таким образом, мелкодисперсные кристаллы не закупоривают топливную систему, а остаются в виде взвеси, легко проходящей через фильтры.[12]

### **Типы депрессорных присадок**

На рынке существует множество депрессорных присадок, которые можно классифицировать по химическому составу:

Полиметакрилаты (ПМА) — широко используются как депрессорные присадки благодаря своей способности модифицировать структуру парафиновых кристаллов. Они обладают хорошей совместимостью с различными видами топлива и относительно стабильны при эксплуатации.

Полиолефины — еще один класс эффективных депрессорных присадок, которые хорошо снижают температуру застывания топлива и улучшают его текучесть при низких температурах.

Комбинированные присадки — включают в себя не только депрессорные компоненты,

но и моюще-диспергирующие присадки, которые дополнительно улучшают работу двигателя, очищая топливную систему от загрязнений.

### **Характеристика АСПО и их влияние на добычу нефти**

АСПО состоят из смеси органических компонентов нефти и их структура варьируется в зависимости от состава нефти, температурных и химических условий, при которых они образуются. В состав АСПО входят:

- Парафины — длинноцепочечные углеводороды, которые кристаллизуются при понижении температуры;
- Смолы и асфальтены — более сложные высокомолекулярные соединения, которые взаимодействуют с парафинами, увеличивая их склонность к агрегации.

Отложения АСПО возникают при изменении термодинамических условий в процессе добычи нефти, что ведет к их выпадению в трубопроводах и на оборудовании. Их образование приводит к уменьшению пропускной способности трубопроводов, увеличению давления и потребности в частых профилактических работах [13].

### **Технологии получения депрессорных присадок из АСПО**

Одной из перспективных технологий является использование химического состава АСПО для синтеза депрессорных присадок. Существуют несколько подходов к получению депрессорных присадок из АСПО:

- Химическая модификация парафинов и смол — направлена на изменение молекулярной структуры АСПО для улучшения их растворимости в нефти и уменьшения температуры застывания.
- Каталитическое крекингование — позволяет разделить высокомолекулярные компоненты АСПО на низкомолекулярные соединения, которые могут использоваться в качестве эффективных депрессорных добавок.
- Термическая деструкция — воздействие высоких температур на АСПО, что позволяет снизить молекулярную массу асфальтенов и парафинов, превращая их в более простые углеводороды [14].

### **Применение депрессорных присадок в нефтяной промышленности**

На сегодняшний день депрессорные присадки широко применяются для снижения вязкости и улучшения текучести нефти, особенно при транспортировке в холодных условиях. Присадки из АСПО демонстрируют следующие преимущества:

- Уменьшение температуры кристаллизации парафинов, что предотвращает их выпадение в осадок;
- Снижение вязкости нефти при низких температурах, что упрощает перекачку и транспортировку;
- Экономическая эффективность — использование отработанных материалов в качестве сырья для получения присадок снижает затраты на производство.

### **Перспективы развития**

Современные исследования направлены на разработку новых методов модификации АСПО, которые позволили бы получать более эффективные депрессорные присадки. В этом направлении ведутся работы по созданию катализаторов нового поколения, которые обладают высокой активностью при низких температурах, что позволит снизить энергозатраты на процесс модификации.

### **Использование биотехнологий**

Еще одним перспективным направлением является использование биотехнологий для получения депрессорных присадок. Биодеструкция АСПО с помощью микроорганизмов может стать экологически безопасной альтернативой химическим и термическим методам переработки. Микроорганизмы способны разрушать высокомолекулярные соединения АСПО, превращая их в низкомолекулярные углеводороды, которые могут выступать в качестве депрессорных присадок.

### **Интеграция методов**

Комбинированное использование различных методов модификации АСПО также

является перспективным направлением. Например, совмещение каталитической обработки с биотехнологическими методами может привести к созданию более эффективных и экологически чистых депрессорных присадок.

### **Разработка многофункциональных присадок**

Важным направлением исследований является создание многофункциональных присадок, которые не только уменьшают температуру застывания дизельного топлива, но и обладают антикоррозионными и антиокислительными свойствами. Такие присадки могут значительно улучшить эксплуатационные характеристики нефтяного оборудования и снизить затраты на его обслуживание.

В будущем разработка депрессорных присадок из АСПО будет направлена на улучшение их эффективности и расширение сфер применения. Перспективными направлениями являются:

- Разработка новых катализаторов для модификации АСПО, которые позволят получать более стабильные и эффективные депрессорные добавки.
- Интеграция с экологически чистыми технологиями — использование технологий утилизации отходов нефтепромысла для производства присадок.
- Моделирование процессов — использование компьютерных моделей для прогнозирования поведения АСПО в реальных условиях, что позволит разрабатывать более точные и эффективные добавки[15].
- Поставлены цели и задачи исследования работы выделения твердых парафинов из АСПО, проведение их окисления для получения, во-первых, карбоновых кислот и дальнейшей этерификации до сложных эфиров, во-вторых, солей карбоновых кислот, и их опытно-производственное испытание в качестве депрессорных добавок к дизельному топливу и смазочного материала.

### **Заключение**

Асфальто-смоло-парафиновые отложения представляют собой значительную проблему для нефтяной промышленности. Однако современные исследования и технологии по переработке этих отложений в депрессорные присадки открывают новые перспективы для повышения эффективности добычи и транспортировки нефти. Использование АСПО в качестве сырья для получения депрессорных присадок не только способствует снижению затрат, но и помогает решать экологические проблемы. Использование депрессорных присадок является эффективным способом улучшения вязкостно-температурных свойств дизельного топлива, особенно в условиях низких температур. Присадки не только предотвращают образование крупных кристаллов парафинов, но и улучшают текучесть топлива, что способствует стабильной работе двигателя. В будущем перспективным направлением является разработка новых типов присадок с улучшенными характеристиками и экологической безопасностью.

### **Список литературы**

1. Тронов В.П. Механизм образования смолопарафиновых отложений и борьба с ними. М.: Недра, 1969. 192 с.
2. Mineev B.P., Boligatova O.V. Dva vida parafina, vypadayushchego na podzemnom oborudovanii skvazhin v protsesse dobychi nefti (Two types of paraffin, the drop-down on the downhole equipment in oil production) // Neftepromyslovoe delo. 2004. № 12. P. 41–43.
3. Sharifullin A.V., Baibekova L.R., Khamidullin R.F. Sostav i struktura asfal'teno-smolo-parafinovykh otlozhenii Tatarstana (Composition and structure of asphalt-resin-paraffin deposits of Tatarstan) // Tekhnologii nefti i gaza. 2006. № 4. P. 34–41.
4. Богомолов А.И., Гайле А.А., Громова В.В. и др. Химия нефти и газа : учеб. пособие для вузов / под ред. В.А. Проскурякова, А.Е. Драбкина. Л. : Химия, 1989. 424 с.

5. Mansoori G.A. Paraffin // Wax and Waxy Crude Oil. The Role of Temperature on Heavy Organics Deposition from Petroleum Fluids. UIC / TRL Heavy Organics Deposition home page. URL: [http://www.uic.edu/~mansoori/Wax.and.Waxy.Crude\\_html](http://www.uic.edu/~mansoori/Wax.and.Waxy.Crude_html)
6. Сергиенко С.Р. Высокомолекулярные соединения нефти. М. : Химия, 1964. 542 с.
7. Поконова Ю.В и др. Химия нефти / под ред. З.И. Сюняева. Л. : Химия, 1984. 343 с.
8. Сергиенко С.Р., Таимова Б.А., Талалаев Е.Н. Высокомолекулярные неуглеводородные соединения нефти. М. : Наука, 1979. 269 с.
9. Непримеров Н.Н. Экспериментальное исследование некоторых особенностей добычи парафиновых нефтей. Казань : Изд-во КГУ, 1958. 48 с. 15.
10. Розенталь Д.А., Посадов И.А., Попов О.Г., Пауку А.Н. Методы определения и расчета структурных параметров фракций тяжелых нефтяных остатков. Л. : ЛТИ, 1981. 84 с.
11. Жуков В.И., Соколов А.В., Громов Д.С. Влияние низких температур на вязкостные характеристики дизельного топлива // Технические науки. – 2020. – №3. – С. 45-52.
12. Петрова Л.И. Депрессорные присадки в дизельных топливах: структура, действие и перспективы // Химия и технология топлив. – 2019. – Т. 4. – С. 89-95.
13. Иванов А.В., Сидоров П.П., Петров Н.Н. "Исследование свойств депрессорных присадок на основе АСПО." Нефтехимия, 2022, №5, с. 45-52.
14. Сидоров В.И., Попов А.М. "Переработка асфальто-смоло-парафиновых отложений: современные методы и перспективы." Технологии нефтегазового производства, 2023, №8, с. 60-67.
15. Wang, X., Li, Y., Zhang, Q. "Depressor additives for crude oil: current research and future development." Journal of Petroleum Science, 2021, Vol. 15(3), pp. 223-230.

**А.С.Уакбаева, А.Т. Сагинаев**

«Сафи Өтебаев атындағы Атырау мұнай және газ университеті» КеАҚ  
[albino4ka\\_4ever@mail.ru](mailto:albino4ka_4ever@mail.ru), [asaginaev@mail.ru](mailto:asaginaev@mail.ru)

### **АСФАЛЬТ-ШАЙЫР-ПАРАФИНДІ ШӨГІНДІЛЕРДЕН ДЕПРЕССОРЛЫҚ ҚОСПАЛАРДЫ АЛУДЫҢ, ҚОЛДАНУДЫҢ ҚАЗІРГІ ЖАҒДАЙЫ МЕН ДАМУ ПЕРСПЕКТИВАЛАРЫ (ШОЛУ)**

**Аннотация.** Асфальт-шайырлы-парафинді шөгінділер (АШПШ) мұнай өндіру мен тасымалдаудағы ең күрделі мәселелердің бірі болып табылады. Бұл шөгінділер құбырлар мен мұнай кәсіпшілігі жабдықтарының пайдалану сипаттамаларын едәуір нашарлатады. Соңғы жылдары АШПШ депрессиялық қоспалары олардың әсерін азайту үшін шешімдердің бірі ретінде белсенді түрде зерттелуде. Бұл мақалада АШПШ-ден депрессиялық қоспаларды алу бойынша зерттеулер мен технологиялардың қазіргі жағдайы, сондай-ақ оларды мұнай өнеркәсібінде қолдану перспективалары қарастырылады. Қоспалардың әсер ету механизміне, олардың қатаю температурасына және отынның сүзілуіне әсеріне, сондай-ақ әртүрлі қоспалардың тиімділігіне ерекше назар аударылады.

**Түйінді сөздер:** асфальтосмолопарафинді шөгінділер, депрессорлық қоспалар, мұнай өнеркәсібі, тұтқырлықты төмендету, мұнай тасымалдау.

**A.S.Uakbayeva, A.T.Saginayev**

NJSC "Atyrau University of Oil and Gas named after S. Utebayev"  
[albino4ka\\_4ever@mail.ru](mailto:albino4ka_4ever@mail.ru), [asaginaev@mail.ru](mailto:asaginaev@mail.ru)

### **CURRENT STATE AND PROSPECTS OF DEVELOPMENT OF OBTAINING AND APPLICATION OF DEPRESSOR ADDITIVES FROM ASPHALT-RESIN-PARAFFIN DEPOSITS (REVIEW)**

**Annotation.** Asphalt-resin-paraffin deposits (ARPD) are one of the most challenging problems in oil production and transportation. These deposits significantly degrade the performance of pipelines and oilfield

equipment. In recent years, ARPD depressor additives have been actively researched as one of the solutions to minimize their impact. This article reviews the current state of research and technology for depressor additives from ARPD, as well as the prospects for their application in the oil industry. Particular attention is paid to the mechanism of action of additives, their influence on the pour point and filterability of fuel, as well as the effectiveness of different types of additives.

**Keywords:** asphalt-tar-paraffin deposits, depressor additives, oil industry, viscosity reduction, oil transportation.

УДК 574.587  
МРНТИ 69.99.11

**Г.А.Куанышева, А.Ф. Струняшев**

НАО «Атырауский университет нефти и газа им. Сафи Утебаева», Атырау, Казахстан

E-mail: gkuan72@mail.ru  
andrey.strunyashev@mail.ru

## СОСТОЯНИЕ НИЗШИХ РАКООБРАЗНЫХ СЕВЕРО-ВОСТОЧНОЙ ЧАСТИ КАСПИЯ

**Аннотация.** Каспийское море - уникальный внутриматериковый водоем, являющийся единым эколого-геологическим комплексом, сформировавшимся на протяжении миллионов лет. Развитие и рациональное использование биологических ресурсов Каспийского бассейна прикаспийскими государствами определяется следующими важнейшими факторами:

- природно-климатическими, формирующими водно-солевой баланс Каспия, положение его уровня, величину стока и, в конечном итоге, продукционный потенциал;
- антропогенным воздействием, которое проявляется во внутригодовом регулировании стока, части безвозвратного отъема воды из рек бассейна моря, поступлении токсикантов техногенного происхождения, избыточном привнесении биогенных веществ (азота, фосфора) в составе материкового стока, все эти факторы снижают продукционный потенциал водоема;
- социально-экономическими;
- уровнем развития международной рыбохозяйственной интеграции, включающей в себя совместное проведение научных исследований, искусственное воспроизводство рыб, рыбоохрану и организацию рыболовства, систему управления распределением и рациональным использованием биологических ресурсов, разработку мер по сохранению биоразнообразия и в целом экосистемы моря и др.;
- международно-правовым обеспечением сохранения, рационального использования биологических ресурсов Каспия.

**Ключевые слова:** Каспийское море, зоопланктон, низшие ракообразные, ветвистоусые рачки, веслоногие рачки

В зоопланктоне Каспийского озера обнаружены 315 видов и подвидов: инфузории-135, кишечнополостные-2, коловратки-67, ветвистоусые рачки-54, веслоногие рачки-32, остракоды-1, мизиды-6, кумовые-5, амфиподы-6, изоподы-1, клещи-1, прочие-5 видов.

Основную часть зоопланктона составляют инфузории, на долю которых приходится 42,8% всей фауны. Разнообразием видового состава отличаются также коловратки (21,3%) и кладоцеры (17,1%).

В составе зоопланктона Каспия имеются 25 видов эндемиков, из них на долю полифемид приходится 16, копепод-7 и коловраток-2 вида. Среди них наиболее распространенными являются *Euretymora minor*, *Polyphemus exiguus*, представители родов *Aragis* и *Cercoragis*.

Автохтонные каспийские виды наиболее широко распространены при нормальной (12-13 ‰) или близкой к нормальной солености озера. В опресненных и осолоненных районах моря большинство этих форм не встречается. Основным районом их обитания является глубоководная часть Среднего и Южного Каспия, где соленость воды наиболее стабильная. В меньшей степени обитают в южных районах Северного Каспия-*C. Gracillima*, *C. socialis*, а из подонид- *Podonevadna trigona*, *Cornigerius maoticus hircus* и некоторые формы *P. comptonux*. Поэтому в Северном Каспии число форм полифемид (13) значительно меньше, чем в Среднем (38 форм) и Южном (29) Каспии [Касымов, 1976].

В составе зоопланктона Каспия имеются также арктические и средиземноморские виды. К арктическим видам относятся веслоногие рачки *Limnocalanus grimaldi*, *Mysis macrolepis*, *M. microphthalma*, *M. amblyops*, *M. caspia*.

Средиземноморские виды зоопланктона (*Podon polyphemoides*, *Acartia clausi*) являются эвригалинными. Они обитают во всех районах Каспия. Но большего развития достигают в прибрежной зоне. Пресноводные представители кладоцер и коловраток обитают в мелководных опресненных районах, хотя многие из них переносят повышение солености до 6-8 ‰. Они обитают исключительно в Северном Каспии.

Среди коловраток Каспия есть формы (*Brachionus caluciflorus amphiceros*, *B. diversicornis*), которые обитают в водах с соленостью от 2 до 9 ‰. В Северном Каспии *B. quadridentatus quadridentatus hyphalmyros* достигает массового развития при солености 2,07 ‰, а *Keratella tropica* встречается при солености до 16 ‰. Их эндемичных коловраток *Trichocerca caspica caspica* обнаружена в открытой морской и солоноватой зонах при солености 9 ‰, а *Trichocerca heterodactyla*- при солености-5-12 ‰, *Heraxthra oxyurus* и *Filinia limnetica*- до 9 ‰, *Collotheca ornata natans*- в Северном Каспии при солености в 2-2,7 ‰.

В мелководной зоне Каспия, где соленость и температура воды изменяются в больших амплитудах, доминируют *Calanipeda aquae dulcis* и *Heteroscore caspia*. *Каланипеда* является эвригалинным видом и встречается как в совершенно пресноводных устьевых районах, так как и в наиболее осолоненных заливах (Кусморская, 1940). В Северном Каспии она отсутствует в планктоне с ноября по апрель. Изменение численности детритофага *Calanipeda aquae dulcis* по сезонам аналогично сезонной динамике фитофагов, так как при наличии фитопланктона рачок может потреблять и водоросли, хотя в их отсутствие питается только детритом.

Каспийские полифемиды обитают преимущественно в мелководных районах, хотя некоторые виды в массовом количестве встречаются в зоне кругового течения (*Podonevadna camptonux*, *P. angusta*), а церкопагиды и апагисы обитают только в открытой части озера. Большую группу обитателей мелководий составляют пресноводные виды коловраток и кладоцер. Массовое развитие отмечено летом в опресненных зонах Северного Каспия. Ветвистоусые рачки обычно не выходят за пределы изогалины 5-6 ‰, а коловратки-9-13 ‰. В мелководных прибрежных зонах преобладают эвригалинные средиземноморские и пресноводные виды.

Сезонные изменения зоопланктона в Северном Каспии зависят от температуры и солености воды. Весной после расставания льда и до начала поступления в озеро паводковых вод в планктоне преобладают эвригалинные и морские копеподы. Эвригалинные *Calanipeda* и *Halicyclops*, определяющие биомассу этой группы, зимуют подо льдом и начинают размножаться в апреле.

Морские виды глубоко проникают в Северный Каспий до начала паводка с водами из Среднего Каспия. Среди них доминирует *Eurytemora*, которая, однако, не создает значительной биомассы.

В мае с повышением температуры воды в Северном Каспии начинают развиваться пресноводные кладоцеры и коловратки, достигающие массового развития в августе. Так, средняя биомасса пресноводного комплекса зоопланктона в западной части Северного Каспия в 1974 г. составляла 0,149 г/м<sup>3</sup>, а в 1976 г.-0,43 г/м<sup>3</sup>.

Зоопланктон Северного Каспия отличается большим видовым разнообразием по сравнению со средней и южной частями моря. Характерную группу, насчитывающую 23 вида,

составляют реликтовые полифемиды. Многочисленны коловратки пресноводного происхождения. Из Copepoda доминируют два вида: *Calanipeda aquae dulcis*, *Halicyclops sarsi*.

В результате падения уровня и зарегулирования стока рек в составе и количественном развитии организмов происходят существенные изменения. Численность большинства видов уменьшается. В результате уменьшения численности основных массовых видов общая биомасса зоопланктона сократилась в 3,0-3,5 раза. В настоящее время она не превышает 100-150 мг\м<sup>3</sup>. Как и раньше, наиболее богат зоопланктон западного района: биомассы здесь в 2-3 раза больше чем в восточной части моря.

Уменьшение численности Cladocera и Copepoda вызвано, по-видимому, ухудшением условий их питания. Значительно сократилось поступление в северную часть моря органических взвеси биогенных элементов. Большая часть питательных солей, содержащихся в речных водах, поглощается сейчас зарослями макрофитов, так как в течение последних лет происходит значительное зарастание придельтового пространства. Все большие площади занимают заросли урути, рдеста и других растений.

Связь между волжским стоком и количественным развитием зоопланктона носит сложный характер, но как показали семилетние наблюдения М.С.Кун в основном наблюдается прямая зависимость.

Таблица 1-Концентрации полициклоароматических углеводородов в донных осадках (сухой вес),мг/кг

| Соединения             | №№ станций |      |       |      |      |       |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |
|------------------------|------------|------|-------|------|------|-------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
|                        | 1          | 2    | 3     | 4    | 5    | 6     | 7    | 8    | 9    | 10   | 11   | 12   | 13   | 14   | 15   | 16   | 17   |
| Naphtalene             | 4,8        | 3,7  | 6,9   | 3,7  | 4,0  | 5,6   | 3,9  | 2,9  | 3,8  | 2,5  | 3,3  | 21,3 | 3,6  | 3,5  | 2,1  | 2,8  | 4,1  |
| Acenaftilene           | 0,4        | 0,3  | 0,8   | 0,4  | 0,3  | 0,4   | 0,3  | 0,2  | 0,2  | 0,2  | 0,3  | 0,1  | 0,2  | 0,7  | 0,2  | 0,1  | 0,4  |
| Acenaphtene            | 0,3        | 0,2  | 0,4   | 0,3  | 0,2  | 0,2   | 0,2  | 0,1  | 0,1  | 0,1  | 0,1  | 0,2  | 0,1  | 0,2  | 0,1  | 0,1  | 0,3  |
| Fluorene               | 1,8        | 1,2  | 3,0   | 1,1  | 1,2  | 1,3   | 1,6  | 0,8  | 0,8  | 0,8  | 1,0  | 0,5  | 0,7  | 1,3  | 0,7  | 0,5  | 1,2  |
| Phenantrene            | 10,4       | 5,3  | 10,1  | 5,9  | 5,1  | 6,5   | 3,1  | 3,3  | 3,7  | 3,3  | 3,1  | 2,8  | 4,0  | 5,2  | 3,9  | 2,9  | 15,0 |
| Antracene              | 9,9        | 0,5  | 2,4   | 0,7  | 0,8  | 0,8   | 0,4  | 0,4  | 0,6  | 0,5  | 0,7  | 0,3  | 0,4  | 1,2  | 0,3  | 0,3  | 1,6  |
| Fluorantene            | 4,0        | 1,8  | 14,1  | 2,7  | 2,0  | 3,2   | 2,4  | 1,3  | 1,4  | 1,4  | 0,1  | 0,9  | 1,4  | 7,1  | 1,4  | 0,9  | 10,2 |
| Pyrene                 | 2,8        | 1,5  | 8,1   | 1,8  | 1,5  | 2,3   | 1,2  | 0,9  | 1,1  | 0,7  | 1,0  | 0,4  | 0,7  | 4,5  | 0,7  | 0,4  | 6,2  |
| Benzo(a)antracene      | 4,2        | 1,9  | 38,7  | 5,0  | 1,3  | 7,6   | 6,5  | 0,7  | 0,8  | 0,4  | 1,3  | 0,3  | 0,5  | 7,0  | 0,3  | 0,5  | 2,0  |
| Chryzene               | 3,8        | 1,8  | 38,8  | 7,5  | 1,0  | 7,2   | 4,7  | 0,5  | 1,0  | 0,3  | 0,7  | 0,2  | 0,4  | 5,6  | 0,4  | 0,4  | 3,1  |
| Benzo(b)fluoranthene   | 5,2        | 1,6  | 14,7  | 6,4  | 1,8  | 11,0  | 9,4  | 0,6  | 0,1  | 0,3  | 0,5  | 0,1  | 0,3  | 1,0  | 0,2  | 0,6  | 0,8  |
| Benzo(a)pyrene         | 4,9        | 1,8  | 4,0   | 4,8  | 1,2  | 12,0  | 7,6  | 0,5  | 47,3 | 0,4  | 0,7  | 0,2  | 0,2  | 2,1  | 0,3  | 0,8  | 0,8  |
| Indeno(1,2,3-cd)pyrene | 3,0        | 1,4  | 12,8  | 4,8  | 1,1  | 9,5   | 9,6  | 0,6  | 0,3  | 0,2  | 0,5  | ND   | ND   | 3,7  | 0,1  | 0,1  | 1,0  |
| Dibenzo(a,h)antracene  | 12,0       | 15,4 | 205,6 | 26,0 | 14,6 | 28,3  | 28,8 | ND   | 0,8  | 0,3  | ND   | 0,2  | ND   | ND   | ND   | 0,0  | ND   |
| Benzofg,h,i)perylene   | 4,9        | 2,5  | 6,1   | 8,8  | 4,7  | 12,4  | 13,1 | 1,0  | 1,5  | 0,6  | 1,2  | 0,4  | 0,6  | 0,1  | 0,1  | 0,3  | ND   |
| Сумма                  | 72,4       | 41,0 | 365,8 | 79,9 | 40,6 | 108,2 | 93,0 | 13,8 | 63,4 | 11,9 | 14,6 | 28,0 | 13,1 | 43,2 | 10,7 | 10,6 | 46,8 |

В связи с собранным материалом из литературных источников видных ученых (Березина Н.А., Касымов А.Г., Иванов В.П., Кенжегалиев А.К.) про флору и фауну, в том числе таких представителей зоопланктона Северо-восточной части Каспия как ветвистоусые (Cladocera) и веслоногие (Copepoda) ракообразные можно сделать вывод, что

количественное распределение зоопланктона, формирование его биомассы в акватории моря связаны с влиянием биотических и абиотических факторов.

### Список литературы

1. Кенжегалиев А.К. Современное экологическое состояние казахстанского сектора Каспийского моря. Алматы. Гылым, 2003
2. Аминова И.М. Экология зообентоса казахстанской части Каспийского моря // Современные проблемы геофизики, геологии, освоения, переработки и использования углеводородного сырья Казахстана: Матер. I межд.научно-техн.конф., посв.20 лет,обр. Атырауского института Нефти и Газа. –Атырау АиНГ, 2000 -Т. 1.-589 с.
3. Батоян В.В. К исследованию самоочищения поверхностных вод от загрязнения нефтью // Техногенные потоки веществ в ландшафтах и состояние экосистем. -М. - 1981.

**Г.А. Қуанышева, А.Ф. Струняшев**

«Сафи Өтебаев атындағы Атырау мұнай және газ университеті» КЕАҚ, Атырау, Қазақстан

### КАСПИЙ ТЕҢІЗІНІҢ СОЛТҮСТІК-ШЫҒЫС БӨЛІГІНДЕГІ ТӨМЕНГІ САТЫДАҒЫ ШАЯНТӘРІЗДІЛЕРДІҢ ЖАҒДАЙЫ

**Аңдатпа.** Каспий - миллиондаған жылдар бойы қалыптасқан біртұтас экологиялық-геологиялық кешен болып табылатын бірегей ішкі су айдыны. Каспий маңы мемлекеттерінің Каспий маңы ойпатының биологиялық ресурстарын игеруі және ұтымды пайдалануы келесі негізгі факторлармен анықталады: - Каспийдің су-тұз теңгерімін, оның деңгейінің жағдайын, ағынның мөлшерін және сайып келгенде өндірістік әлеуетті құрайтын табиғи-климаттық; - антропогендік әсер, ол ағынды судың жыл ішіндегі реттелуімен көрінеді, теңіз бассейнінің өзендерінен судың қалпына келтірілмейтін бөлігінің бөлігі, техногендік шыққан токсиканттарды қабылдау, қоректік заттарды (азот, фосфор) шамадан тыс енгізу. материктік ағын суларында осы факторлардың барлығы су қоймасының өндірістік әлеуетін төмендетеді; - әлеуметтік-экономикалық; - бірлескен ғылыми зерттеулерді, балықтарды жасанды көбейтуді, балықты сақтау мен балық аулауды ұйымдастыруды, биологиялық ресурстардың таралуы мен ұтымды пайдаланылуын басқару жүйесін, биологиялық алуан түрлілікті және теңізді сақтау бойынша шараларды әзірлеуді қамтитын халықаралық балық шаруашылығы интеграциясының даму деңгейі. тұтастай алғанда экожүйе және т.б.; - Каспийдің биологиялық ресурстарын сақтау мен ұтымды пайдалануды халықаралық-құқықтық қолдау

**Түйінді сөздер:** Каспий теңізі, зоопланктон, төменгі сатыдағы шаянтәрізділер, бұтақмұртты шаяндар, ескекәяқты шаяндар

**G. A.Kuanysheva, A.F. Strunyashev**

NJSC "Atyrau University of Oil and Gas named after Safi Utebayeva ", Atyrau, Kazakhstan

**Annotation.** The Caspian Sea is a unique inland water body, which is a single ecological and geological complex that has been forming over millions of years. The development and rational use of biological resources of the Caspian basin by the Caspian states is determined by the following major factors: - natural and climatic, which form the water-salt balance of the Caspian, the position of its level, the amount of runoff and, ultimately, the production potential; - anthropogenic impact, which manifests itself in the intra-annual regulation of the flow, part of the irreversible withdrawal of water from the rivers of the sea basin, the intake of toxicants of technogenic origin, the excessive introduction of nutrients (nitrogen, phosphorus) in the continental runoff, all these factors reduce the production potential of the reservoir; - socio-economic; - the level of development of international fishery integration, including joint scientific research, artificial reproduction of fish, fish conservation and organization of fishing, a system for managing the distribution and rational use of biological resources, the development of measures to preserve biodiversity and the sea ecosystem as a whole, etc. ; - international legal support for the conservation and rational use of the biological resources of the Caspian.

**Key words:** Caspian Sea, zooplankton, lower Crustaceans, Cladocera, Copepoda.

**Г.Р.Жаксиева, М.М.Рахымжанов, Е.Жасыланұлы, Ж.Б.Қазымбекова,  
Д.К.Кулбатыров**

«Сафи Өтебаев атындағы Атырау мұнай және газ университеті» КеАҚ, Атырау, Қазақстан  
E-mail: [guldana\\_zhaksieva-91@mail.ru](mailto:guldana_zhaksieva-91@mail.ru), [meyrambek.rakhymzhanov@mail.ru](mailto:meyrambek.rakhymzhanov@mail.ru),  
[berikovna\\_zhansaya@mail.ru](mailto:berikovna_zhansaya@mail.ru) [zhasylanuly00@bk.ru](mailto:zhasylanuly00@bk.ru), [dkkd@mail.ru](mailto:dkkd@mail.ru)

## **СОЛТҮСТІК-ШЫҒЫС КАСПИЙ ЖАҒАЛАУ БЕЛДЕУІНІҢ АНТРОПОГЕНДІК ӘСЕРГЕ ТОПЫРАҚТЫҢ ТӨЗІМДІЛІГІН БАҒАЛАУ**

**Аннотация.** Зерттеудің өзектілігі Каспий теңізі деңгейінің төмендеуі, ал аудан таяз аймақта орналасқан және қазіргі уақытта кен орнында көмірсутекті шикізат өндіруге дайындық жүріп жатырғандығында. Осыған байланысты фондық зерттеулер жүргізу орынды деп санаймыз.

Мұнайдың апаттық төгілуін жою кезінде жұмыстардың басым бағыттарын айқындау үшін Каспий теңізі Қазақстандық секторы (КТҚС) жағалауы бойындағы Ресей федерациясы шекарасынан Түпқараған шығанағына дейінгі экологиялық осал аймақтарды басымдықпен қорғау аудандары мен учаскелерін анықтау.

Бұл мақала топырақтың морфологиялық және физика-химиялық қасиеттерін, сондай-ақ топырақтағы ластаушы заттардың құрамына сынамалар ала отырып, олардың экологиялық жай-күйін анықтауға бағытталған.

Бақылаулар барысында жалпы қабылданған әдістер мен әдістемелер МСТ 17.4.3.01-2017 «Табиғатты қорғау. Топырақтар. Топырақ сынамаларына қойылатын жалпы талаптар» және МСТ 17.4.4.02-2017 «Табиғатты қорғау. Топырақтар. Сынама алу әдістері және сынамаларды химиялық, бактериологиялық және гельминтологиялық талдауларға дайындау», «Топырақтың мұнай және мұнай өнімдерімен ластануын бақылау кезінде сынамаларды алу жөніндегі нұсқаулық. Негізгі талаптар. 2006» қолданылды.

Жүргізілген зерттеулердің нәтижелері бойынша экологиялық осал аймақтардың және акваториялардың басымдықты қорғау аймақтарының және КТҚС қорғау аймағының алдын ала карталарын құрастыруға қажетті мәліметтер алынды. КТҚС экологиялық ерекшеліктерін ескере отырып, мұнайдың кездейсоқ төгілулеріне қоршаған ортаның экологиялық сезімталдығының карталарын құру бойынша қажетті бастапқы мәліметтер осы зерттеулер негізінде жасақтау ұсынылады.

**Түйін сөздер:** Солтүстік-шығыс Каспий, топырақ морфологиясы, гранулометриялық құрам, физика-химиялық қасиеттер, ауыр металдар.

### **Кіріспе**

Қазіргі уақытта Каспий теңізінің экожүйелері табиғи факторлардың және адамның шаруашылық әрекетінің әсерінен өзгерістерге ұшырауда.

**Тақырыптың өзектілігі.** Каспий теңізі табанында қарқынды түрде мұнай және газ кен орындарын іздестіру, өндіру, тасымадау тек қана Каспий теңізінің емес сонымен қатар теңіз жағалауына да айтарлықтай экологиялық жүктеме түсіреді. Осы жүктеменің базалық жай күйін анықтау мақсатында Каспий теңізінің қауіпсіздік аймағы – теңіз жағалауынан құрлыққа қарай бес шақырымға созылатын, теңізге мұнай төгілуі салдарынан ластануы немесе теңізді ластау көзі болуы мүмкін жер учаскесі зерттеу қазіргі уақытта өзекті мәселелердің бірі болып табылады.

**Зерттеу нысаны.** Каспий теңізінің солтүстік және солтүстік-шығыс бөлігінің қауіпсіздік аймағындағы топырақ жамылғысы.

**Жұмыстың мақсаты.** Мұнайдың апаттық төгілуін жою кезінде жұмыстардың басым бағыттарын айқындау үшін Каспий теңізі Қазақстандық секторы (КТҚС) жағалауы бойындағы

Ресей федерациясы шекарасынан Түпқараған шығанағына дейінгі экологиялық осал аймақтарды басымдықпен қорғау аудандары мен учаскелерін анықтау.

Зерттеудің міндеттеріне қоғау аймағындағы топырақ түрлерінің келесі көрсеткіштерін анықтау: топырақтарды морфологиялық, гранулометриялық құрамын, физика-химиялық қасиеттерін зерттеу, ауыр металдардың жалпы түрлері: қорғасын (Pb), мыс (Cu), мырыш (Zn), мышьяк (As), мұнай өнімдері және оның деңгейін анықтау, аэро- видео және фото түсірілім жүргізу арықылы қауіпсіздік аймағындағы бүлінген жерлерді анықтау.

**Ғылыми жаңалығы және практикалық маңыздылығы.** Жүргізілген зерттеулердің нәтижелері бойынша экологиялық осал аймақтардың және акваториялардың басымдықты қорғау аймақтарының және КТҚС қорғау аймағының алдын ала карталарын құрастыруға қажетті мәліметтер алынды. КТҚС мұнайдың кездейсоқ төгілулеріне қоршаған ортаның экологиялық сезімталдығының карталарын құру бойынша қажетті бастапқы мәліметтер осы зерттеулер негізінде жасақталады.

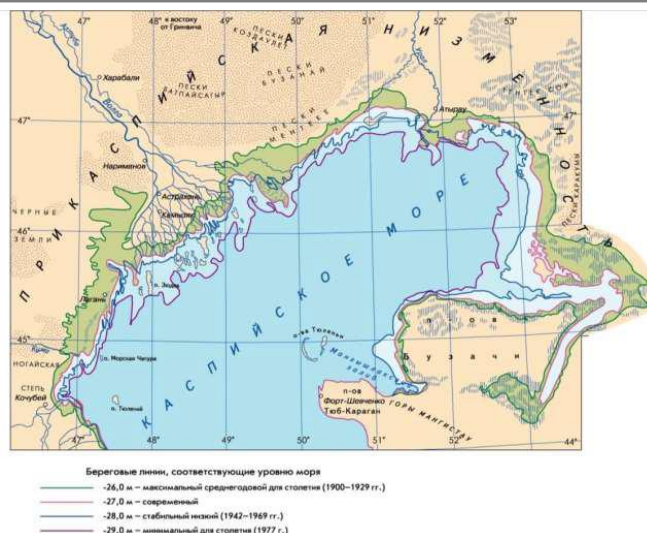
Каспий теңізі деңгейінің тербелуі таяз Солтүстік Каспийдің жағалау сызығының айтарлықтай өзгеруіне әкеледі: 100 жылдан астам уақыт ішінде жағалау сызығының қозғалысы жағалаудың кейбір бөліктерінде бірнеше ондаған километрге жетті [1].

1-суретте көрсетілген спутниктік мәліметтер бойынша Каспий теңізінің қазіргі -28 мБС деңгейінде, тар және ұзын Қайдақ және айтарлықтай дәрежеде Өлі Қолтық шығанағы (бұрынғы Комсомолец шығанағы және одан да ертеректе Цесаревич шығанағы) кеуіп қалады [2].



1-сурет. MODIS-Aqua кескіндерінің фрагменттері:  
а) - 2005 жылдың 11 маусымы (теңіз деңгейі -26,7 м);  
б) 2017 жылдың 3 тамызы (теңіз деңгейі -28,0 м).

Жағалау белдеуі топырағының қалыптасуына Каспий деңгейінің мезгілдік өзгермелілігі әсер етеді. Каспий теңізі деңгейінің жалпы ауытқуларына оның маусымдық өзгерістері, сондай-ақ Солтүстік Каспийде ерекше байқалатын су басу-қайту құбылыстары жатады [3]. Каспий теңізінің жағалау сызығының қалыптасу динамикасы 2-суретте көрсетілген.



2 - сурет. Каспий теңізінің жағалау сызығының өзгеру динамикасы

**Топырақты зерттеу әдістері.** Бақылаулар барысында жалпы қабылданған әдістер мен әдістемелер қолданылды. Ауыр металдар мен мұнай өнімдерінің құрамын анықтау үшін топырақ сынамаларын іріктеу зерттелетін аумаққа тән, бұрыштары мен ортасында нүктелі сынамалар алынған, көлемі 10 м x 10 м сынақ алаңы салынған учаскеде жүзеге асырылды. Сынамаларды іріктеу төмендегі нормативтік құжаттардың талаптарына сәйкес 0-5 см және 5-20 см тереңдіктен қабаттарда жүргізілді. Оларға: МСТ 17.4.3.01-2017 «Табиғатты қорғау. Топырақтар. Топырақ сынамаларына қойылатын жалпы талаптар» және МСТ 17.4.4.02-2017 «Табиғатты қорғау. Топырақтар. Сынама алу әдістері және сынамаларды химиялық, бактериологиялық және гельминтологиялық талдауларға дайындау», «Топырақтың мұнай және мұнай өнімдерімен ластануын бақылау кезінде сынамаларды алу жөніндегі нұсқаулық. Негізгі талаптар. 2006» және NCOC NV далалық нұсқаулықтары: «Фондық экологиялық зерттеулер және өнеркәсіптік қоршаған ортаның мониторингі: дала жұмыстары. Редакция А01. Желтоқсан 2016» HSE-H34-PR-0001-000 жатады [4-7].

#### **Зерттеу нәтижелері**

Жүргізілген зерттеулер барысында топырақтың морфологиялық және физика-химиялық қасиеттерін анықтай отырып, оларды зерттеу, сондай-ақ топырақтағы ластаушы заттардың құрамына сынамалар ала отырып, олардың экологиялық жай-күйін сипатталды [8, 9].

#### **Топырақ түрлеріне морфологиялық сипаттамасы**

Солтүстік-Шығыс Каспий теңізінің жағалау жазығының зерттелген 5 шақырымдық жағалау белдеуінде топырақтың келесі түрлері анықталды [2, 8]:

I. Қарапайым теңіз жағалауы (марштық – тұрақыт түрде теңіз суларының әсеріне ұшырайтын) топырақтары.

II. Шалғынды-батпақты жағалау топырақтары.

III. Жағалаудағы батпақты топырақтар.

IV. Жайылмалы шалғынды топырақ.

V. Теңіз жағасындағы шалғындық топырақ.

VI. Шалғынды сортаңдар.

VII. Жағалаудағы сортаңдар.

VIII. Марштық сортаңдар.

IX. Жағалаудағы клифтері (жартастары).

#### **Топырақтың физика-химиялық қасиеттері**

Зерттелетін аумақтағы Каспий теңізі жағалауының топырақтары біркелкі емес физикалық-химиялық құрамға ие, ол қарашіріндінің қалыңдығы мен % үлесіне, катиондық құрамның сыйымдылығына, физикалық саздың құрамына байланысты. Талдау нәтижелері 1-кестеде көрсетілген. Барлау деректері бойынша марштық, жайылма-шалғынды, шалғынды-

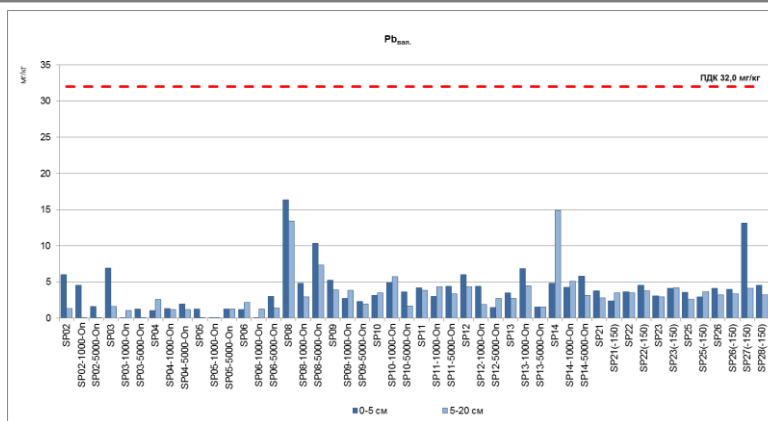
қоңыр теңіз, сортаңды жерлердегі қарашірік горизонтының қалыңдығы төмен – 0-5 см, шалғынды-батпақты топырақтарда 6-20 см, ал батпақты-жағалауда (Құлалы аралында) ең жоғары – 6-50 см мәніне ие. Гумустың максималды мөлшері шалғынды-батпақты топырақтарда 29,7%-ға дейін байқалды, шалғынды, қоңыр, жайылма топырақтарда бұл көрсеткіштің мәні 0,7- 5,4% құрайды. Қарашірік құрамының ең төменгі мәндері қарабайыр батпақты топырақтарда - 0,07% -дан аз байқалды.

1-кесте. Топырақтың физикалық-химиялық құрамының нәтижелері [8, 10].

| Топырақ түрлері                                           | Гранулометриялық құрамы бойынша топырақтың атауы               | Топырақтың физика-химиялық қасиеттері                                                                                                                           | Су режимінің түрі |
|-----------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------|
| Қарапайым теңіз жағалауы топырақтары                      | Борпылдақ құм                                                  | Қарашірік горизонтының қуаты 0-5 см, қарашіріктің құрамы 0,07% кем, катионды алмасу сыйымдылығы бойынша <5 мг-экв / 100 г. физикалық балшықтың құрамы <10%      | Мерзімді шайылу   |
| Шалғынды-батпақты жағалау топырақтары                     | Борпылдақ құм, құмды, жеңіл сазды                              | Гумустың горизонтының қуаты 6-20 см, қарашіріктің құрамы 1,9 - 29,7%, катионды алмасу сыйымдылығы бойынша 5-20 мг-экв/100 г., физикалық балшықтың құрамы <10%   | Мерзімді шайылу   |
| Жағалаудағы батпақты топырақтар                           | Борпылдақ құм, құмды, жеңіл сазды немесе орташа саздақ         | Гумустың горизонтының қуаты 6-50 см, қарашіріктің құрамы 0,7-1,2%, сыйымдылығы бойынша катионды алмасу 5-20 мг-экв/100 г., физикалық саз құрамы <10%            | Мерзімді шайылу   |
| Жайылмалы шалғынды топырақ                                | Орташа саздақ                                                  | Қарашірік горизонтының қуаты 0-5 см, қарашіріктің құрамы 0,3 - 3,6% кем, катионды алмасу сыйымдылығы бойынша <5 мг-экв / 100 г. физикалық балшықтың құрамы <10% | Мерзімді шайылу   |
| Теңіз жағасындағы шалғындық топырақ                       | Борпылдақ құм, құмды                                           | Қарашірік горизонтының қуаты 0-5 см, гумустың мөлшері 4,0 - 5,4% аз, катионды алмасу сыйымдылығы бойынша <5 мг-экв / 100 г. физикалық балшықтың құрамы <10%     | Мерзімді шайылу   |
| Шалғынды сортаңдар, жағалаудағы сорлар, марштық сортаңдар | Борпылдақ құм, құмдақ, құмды, жеңіл сазды немесе орташа саздақ | Қарашірік горизонтының қуаты 0-5 см, қарашіріктің құрамы 0,07 -1,7% кем, катионды алмасу сыйымдылығы бойынша <5 мг-экв / 100 г. физикалық балшықтың құрамы <10% | Шайылмайды        |
| Жағалаудағы клифтер                                       | Тығыз шөгінді тау жыныстары және кесек бенч, құмды             | Қарашірік горизонтының қуаты 0-5 см, қарашіріктің құрамы 0,07% кем, катионды алмасу сыйымдылығы бойынша <5 мг-экв / 100 г. физикалық балшықтың құрамы <10%      | Мерзімді шайылу   |

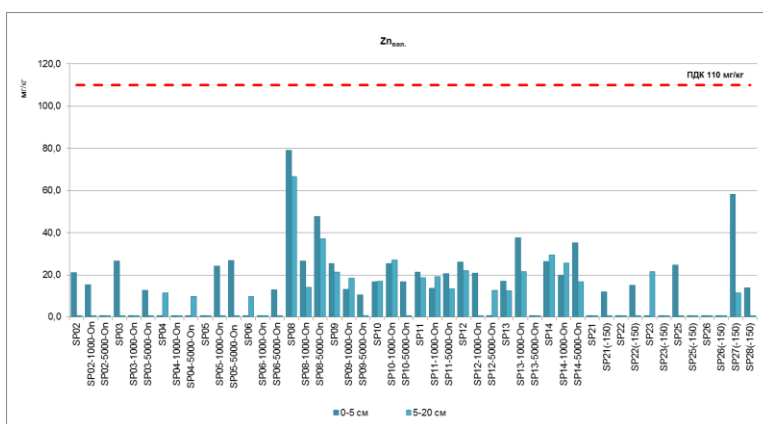
### Топырақтың ауыр металдармен ластануы

3-суретте көрсетілгендей SP08 және SP14 станцияларының топырақтарында 16,3-14,9 мг/кг (0,51-0,47 ШПК) деңгейінде жалпы қорғасынның максималды концентрациясы анықталды.



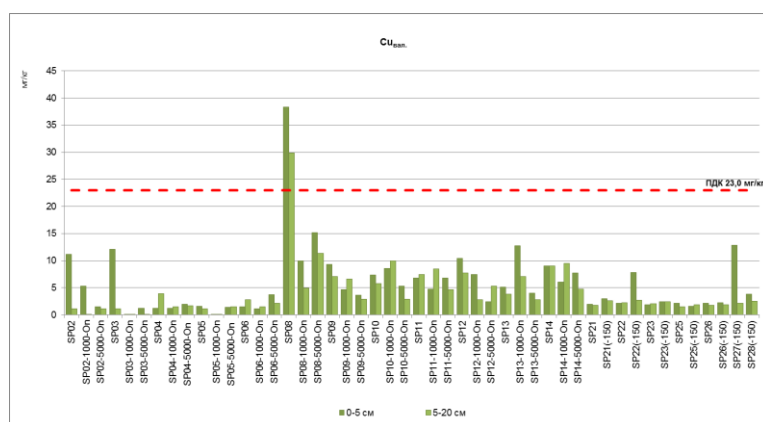
3-сурет. Бақылау станцияларының топырақтарындағы қорғасынның жалпы мөлшері.

4-суретте көрсетілгендей мырыштың мөлшері әртүрлі горизонттарда 9,8-58,2 мг/кг (0,09-0,53 ШРК) дейін өзгеріп отырады. Максималды мөлшер 0,61-0,72 ШРК (66,6-79,0 мг/кг) дейін жететін SP08 станциясының жер үсті топырақ горизонттарында байқалады.



4-сурет. Бақылау станцияларының топырақтарындағы жалпы мырыштың мөлшері.

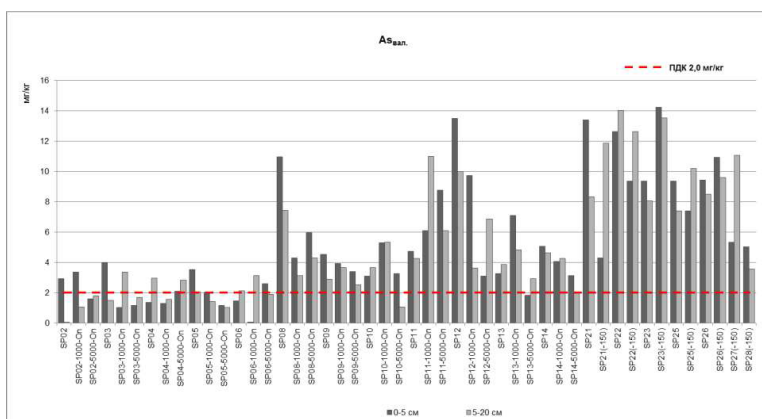
5- суретте көрсетілгендей SP08 станциясының топырақтарында 0-5 және 5-20 см тереңдікте сәйкесінше 38,4 мг/кг (1,67 ШРК) және 29,9 мг/кг (1,30 ШРК) құрайтын жалпы мыстың ШРК-дан асуының оқшауланған жағдайлары байқалады. Қалған станцияларды оны деңгейі ШРК-дан төмен.



5-сурет. Бақылау станцияларының топырақтарындағы жалпы мыстың мөлшері.

6-суретте көрсетілгендей топырақтардағы жалпы мышьяк концентрациясы негізінен

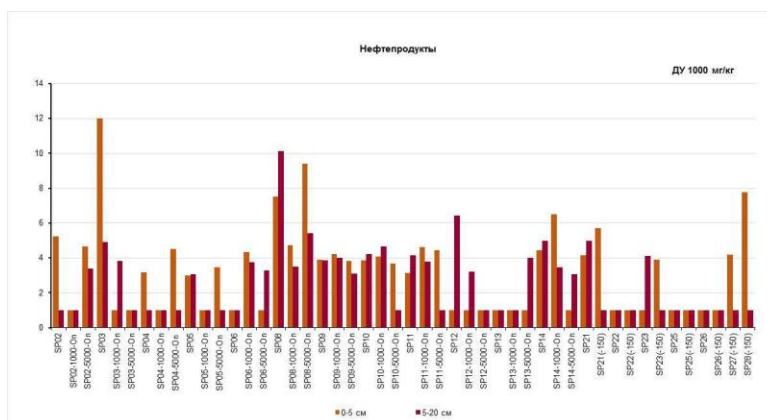
1,03-13,56 мг/кг (0,52-6,78 ШРК) құрайды. Мышьяк құрамының максималды деңгейі ретінде SP22 және SP23(-150) станцияларының топырақтарында 14,06 мг/кг (7,03 ШРК) және 14,24 мг/кг (7,12 ШРК) сынама алу горизонттарында сәйкесінше 5-20 және 0-5 см деңгейінде тіркелген ең жоғары мәндерді атап өткен жөн.



6-сурет. Бақылау станцияларының топырақтарындағы жалпы мышьяк мөлшері.

Топырақтың мұнай өнімдерімен ластану деңгейін бағалаудың нормативтік көрсеткіші ретінде ластанудың төменгі рұқсат етілген деңгейі (РД) – 1000 мг/кг қолданылды. Топырақтағы мұнай өнімдерінің мөлшері ауытқуы 3,1-12,0 мг/кг немесе рұқсат етілген деңгейдің 0,003-0,012 үлесін құрады.

Каспий теңізінің жағалау аймағында орналасқан бақылау станцияларындағы топырақтағы мұнай өнімдерінің мөлшері 7-суретте келтірілген.



7-сурет. Бақылау станцияларының топырақтарындағы мұнай өнімдерінің мөлшері.

### Қорытынды

Солтүстік-Шығыс Каспий жағалау белдеуінің антропогендік әсерге топырақтың төзімділігін бағалау бағытында жүргізілген жұмыстарды қорыта келе келесі нәтижелерді алдық [2].

**Гранулометриялық құрамы.** Солтүстік-Шығыс Каспий теңізінің жағалауындағы топырақ негізінен құмды түрлермен, өте сирек құмды және жеңіл саздақпен ұсынылған. Олардың барлығы дерлік профилде қабықтардың сынықтарынан тұратын горизонтқа ие, көбінесе саздауыт қабаттары бар, түрлі-түсті құмдақтар мен әртүрлі саздауыттармен жабылған.

Құмды, құрылымсыз теңіз жағалауы топырақтары үшін су өткізгіштік тек олардың механикалық құрамына және үлесіне байланысты, өйткені кеуектердің мөлшері бөлшектердің

мөлшерімен және олардың орналасу тығыздығымен анықталады. Теңіз жағасындағы топырақтың жеңіл механикалық құрамымен бірге теңіз қабығы және оның қабатты шөгінділері белгілі бір дәрежеде мұнай өнімдерімен ластанған кезде топырақтың генетикалық горизонттарының профиль тереңдігіне сүзу қабілетін арттыруға ықпал етуі мүмкін.

Солтүстік-шығыс Каспий жағалауында суық ауа райының басталуы кезінде жағалаудың жоғары дәрежеде ылғалданған топырақтары қатып су өткізгіштік қабілетін жоғалтады.

**Топырақтың физикалық және химиялық қасиеттері.** Зерттеуге сәйкес, марштық, жайылмалы-шалғынды, шалғынды-қоңыр жағалаудағы, әр түрлі типтегі тұзды батпақтардағы қарашірік горизонтының қуаты төмен – 0-5 см, шалғынды-батпақты жерлерде ол 6-20 см-ге дейін өсті, батпақты – жағалаудағы (Құдалы аралы) ең жоғары -6-50 см мәнге ие болды. Шалғынды-батпақты топырақтарда қарашіріктің максималды мөлшері 29,7% байқалды. Бұл көрсеткіштің мәні шалғынды батпақты, қоңыр, жайылмалы топырақтарда – 0,7-5,4%. Қарашірік құрамының ең төменгі мәні қарабайыр марштық топырақтарда 0,07% - дан аз деңгейде екені анықталды.

**Ауыр металдар құрамы.** Зерттеулердің нәтижелері бойынша ауыр металдардың жалпы түрлерінің концентрациясы жалпы мыстың бір реттік асып кетуін қоспағанда, белгіленген ШРК нормаларынан төмен. Ерекшелік - мышьяк, оның құрамы барлық жерде дерлік ШРК мәндерінен асады, ең жоғары концентрациясы 7,1 ШРК жетеді. Мышьяқтың жоғары концентрациясы аумақтың аймақтық табиғи геохимиялық ерекшелігі болып табылады және Каспий аймағында жүргізілген бірқатар зерттеу жұмыстарының нәтижелерінде атап өтілген.

**Мұнай өнімдері.** Мұнай өнімдерінің мөлшері шамалы, мәндерінің ауытқуы 3,1-12,0 мг/кг немесе рұқсат етілген деңгейден 0,003-0,012 ғана құраған.

Жүргізілген зерттеулердің нәтижелері бойынша экологиялық осал аймақтардың және акваториялардың басымдықты қорғау аймақтарының және КТҚС қорғау аймағының алдын ала карталарын құрастыруға қажетті мәліметтер алынды. КТҚС экологиялық ерекшеліктерін ескере отырып, мұнайдың кездейсоқ төгілулеріне қоршаған ортаның экологиялық сезімталдығының карталарын құру бойынша қажетті бастапқы мәліметтер осы зерттеулер негізінде жасақтау ұсынылады.

### Пайдаланған әдебиеттер тізімі

1. Ивкина Н., Наурузбаева Ж., Клове Б. Влияние изменения климатических условий на ледовый режим Каспийского моря // Центральноазиатский журн. исследований воды. 2017. Т.3. № 2. С. 15–29.
2. Өмержанова А.Қ. Атырау облысы шекараларындағы Солтүстік-шығыс Каспийдің жағалау белдеуінің антропогендік әсерге топырақтың төзімділігін бағалау Дипломдық жұмыс. 6В11201-«Қоршаған ортаны қорғау және өмір тіршілігінің қауіпсіздігі», С.Өтебаев ат. АтМГУ. 2022 ж., 72 б
3. Kenzhegaliev A. Kanbetov D. Kulbatyrov A. Shakhmanova A. Abilgazyieva A. Fluctuation in the level of the Caspian sea and its consequences. Universum: химия и биология : электронный научный журнал 8(86), 2021, pp. 72-77
4. Пермитина В.Н. Трансформация почв нефтепромыслов Прикаспийского региона // Почвоведение и агрохимия. №2. 2011. С.20-29.
5. ГОСТ 17.4.3.01-2017. Межгосударственный стандарт. Охрана природы. Почвы. Общие требования к отбору проб. «Охрана природы. Почвы. Общие требования к отбору проб почвы» [https://online.zakon.kz/Document/?doc\\_id=39962274](https://online.zakon.kz/Document/?doc_id=39962274)
6. ГОСТ 17.4.4.02-2017. Межгосударственный стандарт. Охрана природы. Почвы. методы отбора и подготовки проб для химического, бактериологического, гельминтологического анализа. [https://online.zakon.kz/Document/?doc\\_id=33190761](https://online.zakon.kz/Document/?doc_id=33190761)
7. Инструкция по отбору проб при контроле загрязнения почв нефтью и нефтепродуктами. Основные требования (утверждена приказом Министра охраны окружающей среды Республики Казахстан от 22 февраля 2006 года № 65-п) [https://online.zakon.kz/Document/?doc\\_id=30200677](https://online.zakon.kz/Document/?doc_id=30200677)

8. Фоновые экологические исследования и производственный экологический мониторинг: полевые работы. Редакция А01. Декабрь 2016. HSE-H34-PR-0001-000. - 87 с.

9. Отчет исследования природной среды и уязвимости прибрежной зоны в районах возможного воздействия деятельности компании NCOC N.V. Осень. 2019 г. Наземная часть. ТОО «Казахстанское агентство прикладной экологии», Алматы, 2019 г. - 339 с.

10. Кенжегалиев А., Диаров М.Д., Каримова Н.Р., Канбетов А.Ш., Кулбатыров Д.К., Абилгазиева А.А., Шахманова А.К., Сарсенов К.К. Отчет хоздоговора «Фоновое состояние прибрежной полосы северо-восточного Каспия на границах Атырауской области», 2019 г., -58 с.

**Жаксиева Г.Р., Рахымжанов М.М., Жасыланұлы Е., Қазымбекова Ж.Б.,  
Кулбатыров Д.К.**

НАО «Атырауский университет нефти и газа имени Сафи Утебаева», Атырау, Казахстан

## **ОЦЕНКА УСТОЙЧИВОСТИ ПОЧВ К АНТРОПОГЕННУМУ ВОЗДЕЙСТВИЮ СЕВЕРО-ВОСТОЧНОГО ПРИКАСПИЙСКОГО ПРИБРЕЖНОГО ПОЯСА**

**Аннотация.** Актуальность исследования заключается в том, что уровень Каспийского моря снижается, а район расположен на мелководье и в настоящее время идет подготовка к добыче углеводородного сырья на месторождении. В связи с этим считаем целесообразным проведение фоновых исследований.

Выявление районов и участков приоритетной защиты экологически уязвимых зон вдоль побережья казахстанского сектора Каспийского моря (КСКМ) от границы с РФ до Тупкараганского залива для определения приоритетов при ликвидации аварийных разливов нефти.

В статье даны результаты проведенных исследований выполнено обследование почв с определением их морфологических и физико-химических свойств, а также описание их экологического состояния с отбором проб на содержание в почвах загрязняющих веществ.

В ходе наблюдения использовались следующих нормативные документы: ГОСТ 17.4.3.01-2017 «Охрана природы. Почвы. Общие требования к отбору проб почвы» и ГОСТ 17.4.4.02-2017 «Охраны природы. Почвы. Методы отбора проб и подготовка проб к химическому, бактериологическому и гельминтологическому анализам», «Инструкции по отбору проб при контроле загрязнения почв нефтью и нефтепродуктами. Основные требования. 2006 г.».

По результатам проведенных исследований получены данные, необходимые для составления предварительных карт экологически уязвимых зон и приоритетных охранных зон акваторий и охранных зон КСКМ. Необходимые исходные данные по составлению карт экологической чувствительности окружающей среды к случайным разливам нефти с учетом экологических особенностей КСКМ рекомендуется составлять на основе данных исследований.

**Ключевые слова:** Северо-восточный Каспий, морфология почвы, гранулометрический состав, физико-химические свойства, тяжелые металлы.

**Zhaksieva G.R., Rakhymzhanov M.M., Zhasylanuly E., Kazymbekova Zh.B.,  
Kulbatyrov D.K.**

Non-profit JSC «Atyrau Oil and Gas University named after S. Utebayev», Atyrau, Kazakhstan

## **ASSESSMENT OF SOIL RESISTANCE TO ANTHROPOGENIC IMPACTS OF THE NORTH-EASTERN CASPIAN COASTAL STRIP**

**Аннотация.** The relevance of the study lies in the fact that the level of the Caspian Sea is decreasing, and the area is located in shallow water and preparations are currently underway for the extraction of hydrocarbon raw materials at the field. In this regard, we consider it appropriate to conduct background research.

Identification of areas and areas of priority protection of ecologically vulnerable zones along the coast of the Kazakh sector of the Caspian Sea (KSKS) from the border with the Russian Federation to the Tupkaragan Bay to determine priorities in the elimination of emergency oil spills.

The article presents the results of the conducted research, a survey of soils with the determination of their morphological and physico-chemical properties, as well as a description of their ecological state with sampling for the content of pollutants in the soils.

During the observation, the following regulatory documents were used: GOST 17.4.3.01-2017 «Nature protection. Soil. General requirements for soil sampling» and GOST 17.4.4.02-2017 «Nature protection. Soil. Sampling methods and sample preparation for chemical, bacteriological and helminthological analyses», «Instructions for sampling in the control of soil contamination with oil and petroleum products. Basic requirements. 2006».

Based on the results of the conducted studies, the data necessary for drawing up preliminary maps of ecologically vulnerable zones and priority protected areas of the water areas and protected areas of the KSKS were obtained. It is recommended to compile the necessary initial data for mapping the environmental sensitivity of the environment to accidental oil spills, taking into account the environmental characteristics of the KSKS, on the basis of research data.

**Keywords:** North-Eastern Caspian, soil morphology, granulometric composition, physico-chemical properties, heavy metals.

УДК 620.193.47  
МРНТИ 81.33.33

**М.Б. Байгузиева<sup>1</sup>, А. А. Кабдолгазиз<sup>1</sup>, Е. Серик<sup>2</sup>, А.Ш. Канбетов<sup>1</sup>, А.О. Муканова<sup>2</sup>**

<sup>1</sup>НАО «Атырауский университет нефти и газа им. С. Утебаева», Атырау, Казахстан  
E-mail: baiguzhieva 23@aogu.edu.kz, kabdolgaziz 23@aogu.edu.kz, A.kanbetov@aogu.edu.kz

<sup>2</sup>National Laboratory Astana, Astana, Казахстан  
E-mail: aliya.mukanova@nu.edu.kz, yerzhigit.serik@nu.edu.kz

## **ЭЛЕКТРООСАЖДЕНИЕ ПЛЕНОК ВЫСОКОЭНТРОПИЙНЫХ СПЛАВОВ CrFeTiNiCuZn И ИССЛЕДОВАНИЕ ИХ КОРРОЗИОННЫХ СВОЙСТВ В АГРЕССИВНОЙ СРЕДЕ**

**Аннотация.** В нефтегазовой промышленности для защиты трубопроводов от коррозии часто используют покрытия из сплавов, таких как никель и хром. В последние годы перспективными становятся высокоэнтروпийные сплавы (ВЭС), которые состоят из нескольких элементов, что улучшает их механические и коррозионные свойства. Целью исследования было разработать покрытие из ВЭС CrFeTiNiCu для трубопроводов с использованием метода электроосаждения. Основное внимание уделено оптимизации параметров электроосаждения, таких как потенциал и время, для достижения однородной морфологии пленок и повышения их устойчивости в агрессивных средах. Методом потенциодинамического электроосаждения получены тонкие пленки при потенциалах  $-4$ ,  $-5$  и  $-6$  В в течение 30–90 минут. Результаты сканирующей электронной микроскопии показали, что наилучшая структура с равномерным распределением сферических частиц и минимальными микротрещинами достигается при потенциале  $-5$  В. Рентгеновская дифракция выявила присутствие кристаллических фаз, характерных для структуры ГЦК. Тесты коррозионной стойкости продемонстрировали эффективность покрытия в условиях кислотной среды.

**Ключевые слова:** электроосаждение, высокоэнтропийный сплав, тонкие пленки, анализ поверхности, защита от коррозии, потеря массы, микроструктура, электролит.

### **Введение**

Частый ремонт и замена труб в нефтегазовой промышленности увеличивают эксплуатационные затраты и создают простои в работе, ввиду того, что металлические компоненты трубопроводов часто требуют замены из-за их разрушения под воздействием коррозии. В настоящее время используются покрытия из различных материалов, включая никелевые и хромовые сплавы. По сравнению с традиционными сплавами,

высокоэнтروпийные сплавы (ВЭС) обладают рядом превосходных свойств, такие как высокая прочность при сжатии при комнатной температуре, отличные высокотемпературные характеристики, устойчивость к размягчению при высоких температурах и износостойкость. ВЭС представляют собой твердые сплавы из пяти или более основных элементов, а атомная доля каждого основного элемента составляет более 5% и менее 35% [1-3]. Лёгкие высокоэнтропийные сплавы обладают высокой прочностью, твёрдостью, отличной устойчивостью к окислению при высоких температурах и коррозионной стойкостью. Обширные исследования, проведенные по изучению различных систем сплавов ВЭС с особыми свойствами (высокая стойкость к коррозии и размягчению, высокая твердость, износостойкость, хорошие электромагнитные свойства, способность сохранять свои свойства при высоких температурах) показали, что эти сплавы могут применяться в качестве функциональных и конструкционных материалов [4-8]. Одним из наиболее перспективных методов получения ВЭС является метод электроосаждения ввиду таких преимуществ как легкость использования в промышленном масштабе для трубопроводов, равномерное распределение частиц, контроль толщины покрытия и морфологию.

Высокоэнтропийный сплав обладает высокой коррозионной стойкостью. Некоторые элементы в многокомпонентных высокоэнтропийных сплавах легко образуют плотные оксидные пленки, а высокоэнтропийные сплавы обладают аморфными, микрокристаллическими, однофазными свойствами, низкой свободной энтальпией и другими характеристиками, которые помогают обеспечить превосходную коррозионную стойкость [9-10].

Характерной особенностью современной теории и практики электроосаждения металлов является повышенный интерес к комплексным соединениям элементов, у которых во внутренней сфере координированы не молекулы воды или гидроксильные ионы, а другие лиганды. Большое разнообразие в составе и свойствах комплексных соединений позволило не только успешно решить проблему замены в гальваностегии некоторых токсичных электролитов, но и получить катодные покрытия с весьма ценными эксплуатационными свойствами такими, как блеск, повышенная твердость, большая износоустойчивость, антифрикционные свойства, жаростойкость, особо высокая коррозионная стойкость, магнитные свойства, очень малое переходное электрическое сопротивление и др. [11-12].

Основное назначение электроосаждения — создание слоя, обеспечивающего деталям высокую защиту от коррозии, улучшение физико-механических свойств, и их подготовку к последующему нанесению лакокрасочного покрытия при необходимости [13-17].

ВЭС изготавливается из равной смеси каждого составного элемента, в отличие от обычных сплавов, где один элемент «доминирует» над остальными. Каждый химический элемент выполняет свою индивидуальную работу и дают защитные свойства. Очень важно подобрать такие элементы, которые бы дополняли и усиливали свойства друг друга. К примеру, хром в составе высокоэнтропийного сплава дает материалу высокую комбинацию прочности и пластичности при нагрузке. Никель дает оптимальное сочетание пластических свойств и износостойкость. Медь отвечает за применение при высоких температурах. Термостойкость в различных средах и устойчивость к ползучести свойственны компоненту титан. Сохранение высоких значений механических, физических и химических свойств выполняет железо [18-19]. Такая матрица демонстрирует высокую фазовую стабильность и слабую диффузионную активность.

### **Материалы и методы**

ВЭС-электроосаждение и исследования коррозии проводились при 298 К. Электроосаждение проводилось на стальной подложке (1 см<sup>2</sup> тонкие пластины) с потенциостатом EX354RT Bench DC Power Supply-mixed-mode regulation 2×35V/4A plus 1,5-5V/5A Triple Output. Электролит, использованный для потенциодинамического электроосаждения, представлял собой органическую среду, состоящую из DMSO-CH<sub>3</sub>CN (4:1 по объему) с LiClO<sub>4</sub> с массой 0,424 гр для улучшения ионного транспорта, куда были добавлены прекурсоры металлов: Cr(NO<sub>3</sub>)<sub>3</sub>, Cu(NO<sub>3</sub>)<sub>2</sub>, NiCl<sub>2</sub>, FeCl<sub>3</sub>, TiN. Таблица 1

представляет состав использованного электролита [9].

Таблица 1. Химический состав электролита

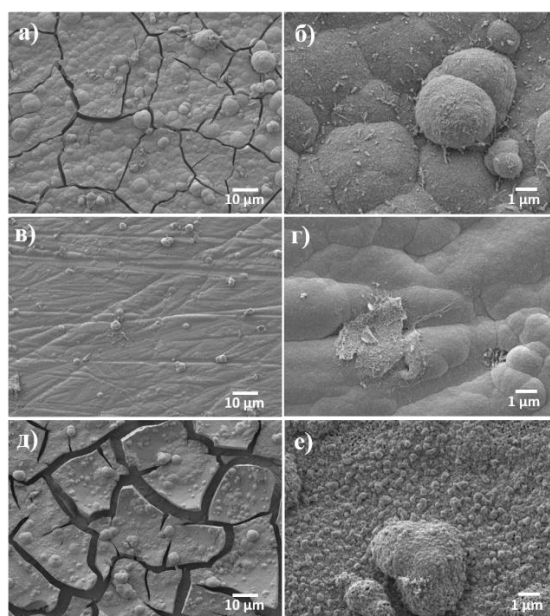
| Компонент            | $\text{Cr}(\text{NO}_3)_2$ | $\text{Cu}(\text{NO}_3)_2$ | $\text{NiCl}_2$ | $\text{FeCl}_3$ | TiN   |
|----------------------|----------------------------|----------------------------|-----------------|-----------------|-------|
| Концентрация, моль/л | 0,014                      | 0,014                      | 0,012           | 0,012           | 0,012 |

В качестве электрохимической ячейки использовалась классическая трехэлектродная ячейка: противэлектродом служила платиновая пластина ( $1 \text{ см}^2$ ), электродом сравнения служил каломельный электрод, насыщенный KCl (SCE, +0,241 В), рабочим электродом – нержавеющая сталь ( $1 \text{ см}^2$ ) для электроосаждения. Перед электроосаждением подложки стали тщательно подготавливались путем полировки наждачной бумагой различных размеров ( $\times 1000$ ,  $\times 1500$ ,  $\times 2000$ ), промывки 10%-ной  $\text{HNO}_3$  раствором и дистиллированной водой.

Анализ поверхностей ВЭС были выполнены на сканирующем электронном микроскопе JSM-IT800 (JEOL Ltd. 3-1-2 Мусасино, Акишима, Токио 196-8558, Япония). Кристаллическая и фазовая структуры полученных материалов были определены с помощью рентгеновской дифракции (XRD, настольный дифрактометр MiniFlex, Rigaku Co., Япония) с использованием  $\text{Cu K}\alpha$  излучения ( $\lambda = \text{K}\alpha = 1,541862 \text{ \AA}$ ) в диапазоне  $2\theta$  от  $10^\circ$  до  $70^\circ$  при скорости сканирования  $1^\circ/\text{мин}$ . Разработанное покрытие проверялось на стойкость с методом измерения потери массы после выдержки образцов в агрессивной среде, состоящей из смеси кислот  $\text{HNO}_3$  и  $\text{HCl}$ .

### Результаты и их обсуждение

В ходе экспериментов было осаждено несколько типов тонких пленок при разных напряжениях в продолжительности осаждения. СЭМ-снимки на рисунке 1, показывают морфологию тонких пленок  $\text{CrFeTiNiCu}$ , осажденных при напряжениях  $-4$ ,  $-5$  и  $-6$  В в течение 30 минут, показывают, что пленки состоят из частиц размером до  $\sim 1 \text{ мкм}$ , которые обладают сферической и зернообразной формой, а также формируют кластеры. Пленки, осажденные при напряжении  $-6$  В, продемонстрировали высокую однородность структуры, но содержат видимые микротрещины.



(а)  $-4 \text{ В}$ , увеличение  $\times 1600$ ; (б)  $-4 \text{ В}$ , увеличение  $\times 24\,000$ ; (в)  $-5 \text{ В}$ , увеличение  $\times 1600$ ; (г)  $-5 \text{ В}$ , увеличение  $\times 24\,000$ ; (д)  $-6 \text{ В}$ ,  $-4 \text{ В}$ , увеличение  $\times 1600$ ; (е)  $-6 \text{ В}$ , увеличение  $\times 24\,000$ .

Рисунок 1. СЭМ-снимки пленок  $\text{CrFeTiNiCu}$ , электроосажденные в течении 30 мин при различных напряжениях

Слегка выраженные трещины, но с равномерным и однородным распределением сферических частиц, наблюдаются для пленок, осажденных при  $-4$  В в течение 30 минут. Пленки, осажденные при напряжении  $-5$  В сформировались без каких-либо видимых микротрещин. Можно заметить, что количество и размер зерновых образований (кластеров) увеличивается с уменьшением потенциала осаждения. Таким образом, оптимизация параметров осаждения, включая потенциал позволяет значительно повысить однородность покрытия и устойчивость пленок в агрессивной среде. Оптимальное значение потенциала электроосаждения было определено равным  $-5$  В. Морфология пленок CrFeTiNiCu, осажденных в течении 60 и 90 минут, имеют аналогичную тенденцию к растрескиванию, однако с большими размерами кластеров.

На представленном рисунке 2 показаны рентгенограммы образцов тонких пленок CrFeTiNiCu, полученных при различных потенциалах осаждения ( $-4$  В,  $-5$  В,  $-6$  В) за 30 минут, а также дифрактограмма подложки из нержавеющей стали. График показывает зависимость интенсивности рентгеновского излучения (в относительных единицах) от угла дифракции ( $2\theta$ , градусы). Наблюдается несколько пиков, указывающих на наличие кристаллических фаз в образцах. Дифрактограмма подложки из нержавеющей стали (тёмно-синяя кривая) демонстрирует чёткие и интенсивные пики в области  $2\theta \approx 43^\circ$ ,  $44^\circ$ ,  $50^\circ$ ,  $74^\circ$ , которые соответствуют основным рефлексам Fe (железа) в кристаллической решётке, а также виден широкий пик около  $23^\circ$  [8].

Дифрактограммы пленок CrFeTiNiCu демонстрируют те же пики, что подложки и дополнительные пики при  $30^\circ$ ,  $38^\circ$ ,  $52.5^\circ$ ,  $57.5^\circ$ ,  $62^\circ$ , присутствующие для всех образцов. Пик около  $30^\circ$  часто соответствует отражению (110) или близким ориентациям в кристаллической решетке или аморфной фазе. В случае сплавов с высокоэнтропийными материалами, это может быть связано с различными подфазами из-за неоднородности состава. Пик около  $38^\circ$  обычно связан с отражением (111) в кристаллической решетке ГЦК (кубическая решетка с центром в границе), что характерно для таких материалов, как нержавеющая сталь или некоторые высокоэнтропийные сплавы с ГЦК-структурой. Пик около  $52.5^\circ$  пик также может быть связан с отражением в кристаллической решетке ГЦК, возможно, (200) или другими индексами для решеток ГЦК-составных сплавов. Пик около  $57.5^\circ$  ( $2\theta$ ) вероятнее всего связан с отражением (220) или аналогичными для ГЦК структуры. Его присутствие может свидетельствовать о достаточно высоком уровне кристалличности материала. Наконец, пик около  $62^\circ$  также часто ассоциируется с высококачественными отражениями для структуры ГЦК или другой кристаллической структуры, которая может быть частью сплава CrFeTiNiCu.

Стоит заметить, что несмотря на то, что пленки CrFeTiNiCu осаждены на нержавеющую сталь, которая имеет пик  $43^\circ$  на дифрактограмме, интенсивность этого пика на пленки увеличена, что может свидетельствовать о возможных факторах, связанных с кристаллической структурой и взаимодействием между пленкой и подложкой. Во-первых, пик на  $43^\circ$  может быть связан с отражением плоскости (111) в решетке, характерной для кубической структуры ГЦК. Увеличение интенсивности этого пика для пленки CrFeTiNiCu указывает на то, что при осаждении материал стал более ориентированным, и плоскости (111) начали доминировать в структуре пленки. В то время как для подложки (нержавеющей стали) этот пик был менее выраженным из-за различных фаз или ориентаций, которые присутствуют в ее структуре. Во-вторых, если увеличение пика связано с присутствием дефектов или дислокаций в структуре пленки, это также может проявляться в повышении интенсивности пика на  $43^\circ$  по сравнению с подложкой. Например, дефекты или границы зерен могут способствовать лучшему выравниванию плоскостей (111) в кристаллической структуре.

Покрытие, полученное при  $-4$  В, демонстрирует относительно высокую интенсивность пиков что указывает на хорошо сформированную кристаллическую структуру. Однако интенсивность пиков несколько ниже по сравнению с подложкой, что может свидетельствовать о более слабом упорядочении кристаллитов либо меньшей толщине покрытия. Покрытие, полученное при  $-5$  В, демонстрирует пики с умеренной интенсивностью. Они более выражены по сравнению с образцом при  $-4$  В, что свидетельствует о лучшей

кристалличности и более плотной структуре. Покрытие, полученное при -6 В, показывает более сглаженные и менее интенсивные пики по сравнению с остальными образцами. Это указывает на присутствие аморфной фазы или сильную деформацию кристаллической решётки из-за большого перенапряжения при осаждении. Такой результат коррелирует с наличием микротрещин в морфологии покрытия, что было показано ранее. В целом, можно сказать, что осажденные пленки имеют преимущественно ГЦК структуру, а преобладание единой структуры является типичным для высокоэнтропийных сталей, что может говорить об их успешном осаждении в данной работе. [9,11-16]

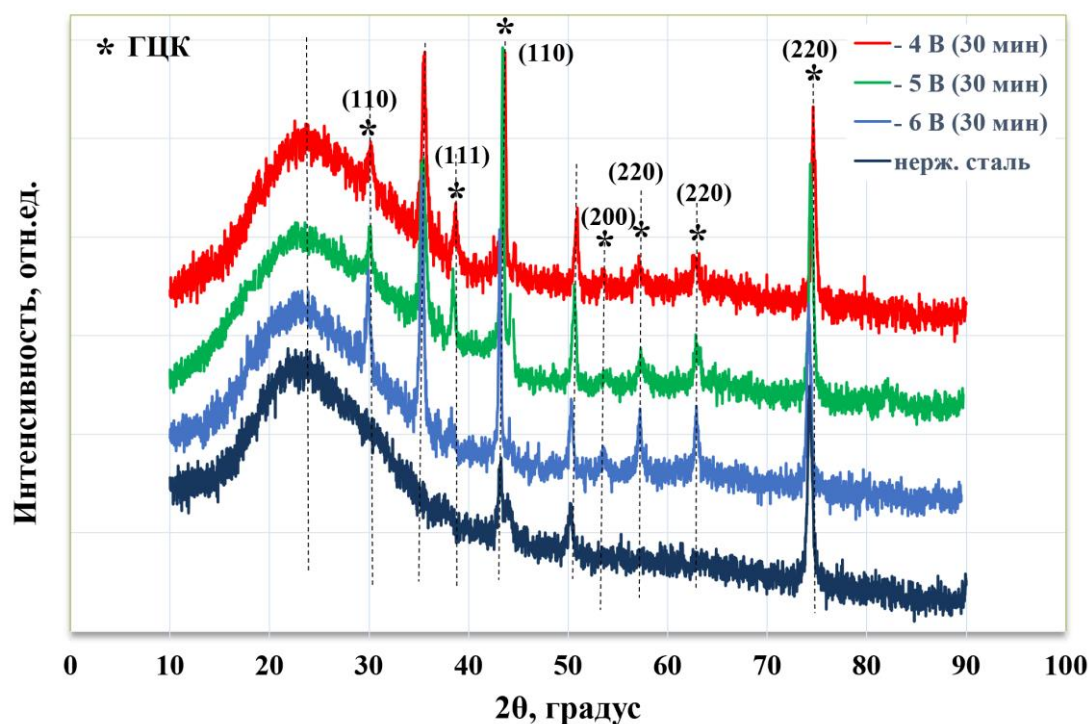


Рисунок 2. Рентгеноструктурные спектры подложки из нержавеющей стали, а также пленок CrFeTiNiCu, электроосажденных в течение 30 мин при различных напряжениях

Для анализа устойчивости высокоэнтропийных сплавов CrFeTiNiCu были изучены образцы, осажденные в течение 30, 60 и 90 минут при напряжениях -4 В, -5 В и -6 В. Потери массы определялись после воздействия из кислот HCl и HNO<sub>3</sub> агрессивной среды в течение 10 и 30 минут. В таблице 2 сведены данные для всех синтезированных образцов. В ходе исследования коррозионной стойкости электроосаждённых покрытий из CrFeTiNiCu в агрессивной среде (смесь кислот HNO<sub>3</sub> и HCl) были изучены образцы, осаждённые при различных параметрах: времени осаждения (30, 60 и 90 минут) и потенциалах (-4 В, -5 В и -6 В). Потери массы были зафиксированы после выдержки образцов в растворе в течение 10 минут и 30 минут.

Анализ результатов показал, что потеря массы значительно зависит от потенциала осаждения. При -6 В наблюдается наибольшая потеря массы, что указывает на менее стабильное и менее плотное покрытие, а также возможное отслоение материала в результате травления интерфейса между подложкой и пленкой. Например, образец CrFeTiNiCu-30-6 демонстрирует максимальную потерю массы 2.1 мг за 30 минут. В случае потенциала -4 В, потери массы умеренные, но значительно меньше, чем при -6 В. Например, образец CrFeTiNiCu-30-4 показал потерю массы 1.3 мг за 30 минут, что свидетельствует о более стабильном покрытии по сравнению с -6 В. Для потенциала -5 В полученные покрытия демонстрируют наименьшую потерю массы, что указывает на их высокую коррозионную

стойкость. Так, образцы CrFeTiNiCu-60-5 и CrFeTiNiCu-90-5 показали потери 0.9 мг и 0.8 мг соответственно за 30 минут. Это подтверждает, что покрытия, осаждённые при -5 В, обладают наиболее оптимальными характеристиками.

С увеличением времени осаждения с 30 до 90 минут наблюдается тенденция к снижению потерь массы, особенно при потенциале -5 В. Это указывает на формирование более плотного и однородного покрытия по мере увеличения времени осаждения. Однако при потенциале -6 В увеличение времени осаждения оказывает менее выраженное влияние. Потеря массы остаётся высокой, что связано с дефектами покрытия, формирующимися при большом перенапряжении.

Следует отметить, что результаты по потере массы хорошо коррелирует с результатами СЭМ и РСА. Для потенциала -5 В покрытия характеризуются однородной структурой без трещин и более кристаллической структурой, что способствует их высокой коррозионной стойкости. При потенциале -4 В были выявлены слабые микротрещины, которые, хотя и не критичны, всё же снижают защитные свойства покрытия. Для потенциала -6 В наблюдаются значительные микротрещины, а также присутствие аморфной фазы и/или сильную деформацию кристаллической решётки из-за большого перенапряжения при осаждении. Такие дефекты приводят к увеличению потерь массы и ухудшению коррозионной стойкости покрытия.

Таблица 2. Потеря веса образцов в агрессивной среде из кислот HNO<sub>3</sub> и HCl

| Образец                    | CrFeTiNiCu-30-<br>4 | CrFeTiNiCu-30-<br>5 | CrFeTiNiCu-30-<br>6 | CrFeTiNiCu-60-<br>4 | CrFeTiNiCu-60-<br>5 | CrFeTiNiCu-60-<br>6 | CrFeTiNiCu-90-<br>4 | CrFeTiNiCu-90-<br>5 | CrFeTiNiCu-90-<br>6 |
|----------------------------|---------------------|---------------------|---------------------|---------------------|---------------------|---------------------|---------------------|---------------------|---------------------|
| Потеря массы за 10 мин, мг | 0.30                | 0.20                | 0.45                | 0.28                | 0.15                | 0.40                | 0.27                | 0.15                | 0.38                |
| Потеря массы за 30 мин, мг | 1.3                 | 1                   | 2.1                 | 1.2                 | 0.9                 | 2                   | 1.3                 | 0.8                 | 1.9                 |

Как можно легко увидеть из рисунка 3, проведённое исследование показало, что оптимальные условия для электроосаждения покрытия из CrFeTiNiCu — это потенциал -5 В и время осаждения 60–90 минут. В этих условиях формируются плотные покрытия с однородной структурой, не содержащие трещин, что обеспечивает их высокую коррозионную стойкость. Потенциалы -4 В и -6 В приводят к образованию микротрещин разной степени выраженности, что снижает защитные свойства покрытия.

Как можно легко увидеть на рисунка 3, результаты теста на потерю массы показали, что оптимальные условия для электроосаждения покрытия из CrFeTiNiCu — это потенциал -5 В и время осаждения 60–90 минут. В этих условиях формируются плотные покрытия с однородной структурой, не содержащие трещин, что обеспечивает их высокую коррозионную стойкость (сферы голубого цвета с меньшим диаметром на рисунке 3). Потенциалы -4 В и -6 В приводят к образованию микротрещин разной степени выраженности, что снижает защитные свойства покрытия (сферы голубого цвета с большим диаметром на рисунке 3).

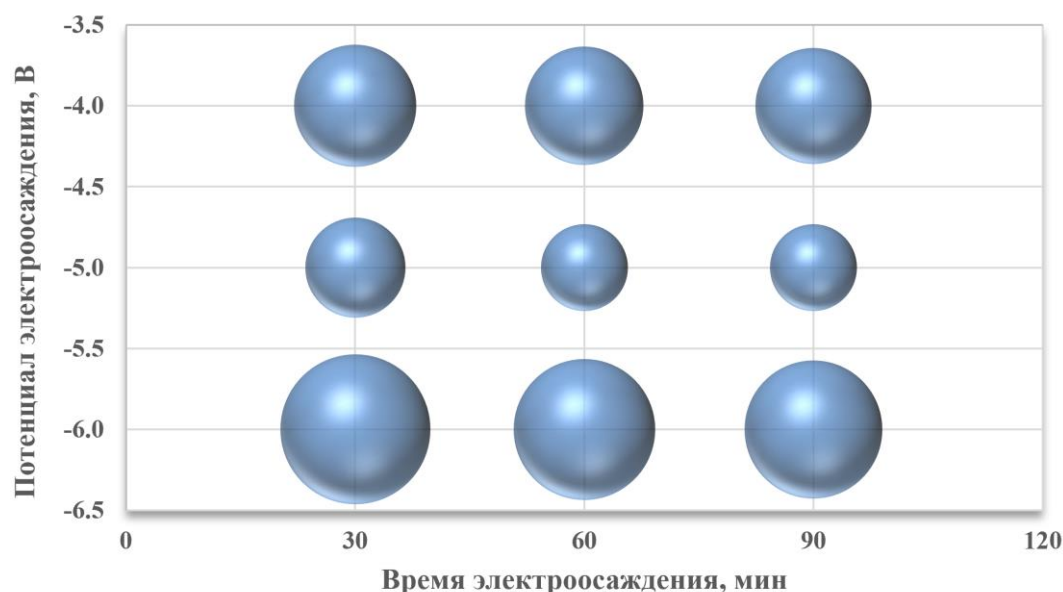


Рисунок 3. Графическое изображение потери массы образцов, осажденных при потенциалах -4, -5, -6 В и времени электроосаждения 30, 60, 90 мин.

#### 4. Выводы

В ходе проведенных экспериментов были изучены морфология, кристаллическая структура и коррозионная стойкость тонких плёнок CrFeTiNiCu, полученных методом электроосаждения при различных потенциалах и временах осаждения. Анализ СЭМ-снимков показал, что структура плёнок сильно зависит от потенциала осаждения: при потенциале -4 В плёнки обладают относительно равномерной структурой с незначительными микротрещинами, в то время как при -6 В наблюдаются значительные дефекты и микротрещины, ухудшающие их свойства. Оптимальным потенциалом для осаждения было определено значение -5 В, при котором формируются плотные, однородные покрытия без видимых трещин. Увеличение времени осаждения до 60–90 минут способствует дальнейшему улучшению структуры и уменьшению дефектов.

Рентгеноструктурный анализ продемонстрировал, что плёнки CrFeTiNiCu преимущественно имеют ГЦК-структуру, характерную для высокоэнтропийных сплавов. Пики на дифрактограммах указывают на наличие кристаллических фаз и ориентацию плоскостей, при этом образцы, осаждённые при -5 В, показали лучшую степень кристалличности и минимальные структурные дефекты.

Испытания коррозионной стойкости в агрессивной среде (смесь  $\text{HNO}_3$  и  $\text{HCl}$ ) подтвердили, что наименьшая потеря массы наблюдается для образцов, осаждённых при -5 В. Время осаждения 60–90 минут позволило достичь минимальных значений потерь массы (0.9–0.8 мг за 30 минут), что указывает на формирование более плотного и стойкого покрытия. Напротив, потенциал -6 В приводит к образованию покрытий с выраженными дефектами, что значительно снижает их защитные свойства.

Таким образом, оптимальными условиями для электроосаждения плёнок CrFeTiNiCu являются потенциал -5 В и время осаждения 60–90 минут. В этих условиях формируются плотные, однородные покрытия с высокой коррозионной стойкостью и упорядоченной структурой. В будущем необходимо провести дополнительные исследования для более детального анализа механических свойств плёнок, а также изучить их поведение при повышенных температурах и в различных агрессивных средах. Перспективным направлением является оптимизация состава сплава и исследование возможности применения данных покрытий в качестве защитных слоёв для труб в нефтегазовой промышленности и другого

промышленного оборудования, работающего в агрессивных условиях.

### Благодарность

Муканова А.О. благодарит МНВО РК за поддержку в рамках программно-целевого финансирования BR21882402. Байгужиева М.Б., Кабдолғазиз А. А. благодарят администрацию «Атырауский университет нефти и газа им. С. Утебаева» за предоставление стажировки в National Laboratory Astana, Назарбаев университет, а также Егамкулова Мукагали за проведение РСА измерений и Румию Жанабекову за СЭМ изображения.

### Список литературы

1. Gao, M.C.; Yeh, J.W.; Liaw, P.K.; Zhang, Y. *High-Entropy Alloys Fundamentals and Applications*; Springer International Publishing: Cham, Switzerland, 2016.
2. Miracle, D.B.; Senkov, O.N. A critical review of high entropy alloys and related concepts. *Acta Mater.* 2017, 122, p.448–511.
3. Murty, B.S.; Yeh, J.W.; Ranganathan, S. *High-Entropy Alloys*; Butterworth-Heinemann: London, UK, 2014.
4. Tsai, M.H.; Yuan, H.; Cheng, G.; Xu, W.; Jian, W.W.; Chuang, M.H.; Juan, C.C.; Yeh, A.C.; Lin, S.J.; Zhu, Y. Significant hardening due to the formation of a sigma phase matrix in a high entropy alloy. *Intermetallics* 2013, 33, p.81–86.
5. Tang, Z.; Huang, L.; He, W.; Liaw, P.K. Alloying and processing effects on the aqueous corrosion behavior of high-entropy alloys. *Entropy* 2014, 16, 895–911.
6. Senkov, O.N.; Wilks, G.B.; Scott, J.M.; Miracle, D.B. Mechanical properties of Nb<sub>25</sub>Mo<sub>25</sub>Ta<sub>25</sub>W<sub>25</sub> and V<sub>20</sub>Nb<sub>20</sub>Mo<sub>20</sub>Ta<sub>20</sub>W<sub>20</sub> refractory high-entropy alloys. *Intermetallics* 2011, 19, p.698–706.
7. Zhang, Y.; Zuo, T.T.; Tang, Z.; Gao, M.C.; Dahmen, K.A.; Liaw, P.K.; Lu, Z.P. Microstructures and properties of high-entropy alloys. *Prog. Mater. Sci.* 2014, 61, 1–93.
8. Yao, M.J.; Pradeep, K.G.; Tسان, C.C.; Raabe, D. A novel, single phase, non-equiatomic FeMnNiCoCr high-entropy alloy with exceptional phase stability and tensile ductility. *Scripta Mater.* 2014, 72–73, 5–8.
9. He, J.Y.; Liu, W.H.; Wang, H.; Wu, Y.; Liu, X.J.; Nieh, T.G.; Lu, Z.P. Effects of Al addition on structural evolution and tensile properties of the FeCoNiCrMn high-entropy alloy system. *Acta Mater.* 2014, 62, p.105–113.
10. Kao, S.W.; Yeh, J.W.; Chin, T.S. Rapidly solidified structure of alloys with up to eight equal-molar elements—a simulation by molecular dynamics. *J. Phys. Condens. Matter.* 2008, 20, 145214.
11. Gomez-Esparza, C.D.; Ochoa-Gamboa, R.A.; Estrada-Guel, I.; Cabanas-Moreno, J.G.; Barajas-Villarruel, J.I.; Arizmendi-Morquecho, A.; Herrera-Ramirez, J.M.; Martinez-Sanchez, R. Microstructure of NiCoAlFeCuCr multi-component systems synthesized by mechanical alloying. *J. Alloys Compd.* 2011, 509S, S279–S283.
12. Xie, L.; Brault, P.; Thomann, A.L.; Bauchire, J.M. AlCoCrCuFeNi high entropy alloy cluster growth and annealing on silicon: A classical molecular dynamics simulation study. *Appl. Surf. Sci.* 2013, 285P, 810–816.
13. Wu, Z.F.; Wang, X.D.; Cao, Q.P.; Zhao, G.H.; Li, J.X.; Zhang, D.X.; Zhu, J.J.; Jiang, J.Z. Microstructure characterization of Al<sub>x</sub>Co<sub>1</sub>Cr<sub>1</sub>Cu<sub>1</sub>Fe<sub>1</sub>Ni<sub>1</sub> (x = 0 and 2.5) high entropy alloy films. *J. Alloys Compd.* 2014, 609, 137–142.
14. Tang, W.Y.; Yeh, J.W. Effect of Aluminum Content on Plasma-Nitrided Al<sub>x</sub>CoCrCuFeNi High-Entropy Alloys. *Metall. Mater. Trans. A* 2009, 40, 1479–1486.
15. Zhang, H.; Pan, Y.; He, Y.Z. Synthesis and characterization of FeCoNiCrCu high entropy alloy coating by laser cladding. *Mater. Des.* 2011, 32, 1910–1915.
16. Maiti, S.; Steurer, W. Structural-disorder and its effect on mechanical properties in single-phase TaNbHfZr high-entropy alloy. *Acta Mater.* 2016, 106, p.87–97.

17. Abbott, A.P.; McKenzie, K.J. Application of ionic liquids to the electrodeposition of metals. *Phys. Chem. Chem. Phys.* **2006**, *8*, p.4265–4279.
18. Wang, S.; Guo, X.; Yang, H.; Dai, J.; Zhu, R.; Gong, J.; Peng, L.; Ding, W. Electrodeposition mechanism and characterization of Ni-Cu alloy coatings from a eutectic-based ionic liquid. *Appl. Surf. Sci.* **2014**, *288*, 530–536.
19. Simka, W.; Puszczuk, D.; Nawrat, G. Electrodeposition of metals from non-aqueous solutions. *Electrochim. Acta* **2009**, *54*, 5307–5319.

М.Б.Байгужиева<sup>1</sup>, А. А. Кабдолғазиз<sup>1</sup>, Е. Серік<sup>2</sup>, А.Ш. Канбетов<sup>1</sup>, А.О. Муканова<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Сафи Өтебаев атындағы мұнай және газ Атырау университеті», Атырау

<sup>2</sup>National Laboratory Astana, Astana, Қазақстан

E-mail: [aliya.mukanova@nu.edu.kz](mailto:aliya.mukanova@nu.edu.kz), [yerzhigit.serik@nu.edu.kz](mailto:yerzhigit.serik@nu.edu.kz),

### CrFeTiNiCuZn ЖОҒАРЫ ЭНТРОПИЯЛЫ ПЛЕНКАЛАРЫН ЭЛЕКТРОТҮНДЫРУ ЖӘНЕ ОЛАРДЫҢ АГРЕССИВТІ ОРТАДАҒЫ КОРРОЗИЯЛЫҚ ҚАСИЕТТЕРІН ЗЕРТТЕУ

**Аңдатпа.** Жүргізілген зерттеулер нәтижесінде әртүрлі потенциалдарда потенциостатикалық электрокаптау әдісімен CrFeTiNiCu жоғарыэнтропиялы қорытпалары алынған. SEM бетінің талдауы бойынша, жұқа пленкалар үш түрлі бөлшектерден (сфералық, дән тәрізді және кластерлер) тұрады, олардың өлшемдері 1 мкм дейін. Қорғаныс қасиеттерін қамтамасыз ететін тығыз, біркелкі және коррозияға төзімді қабат алу үшін ең тиімді қалпына келтіру параметрлері -5 В кернеу және 60 минуттық қалпына келтіру уақыты болып табылады. Мұндай жағдайлар ақауларды азайтуға және пленкалардың ең жақсы қорғаныс қасиеттерін алуға мүмкіндік береді. Керісінше, -6 В кернеу мен ұзақ уақыт қалпына келтіру (90 минут) сызаттар мен пороздықтың пайда болуына себепші болып, қабаттың төзімділігін төмендетеді. Келешектегі зерттеулер қабаттардың микроструктурасын зерттеуге, ақаулардың себептерін анықтауға, құрамның коррозияға төзімділікке әсерін бағалауға және жоғары кернеулер кезінде жағымсыз әсерлерді жою үшін қалпына келтіру параметрлерін жетілдіруге бағытталады.

**Кілт сөздер:** электротүндыру, жоғары энтропиялы қорытпа, жұқа пленкалар, беткі талдау, коррозиядан қорғау, масса жоғалту, микроқұрылым, электролит.

М.В. Baiguzhiyeva<sup>1</sup>, А. А. Kabdolgaziz<sup>1</sup>, Y. Serik<sup>2</sup>, A.S. Kanbetov<sup>1</sup>, A.O. Mukanova<sup>2</sup>

<sup>1</sup>S. Utebayev Atyrau Oil and Gas University, Atyrau, Kazakhstan

<sup>2</sup>National Laboratory Astana, Astana, Kazakhstan

E-mail: [yerzhigit.serik@nu.edu.kz](mailto:yerzhigit.serik@nu.edu.kz), [aliya.mukanova@nu.edu.kz](mailto:aliya.mukanova@nu.edu.kz)

### ELECTRODEPOSITION OF HIGH-ENTROPY CrFeTiNiCuZn FILMS AND INVESTIGATION OF THEIR CORROSION PROPERTIES IN AN AGGRESSIVE ENVIRONMENT

**Abstract.** As a result of the conducted research, high-entropy alloys CrFeTiNiCu were obtained by potentiostatic electrodeposition at various potentials. SEM surface analysis showed that the thin films consisted of particles of three types (spherical, grain-like, and clusters) with sizes up to 1 μm. The optimal deposition parameters for ensuring a dense, uniform, and corrosion-resistant coating are a voltage of -5 V and a deposition time of 60 minutes. These conditions allow for minimizing defects and achieving the best protective properties of the films. In contrast, a voltage of -6 V and a long deposition time (90 minutes) contribute to the formation of cracks and porosity, which reduces the coating's resistance. Further research will focus on studying the microstructure of the coatings to determine the causes of defects, evaluating the effect of composition on corrosion properties, and improving deposition parameters to eliminate undesirable effects at higher voltages.

**Keywords:** electrodeposition, high-entropy alloy, thin films, surface analysis, corrosion protection, mass loss, microstructure, electrolyte.

**А. Ш. Канбетов, Г.С. Дюсенгалиева, М.Г. Дибиров, Д.Е. Ғинаятова**  
«С. Өтебаева атындағы Атырау мұнай және газ университеті» КеАҚ

## **КАСПИЙ ТЕҢІЗІНІҢ ҚАЗАҚСТАНДЫҚ СЕКТОРЫНЫҢ ГИДРОЛОГИЯЛЫҚ РЕЖИМІН ТАЛДАУ**

**Аннотация.** Бұл жұмыс Каспий теңізінің қазақстандық секторының зерттелетін акваториясында барлық байқау маусымдарында теңіз суының гидрологиялық параметрлерін талдауға арналған.

**Кілт сөздер.** Гидрологиялық режим, судың тереңдігі, мөлдірлігі, лайлылығы, Каспий теңізінің қазақстандық секторы.

Каспий теңізі, оған құятын өзендердің төменгі ағысын қоса алғанда, Қазақстан Республикасының маңызды ішкі балық шаруашылығы су айдыны болып табылады. Экологиялық жағдайлардың өзгеруі (өзендердің ағынын реттеу, суды қайтарымсыз тұтынудың өсуі, ластану және т.б.) мен адамның шаруашылық қызметі бағалы кәсіптік балық түрлерінің қорының ауытқуына әсер етеді. Әсіресе, гидротехникалық құрылыстар мен өзендердің табиғи гидрологиялық режимінің бұзылуы айтарлықтай ықпал етеді. [1-4].

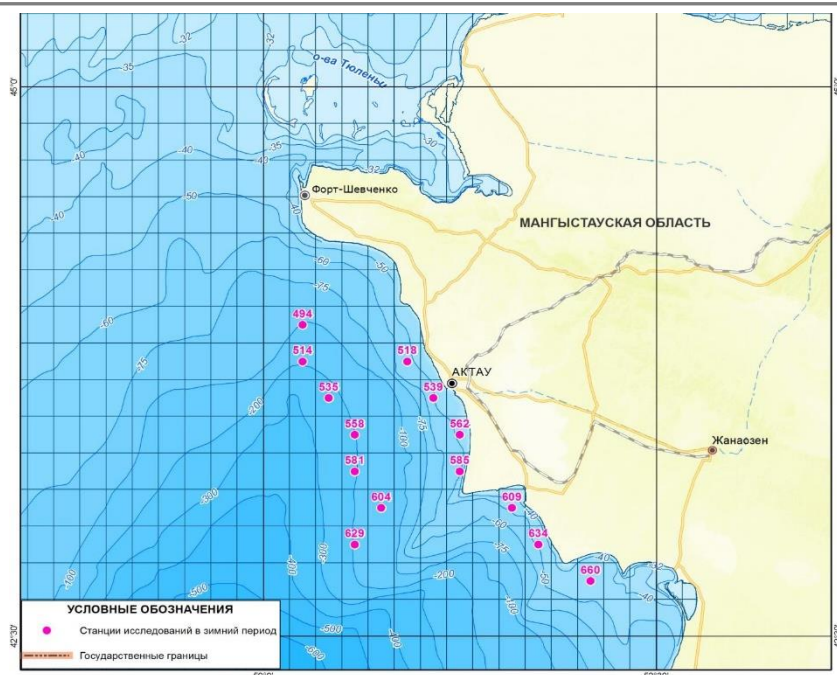
2023 жылы Балық шаруашылығы комитетінің тапсырысы бойынша «Қазақстандық Қолданбалы Экология Агенттігі» ЖШС («КАПЭ» ЖШС) Каспий теңізінің қазақстандық бөлігінде кешенді теңіз зерттеулерін жүргізді. Бұл зерттеу Қазақстан Республикасы Қоршаған орта және су ресурстары министрінің 2014 жылғы 4 сәуірдегі № 104-Ө бұйрығымен бекітілген, жануарлар дүниесін пайдалануға биологиялық негіздеме дайындау қағидаларына және техникалық тапсырма талаптарына сәйкес жүзеге асырылды. [5].

Бұл жұмыстың мақсаты Каспий теңізінің Қазақстандық бөлігіндегі судың гидрологиялық режиміне (тереңдігі, мөлдірлігі, лайлылығы) мониторинг жүргізу болып табылады.

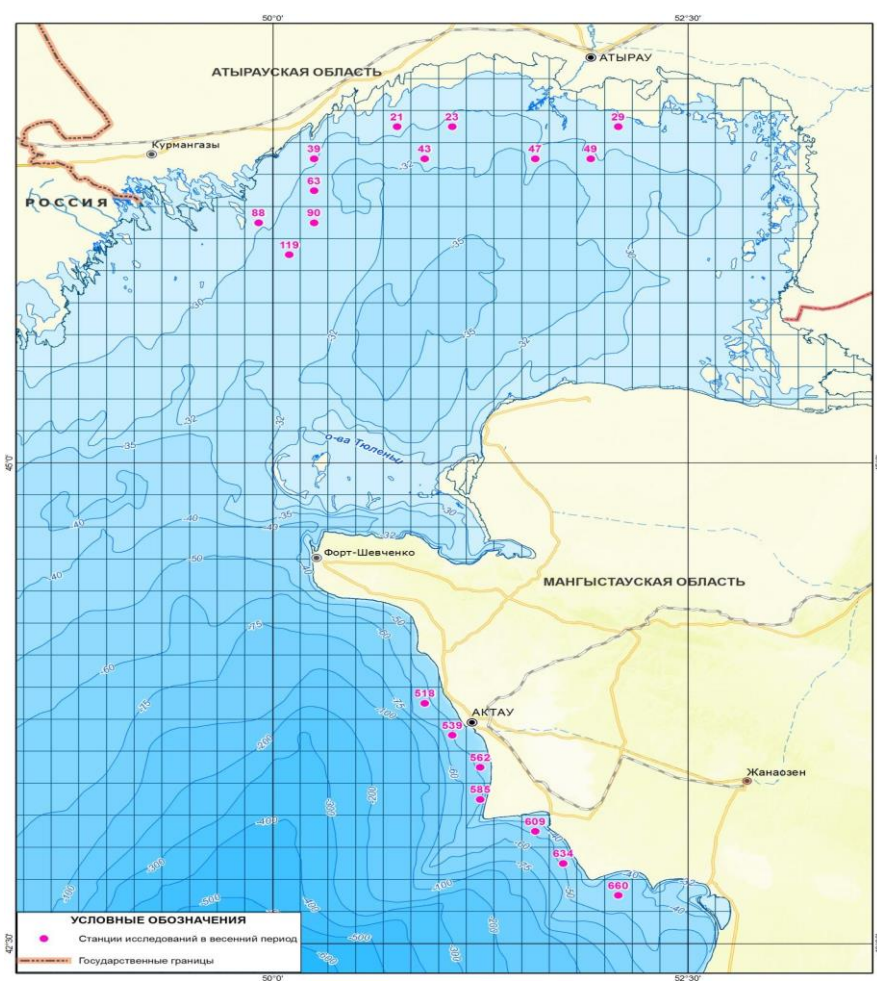
### **Зерттеу материалы мен әдістері**

Зерттеулер техникалық ерекшелікте көзделген станциялар желісі бойынша жүргізілді және Каспий маңы мемлекеттерінің Каспий теңізінің ортақ су биологиялық ресурстарын бөлу, санын, қорларын бағалау мен ОДҚ-ны айқындауды зерделеуге арналған өңірлік бағдарламасының бір бөлігі болып табылады [5].

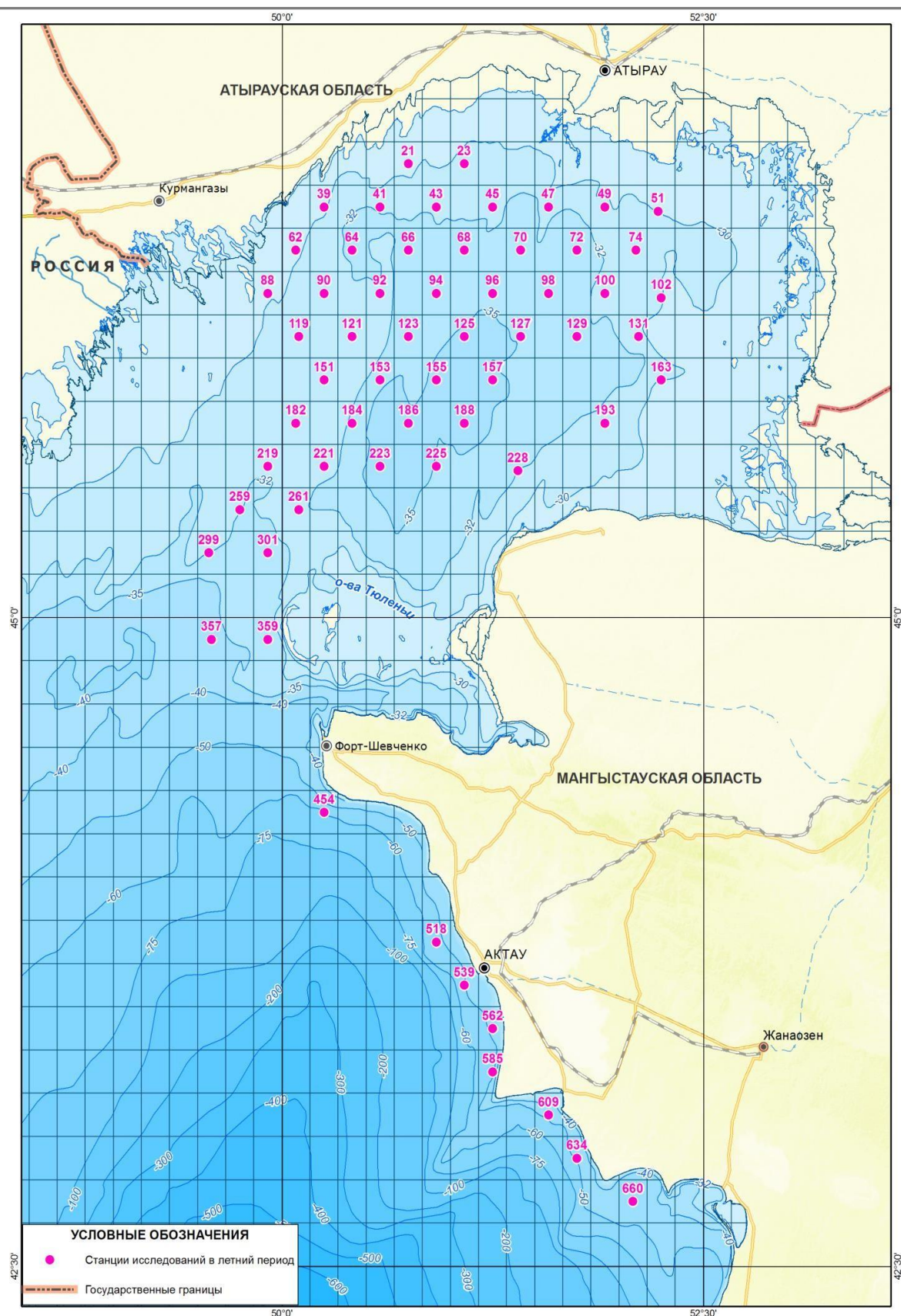
Экспедициялық жұмыстар қысқы, көктемгі, жазғы және күзгі кезеңдерде жүргізілді (сурет. 1.1 - 1.4). Зерттеулер «Наутилус Один» және «Хелен» кемелерінде ғылыми-зерттеу жүргізілді.



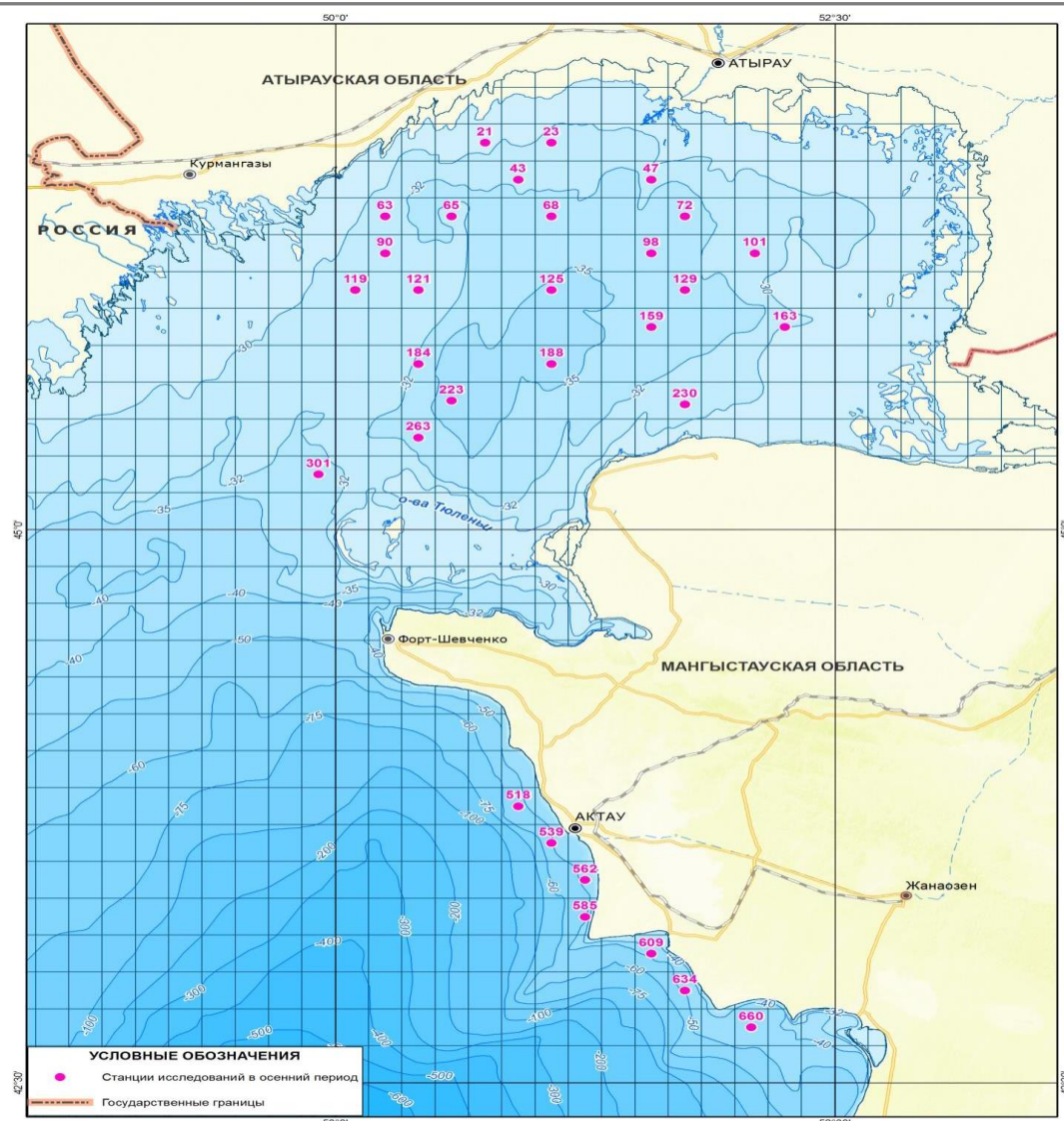
Сурет1.1 - Қыс мезгілінде жүргізілген зерттеу жұмыстары бойынша ауданының Карта-схемасы



Сурет 1.1 – Көктем мезгілінде жүргізілген зерттеу жұмыстары ауданының Карта-схемасы



Сурет 1.3 – Жаз мезгілінде жүргізілген зерттеулердің жұмыстары ауданының Карта-схемасы



Сурет 1.4 – Күз мезгілінде жүргізілген зерттеулер жұмыстары бойынша ауданының Карта-схемасы

Қоршаған орта компоненттерінің кейбір күй параметрлері тікелей дала жағдайында өлшенді. Метеорологиялық параметрлер зерттелетін алаңда зәкірге бекітілген кемеден таңертең, түстен кейін және кешке кеме құралдарын пайдалану арқылы тіркелді. Гидрологиялық бақылаулар (судың температурасы, тұздылығы, еріген оттегі, рН, лайлану) Horiba U-10 далалық зондының көмегімен жүргізілді [5,6]. Ал судың тереңдігі кеме эхолоты арқылы өлшенді.

Судың мөлдірлігін анықтау үшін диаметрі 200 мм Секки дискісі қолданылды. Диск суға түрін жоғалтқанға дейін батырылып, сол жердің тереңдігі белгіленді, содан кейін ол баяу көтеріліп, қайтадан көрінгенде тереңдік тіркеледі. Осы екі өлшемнің орташа мәні судың мөлдірлігі ретінде есептелді. Өлшеу кеменің көлеңкелі жағынан жүргізілді.

Теңіз суының сынамалары «ҚАПЭ» ЖШС аккредиттелген сынақ зертханалық орталығының зертханасында өңделді.

### Зерттеу нәтижелері

Барлық бақылау маусымдарында зерттелетін акваториядағы гидрологиялық параметрлер жұмыс бағдарламасына сәйкес тіркелді. 2023 жылғы және алдыңғы жылдардағы Каспий теңізінің қазақстандық бөлігіндегі акваторияның орташа жылдық гидрологиялық параметрлері кестеде көрсетілген. 1 [5].

Кесте 1. Каспий теңізінің қазақстандық бөлігі акваториясының орташа жылдық гидрологиялық параметрлері

| Мезгіл         | Тереңдігі, м           | Мөлдірлігі, м | Лайдыдығы, NTU |
|----------------|------------------------|---------------|----------------|
| Жаз 2012 ж.    | 5 м дейін              | 0,9           | 37             |
|                | 5,0 м және одан жоғары | 1,0           | 23             |
| Жаз 2013 ж.    | 5 м дейін              | 0,9           | 52             |
|                | 5,0 м және одан жоғары | 1,7           | 26             |
| Күз 2013 ж.    | 5 м дейін              | 0,3           | 125            |
|                | 5,0 м және одан жоғары | 0,5           | 111            |
| Жаз 2014 ж.    | 5 м дейін              | 0,8           | 55             |
|                | 5,0 м және одан жоғары | 1,8           | 26             |
| Күз 2014 ж.    | 5 м дейін              | 0,6           | 89             |
|                | 5,0 м және одан жоғары | 1,3           | 80             |
| Жаз 2015 ж.    | 5 м дейін              | 0,89          | 57             |
|                | 5,0 м және одан жоғары | 2,3           | 28             |
| Күз 2015 ж.    | 5 м дейін              | 0,6           | 79             |
|                | 5,0 м және одан жоғары | 1,1           | 37             |
| Жаз 2016 ж.    | 5 м дейін              | 0,7           | 21             |
|                | 5,0 м және одан жоғары | 2,8           | 20             |
| Күз 2016 ж.    | 5 м дейін              | 0,6           | 43             |
|                | 5,0 м және одан жоғары | 3,5           | 7              |
| Көктем 2017 ж. | 5 м дейін              | 1,0           | 34             |
| Жаз 2017 ж.    | 5 м дейін              | 0,8           | 40             |
|                | 5,0 м және одан жоғары | 1,2           | 29             |
| Күз 2017 ж.    | 5 м дейін              | 1,0           | 39             |
|                | 5,0 м және одан жоғары | 1,2           | 30             |
| Жаз 2018 ж.    | 5 м дейін              | 1,4           | 33             |
| Күз 2018 ж.    | 5,0 м және одан жоғары | 0,4           | 62             |
| Көктем 2019 ж. | 5 м дейін              | 0,5           | 152            |
|                | 5,0 м және одан жоғары | 0,3           | 183            |
| Жаз 2019 ж.    | 5 м дейін              | 0,8           | 91             |
|                | 5,0 м және одан жоғары | 2,5           | 71             |
| Күз 2019 ж.    | 5 м дейін              | 0,8           | 79             |
|                | 5,0 м және одан жоғары | 1,4           | 32             |
| Көктем 2020 ж. | 5 м дейін              | 0,4           | 57             |
|                | 5,0 м және одан жоғары | -             | -              |
| Жаз 2020 ж.    | 5 м дейін              | 0,6           | 55             |
|                | 5,0 м және одан жоғары | 2,2           | 45             |
| Күз 2020 ж.    | 5 м дейін              | 0,8           | 11             |
|                | 5,0 м және одан жоғары | 0,6           | 16,3           |
| Көктем 2021 ж. | 5 м дейін              | 0,4           | 64,2           |
|                | 5,0 м және одан жоғары | -             | -              |
| Жаз 2021 ж.    | 5 м дейін              | 0,6           | 19,2           |
|                | 5,0 м және одан жоғары | 3,1           | 28,4           |
| Күз 2021 ж.    | 5 м дейін              | 0,6           | 18,5           |
|                | 5,0 м және одан жоғары | 0,8           | 39,5           |
| Қыс 2022 ж.    | 5 м дейін              | -             | -              |
|                | 5,0 м және одан жоғары | 14,5          | -              |

Продолжение таблицы 1

|                |                        |     |      |
|----------------|------------------------|-----|------|
| Көктем 2022 ж. | 5 м дейін              | 0,4 | 31,1 |
|                | 5,0 м және одан жоғары | 5,5 | 7,1  |
| Жаз 2022 ж.    | 5 м дейін              | 0,6 | 87,4 |
|                | 5,0 м және одан жоғары | 3,6 | 12,2 |
| Күз 2022 ж.    | 5 м дейін              | 0,5 | 68,2 |
|                | 5,0 м және одан жоғары | 4,9 | 47,4 |
| Қыс 2023 ж.    | 5 м дейін              | -   | -    |
|                | 5,0 м және одан жоғары | 3,9 | 1    |
| Көктем 2023 ж. | 5 м дейін              | 0,6 | 81,2 |
|                | 5,0 м және одан жоғары | 8,3 | 25,4 |
| Жаз 2023 ж.    | 5 м дейін              | 0,7 | 59,4 |
|                | 5,0 м және одан жоғары | 4,8 | 26,5 |
| Күз 2023 ж.    | 5 м дейін              | 0,9 | 31,0 |
|                | 5,0 м және одан жоғары | 5,2 | 14,3 |

Тереңдік. Қыста сынамалар тереңдігі 15-тен 149 м-ге дейін өзгертін терең су станцияларында алынды. Көктемде тереңдік диапазоны 3,5-тен 24,0 м-ге дейін болды. Жазда бақылау кең су аймағында жүргізілгендіктен, тереңдік дисперсиясы кеңірек болды (2,4-тен 31,4 м-ге дейін). Күзде тереңдік 3,4-тен 25,6 м аралығында өзгерді.

Мөлдірлік. Таяз сулардағы судың мөлдірлігі өзендердің ағуына, жел жағдайларына, су массаларының динамикасына, тереңдікке және жағалаудан қашықтыққа байланысты өзгерді. Қыста мөлдірлік 3,0–5,0 м аралығында болды, көктемде – 0,4-тен 12,0 м-ге дейін, жазда – 0,3-тен 13,0 м-ге дейін, ал күзде – 0,5-тен 11,0 м-ге дейін өзгерді.

Лайлану. Судың лайлануы құрамында бөлшектердің болуына байланысты өзгерді. Қыс мезгілінде лайлану деңгейі төмен болды (беткі қабатта 2,2 NTU, төменгі қабатта 1,3 NTU). Көктемде таяз суларда лайлану деңгейі 144–147 NTU-ға дейін жетсе, терең суларда тұрақты сақталды. Жазда таяз суларда да жоғары лайлану байқалды, бірақ мәндердің таралуы біршама төмен болды. Күзде лайланудың орташа мәні беткі қабатта 23 NTU, ал төменгі қабатта 24 NTU болды.

#### Қорытынды

2023 жылғы зерттеулер көрсеткендей, гидрологиялық параметрлер гидробионттардың тіршілік етуіне негізінен қолайлы болды және көпжылдық орташа мәндерге сәйкес келді. Жекелеген параметрлердің өзгерістері Каспий теңізіне тән маусымдық және жылдық ауытқуларды бейнелейді.

#### Пайдаланылған әдебиеттер

1. А.Ш. Канбетов, Д.К. Құлбатыров, Д.Е. Гинайтова. «Кашаған» кен орнының түбін тереңдету жұмыстары ауданындағы су лайлануының мониторингі// С.Өтебаев атындағы Атырау мұнай және газ университетінің Хабаршысы, №3 (67), Атырау, 2023, 80-84 ББ.
2. А. Kenzhegaliev A. Kanbetov D. Kulbatyrov A. Shakhmanova A. Abilgazyieva. Fluctuation in the level of the Caspian Sea and its consequences. E3S Web of Conferences, Volume 288, 2021, 01063. International Symposium on Sustainable Energy and Power Engineering, (SUSE-2021). <https://doi.org/10.1051/e3sconf/202128801064>.
3. А.Ф. Сокольский, А.Ш. Канбетов, Н.Н. Попов, Б.А. Муташев, Н.И. Рабазанов. Мұнай-газ кен орындарын игеру кезіндегі Каспий теңізі суларының қазіргі экологиялық жағдайы // «Ресейдің оңтүстігі: экология, даму» журналы. 2021. Т. 16, N 2. С.98-107. DOI: 10.18470/1992-1098-2021-2-98-107 <https://ecodag.elpub.ru/ugro/issue/current>.
4. Сокольский А.Ф., Рабазанов Н.И., Сокольская Е.А., Канбетов А.Ш. Каспий теңізінің температуралық режимінің өзгеруінің көпжылдық материалдары және оның

биоалуантүрлілігі мен биопродуктивтілігі деңгейінің онымен байланысты жағымсыз салдары // жас ғалымдарға арналған мектеп элементтері бар XXIII халықаралық ғылыми конференция материалдары «Климаттың өзгеруінің биологиялық әртүрлілікке және вирустық инфекциялардың таралуына әсері» Дағыстан мемлекеттік университетінің 90 жылдығына арналған «Еуразия», Махачкала қ., 15-16 қазан 2021 ж., 428-430 ББ.

5. Каспий теңізінің Қазақстандық бөлігінің биологиялық ресурстарының жай-күйін бағалау бойынша кешенді теңіз зерттеулерін жүргізу. Биологиялық негіздеме. Алматы. «КАПЭ» ЖШС есептері 2012-2023.

6. ҚР СТ ИСО 7027-2007 «Су сапасы. Лалылықты анықтау».

**А.Ш. Канбетов, Г.С. Дюсенгалиева, М. Г. Дибиров, Е. Ғинаятова**  
НАО «Атырауский университет нефти и газа им. С. Утебаева» Атырау, Казахстан

### **АНАЛИЗ ГИДРОЛОГИЧЕСКОГО РЕЖИМА КАЗАХСТАНСКОГО СЕКТОРА КАСПИЙСКОГО МОРЯ**

**Аннотация.** Работа посвящена анализу гидрологических параметров морской воды во все сезоны наблюдений на исследуемой акватории Казахстанского сектора Каспийского моря.

**Ключевые слова.** Гидрологический режим, глубина, прозрачность, мутность воды, Казахстанский сектор Каспийского моря.

## ГЛАВА 3. ПРОБЛЕМЫ ЭНЕРГЕТИКИ, ТРАНСПОРТА И СТРОИТЕЛЬСТВА

УДК 004.738

**Г. Р. Айманова, А. Ж. Куанышкалиева, Н.Ю.Нұршамиль**

НАО "Атырауский университет нефти и газа имени Сафи Утебаева" Атырау, Казахстан

### ПРИМЕНЕНИЕ ИНФОРМАЦИОННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ ДЛЯ РАЗРАБОТКИ УМНОГО ДОМА

Современные информационные технологии открывают широкие возможности для создания интеллектуальных систем управления домашним хозяйством. Концепция "умного дома" предполагает интеграцию различных устройств и сервисов в единую автоматизированную систему, которая позволяет повысить комфорт, безопасность и энергоэффективность жилища.

Современные сооружения и здания представляют собой все более сложные объекты, требующие инновационных архитектурных и конструктивных решений. Для обеспечения доступа каждого участника к полному объему данных проекта в индустрии строительства активно внедряются информационные технологии.

Эти технологии позволяют систематизировать сбор и передачу новой информации, хранить все данные в едином месте, координировать участников строительного процесса и вовлекать их в совместную работу. Кроме того, применение новых технологий сокращает время выполнения определенных видов работ непосредственно на строительной площадке. Внедрение цифровых технологий приводит к сокращению сроков строительства и экономии ресурсов на проект в целом. [1-4].

В основе современных технологий лежит концепция искусственного интеллекта. Основная цель искусственного интеллекта заключается в разработке технических систем, способных эффективно обрабатывать информацию и решать задачи, требующие анализа содержательных данных.

Одним из ключевых направлений развития искусственного интеллекта является создание интеллектуальных роботов, способных автономно выполнять задачи, поставленные перед ними человеком, с целью достижения определенных целей.

Существует различные интерпретации понятия "интеллектуального здания", но все они включают следующие компоненты: структуру, систему, обслуживание и управление. Основную роль играет контрольная (компьютерная) система, которая в сочетании с данными определений раскрывает суть концепции "интеллектуального здания".

Здание приобретает статус "умного", когда в нем присутствует множество подсистем, объединенных под единым центром управления. Однако наличие различных изолированных систем в здании не делает его "умным". Здание можно назвать "интеллектуальным" только тогда, когда его подсистемы (включая климатические, осветительные, безопасностные и другие) взаимодействуют друг с другом через централизованную компьютерную систему, которая автоматически собирает, анализирует информацию и передает управляющие команды.

На сегодняшний день тенденцией в строительстве становится развитие автоматизированных систем. Домашняя автоматизация в современном мире представляет собой высоко гибкую систему, которую пользователь может самостоятельно создавать и настраивать в соответствии со своими потребностями.

"Умный дом" представляет собой сеть домашних устройств, способных выполнять различные задачи и действия без постоянного вмешательства человека. Умный дом представляет собой совокупность трех основных направлений:

- а) Повышение уровня безопасности жизни:
  - Автоматическое реагирование на движение, вторжение или другие нештатные ситуации.
  - Возможность удаленного контроля и управления домом.
- б) Повышение комфорта проживания:
  - Автоматическое поддержание оптимальной температуры, влажности и проветривания помещений.
  - Автоматизированное управление освещением, климатом и другими домашними системами.
- в) Экономия ресурсов:
  - Оптимизация энергопотребления и расходов на коммунальные услуги.
  - Автоматическое управление бытовыми приборами для рационального использования ресурсов.

- г) Повышение удобства и качества жизни:
    - Адаптация системы под предпочтения и потребности пользователя.
    - Возможность удаленного управления домом с помощью мобильных устройств.
    - Интеграция с другими "умными" устройствами и сервисами.
- Ключевыми технологиями, применяемыми в умных домах, являются:
- Интернет вещей (IoT) - сеть взаимосвязанных устройств, способных собирать и обмениваться данными.
  - Системы "умного" управления - программные платформы, которые контролируют и координируют работу различных домашних систем.
  - Технологии искусственного интеллекта - алгоритмы, позволяющие анализировать данные и адаптировать работу системы под предпочтения пользователя.
  - Облачные вычисления - удаленные серверы для хранения и обработки информации, поступающей от домашних устройств.

Применение этих технологий позволяет создавать интеллектуальные системы, способные автоматически регулировать освещение, температуру, влажность, следить за безопасностью, экономить энергоресурсы и многое другое. Такие системы не только повышают комфорт проживания, но и способствуют рациональному использованию ресурсов, что особенно актуально в условиях глобальной экологической повестки.

Таким образом, информационные технологии играют ключевую роль в развитии концепции "умного дома", открывая новые возможности для повышения качества жизни и решения важных социальных и экологических задач.

Таким образом, применение информационных технологий в концепции "умного дома" позволяет значительно повысить комфорт, безопасность и энергоэффективность жилища, что в целом улучшает качество жизни человека.

Наиболее известным и технологически продвинутым умным домом в мире является дом Билла Гейтса. Это 8-этажное здание площадью 3,5 га, расположенное на берегу озера Вашингтон в США. В доме Гейтса полностью автоматизированы все системы - от освещения и климат-контроля до безопасности и развлекательных функций. В доме есть кинотеатр, танцевальный зал, бассейн, библиотека, картинная галерея и множество других высокотехнологичных функций. Четыре этажа дома находятся под землей, чтобы снизить налоги на наземную площадь.

Таким образом, дом Билла Гейтса является самым технологически продвинутым и дорогостоящим примером реализации концепции "умного дома" в мире на сегодняшний день [1].

Наиболее развитыми рынками для технологий "умного дома" являются страны Азии, такие как:

1. Южная Корея:

- Девелоперы Южной Кореи активно внедряют комплексные решения "умного дома" в новых жилых проектах.

- Южная Корея является одним из лидеров в автоматизации зданий и применении технологий "интернета вещей" в домашних системах.

2. Япония:

- В Японии на основе концепции "умного дома" построена целая сеть отелей, предлагающих высокотехнологичные решения для гостей.

- Японские туалеты являются ярким примером высокотехнологичных "умных" устройств для дома.

3. Сингапур и Малайзия:

- Страны Юго-Восточной Азии, такие как Сингапур и Малайзия, также активно внедряют технологии "умного дома" в новое жилищное строительство.

Таким образом, страны Азии, особенно Южная Корея, Япония, Сингапур и Малайзия, являются лидерами в области практического применения концепции "умного дома" и создания высокотехнологичных решений для автоматизации жилых зданий.

Идея "комфортной" жизни является субъективной для каждого. Однако новые информационные технологии предлагают возможность настроить выполнение жизненно важных функций для каждого индивидуума. В умном доме безопасность жизни обеспечивается круглосуточным видеонаблюдением. Управление комфортным микроклиматом достигается через интеграцию четырех основных систем: охлаждение, отопление, увлажнение и осушение воздуха. Используя разнообразные датчики, технология умного дома позволяет существенно сэкономить электроэнергию, снижая расходы на 20-40% ежемесячно.

Таким образом, мы видим изменение в строительстве с помощью информационных технологий, совершенствующихся с каждым этапом строительной индустрии, и виртуальных объектов, которые делают работу архитектора намного нагляднее и проще для последующих изменений в строительстве.

### Список литературы

1. <https://dzen.ru/a/YZtNjAyZjkZC6gf->
2. <https://www.vedomosti.ru/lifestyle/articles/2015/03/30/sistema-umnii-dom-oblegchaet-bit-i-delaet-zhile-bolee-komfortnim>
3. <https://мниап.рф/analytics/Umnnye-doma-mirovoj-rynok-i-trendy/>
5. Gubbi, J., Buyya, R., Marusic, S., & Palaniswami, M. (2013). Internet of Things (IoT): A vision, architectural elements, and future directions. *Future generation computer systems*, 29(7), 1645-1660.
6. Atzori, L., Iera, A., & Morabito, G. (2010). The internet of things: A survey. *Computer networks*, 54(15), 2787-2805.
7. Perumal, T., Sulaiman, M. N., & Leong, C. Y. (2015). Internet of Things (IoT) enabled water monitoring system. In 2015 IEEE 4th Global Conference on Consumer Electronics (GCCE) (pp. 86-87). IEEE.
9. Kang, B. O., & Choi, J. Y. (2015). Design and implementation of a home energy management system based on SmartThings platform. In 2015 IEEE RIVF International Conference on Computing & Communication Technologies-Research, Innovation, and Vision for Future (RIVF) (pp. 68-73). IEEE.

УДК 004.9

**Р. К.Салпакаева, Г. Р.Қарасаева, Н.Б.Батрхан**

НАО «Атырауский университет нефти и газа имени Сафи Утебаева», Атырау, Казахстан

**ИНФОРМАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ В СТРОИТЕЛЬСТВЕ**

**Аннотация.** В работе проведен краткий обзор систем автоматизированного проектирования, используемых для оптимизации, рационализации и повышения качества труда в строительстве.

**Ключевые слова:** строительство, информационные технологии, оптимизация процессов.

Информационные технологии становятся неотъемлемой частью многих отраслей, включая строительство. Современные технологии меняют подходы к проектированию, управлению проектами, обеспечивают более эффективное взаимодействие между участниками строительного процесса. В данной статье мы рассмотрим, какие инновационные IT-решения активно применяются в сфере строительства, и какие преимущества они приносят.

Информационные технологии существенно повышают эффективность управления строительством. Программные продукты для виртуального моделирования позволяют создавать трехмерные модели зданий и сооружений, что способствует улучшению проектирования и облегчает визуализацию конечного результата. Благодаря системам управления проектами, стало проще контролировать ход строительных работ и соблюдать сроки.

Преимущества использования информационных технологий в строительстве

1. Увеличение точности проектирования: Системы автоматизированного проектирования позволяют исключить ошибки и несоответствия в проекте.

2. Сокращение времени на согласование: Электронные системы подписания документов значительно ускоряют процессы согласования и утверждения проектов.

3. Снижение издержек: Использование IT-решений позволяет оптимизировать расходы на строительство, предсказать возможные риски и снизить потери.

Что касается недостатков:

-Ограниченность применения роботизированных систем на стройплощадке

-Стройплощадка является слишком непредсказуемым и быстро меняющимся местом для роботов без искусственного интеллекта

-Необходимость дальнейшего развития и внедрения BIM-технологий

-Требуется расширение применения BIM на этапе реализации строительных проектов

-Необходимость более тесной интеграции BIM-моделей в строительные процессы

Сфера строительства тесно связана с применением информационных технологий. Все больше строительных компаний стремятся к внедрению IT-решений в различные аспекты строительной деятельности, включая оценку качества недвижимости. Это связано с тем, что использование информационных технологий позволяет уменьшить количество ошибок при разработке документации, сократить временные затраты, повысить производительность проектировщиков и расширить объем выпускаемой продукции. [1, 3].

Информационные технологии используются, начиная с проектирования здания, заканчивается его обслуживанием в дальнейшем.

- BIM (Building Information Modeling): Интегрированная система виртуального моделирования, позволяющая создавать цифровые прототипы зданий.

- ERP-системы: Автоматизированные системы управления предприятием, упрощающие учёт всех процессов на строительном объекте.

- Системы мониторинга и контроля: Специализированные решения для наблюдения за процессом строительства и контроля качества выполнения работ.

В процессе работы с программным обеспечением для автоматизированного проектирования (САПР) создается интегрированная трехмерная модель проекта, которая визуализирует объект на этапе проектирования, охватывая все его компоненты - оборудование, трубопроводы, строительные конструкции, кабельные трассы, системы контроля и автоматики, электроснабжение, а также сети отопления и вентиляции. Это позволяет выявить и исправить ошибки в проекте, обнаружить сближения или нежелательные пересечения различных элементов. Кроме того, внесение изменений в проект с помощью этой программы очень удобно.

Следующим этапом после завершения проектирования является фаза строительства объекта. Используемая трехмерная модель с базой данных упрощает переход к этапу строительства. При осуществлении проекта с применением системы автоматизированного проектирования (САПР) можно разработать расписание работ, где прописаны точные сроки выполнения работ и поставки необходимых материалов. Данная программа также облегчает управление всеми расходами на проект. Процесс строительства объекта также включает в себя активное использование информационных технологий и передового оборудования, что значительно упрощает ход строительных работ.

В настоящее время квадрокоптеры широко применяются для проведения топографических съемок. С помощью дронов можно получить всю необходимую информацию о ландшафте окружающей местности. Также дроны используются для контроля над процессом строительства, демонстрации прогресса инвесторам, наблюдения за работниками. Дроны позволяют детально изучить объект и эффективно контролировать несколько строительных объектов одновременно.

Прежде всего, все здания и сооружения должны быть оснащены современной системой обеспечения безопасности. Особое внимание следует уделять защите от природных катастроф, таких как землетрясения, ураганы и другие. Особенно важен контроль за высотными зданиями, поскольку их аварийное состояние может иметь непредсказуемые последствия. Поскольку доступ к большей части несущих конструкций в высотных зданиях ограничен, возникают трудности при проведении контроля безопасности такого объекта. Для обеспечения безопасности применяются динамические методы исследования зданий и сооружений, которые базируются на измерении периодов и логарифмических колебаний их несущих конструкций. [4].

При проведении технического обслуживания зданий и сооружений осуществляется проверка состояния ключевых элементов, необходимых для безопасной эксплуатации здания. Эти элементы включают в себя грунт, фундамент, элементы крыши (фермы), стены, колонны, перекрытия, балконы, лестницы, эркеры, а также соединения и узлы конструкции. Для оценки прочности стен используются тепловизоры, которые обеспечивают быструю диагностику материалов и визуализацию проблемных зон. Также в работе применяют программы BIM или САПР, которые позволяют определить примерный срок эксплуатации здания или сооружения, а также спланировать расписание необходимых проверок.

Информационные технологии стали двигателем прогресса в сфере строительства, обеспечивая повышение производительности, снижение издержек и улучшение качества проектов. Развитие IT-сферы в строительстве продолжает открывать новые возможности для оптимизации процессов и повышения конкурентоспособности.

### Список литературы

1. Гаврилов В.И., Отман В.Х. Информационные технологии в технологическом процессе проектирования // Промышленное и гражданское строительство. - 2006. - № 3. - С. 23-25.
2. Фомичев М.А. Повышение качества строительного производства с использованием информационных технологий // Жилищное строительство. - 2006. - № 4. - С. 15

3. Стерликова А.А., Булгаков П.А. Применение информационных технологий в строительстве // В сборнике: Актуальные вопросы и достижения современной науки. Материалы Международной (заочной) научно-практической конференции. Под общей редакцией А.И. Вострецова. - 2018. - С. 114-117.

4. Информационные технологии в строительстве [сайт] ВикиСтрой [Электронный ресурс] - URL: [https://www.wikistroi.ru/wiki/informacionnye-tehnologii-v-stroitelstve\\_](https://www.wikistroi.ru/wiki/informacionnye-tehnologii-v-stroitelstve_) (дата обращения: 11.04.2024).

## ГЛАВА 4. ИНФОРМАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ И ФИЗИКО-МАТЕМАТИЧЕСКИЕ НАУКИ

МРНТИ 87.19.02

Л. Балакай<sup>1</sup>, Т. Дедова, К. Бостанбеков<sup>2</sup>, Г. Абдиманап<sup>2</sup>, А. Елисеева<sup>1</sup>

<sup>1</sup> ТОО «Институт Ионосферы» Алматы, Казахстан,

<sup>2</sup> ТОО «КМГ Инжиниринг»

### СИСТЕМА АВТОМАТИЗИРОВАННОГО МОНИТОРИНГА НЕФТЯНОГО ЗАГРЯЗНЕНИЯ АКВАТОРИИ КАСПИЙСКОГО МОРЯ

**Аннотация.** Освоение нефтяных месторождений Каспийского моря, в силу его уникальности, сопряжены с высокими экологическими рисками. В данной работе описывается автоматизированная система, объединяющая в себе две важные задачи: обнаружение нефтяного загрязнения моря по радарным данным со спутника Sentinel-1A и прогнозное моделирование его перемещения. Распознавание нефтяных пленок реализовано методами машинного обучения с привлечением модели DeepLabv3+, а моделирование распространения нефти осуществлено с помощью модели Oil Spill (OS) MIKE 21. Проведено тестирование разработанной системы на радиолокационном снимке за 25 мая 2024г, который охватывает часть акватории Каспийского моря. Показано, что модель DeepLabv3+ адекватно распознает нефтяное загрязнение, для которого в дальнейшем проведено прогнозное моделирование его распространения. Полученные результаты моделирования опубликованы на портале igmass.kz в виде отчета.

**Ключевые слова:** нефтяные пленки, мониторинг, радиолокационные космоснимки, машинное обучение, моделирование растекания нефти на воде.

#### Введение

Каспийское море представляет собой уникальный водоем, обладающий значительными запасами нефти и газа и разнообразной экосистемой [1]. При проведении разведки и добычи нефти в этом регионе необходимо учитывать его специфические характеристики, поскольку разливы нефти могут нанести серьезный экологический ущерб данной водной экосистеме. Эффективное и своевременное обнаружение таких разливов играет ключевую роль в минимизации их негативного воздействия на окружающую среду. В этой связи является актуальной задачей создание системы автоматизированного мониторинга нефтяного загрязнения. Такая система позволит на первом этапе проводить космический мониторинг с применением глубокого машинного обучения, способного в кратчайшие сроки и с лучшей точностью распознать нефтяное загрязнение, а на втором - осуществить моделирование его распространения по акватории Каспийского моря. Внедрение таких современных технологий позволит быстро ликвидировать нефтяные разливы и тем самым снизить риски поражения биоты Каспийского моря.

Мониторингу нефтяных пленок на морской поверхности посвящено большое количество работ [1, ii, iii]. Многие авторы используют для зондирования морской поверхности из космоса радары с синтезированной апертурой (SAR), позволяющие получать изображения поверхности вне зависимости от наличия освещения и облачности [i, iv, v]. В последнее годы появились работы, в которых для обработки таких данных было разработано множество алгоритмов классификации на основе машинного обучения [vi, vii, viii, ix]. В данной работе используется модель DeepLabv3+, которая в исследовании [x] была признана наилучшей в

сравнении с другими моделями распознавания.

Моделирование распространения нефтяного загрязнения по акватории моря осуществлялось с привлечением модели OS MIKE 21 [<sup>xi</sup>], которая была адаптирована к условиям Каспийского моря.

Целью данной работы является объединение в единую автоматизированную систему двух важных задач мониторинга нефтяного загрязнения морской поверхности: автоматическое распознавание нефтяных пленок по данным SAR и автоматический прогноз их перемещения по акватории моря.

### **Методика автоматизированного космического мониторинга и моделирования нефтяных разливов на море**

Космический мониторинг нефтяных разливов базируется на радарных данных со спутника Sentinel-1A. Методика распознавания нефтяных разливов на морской поверхности с помощью радиолокационного зондирования основана на подавлении пленкой нефти коротковолновых компонентов ветрового волнения [1, iv]. На поверхности моря образуется хорошо различимое пятно, выглаженное нефтяной пленкой и всеми видами нефтепродуктов. Но выглаживание морской поверхности вызывают не только нефтяные пленки, оно может возникать за счет морских явлений, атмосферных процессов, пленок различных органических соединений [<sup>xii</sup>].

Система автоматизированного мониторинга нефтяного загрязнения Каспийского моря включает в себя:

1) **Модуль автоматической загрузки снимков Sentinel-1A**, который обеспечивает автоматическое подключение к удалённому серверу Copernicus (<https://dataspace.copernicus.eu/>) через протокол Application Programming Interface (API), согласно сформированному запросу, осуществляет проверку новых данных, их целостности и производит автоматическую загрузку данных Sentinel-1A уровня Level-1 в формате COG\_SAFE [<sup>xiii</sup>] в файловое хранилище.

2) **Модуль предобработки**, в котором осуществляется преобразование радиолокационного снимка посредством библиотеки GDAL [<sup>xiv</sup>] для загрузки в модель DeepLabv3+, с этой целью значения пикселей снимка приводятся в диапазон от 0 до 255. Осуществляется разбиение снимка на фрагменты с размером 320x320 пикселей без сдвига.

3) **Обработка фрагментов радиолокационного снимка с помощью модели DeepLabv3+** [<sup>xv</sup>], которая использует сверточные нейронные сети (CNN) со структурой кодировщика-декодера и свертками, разделяемыми по глубине. Результатом обработки радиолокационного снимка в модели DeepLabv3+ является набор автоматически классифицированных фрагментов, представляющих собой матрицы данных и содержащих информацию о тематических классах.

4) **Модуль постобработки**, в котором осуществляется объединение в единое целое автоматически классифицированных в модели DeepLabv3+ фрагментов, присваивание географической привязки с помощью библиотеки rasterio [<sup>xvi</sup>] и конвертация полученного результата в формат GeoTIFF.

5) **Этап проверки экспертом полученных результатов классификации**. На данном этапе экспертом осуществляется контроль распознавания моделью DeepLabv3+ нефтяных пленок. Особого внимания заслуживают два класса: нефть и слики, не связанные с нефтью, но похожие на нее. Эксперт также принимает решение о проведении прогнозного моделирования распространения нефтяных сликов.

6) **Модуль растеризации нефтяного слика и расчета мощности источника**, предназначенный для того, чтобы классифицированное по SAR данным нефтяное загрязнение загрузить в модель OS MIKE 21 [<sup>xvii</sup>] с вычисленной мощностью в качестве источника и в дальнейшем осуществить моделирование его распространения по акватории Каспийского моря.

7) **Модуль автоматического запуска расчета распространения нефтяного загрязнения**, реализованный через протокол API и включающий в себя следующие функции:

(1) скачивание на выбранный период метеорологических данных численной модели прогноза Global Forecast System (GFS) из базы данных Национального центра экологического прогнозирования (National Centers for Environmental Prediction, <https://www.nco.ncep.noaa.gov>); (2) преобразование метеорологических данных из формата GRIB в формат DFS2 и DFS0 посредством процедур `read_grib()`, `reproject_data()` и `data_to_dfs_utm()`, реализованных с использованием библиотек `xarray` [xviii], `osgeo` [xix], `GDAL` [xiv], `mikeio` [xx]; (3) расчет на выбранный период гидродинамики Каспийского моря, осуществляемый с привлечением модели Hydrodynamic ПО MIKE 21 [xxi]; (4) расчет распространения нефтяной пленки по акватории Каспийского моря с использованием модели OS ПО MIKE 21 с включением в расчет в качестве источника координат дешифрованного нефтяного слика, растеризованного на предыдущем шаге.

8) **Формирования отчета**, который включает в себя информацию о нефтяном загрязнении, включая космоснимок Sentinel-1A с классифицированным нефтяным сликом, дату и время разлива, площадь, возможный источник, а также прогнозные данные о местоположении и конфигурации нефтяного загрязнения через 120 часов и общую площадь акватории моря, которая будет под воздействием нефтяной пленки за весь период прогнозного моделирования.

9) **Модуль автоматического размещения на портале igmass.kz** классифицированного нефтяного разлива в векторном формате, содержащего в качестве атрибутивной информации отчет о его прогнозом перемещении по акватории моря.

### Пример мониторинга нефтяного загрязнения Каспийского моря

На радиолокационном снимке Sentinel 1A за 25 мая 2024 г. с использованием машинного обучения на основе модели *DeepLabv3+* было обнаружено нефтяное загрязнение Каспийского моря (см. Рисунок 5). Источником данного загрязнения являлось судно, которое четко визуализируется на космическом снимке. На рисунке ниже (см. Рисунок 5) местоположение данного судна отмечено окружностью желтого цвета. Результат работы модели распознавания приведен на

Рисунок 6. Как видно из данного рисунка, модель не совсем точно распознала морскую поверхность, частично приняв ее за сушу. Это объясняется тем, что радиолокационный снимок в данном месте имеет более светлый оттенок по сравнению с остальной частью морской поверхности. Эти неточности распознавания могут быть минимизированы путем увеличения числа космоснимков, входящих в датасет для обучения модели. Несмотря на неточное распознавание морской поверхности, нефтяное загрязнение классифицировано моделью правильно.

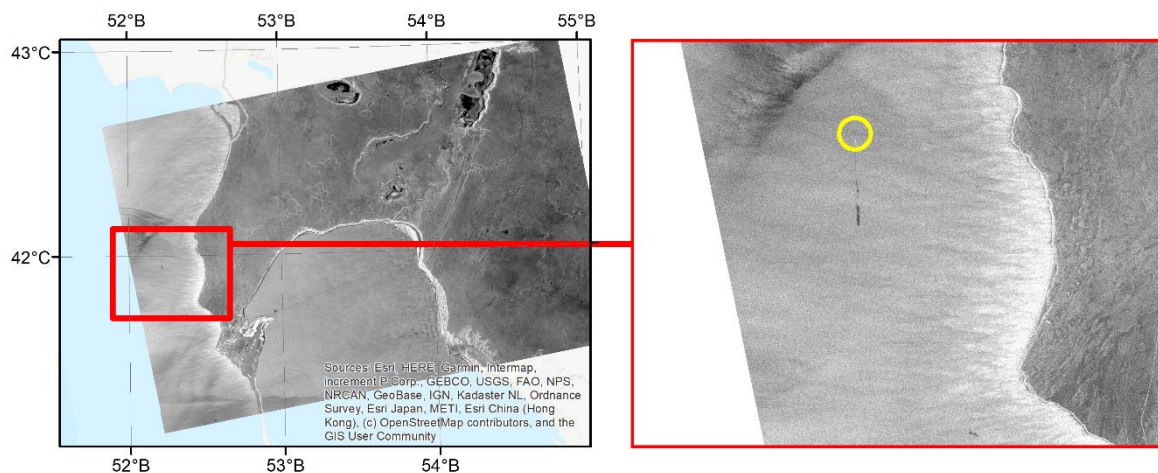


Рисунок 5 – Космоснимок Sentinel 1A за 25 мая 2024 г. с зоной выглаживания морской поверхности

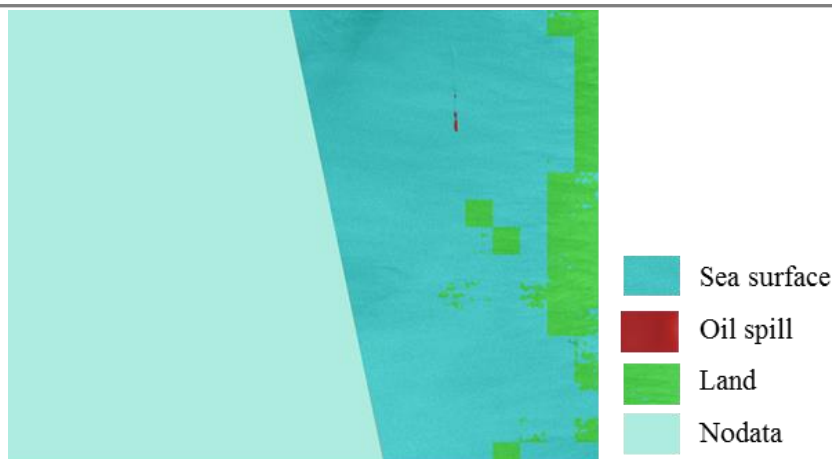


Рисунок 6 – Нефтяное загрязнение Каспийского моря за 25 мая 2024 г., классифицированное с использованием машинного обучения

Далее была проведена автоматическая растеризация нефтяного слика. В результате растеризации были получены 7 точечных источников, для которых в автоматическом режиме сформированы файлы источника и осуществлено моделирование распространения нефтяного загрязнения в OS MIKE 21. Результаты моделирования были собраны в отчет, который в качестве атрибутивной информации у векторного слоя нефтяных сликов размещен на портале igmass.kz. Рисунок 7 иллюстрирует портал igmass.kz с указанным отчетом, содержащим информацию о нефтяном загрязнении и прогнозные данные о его распространении по акватории Каспийского моря.

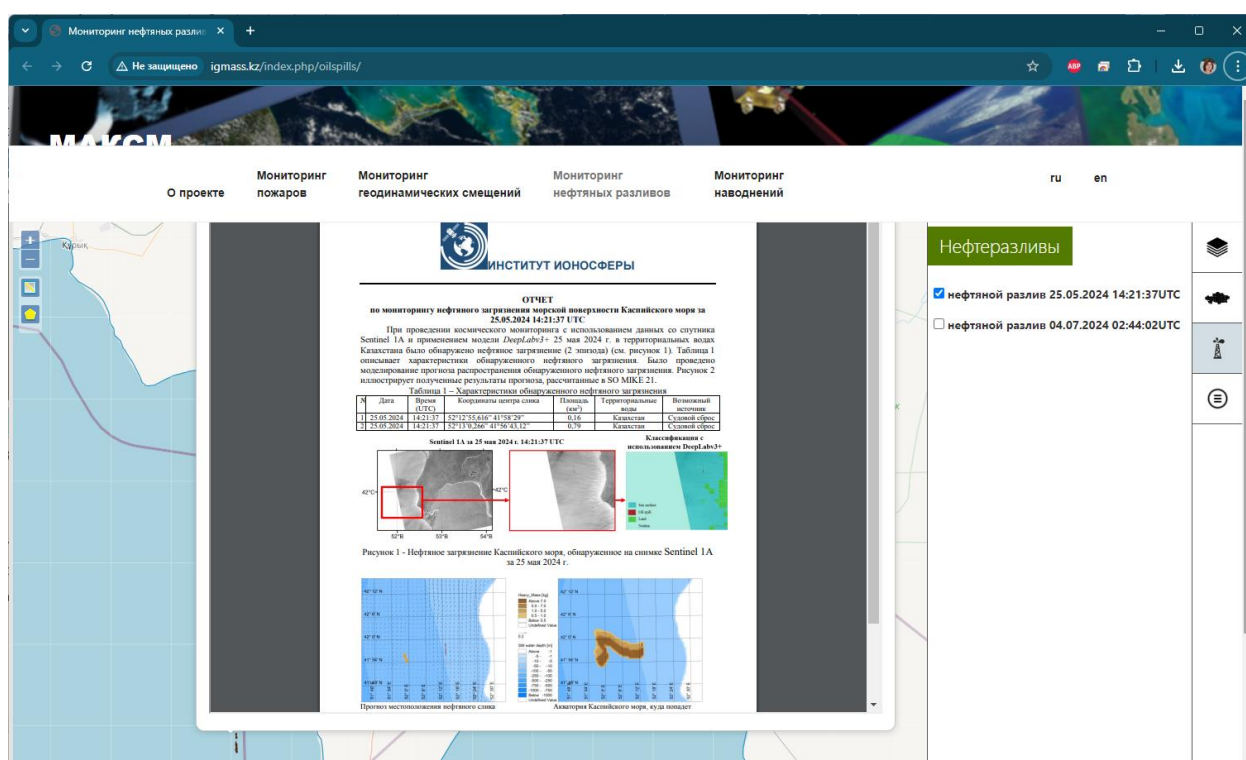


Рисунок 7 – Портал igmass.kz с результатами мониторинга за 25 мая 2024 г

## Заключение

В данной работе описана система автоматизированного мониторинга нефтяного загрязнения акватории Каспийского моря, которая включает в себя скачивание новых снимков Sentinel-1A согласно сформированному запросу с удаленного сервера Copernicus, их

обработку с использованием машинного обучения (DeepLabv3+) для выявления нефтяных пленок на поверхности моря, которые после растеризации загружаются в модель, осуществляющую прогнозное моделирование распространения нефти по акватории Каспия. Данная система мониторинга является автоматизированной, то есть все задачи кроме одной, выполняются в ней в автоматическом режиме. Оператор привлекается только на этапе проверки полученных результатов классификации космического снимка. Привлечение оператора обусловлено тем, что на радиолокационных снимках встречается большое количество выглаживаний морской поверхности, которые не являются нефтью, но могут быть распознаны при машинном обучении, как нефть. Кроме того, оператор принимает решение, для какого нефтяного слика будет осуществлен прогнозный расчет его перемещения и трансформации по акватории моря.

Проведено тестирование разработанной системы на радиолокационном снимке, полученном 25 мая 2024 г, охватывающем часть акватории Каспийского моря. Результаты показали, что модель DeepLabv3+ успешно распознает нефтяное загрязнение. Далее было проведено прогнозное моделирование его распространения и результаты в виде отчета добавлены на портал.

В последующем планируется улучшить систему распознавания нефтяных сликов и сделать систему мониторинга полностью автоматической.

### Список литературы

1. Закарин Э.А., Балакай Л.А., Бостанбеков К.А., Дедова Т.В., Ким Д.К., Кобегенова С.С., Миркаримова Б.М., Нурсейтов Д.Б. «Моделирование экологических рисков при нефтяном загрязнении акватории Северо-Восточного Каспия», Изд. «Курсив», Алматы, 2016. – 256 стр.
2. Иванов А.Ю. Стики и пленочные образования на космических радиолокационных изображениях // Исслед. Земли из космоса. 2007. № 3. С. 73–96.
3. Rasha M. Abou Samra, R.R. Ali, Tracking the behavior of an accidental oil spill and its impacts on the marine environment in the Eastern Mediterranean, Marine Pollution Bulletin, Volume 198, 2024, 115887, ISSN 0025-326X, <https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2023.115887>.
4. Saeid Dehghani-Dehcheshmeh, Mehdi Akhoondzadeh, Saeid Homayouni, Oil spills detection from SAR Earth observations based on a hybrid CNN transformer networks, Marine Pollution Bulletin, Volume 190, 2023, 114834, ISSN 0025-326X, <https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2023.114834>.
5. Лавров О.Ю., Костяной А.Г., Лебедев С.А., Митягина М.И., Гинсбург А.И., Шеремет Н.А. Комплексный спутниковый мониторинг морей России. М.: ИКИ РАН, 2011. - 480 с.
6. Zeng, K.; Wang, Y. A Deep Convolutional Neural Network for Oil Spill Detection from Spaceborne SAR Images. Remote Sens. 2020, 12, 1015. <https://doi.org/10.3390/rs12061015>
7. Nirchio, F.; Sorgente, M.; Giancaspro, A. Automatic detection of oil spills from SAR images. Int. J. Remote Sens. 2005, 26, 1157–1174.
8. Topouzelis, K.; Karathanassi, V.; Pavlakis, P. Detection and discrimination between oil spills and look-alike phenomena through neural networks. ISPRS J. Photogramm. Remote Sens. 2007, 62, 264–270.
9. Singha, S.; Bellerby, T.; Trieschmann, O. Satellite oil spill detection using artificial neural networks. IEEE J. Sel. Top. Appl. Earth Obs. Remote Sens. 2013, 6, 2355–2363.
10. Zhen Sun, Qingshu Yang, Nanyang Yan, Siyu Chen, Jianhang Zhu, Jun Zhao, Shaojie Sun, Utilizing deep learning algorithms for automated oil spill detection in medium resolution optical imagery, Marine Pollution Bulletin, Volume 206, 2024, 116777, ISSN 0025-326X, <https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2024.116777>.

11. Krestenitis M, Orfanidis G, Ioannidis K, Avgerinakis K, Vrochidis S, Kompatsiaris I. Oil Spill Identification from Satellite Images Using Deep Neural Networks. Remote Sensing. 2019; 11(15):1762. <https://doi.org/10.3390/rs11151762>
12. MIKE 21/3 Oil Spill. Oil Spill Model. User Guide. MIKE by DHI, 2014. 52 p.
13. Иванов А.Ю., Затыгалова В.В. Картографирование пленочных загрязнений моря с использованием космической радиолокации и географических информационных систем // Исслед. Земли из космоса. 2007. №6. С. 46–63.
14. Sentinel-1 GRD Cloud Optimized GeoTIFF now available [Электронный ресурс]. – URL: <https://dataspace.copernicus.eu/news/2023-6-6-sentinel-1-grd-cloud-optimized-geotiff-now-available> (дата обращения: 20.08.2024)
15. Rouault E., Warmerdam F., Schwehr K., Kiselev A., Butler H., Łoskot M., Szekeres T., Tourigny E., Landa M., Miara I., Elliston B., Chaitanya K., Plesea L., Morissette D., Jolma A., Dawson N., Baston D., de Stigter C., & Miura H. (2024). GDAL (v3.9.2). Zenodo. [Электронный ресурс]. – URL: <https://doi.org/10.5281/zenodo.5884351> (дата обращения: 20.08.2024)
16. Chen L. C. et al. Deeplab: Semantic image segmentation with deep convolutional nets, atrous convolution, and fully connected crfs //IEEE transactions on pattern analysis and machine intelligence. – 2017. – Т. 40. – №. 4. – С. 834-848. <https://doi.org/10.48550/arXiv.1802.02611>
17. Rasterio: access to geospatial raster data [Электронный ресурс]. – URL: <https://rasterio.readthedocs.io/en/stable/> (дата обращения: 20.08.2024)
18. MIKE 21 & MIKE 3 PA/SA. Particle Analysis and Oil Spill Analysis Module. User Guide. MIKE by DHI, 2008, 108 p.
19. Xarray documentation [Электронный ресурс]. – URL: <https://docs.xarray.dev/en/stable/> (дата обращения: 20.08.2024)
20. The Open Source Geospatial Foundation [Электронный ресурс]. – URL: <https://www.osgeo.org/> (дата обращения: 20.08.2024)
21. MIKE IO: input/output of MIKE files in Python [Электронный ресурс]. – URL: <https://github.com/DHI/mikeio> (дата обращения: 20.08.2024)
22. MIKE 21 Flow Model. Hydrodynamic Model. Scientific documentation. MIKE by DHI, 2014. 60 p.

**M. Zhanay**

Atyrau State University, Atyrau, Kazakhstan

Email: [zhanaymargulan@gmail.com](mailto:zhanaymargulan@gmail.com)

## INFORMATION SYSTEM FOR SOLVING INVESTMENT TASKS IN A FUZZY ENVIRONMENT

**Annotation.** This article explores the development and application of an information system that leverages fuzzy logic to enhance decision-making in investment processes under uncertainty. It presents a comprehensive methodology, including the system's architecture, the fuzzy logic framework, and key components such as the data aggregation module, fuzzy inference engine, and visualization interface. By addressing both quantitative and qualitative inputs, the system facilitates multi-criteria analysis for complex investment scenarios. A case study in the renewable energy sector is used to demonstrate the system's practical effectiveness in real-world applications. The article highlights the advantages of using fuzzy logic to handle imprecision and provides insights into how this approach can improve investment evaluations. It also discusses the challenges involved in system implementation and suggests future improvements, including the integration of machine learning techniques to enhance predictive capabilities.

**Keywords:** Investment decision-making, fuzzy logic, information system, uncertainty, fuzzy inference, data aggregation, renewable energy, decision support system, multi-criteria analysis, risk

evaluation, predictive accuracy, case study, investment evaluation.

Investment decision-making is a crucial process for individuals, businesses, and governments, influencing economic growth, development, and risk management. However, investment decisions are often clouded by uncertainty, incomplete information, and subjective judgments. Traditional investment evaluation methods such as discounted cash flow (DCF) and net present value (NPV) assume precise data inputs but fail to account for the vagueness and complexity that often characterize real-world investment environments. As a result, these methods may provide a limited or oversimplified view of the investment landscape.

To overcome these challenges, fuzzy logic has emerged as a promising tool for decision-making under uncertainty. Fuzzy logic, introduced by Lotfi Zadeh in the 1960s, enables the modeling of uncertainty through linguistic terms (e.g., “high,” “medium,” “low”) rather than precise numerical values. This approach allows decision-makers to incorporate both quantitative data and qualitative judgments into the evaluation process, providing a more nuanced and flexible method for assessing investment opportunities.

This paper presents an information system designed to enhance investment decision-making by incorporating fuzzy logic into the evaluation process. The proposed system addresses the limitations of traditional methods by integrating uncertain data and expert opinions. The system's core components include data aggregation, fuzzy inference, and visualization modules, which work together to process and evaluate investment opportunities in uncertain environments. A case study in the renewable energy sector demonstrates the system's practical applicability and effectiveness in real-world investment decisions.

The primary objective of this paper is to demonstrate how fuzzy logic can be used to improve investment decision-making under conditions of uncertainty. By combining theoretical frameworks with practical tools, this study aims to bridge the gap between traditional investment evaluation methods and modern, data-driven decision support systems. The remainder of the paper will outline the system's design, present a literature review of relevant research, describe the methodology used in the case study, and discuss the results and implications of the findings.

Investment decision-making often involves uncertainty, incomplete data, and subjective judgments, making it a complex process. Traditional methods like discounted cash flow (DCF) and net present value (NPV) are widely used to evaluate investments, but these methods depend on precise input data, which is not always available or reliable. Furthermore, these methods fail to account for the uncertainty and qualitative factors that influence investment decisions in real-world scenarios. As a result, researchers have sought alternative approaches to improve investment evaluation under conditions of uncertainty.

Fuzzy logic, introduced by Lotfi Zadeh in 1965, offers a robust solution for dealing with uncertainty in decision-making processes. Unlike traditional binary logic, fuzzy logic allows for the representation of vagueness and imprecision, enabling decision-makers to use linguistic terms such as “high,” “medium,” and “low” instead of precise numerical values. This flexibility makes fuzzy logic particularly effective in situations where input data is uncertain, incomplete, or qualitative. By using fuzzy sets, fuzzy logic provides a more accurate reflection of real-world scenarios, making it an ideal tool for investment decision-making.

Over the years, numerous studies have explored the application of fuzzy logic to various investment sectors. Bellman and Zadeh (1970) introduced the concept of decision-making in a fuzzy environment, demonstrating the advantages of fuzzy logic in handling uncertainty. Their work laid the foundation for further research into the application of fuzzy sets in investment decision-making, particularly in contexts where precise data is unavailable.

In real estate investment, fuzzy logic has been used to evaluate property values and assess risks. Hui et al. (2009) developed a fuzzy logic-based system for real estate investment decisions, combining both quantitative metrics, such as property prices, and qualitative assessments, such as location desirability and market conditions. The system proved effective in providing a more holistic and accurate evaluation of investment opportunities, highlighting the role of fuzzy logic in real estate

analysis. Similarly, fuzzy logic has been applied in industrial and infrastructure projects to evaluate various criteria, including risk, cost, and expected returns, as demonstrated by Smith et al. (2018). Their fuzzy decision-making model allowed for a more nuanced understanding of project viability and investment attractiveness.

Despite the growing body of research on fuzzy logic applications, there are relatively few studies that integrate fuzzy logic into a comprehensive system for investment decision-making. Most existing models focus on specific aspects of investment evaluation, such as risk assessment or project valuation, rather than offering an integrated approach that encompasses all phases of the decision-making process. The development of such comprehensive systems is essential, particularly in sectors like renewable energy, where investments are influenced by a range of factors, including government incentives, market trends, and technological advancements. These factors are often difficult to quantify using traditional methods, making fuzzy logic an invaluable tool for integrating both qualitative and quantitative data into a unified system.

Traditional methods such as DCF and NPV rely heavily on precise forecasts of cash flows and discount rates. These forecasts are often unreliable, especially in volatile markets or emerging sectors like renewable energy. Fuzzy logic offers a significant advantage over these methods by allowing decision-makers to incorporate expert opinions, subjective judgments, and qualitative data into the evaluation process. This ability to account for uncertainty and imprecision makes fuzzy logic a valuable tool for investment analysis in dynamic environments where traditional models fall short.

While fuzzy logic has proven effective in improving investment decision-making, challenges remain in its implementation. One of the primary challenges is the design of the fuzzy rule base, which requires expert knowledge to establish the relationships between various criteria. As more criteria are introduced into the system, the complexity of the rule base increases, making it time-consuming and potentially subjective. Additionally, the effectiveness of fuzzy logic-based systems depends on the quality and availability of input data. In cases where data is sparse or unreliable, the system's outputs may be less accurate, which can affect the overall investment evaluation.

Future research could focus on addressing these challenges by integrating fuzzy logic with machine learning techniques. Machine learning could help refine the fuzzy rule base by allowing the system to learn from past decisions and improve its predictive capabilities over time. Another promising area of research is the integration of fuzzy logic with artificial intelligence (AI), which could enhance the system's ability to process large datasets and make more accurate predictions based on evolving market conditions.

The proposed information system for solving investment tasks in a fuzzy environment incorporates several key components aimed at improving decision-making under uncertainty. This methodology focuses on the design, development, and implementation of the system, with a particular emphasis on the fuzzy logic-based framework, system architecture, and the process of decision evaluation. The methodology also describes how the system is tested using a case study in the renewable energy sector to demonstrate its practical application.

The system is built around three core modules: the **Data Aggregation Module**, the **Fuzzy Inference Engine**, and the **Visualization Interface**. These components work together to collect, process, and present data in a manner that supports informed and accurate investment decision-making.

The first step in the decision-making process involves the aggregation of relevant data, both quantitative and qualitative, which forms the basis of the system's analysis. The **Data Aggregation Module** is responsible for gathering various sources of information related to potential investment opportunities. This includes financial data, market trends, risk factors, and expert opinions.

In a fuzzy environment, it is essential to account for both hard (quantitative) and soft (qualitative) data. Hard data includes numeric values such as market prices, interest rates, and expected cash flows, while soft data consists of qualitative judgments such as expert evaluations and subjective assessments of risk and opportunity. The system collects these data through APIs, manual input, or external databases, ensuring that all relevant factors are incorporated into the analysis. Special attention is paid to data quality and accuracy, as poor-quality input data can affect the

reliability of the decision-making process.

Once the data is collected, the **Fuzzy Inference Engine** plays a crucial role in transforming the raw data into actionable investment insights. The engine uses fuzzy logic to process both quantitative and qualitative data, converting them into fuzzy variables that represent different investment criteria. This step is critical because it allows the system to handle imprecision and uncertainty in the decision-making process.

The fuzzy logic process is divided into three stages: **Fuzzification**, **Rule Evaluation**, and **Defuzzification**.

- **Fuzzification:** This process involves converting crisp input data into fuzzy sets. For example, a market growth rate might be classified as “high,” “medium,” or “low,” based on predefined linguistic variables. The fuzzification process is guided by expert knowledge and data patterns, where each input is mapped to a fuzzy membership function.

- **Rule Evaluation:** In this stage, the fuzzy inputs are processed using a set of fuzzy rules based on expert opinions, historical data, and predefined heuristics. For example, the system might contain a rule such as: "IF market growth is high AND risk is low, THEN investment attractiveness is high." These rules are structured in a way that allows the system to simulate real-world decision-making logic, accounting for both quantitative and qualitative factors in the analysis.

- **Defuzzification:** After evaluating the rules, the fuzzy outputs are converted back into crisp numerical values, providing concrete recommendations for investment decisions. This step is essential for translating fuzzy logic results into actionable metrics that investors can use in their decision-making process. Various defuzzification methods, such as the centroid method, can be used to produce a final output, representing the degree of investment attractiveness or risk.

The **Visualization Interface** is designed to present the results of the fuzzy evaluation in a user-friendly manner. The interface is critical for ensuring that decision-makers can easily interpret the outputs of the system and use them to make informed investment choices. The visualization module provides graphical representations of the results, including charts, graphs, and decision matrices that summarize the evaluation criteria and final recommendations.

The system's visualizations allow users to interact with the data, adjust input parameters, and explore how different factors influence the investment decision. For instance, an investor can adjust the perceived market risk or growth potential, and the system will dynamically update the investment attractiveness score. This interactive element is designed to empower users with greater control and a deeper understanding of the underlying decision-making process.

To demonstrate the functionality of the proposed information system, a case study was conducted using real-world data from the renewable energy sector. The renewable energy industry is particularly suited for this application due to the high level of uncertainty involved in such investments, including fluctuating market conditions, government policies, and technological advancements. The case study focuses on evaluating the investment attractiveness of several renewable energy projects, such as wind farms, solar power installations, and bioenergy initiatives.

The data for the case study includes financial performance metrics, such as projected returns on investment (ROI), and market factors, including government incentives, energy prices, and environmental risks. Additionally, qualitative input from industry experts was incorporated to assess factors such as technological feasibility, political stability, and the regulatory environment. These inputs were processed by the fuzzy inference engine to generate investment evaluations for each project.

The implementation of the information system involves several key steps, starting with the selection of the appropriate programming tools and platforms. The system was developed using a combination of programming languages (e.g., Python, R) and fuzzy logic libraries that support the creation and evaluation of fuzzy rule bases. A relational database management system (RDBMS) was used to store and retrieve data, ensuring that the system can handle large volumes of information.

Once the system was developed, it was rigorously tested and validated using historical data from the renewable energy sector. The goal of the testing process was to ensure that the system's outputs were consistent with expert evaluations and that the decision metrics it generated were

reliable. During the testing phase, the system was evaluated against traditional investment evaluation methods, such as DCF and NPV, to compare the accuracy and effectiveness of the fuzzy logic-based system in handling uncertainty and providing more nuanced insights.

The effectiveness of the system was evaluated based on several criteria, including:

- **Accuracy:** How closely the system's recommendations align with expert opinions and real-world outcomes.
- **Usability:** The ease with which decision-makers can interact with the system and interpret the results.
- **Flexibility:** The ability of the system to handle a wide range of investment scenarios and adjust to changing market conditions.
- **Speed:** The time it takes for the system to process inputs and generate recommendations.

While the system offers significant advantages over traditional investment evaluation methods, there are several limitations to its current design. One of the primary challenges is the complexity of developing a comprehensive fuzzy rule base that can account for all relevant factors in investment decision-making. As the number of criteria increases, the size and complexity of the rule base also grow, which can lead to difficulties in designing effective and accurate rules.

Additionally, the quality of input data remains a critical factor in the system's accuracy. If the data used for fuzzification is inaccurate or incomplete, the system's outputs may be less reliable. Future improvements to the system could focus on integrating machine learning techniques to optimize the rule base and improve the system's predictive accuracy.

To validate the functionality of the proposed information system, a case study was conducted using data from the renewable energy sector. This sector was chosen due to the high level of uncertainty surrounding investments, driven by factors such as fluctuating market conditions, government policies, and technological advancements.

The case study involved evaluating three potential renewable energy projects: a solar power installation, a wind farm, and a bioenergy initiative. For each project, various investment criteria were considered, including:

- **Market Expansion:** Projected growth in energy demand, influenced by government incentives, public interest, and technological improvements.
- **Government Policies:** Availability of subsidies, tax breaks, and regulatory support that could affect investment returns.
- **Risk Assessment:** Environmental and operational risks associated with each project, including market volatility and technological obsolescence.

Quantitative data, such as projected returns on investment (ROI) and market growth rates, were combined with qualitative input from industry experts. For instance, experts provided assessments of the regulatory environment and the technological feasibility of each project.

Using this data, the **Fuzzy Inference Engine** processed both the hard and soft inputs. Fuzzy variables such as "high risk" or "moderate growth" were used, and the system applied fuzzy rules to evaluate the overall attractiveness of each project. For example, a rule could be: "IF market growth is high AND government policies are favorable, THEN investment attractiveness is high."

The results of the system's evaluation closely aligned with expert opinions and existing market analyses, suggesting that the fuzzy logic-based system was able to effectively account for the uncertainty and complexity of renewable energy investments. Specifically, the solar project was identified as the most attractive investment, followed by the wind farm, with the bioenergy project deemed higher risk due to technological challenges.

This case study demonstrated the system's ability to handle real-world, uncertain data and provide meaningful investment recommendations that integrate both qualitative and quantitative factors. The system's flexibility allowed for easy adjustments to input parameters, enabling users to test various scenarios and assess different market conditions. The insights provided by the system proved valuable for decision-makers, allowing them to make more informed, strategic investment choices.

The results of the case study demonstrate the effectiveness of the fuzzy logic-based

information system in evaluating investment opportunities under uncertainty. The system's recommendations for the three renewable energy projects—solar power, wind farm, and bioenergy—were consistent with expert evaluations and market trends. Specifically, the solar project was identified as the most attractive investment, supported by favorable government policies and strong market growth potential. The wind farm also showed promise, while the bioenergy project was deemed higher risk due to technological and market uncertainties.

The fuzzy logic-based system provided several advantages over traditional investment evaluation methods like Discounted Cash Flow (DCF) and Net Present Value (NPV). Traditional methods rely heavily on precise financial data and assumptions, which can be inaccurate or incomplete, especially in uncertain and emerging markets. In contrast, the fuzzy system was able to incorporate both quantitative data and expert opinions, offering a more flexible and nuanced analysis.

One of the key strengths of the system is its ability to handle uncertainty and imprecision. For example, the system's use of fuzzy rules allowed for the evaluation of complex, multi-criteria scenarios, where traditional models might struggle. The system was also able to generate investment attractiveness scores, which helped investors weigh different projects based on their specific risk appetite and financial goals.

However, there were also some limitations. The quality of the results depended heavily on the accuracy and completeness of the input data. While expert evaluations were useful in filling gaps in the data, they introduced an element of subjectivity, which could affect the consistency of the results. Additionally, the complexity of designing the fuzzy rule base, especially when dealing with multiple investment criteria, posed challenges. Further refinement of the rule base and the integration of machine learning techniques could help address these limitations and enhance the system's predictive accuracy.

In comparison to traditional methods, the fuzzy logic system proved to be more adaptable, offering decision-makers a clearer understanding of the uncertainties involved in investment decisions. It also highlighted the importance of integrating both hard data and soft knowledge in making investment choices in dynamic and uncertain environments.

The fuzzy logic-based information system presented in this study offers a robust approach to investment decision-making in uncertain environments. By integrating both quantitative data and qualitative expert opinions, the system provides more nuanced and flexible evaluations compared to traditional methods like DCF and NPV. The case study in the renewable energy sector demonstrated the system's practical value, showing its ability to handle complex, multi-criteria scenarios and provide actionable investment recommendations.

While the system showed strong potential, there are areas for improvement, particularly in refining the fuzzy rule base and incorporating machine learning techniques to enhance predictive accuracy. Future research could focus on expanding the system's capabilities, including adapting it for other industries and improving its handling of larger, more diverse datasets.

Overall, this research contributes to the development of decision support systems that better reflect the uncertainties inherent in investment decision-making, offering valuable insights for both investors and policymakers.

## References

1. Zadeh L. A. Fuzzy sets // *Information and Control*. — 1965. — Vol. 8. — № 3. — P. 338-353.
2. Bellman R. E., Zadeh L. A. Decision-making in a fuzzy environment // *Management Science*. — 1970. — Vol. 17. — № 4. — P. 141-164.
3. Hui E. C. M., Lau O. M. F., Lo T. K. K. Deciphering real estate investment decisions through fuzzy logic systems // *Property Management*. — 2009. — Vol. 27. — № 3. — P. 163-177.
4. Smith J., Brown K., Zhang L. Fuzzy decision-making models for project evaluation under uncertainty // *Journal of Financial Modelling*. — 2018. — Vol. 12. — № 4. — P. 45-62.

Д.М.Диарова, Ұ.Қ.Қойбақова, Е.Ш.Миназова  
Сафи Өтебаев атындағы Атырау мұнай және газ университеті

## ОҚУ ПРОЦЕСІНДЕ MATHEMATICA КОМПЬЮТЕРЛІК АЛГЕБРА ЖҮЙЕСІН ҚОЛДАНУ

**Аңдатпа.** Бұл мақалада техникалық университеттердегі оқу процесінде “Mathematica” компьютерлік алгебра жүйесін қолдану мүмкіндіктері көрсетілген.

**Кілт сөздер:** интерактивті білім беру ресурстары, компьютерлік алгебра жүйесі MATHEMATICA, компьютерлік графика

Инженерлік білім, белгілі болғандай, студенттердің математикалық дайындығымен тығыз байланысты. Техникалық университеттерде жоғары математика – бұл басқа жалпы техникалық және инженерлік пәндер негізделетін пән. Осыған орай оның тиімді оқытылу жолдарын іздеу әрқашан маңызды болып табылады.

Осы мақалада біз Стивен Вольфраммен әзірленген және көптеген елдерде таралған *Mathematica* компьютерлік алгебра жүйесінің оқу процесінде қолдану мүмкіндіктерін қарастырамыз.

*Mathematica* компьютерлік алгебра жүйесі жоғары деңгейлі бағдарламалау тілімен жабдықталған, аналитикалық, сандық, графикалық есептеулердің кең мүмкіндіктеріне ие, бұл оны ғылыми-зерттеу жұмыстары, инженерия және оқу процесінде кеңінен қолдануға мүмкіндік береді.

Техникалық жоғары оқу орындарындағы жоғары математика бағдарламасы сызықтық алгебра, аналитикалық геометрия, бір және бірнеше айнымалы функцияларының дифференциалдық және интегралдық есептеулері, дифференциалдық теңдеулер, қатарлар, ықтималдықтар теориясы және математикалық статистика сияқты математиканың бөлімдерін қамтиды.

*Mathematica* компьютерлік жүйесінде жоғары математика бойынша кең ауқымды тапсырмаларды орындауға болады: алгебралық түрлендірулер, анықтауыштарды есептеу, кері матрицаларды табу, матрицалармен операциялар жүргізу, сызықтық алгебралық теңдеулер жүйелерін шешу, функциялардың шектерін, туындыларын, интегралдарын есептеу, экстремумдарды іздеу, бір айнымалы және екі айнымалы функциялардың графиктерін салу, жай дифференциалдық теңдеулер мен бөліктік туындылары бар теңдеулерді шешу, функцияларды қатарларға жіктеу және басқа да есептерді шешу. *Mathematica* жүйесінің графикалық мүмкіндіктері қисықтар мен беттерді, геометриялық фигураларды, графиктерді салуға мүмкіндік береді.

*Mathematica* жүйесін жоғары математика тапсырмаларын шешуде пайдаланған кезде бағдарламалаудың қажеті жоқ, тек тиісті символдар жиынтығын жазып, *Mathematica* жүйесінің кейбір енгізілген функцияларын қолдану жеткілікті. Мысал келтірейік.

**1 - мысал.** Өрнекті ықшамдау  $\frac{x^4 + 16x^3 + 96x^2 + 256x + 256}{x^3 + 7x^2 + 8x - 16}$ .

Шешу үшін Simplify операциясын қолданамыз («Ықшамдау»):

$$\text{Simplify} \left[ \frac{x^4 + 16x^3 + 96x^2 + 256x + 256}{x^3 + 7x^2 + 8x - 16} \right].$$

Нәтиже Shift және Enter пернелерін бір уақытта басқанда шығады:  $\frac{(x+4)^2}{x-1}$ .

**2- мысал.** Анықтауышты есептеу үшін, мысалы, 3-ші ретті, *A* матрицасының *a<sub>ij</sub>* элементтерін бір жолға енгізіп, төмендегі таңбаларды қолдану керек:

**m:={{ a<sub>11</sub>, a<sub>12</sub>, a<sub>13</sub>}, {a<sub>21</sub>, a<sub>22</sub>, a<sub>23</sub>}, {a<sub>31</sub>, a<sub>32</sub>, a<sub>33</sub>}} MatrixForm [m] Det [m].**

**3-мысал:**  $A = \begin{pmatrix} 10 & 3 & 5 \\ 2 & 10 & 4 \\ 1 & -6 & 3 \end{pmatrix}$  матрицасы үшін кері матрицаны табу.

Кері матрицаны есептеу үшін келесі жазбаны қолданыңыз:

**m:={{10, 3, 5}, {2, 10, 4}, {1, -6, 3}} MatrixForm [m] Inverse[m].**

**Shift & Enter** пернелерін басу кері матрицаның жолдық жазбасын шығарады:

$$\left\{ \left\{ \frac{27}{212}, -\frac{39}{424}, -\frac{19}{212} \right\}, \left\{ -\frac{1}{212}, \frac{25}{424}, -\frac{15}{212} \right\}, \left\{ -\frac{11}{212}, \frac{63}{424}, \frac{47}{212} \right\} \right\}.$$

*Mathematica* компьютерлік алгебра жүйесінде жұмыс істеу кезінде теңдеулер мен теңдеулер жүйесін шешу үшін **Solve (шешу)** функциясын қолданыңыз, ол үшін алдымен теңдеуді немесе теңдеулер тізімін көрсетіп, содан кейін айнымалы атауын немесе теңдеу немесе теңдеулер жүйесі шешілетін айнымалылар атауларының тізімін жазыңыз. Мысал ретінде квадрат теңдеудің шешімін қарастырайық.

**4 - Мысал.**  $x^2 - 2x + 10 = 0$  теңдеуін шешіңіз.

**Solve [  $x^2 - 2x + 10 == 0$ , x ],** содан кейін **Shift & Enter { { x→1+3i}, { x→1-3i} }** жауабын шығарады. Теңдеуді жазу кезінде қос теңдік белгісі қолданылатынын ескеріңіз. Шешім бұйра жақшадағы тізім түрінде ұсынылады.

Теңдеулерді сандық шешуде **NSolve** функциясын қолдану қажет.

5- мысал.  $x^3 + 4x - 8 = 0$  теңдеуді шешіңіз .

**NSolve [  $x^3 + 4x - 8 == 0$ , x], {{x→1.36466}, {x→ -0.682328+2.32308i},**

**{ x→ -0.682328 -2.32308i } }.**

Жоғары математика бағдарламасы сызықтық алгебралық теңдеулер жүйесін үш жолмен шешуді қарастырады: Крамер ережесін қолдану, матрицалық алгебра арқылы кері матрицаны қолдану, Гаусс әдісі.

**6-мысал.** Сызықтық алгебралық теңдеулер жүйесін шешіңіз

$$\begin{cases} 3x + 2y - 4z = -20 \\ -5x + 4y + 6z = 8 \\ 10x + 6y - 5z = -23 \end{cases}$$

Сызықтық алгебралық теңдеулер жүйелерін шешуде сондай-ақ **Solve** операциясы қолданылады. Жүйенің теңдеулерін бір жолға, тізім етіп жазу керек:

**Solve [{3x+2y-4z == -20, -5x+4y+6z == 8, 10x+6y-5z == -23}, {x, y, z}],**

Одан соң, **Shift & Enter** батырмаларын басқанда, жауабы шығады **{{ x→2, y→-3, z→5}}.**

Математикалық талдау тапсырмаларын шешу, мысалы, функциялардың шектерін, туындыларын және интегралдарын аналитикалық түрде есептеу, қарапайым дифференциалдық теңдеулерді шешу, функцияларды Тейлор мен Маклорен қатарларына жіктеу және т.б., сондай-ақ *Mathematica* символдық есептеу жүйесінде жүзеге асырылады және оның маңызды артықшылығы болып табылады [3, 4].

Шектерді есептеу үшін *Limit* функциясы пайдаланылады, мұнда  $f(x)$  функциясының аналитикалық түрі мен  $x$ -тің қандай мәнге ұмтылатыны көрсетіледі, мысалы:

**Limit**  $\left[ \frac{\text{Sin}[5x]}{x} \right]$ ,  $x \rightarrow 0$ , жауапты шығару үшін **Shift & Enter** пернелерін басамыз.

**7- мысал.**  $y = \cos^2 3x$  функциясының туындысын табыңыз.

Біз **D** функциясын екі аргументпен қолданамыз: функцияның аналитикалық түрін және дифференциация орындалатын айнымалыны көрсетеміз. Таңбаларды теру: **D[(Cos[3x])^2, x].**

$N$ -ші ретті туындыны табу үшін  $n$  туындысының айнымалысы мен ретінен тұратын тізім көрсетіледі.

**8-Мысал.**  $y = (2x+3)\sin 5x$  функциясының 4-ші ретті туындысын табыңыз.

**D[(2x+3)xSin[5x], {x, 4}]** таңбалар тізбегі  $y = (2x+3)\sin 5x$  функциясының төртінші ретті туындысын табуға мүмкіндік береді.

Өрнектерді біріктіру үшін әдеттегі белгілеу қолданылады  $\int f(x)dx$ . Интегралдарды табу үшін **Integrate** опциясын да пайдалануға болады. Ол үшін интегралды функцияны және интегралдау айнымалысының атауын көрсету керек.

**9 -мысал.**  $\int (3x+5)\sin 2xdx$  интегралды табыңыз.

Кірістірілген **Integrate [(3x+5)xSin2x, x]** функциясын қолдану интеграция нәтижесін  $C$  интеграциясының тұрақтысын көрсетпестен ұсынады.

Функцияны  $y = f(x)$  түрінде берілген нүкте  $x_0$  маңында тізбектік қатарға жіктеу үшін **Series** ішкі функциясын қолдануға болады. **Series** функциясының бірінші аргументі  $f(x)$  болады, екінші аргумент ретінде  $\{x, x_0, n\}$  түрінде тізім беріледі, мұнда  $x$  — функцияны қатарға жіктеу жүргізілетін айнымалы,  $x_0$  — функция қатарға жіктелетін нүкте, ал  $n$  — қатардың дәлдігіне дейінгі дәрежеде, яғни  $(x - x_0)$  айырмасының ең жоғарғы дәрежесі  $n$ -ге тең болуы тиіс.

**10 - мысал.**  $y = \sin x$  функциясын Маклорен қатарымен жіктеңіз.

Шешім үшін **Series [Sin[x], {x, 0, 9}]** жазбасын қолданамыз және функцияның келесідей тізбектік қатарға жіктелу нәтижесін аламыз:

$$\sin x = x - \frac{x^3}{6} + \frac{x^5}{120} - \frac{x^7}{5040} + \frac{x^9}{362880} + O[x]^{10}.$$

Дифференциалдық теңдеулерді шешу үшін *Mathematica* компьютерлік алгебра жүйесінде **DSolve** функциясы қолданылады. Бұл жағдайда квадратты жақшада дифференциалдық теңдеуді, ізделетін функцияны және тәуелсіз айнымалының атауын көрсету қажет.

**11- мысал.**  $y'' - 3y' + 2y = 0$  дифференциалдық теңдеудің жалпы шешімін табыңыз.

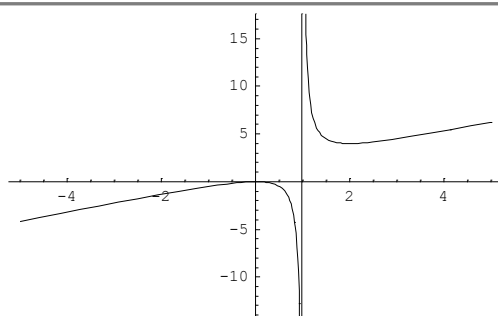
**DSolve** символын енгіземіз **DSolve [y''[x] - 3y'[x] + 2y[x] = 0, y[x], x]**. Жалпы шешімде екі еркін тұрақты  $C_1$  және  $C_2$  реттік нөмірлері квадратты жақшада көрсетіледі. Дифференциалдық теңдеудің жалпы шешімі былай жазылады:  $\{\{y[x] \rightarrow e^x C[1] + e^{2x} C[2]\}\}$ .

$y = f(x)$  функциясының графигін салу үшін **Plot** операциясын қолдану қажет, мұнда аналитикалық түрде функцияның түрі  $y = f(x)$ , айнымалының атауы,  $x$  айнымалысының минималды және максималды мәндері көрсетіледі: **Plot[ f[x], {x,  $x_{min}$ ,  $x_{max}$ }]**. Нәтижесінде  $y = f(x)$  функциясының графигі  $[x_{min}, x_{max}]$  аралығында салынады.

**12- мысал.**  $[-5, 5]$  аралығындағы  $y = \frac{x^2}{x-1}$  функциясының графигін құру.

$[-5, 5]$  аралығындағы  $y = \frac{x^2}{x-1}$  функциясының графигін тұрғызу үшін **Plot**

$\left[ y = \frac{x^2}{x-1}, \{x, -5, 5\} \right]$  енгіземіз, **Shift & Enter** (1 сурет) пернесін басқанда график шығады.



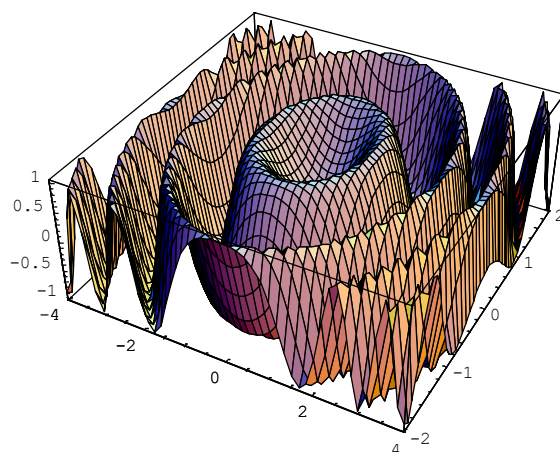
1-сурет.  $[-5, 5]$  аралығындағы  $y = \frac{x^2}{x-1}$  функциясының графигі.

Екі айнымалы функциясы  $z = f(x, y)$  болған жағдайда **Plot3D** операциясы қолданылады, онда функцияның графигі үш өлшемді кеңістікте орналасқан бет ретінде көрінеді, ал **Plot** операциясына **3D** өлшемі беріледі. Бұл тапсырманы шешу үшін келесі құрамдастарды көрсету қажет: функцияның өзі, айнымалылардың атаулары, олардың минималды және максималды мәндері.

Мысалды қарастырайық, бұл мысал екі айнымалы функциясының үздіксіз екенін және экстремум нүктелеріне ие екенін жақсы көрсетеді.

**13 -мысал.**  $y = \sin(x^2 + 2y^2)$  функциясының графигін құрыңыз.

$y = \sin(x^2 + 2y^2)$  функцияның графигін салу үшін (сурет 2) келесі символдар тізімін көрсетеміз: **Plot3D**[**Sin**[ $x^2 + 2y^2$ ], {**x**, -4, 4}, {**y**, -2, 2}, **PlotPoints** → 50].

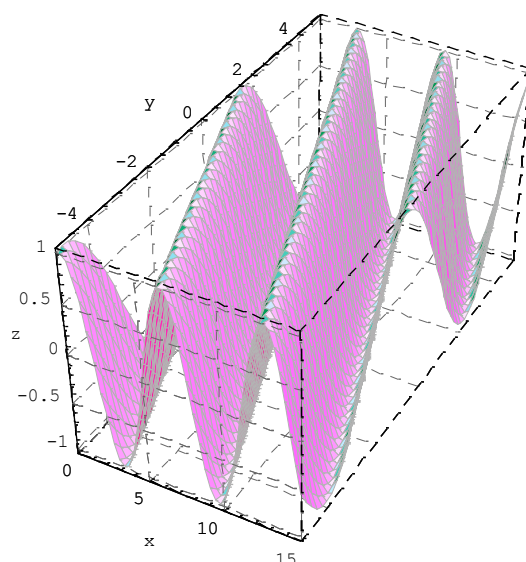


2-сурет.  $y = \sin(x^2 + 2y^2)$  функциясының графигі.

Көрнекілік үшін бейнеленетін бетті тіктөртбұрышты параллелепипедтің ішіне орналастырамыз (**Boxed**→**True**), бұл 3-суретте көрсетілген. Тағы бірнеше опция қосамыз: **BoxStyle** опциясы параллелепипедтің қырларының бейнелеу стилін анықтайды, **FaceGrids** опциясы параллелепипедтің қырларында координаттық торды бейнелейді, бояу режимі мен түстерді тарату **Lighting** және **LightSources** опцияларымен анықталады [3].

**14-мысал**  $z(x, y) = \sin(x + y)$  функциясының графигін құрыңыз:

**Plot 3D** [**Sin**[ $x+y$ ], {**x**, 0, 15}, {**y**, - 5, 5}, **PlotPoints** →150, **Mesh** → **False**, **MeshStyle** → **GrayLevel**[0.7], **BoxStyle** → **Dashing**[{0.02}], **FaceGrids**{-1, 0, 0}, {0, 0, -1}, {0, -1, 0}, {0, 1, 0}}, **BoxRatios** → {1, 2, 1}, **AxesLabel** → {"x", "y", "z"}, **PlotLabel** → "sin(x+y)", **DefaultFont** → {"Courier", 14}, **LightSources** → {{1, 0, 1}, **RGBColor** [1, 0, 0]}, {1, 1, 1}, **RGBColor** [0.5, 0, 1]}, {0, 1, 1}, **RGBColor** [0, 1, 0.5]} }



**3-сурет.**  $z(x, y) = \sin(x + y)$  функциясының графигі.

Жаңа ақпараттық технологияларды қолдану дәстүрлі оқыту әдістемесімен үйлесімде студенттерде ақпараттық мәдениетті қалыптастыруға ғана емес, сонымен қатар математикалық практиканы едәуір кеңейтуге, математиканы кәсіби қызметте қолдану мүмкіндіктерін арттыруға да мүмкіндік береді.

Жоғары математика курсын аяқтаған кезде біз жоғары математика тапсырмаларын шешу бойынша практикумды өткізу қажеттілігін көреміз, бірақ оны компьютерлік алгебра Mathematica жүйесін қолдана отырып орындау керек. Бұл жүйе басқа пәндерді оқыту барысында күрделі математикалық түрлендірулер мен еңбекқор есептеулерді орындау үшін, сондай-ақ курстық және дипломдық жобаларды жасау, инженерлік тапсырмаларды шешу үшін пайдаланылуы мүмкін.

### Әдебиеттер тізімі

1. Wolfram S. The Mathematica – Book, – Cambridge: University Press, 1996. –1403.
2. Дьяконов В.П. Mathematica 5/6/7. Полное руководство. – ДМК-Пресс, 2019. –624 б.
3. Прокопеня А.Н. Решение физических задач с использованием системы Mathematica: Оқу құралы. Брест: БГТУ басылымы, 2005 – 260 б.
4. Вавилов Н.А., Халин В.Г., Юрков А.В. Mathematica для нематематика: учебное пособие для вузов. Электронды басылым. М.: МЦНМО, 2021. – 483 б.

## ГЛАВА 5. ЭКОНОМИКА И СОЦИАЛЬНО–ГУМАНИТАРНЫЕ НАУКИ

МТНТИ 06.71.00

**Ж.Д. Османов**Институт экономики КН МНВО, г.Алматы Республика Казахстан  
zhasym@mail.ru

### ИНВЕСТИЦИОННАЯ ПРИВЛЕКАТЕЛЬНОСТЬ НЕФТЕГАЗОВОГО СЕКТОРА КАЗАХСТАНА В УСЛОВИЯХ САНКЦИЙ

**Аннотация.** Инвестиции являются важным фактором качественного роста экономики Казахстана. Это особенно актуально для капиталоемкой и технологически сложной нефтегазовой отрасли. Война в Украине и последовавшие за ней широкомасштабные санкции в отношении России отразились на целом спектре направлений экономики Казахстана. Целью данной статьи является анализ инвестиционной динамики в сфере добычи нефти и газа Казахстана, в особенности на фоне санкционного режима. В ходе анализа был получен ряд неоднозначных результатов. Так, в Казахстане отмечается стабильный отток прямых инвестиций, при этом Правительство настроено оптимистично и намерено привлечь более 37 млрд долл. инвестиций в ближайшие годы. В статье также делается вывод о минимальных рисках воздействия антироссийских санкций в краткосрочной перспективе на потоки казахстанской нефти, и, следовательно, на инвестиционные планы страны. Однако, в более широком временном горизонте сохраняются серьезные риски для нефтегазовой отрасли и стагнации инвестиций. Результаты статьи важны с точки зрения дальнейшего исследования и развития инвестиционной политики, а также митигации негативного воздействия актуальных геополитических процессов.

**Ключевые слова:** инвестиции, добыча нефти и газа, санкции в отношении России, Казахстан.

#### Введение

Нефтегазовый сектор остается одним из ключевых отраслей промышленности и экономических драйверов в Казахстане. Так, на протяжении последнего десятилетия доля нефтегазового сектора в ВВП страны устойчиво находится на уровне 20% [1]. Нефтегазовая отрасль имеет большое значение в общей структуре экспорта, налоговых поступлений, а также в валовом притоке иностранных инвестиций. В становлении и развитии нефтегазового комплекса страны безусловную роль сыграли проекты с участием транснациональных корпораций [2; 3]. Структура фондирования нефтегазовых проектов демонстрирует, что доля иностранных инвесторов в 3 крупнейших месторождениях превышает 80% [4].

Вместе с тем, Казахстан, будучи участником мирового рынка и имея тесную взаимосвязь с транзитными странами, подвержен влиянию геополитических колебаний в регионе и мире. В этом контексте для Казахстана определенную обеспокоенность представляют антироссийские санкции, вызванные войной в Украине. Как участник единого с Россией Евразийского Экономического Союза, Казахстан вынужден прибегать к калибровке некоторых параметров торгово-экономического взаимодействия для соблюдения санкционного режима. При этом, с учетом тесной кооперации нефтегазовой отрасли Казахстана и России, экономические и инвестиционные риски для первого не эфемерны.

Еще в 2016 году Шабарова и Жумагулов в связи с вводом антироссийских санкций вследствие присоединения Крыма к Российской Федерации констатировали, что риски для нефтегазовой отрасли Казахстана будут иметь ограниченный эффект ввиду сохраняющейся высокой доли иностранных инвесторов в этой области [5]. Однако, масштаб и глубина санкций

с начала войны в Украине в 2022 году несопоставимы с более ранними ограничениями в отношении России. Ондаш, Омиртай и Бекмухаметова, к примеру, изучая влияние антироссийских санкций на экспорт нефти страны, подчеркивают риски для нефтяной отрасли Казахстана и возможности обострения энергетических отношений между Астаной и Москвой [6].

Основные практические опасения, связанные с антироссийскими санкциями, заключаются в рисках наложения ограничений на потоки казахстанской нефти, в частности их влиянии на деятельность Каспийского Трубопроводного Консорциума (далее - КТК), через который осуществляется 80% экспорта казахстанской нефти в европейские и другие страны через российский порт Новороссийск на Черном море [7]. Данные риски оказали бы критическое воздействие на экономические показатели страны и подорвали бы инвестиционную привлекательность нефтегазовой отрасли. Так, Отарбаева и Арупов отмечают риски критических последствий для экономики страны в случае оттока капитала и сокращения мощностей [8]. На фоне увеличения спроса на нефть в мире снижение динамики инвестирования в нефтегазовые проекты как в контексте декарбонизации, так и усугубления геополитики, может привести к экономическим стрессам.

Первым сигналом о влиянии антироссийских санкций стали ограничения, введенные в 2022 году крупной индийской компанией IOC на закупку российской и казахстанской нефти по условию FOB (Free-on-board) из-за страховых и логистических рисков [9]. Частичное эмбарго, введенное Европейским Союзом на покупку российской нефти, а также установка ценовых ограничений на нее способствовали росту скептицизма в отношении нефтегазовой отрасли Казахстана, так как она могла косвенно стать объектом антироссийских санкций [10; 11]. Неслучайно в Казахстане была внедрена собственная экспортная марка нефти КЕВСО (Kazakhstan Export Blend Crude Oil) для отдельного позиционирования на мировых рынках.

#### **Материалы и методы.**

В целях обеспечения триангуляции и валидности результатов данной статьи, были использованы как количественные, так и качественные методы. В частности, авторам была проанализирована официальные статистические материалы в области инвестиций и нефтегазовой отрасли Казахстана. Также, авторам был использован метод анализа документов (document analysis) для выявления паттернов, трендов и рисков для инвестиционной динамики страны на основе планов Правительства и нефтедобывающих корпораций, соглашений со странами-партнерами и других документов. В качестве инструментария была использована компьютерная программа NVIVO для качественного анализа данных.

#### **Результаты и обсуждение.**

В ходе анализа данных был получен ряд неоднозначных результатов об инвестиционной привлекательности нефтегазового сектора Казахстана в текущих реалиях. Где необходимо сказать, что несмотря на интенсификацию санкций с начала 2022 года казахстанским предприятиям не просто удалось сохранить прежние темпы, но и достичь по итогам 2023 года уровня добычи 2018 и 2019 годов. Наряду с этим, следует отметить, что между динамикой валового притока прямых инвестиций и объемами добычи нефти и газа прослеживается позитивная взаимосвязь, как продемонстрировано на Рисунке 1. Примечателен также тот факт, что после резкого спада валового притока инвестиций в пандемийный период в 2020-2021 годы, в 2022 году несмотря на антироссийские санкции отмечается восстановление инвестиционной активности до уровня 2017 года, то есть 9,5 млрд долл. США. Это может свидетельствовать о том, что санкции и их последствия не оказали критического воздействия на планы и настроения инвесторов.



Составлена автором на основе источника [12].

Рисунок 1 - Валовой приток прямых инвестиций в Казахстан от иностранных прямых инвесторов в сфере добычи нефти и газа за 2013-2023 годы. Последние данные за 2023 год включают информацию за 3 квартала 2023 года.

Вместе с тем, следует признать, что показатель валового притока инвестиций не дает полной и реальной картины привлечения инвестиций, так как здесь не принимается во внимание отток средств инвестора и погашения задолженности. Поэтому, целесообразно рассмотрение инвестиционной динамики через индикатор чистого притока иностранных прямых инвестиций, который складывается как из притока, так и оттока инвестиций.

Однако вышеупомянутые результаты контрастируют с анализом действующих и перспективных планов казахстанских нефтедобывающих предприятий. Одним из ключевых показателей инвестиционной привлекательности и настроения инвесторов является динамика реализации крупных проектов. Анализ данного направления за последние 2 года свидетельствует о том, что несмотря на политическую и экономическую изоляцию России, важнейшего партнера Казахстана, в том числе в области логистики нефтепродуктов, отмечается активизация инвестиционных проектов. Так, крупнейшим консорциумом на Карачаганакском месторождении "Карачаганак Петролиум Оперейтинг Б.В.", где доля иностранных инвесторов составляет порядка 90%, осуществляются проекты расширения путем ввода двух дополнительных компрессоров обратной закачки газа общим объемом инвестиций 1,7 млрд долл. США и сроками завершения в 2025 и 2027 годах. В сфере нефтепереработки можно отметить проекты, прорабатываемые с китайской стороной по расширению мощности нефтепроводов "Кенкияк-Атырау", "Кенкияк-Кумколь". В целом, согласно Комплексному плану по развитию крупнейших нефтегазовых и нефтегазохимических проектов на 2023-2027 годы, принятому Правительством Казахстана (далее - План), в ближайшие 4 года планирования реализация 20 крупных проектов в нефтегазовой сфере, в рамках которых планируется привлечь свыше 37 млрд долл. США инвестиций [13].

Согласно официальным данным, инвестиции в геологоразведку за последние годы показывают умеренный рост, однако ее дальнейшая инвестиционная привлекательность остается неоднозначной ввиду капиталоемкости [14].

Следующим важным аспектом в контексте инвестиционных перспектив нефтегазовой отрасли в текущих условиях являются последствия санкционного режима в отношении России для нефтегазовой отрасли страны. Как уже отмечалось, Казахстан логистически сильно привязан к России, поэтому соблюдение Казахстаном санкционного режима без ущерба для устоявшейся кооперации между странами, вызывает обоснованную обеспокоенность. Анализ

официальных публикаций ЕС и динамики взаимодействия Казахстана с европейскими странами, являющимися основными партнерами в нефтегазовой сфере, показывает, что в краткосрочной перспективе критических рисков и предпосылок для резкого усугубления ситуации не наблюдается [15]. Об этом свидетельствует исключение КТК из санкционных пакетов ЕС и принятые послабления для России в отношении импорта некоторых видов оборудования в целях технического обслуживания инфраструктуры КТК. Другим фактором является достигнутое в середине 2023 года соглашение между Казахстаном и Германией о транспортировке 1,2 млн тонн нефти в год на немецкий нефтеперерабатывающий завод [16]. Аналогичным образом, в 2022 году между национальной компанией "КазМунайГаз" и азербайджанской корпорацией "SOCAR" было подписано соглашение о поставке 1,5 млн тонн нефти по транскаспийскому маршруту. Безусловно, данные объемы несопоставимы с поставками, осуществляемыми по КТК, однако с точки зрения диверсификации транспортных маршрутов для Казахстана это может быть позитивным шагом, тем более в контексте участвовавших случаев приостановки приема казахстанской нефти в КТК и рисков боевых ударов по магистральной инфраструктуре из-за российско-украинского конфликта.

Вместе с тем, в случае дальнейшего расширения санкционного давления со стороны ЕС и возникновения опасений нарушения со стороны российских предприятий режима эмбарго, не исключается возможность ввода ограничений над поставками нефти по вышеназванным магистралям. Так, в 2023 году в Польше было заявлено, что российская нефть могла поставляться под видом нефти казахстанского происхождения вопреки действующим ограничениям [17]. Несмотря на то, что смешивание определенных сортов нефти, идущих по одной магистрали, было признано Министерством экономики Германии технологически допустимым и не нарушающим условия санкций при условии отсутствия продаж и увеличения поставок российской нефти, долгосрочность и стабильность поставок казахстанской нефти в подобных турбулентных условиях требует дальнейшей тщательной проработки. Подобные обстоятельства определенно могут негативно сказаться на инвестиционной привлекательности сферы и дальнейшем притоке инвестиций.

### **Выводы.**

С точки зрения объемов добычи и валового притока прямых инвестиций в эту отрасль с 2022 года наблюдаются достаточно положительные темпы. В частности, сбои в работе магистралей КТК и "Дружба", а также риски вторичных санкций для Казахстана, вызванные попытками российских предприятий обхода ограничений, безусловно, отрицательно скажутся на инвестиционной перспективе страны.

Поэтому, выдвигаются рекомендации о необходимости:

- (i) проведения дополнительных исследований о причинах и факторах снижения чистого потока инвестиций в нефтегазовый сектор;
- (ii) достижения дополнительных договоренностей с европейскими партнерами о долгосрочных поставках казахстанской нефти с заверением обеспечения полной прозрачности ее происхождения в целях повышения предсказуемости и устойчивости казахстанского экспорта;
- (iii) дальнейшей проработки альтернативных маршрутов поставок с одновременным усилением кооперации с российскими партнерами по вопросу обеспечения бесперебойного функционирования КТК.

### **Список литературы**

- 1 Бюро национальной статистики Агентства по стратегическому планированию и реформам Республики Казахстан. [Электронный ресурс]. - <https://stat.gov.kz/ru/industries/economy/>.
- 2 Карабалин, У.С., Тукаев, А.К. Развитие нефтегазовой отрасли Казахстана в контексте современных проблем// Нефть и газ. - 2019. - №4(112). - С. 10-24.
- 3 Сулейменова., М.К., Осипов, Е.Б. Обзор законодательной базы для инвестиций в

нефтегазовом секторе Республики Казахстан. [Электронный ресурс]. – <https://www.iied.org/sites/default/files/pdfs/migrate/G02763.pdf>

4 Анализ источников финансирования нефтегазовых проектов на примере группы стран. [Электронный ресурс]. - <https://nationalbank.kz/file/download/15884>

5 Шабарова, А.К., Жумагулов, Е.С. Казахстан в энергоинтеграции ЕАЭС: реалии антироссийских санкций// Энергетика Евразии: новые тенденции и перспективы/ Отв.ред. Жуков, С.В. - 2016. - С. 104-112

6 Ондаш, А.О., Омиртай, А.Д., Бекмухаметова, А.Б. Влияние антироссийских санкций на экспорт Казахской нефти// Экономическая серия Вестника Евразийского Национального Университета имени Гумилева. - 2023. - №3(2023) - С. 176-185 - DOI: <https://doi.org/10.32523/2789-4320-2023-3-176-185>

7 Обзор нефтегазовой отрасли Казахстана. [Электронный ресурс]. - <https://jusanalytics.kz/wp-content/uploads/2022/08/obzor-neftegazovoj-otrasli-rk.pdf>.

8 Отарбаева, А.Б., Арупов, А.А. Анализ влияния прямых иностранных инвестиций на развитие нефтегазовой отрасли Казахстана// The Journal of Economic Research and Business Administration. - 2020. - №4(134). - С. 66-80 -<https://doi.org/10.26577/be.2020.v134.i4.06>

9 India's IOC no longer accepts Russian, Kazakh crude on FOB basis: Report. [Электронный ресурс]. - <https://economictimes.indiatimes.com/industry/energy/oil-gas/indias-ioc-no-longer-accepts-russian-kazakh-crude-on-fob-basis-report/articleshow/89901302.cms?from=mdr>.

10 Казахстан может стать заложником антироссийских санкций – эксперт. [Электронный ресурс]. - <https://informburo.kz/interview/kazakhstan-mozet-stat-zaloznikom-antirossiiskix-sankcii-ekspert>.

11 Эмбарго на российскую нефть коснется и Казахстана. Эксперты дали свои прогнозы. [Электронный ресурс]. - <https://informburo.kz/stati/embargo-na-rossiiskuyu-neft-kosnyotsya-i-kazakhstana-eksperty-dali-svoi-prognozy>.

12 Национальный банк Республики Казахстан. [Электронный ресурс]. - <https://www.nationalbank.kz/ru/news/pryamyie-investicii-po-napravleniyu-vlozheniya>

13 Постановление Правительства Республики Казахстан от 30 ноября 2023 года № 1062 об утверждении Комплексного плана по развитию крупнейших нефтегазовых и нефтегазохимических проектов на 2023–2027 годы. [Электронный ресурс]. - <https://adilet.zan.kz/rus/docs/P2300001062>

14 I полугодие 2023 года общий объем инвестиций в недропользование по углеводородам составил 4 трлн тенге. [Электронный ресурс]. - <https://primeminister.kz/ru/news/za-i-polugodie-2023-goda-obshchii-obem-investitsiy-v-nedropolzovanie-po-uglevodorodam-sostavil-4-trln-tenge-25301>

15 EU adopts 11th package of sanctions against Russia for its continued illegal war against Ukraine. [Электронный ресурс].- [https://ec.europa.eu/commission/presscorner/detail/en/ip\\_23\\_3429](https://ec.europa.eu/commission/presscorner/detail/en/ip_23_3429)

16 Нефти из Казахстана санкции ЕС против "Дружбы" не помеха. [Электронный ресурс]. - <https://www.dw.com/ru/nefti-iz-kazakhstana-sankcii-es-protiv-druzby-ne-pomeha/a-66054098>

17 Спор с Польшей о поставках казахской нефти из России в Германию может закончиться санкциями. [Электронный ресурс]. - [https://ratel.kz/outlook/spor\\_s\\_polshej\\_o\\_postavkah\\_kazahskoj\\_nefti\\_iz\\_rossii\\_v\\_germaniju\\_mozhet\\_zakonchitsja\\_sanktsijami](https://ratel.kz/outlook/spor_s_polshej_o_postavkah_kazahskoj_nefti_iz_rossii_v_germaniju_mozhet_zakonchitsja_sanktsijami).

**Н.А.Жанбатыров**  
Компания ИП «КенАрАл»

## **УПРАВЛЕНИЕ ИНВЕСТИЦИЯМИ ПРИ ПОЭТАПНОМ ОСВОЕНИИ МЕСТОРОЖДЕНИЙ ПОЛЕЗНЫХ ИСКОПАЕМЫХ**

В странах СНГ долгое время использовалась советская система разведки и оценка месторождений полезных ископаемых, данный подход приводил к значительным капитальным затратам и длительному геологическому изучению, что отрицательно сказалось на результатах освоения минеральных ресурсов.

Рассмотрим основные принципы такого подхода.

По пригодности к промышленному освоению геологические запасы делят на: балансовые и забалансовые.

По степени изученности месторождений (т.е. разведанности месторождения. качества сырья и горнотехнических условий разработки) запасы полезных ископаемых разделяют на: разведанные – категории А, В, С<sub>1</sub> и предварительно оцененные - категория С<sub>2</sub>.

По готовности к промышленному освоению запасы месторождений разделяют на: вскрытые, подготовленные, готовые к выемке.

Балансовые запасы - запасы, разработка которых, экономически целесообразна при существующем уровне техники и технологии (т.е. это запасы удовлетворяющие требованиям кондиций).

Забалансовые запасы - запасы, разработка которых в настоящее время экономически нецелесообразна вследствие малого количества, малой мощности, низкого содержания ценных компонентов, особой сложности условий эксплуатации, необходимости применения очень сложных процессов обогащения, но которые в дальнейшем могут быть объектом промышленного освоения (т.е. это запасы не удовлетворяющие требованиям кондиций).

Итак, разграничение балансовых и забалансовых запасов в целом определяют подготовленность месторождения к разработке, но при этом обязательно учитывают наличие категорий А, В, С<sub>1</sub> и очень редко включают категорию С<sub>2</sub>.

Данный классический подход, использовался широко в советский период времени, который приводил к омертвлению огромных капитальных вложений и длительному периоду подготовки месторождения к промышленному освоению /1/.

Учитывая, рыночный механизм экономики и необходимость достаточного объема инвестиций, вышеуказанный подход не позволяет при ограниченных сроках и недостаточных инвестициях в РК подготавливать месторождения твердых полезных ископаемых к промышленному освоению.

Республика Казахстан с 1 января 2024 года перешла по подсчету запасов месторождений полезных ископаемых на кодекс KazRC, поэтому возможны некоторые проблемы при их реализации/2,3,4/.

Запасы твердых полезных ископаемых по степени разведанности подразделяются на категории С<sub>2</sub>, С<sub>1</sub>, В и А.

Прогнозные ресурсы твердых полезных ископаемых по степени их геологической изученности подразделяются на категории Р<sub>3</sub>, Р<sub>2</sub>, Р<sub>1</sub>.

Запасы твердых полезных ископаемых по степени их изученности подразделяются на две группы:

предварительно оцененные запасы категории С<sub>2</sub>;

подтвержденные (промышленные) запасы категорий С<sub>1</sub>, В, А.

Месторождения полезных ископаемых по степени изученности подразделяются на: оцененные, разведанные и эксплуатируемые.

К оцененным относятся месторождения качество, технологические свойства, гидрогеологические и горнотехнические условия разработки, запасов изучены в степени,

позволяющей обосновать целесообразность дальнейшей разведки.

К разведанным относятся месторождения, качество, технологические свойства, гидрогеологические и горнотехнические условия разработки запасов которых изучены с полнотой, достаточной для решения вопросов о порядке и условиях вовлечения запасов в промышленное освоение, проектирование строительства или реконструкции на базе горнодобывающего предприятия.

К эксплуатируемым относятся месторождения, вовлеченные в промышленное освоение.

Запасы твердых полезных ископаемых и содержащиеся в них полезные компоненты по их экономическому значению подразделяются на две группы, подлежащие отдельному подсчету и учету: балансовые и забалансовые.

Балансовые запасы подразделяются на две подгруппы: активные и неактивные.

Балансовая принадлежность запасов месторождения устанавливается путем технико-экономического обоснования кондиций для подсчета запасов полезных ископаемых по результатам государственной экспертизы.

Прошедшие государственную экспертизу и положительно оцененные запасы ставятся на государственный баланс, в том числе: балансовые запасы по категориям А, В, С<sub>1</sub>, С<sub>2</sub>, забалансовые запасы без деления на категории.

Так например, полный период проведения ГРП на месторождении Сатимола составил 60 лет и пробурено всего 542 091 п.м. скважин. Результатом выполненных работ является принятие запасов руд месторождения Сатимола на государственный баланс ГКЗ РК по категориям С<sub>1</sub>+С<sub>2</sub>, при этом запасы по категории С<sub>2</sub> составляет значительно большую часть по сравнению с запасами по категории С<sub>1</sub>.

Для перехода к промышленному освоению всего месторождения необходимо, чтобы большая часть запасов соответствовала категории С<sub>1</sub>.

Также в условиях рыночной экономики, требования нормативных документов должны быть приведены в соответствии. Управление инвестициями в недропользование должны быть распределены таким образом, чтобы создавать возможность быстрого ввода в эксплуатацию некоторой части объекта с постепенным доведением до проектной мощности и финансирование за счет реинвестиций /5/. Это особенно важно для крупных месторождений, таких как Сатимола.

Одним из эффективных подходов при разведке крупных месторождений является выделение на контрактной площади участка первоочередной добычи руд. На участке первоочередной добычи, который должен занимать небольшую часть месторождения, должны быть проведены весь комплекс работ в соответствии с требованиями по кодексу KazRC или JORC, достаточный для начала горных работ (проходки шахтных стволов и выполнения других горно-капитальных, подготовительных и очистных работ) /6/.

Такой подход дает возможность быстрого ввода части месторождения в эксплуатацию и приводит к снижению капитальных затрат при подготовке всего месторождения к освоению.

Ввод месторождения полезных ископаемых раньше на 3-5 лет при таком подходе, приводит к снижению капитальных затрат и ускорению окупаемости вложенных средств.

Рассмотрим внедрение предлагаемого способа конкретно на месторождении Сатимола. В пределах месторождения Сатимола можно выделить четыре участка: Центральный, Юго-Восточный, Западный и Калдыбайский (рис.1.) .

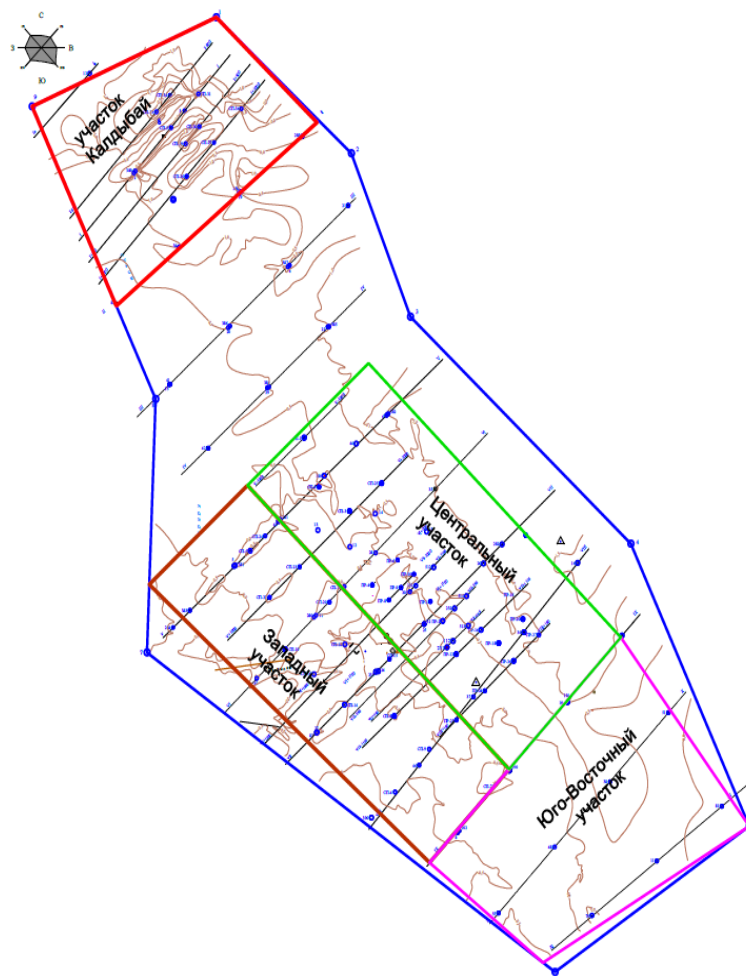


Рисунок 1. План месторождения Сатимола

На данном месторождении выделяем участок первоочередной добычи, которому соответствует Центральный участок, который находится в центральной части месторождения и имеет равноудаленное пространственное расположение по отношению к другим участкам, что обеспечивает благоприятный доступ к проведению ГРП и с быстрым вводом в эксплуатацию. Площадь Центрального участка составляет 25км<sup>2</sup>, длиной до 10км, шириной от 2 до 3км. Геологические запасы по блокам рудных тел первоочередной отработки по степени подготовленности месторождения с разбивкой на категории С<sub>1</sub> и С<sub>2</sub> представлены в таблице 1.

Таблица 1. Геологические запасы по блокам рудных тел первоочередной отработки по степени подготовленности месторождения с разбивкой на категории С<sub>1</sub> и С<sub>2</sub>

| Номер блока          | Запасы руды,<br>т.т | В <sub>2</sub> О <sub>3</sub> |            | К <sub>2</sub> О |            | Вг    |            |
|----------------------|---------------------|-------------------------------|------------|------------------|------------|-------|------------|
|                      |                     | %                             | запасы т.т | %                | запасы т.т | %     | запасы т.т |
| II-38-С <sub>2</sub> | 49 165,4            | 0,24                          | 117,9      | 27,14            | 13 342,2   | 0,021 | 10,4       |
| II-39-С <sub>2</sub> | 14 428,1            | 0,17                          | 24,2       | 25,27            | 3 646,0    | 0,031 | 4,5        |
| II-43-С <sub>1</sub> | 40 882,8            | 0,45                          | 182,9      | 16,42            | 6 711,2    | 0,037 | 15,3       |
| II-44-С <sub>1</sub> | 35 162,2            | 0,10                          | 35,3       | 13,81            | 4 857,7    | 0,026 | 9,2        |
| II-45-С <sub>1</sub> | 37 121,8            | 0,02                          | 6,0        | 14,47            | 5 372,9    | 0,011 | 4,0        |
| III-5-С <sub>2</sub> | 25 473,8            | 0,12                          | 30,5       | 21,04            | 5 358,7    | 0,000 | 0,0        |

Продолжение таблицы 1.

|                                      |           |      |         |       |           |       |       |
|--------------------------------------|-----------|------|---------|-------|-----------|-------|-------|
| III-6-C <sub>1</sub>                 | 57 151,1  | 0,38 | 217,0   | 16,30 | 9 313,7   | 0,018 | 10,4  |
| III-7-C <sub>2</sub>                 | 13 634,3  | 0,23 | 30,8    | 16,72 | 2 280,0   | 0,000 | 0,0   |
| III-18-C <sub>1</sub>                | 29 086,0  | 0,21 | 60,6    | 14,69 | 4 271,6   | 0,017 | 5,1   |
| III-24-C <sub>2</sub>                | 211 677,6 | 0,09 | 188,1   | 11,35 | 24 027,7  | 0,003 | 5,8   |
| III-40-C <sub>2</sub>                | 70 693,9  | 0,08 | 58,2    | 20,06 | 14 177,7  | 0,000 | 0,0   |
| IV-1-C <sub>2</sub>                  | 31 754,6  | 7,52 | 2 386,6 | 13,26 | 4 212,0   | 0,000 | 0,0   |
| IV-2-C <sub>2</sub>                  | 53 859,9  | 0,43 | 230,4   | 11,31 | 6 089,5   | 0,000 | 0,0   |
| IV-4-C <sub>2</sub>                  | 39 838,6  | 0,23 | 91,2    | 12,53 | 4 993,7   | 0,000 | 0,0   |
| IV-6-C <sub>1</sub>                  | 144 305,1 | 0,06 | 85,0    | 22,95 | 33 121,5  | 0,025 | 35,6  |
| IV-6-C <sub>2</sub>                  | 222 731,4 | 0,03 | 77,8    | 22,46 | 50 020,6  | 0,011 | 25,2  |
| IV-7-C <sub>1</sub>                  | 42 225,7  | 0,01 | 4,7     | 11,85 | 5 004,8   | 0,025 | 10,6  |
| IV-7-C <sub>2</sub>                  | 133 863,4 | 0,06 | 78,9    | 11,22 | 15 016,5  | 0,020 | 26,9  |
| IV-8-C <sub>2</sub>                  | 19 514,2  | 0,01 | 2,4     | 16,60 | 3 240,1   | 0,034 | 6,7   |
| IY-14-C <sub>2</sub>                 | 11 253,9  | 0,08 | 8,9     | 14,20 | 1 598,3   | 0,031 | 3,4   |
| IV-15-C <sub>2</sub>                 | 5 459,3   | 0,05 | 2,5     | 19,85 | 1 083,8   | 0,000 | 0,0   |
| IV-23-C <sub>2</sub>                 | 4 803,3   | 0,08 | 3,9     | 19,22 | 923,3     | 0,051 | 2,4   |
| IV6-24-C <sub>2</sub>                | 6 930,2   | 6,84 | 474,1   | 0,93  | 64,3      | 0,026 | 1,8   |
| IV-25-C <sub>2</sub>                 | 3 202,1   | 0,29 | 9,3     | 12,93 | 414,0     | 0,008 | 0,3   |
| IV-28-C <sub>2</sub>                 | 7 984,4   | 0,18 | 14,6    | 21,61 | 1 725,4   | 0,046 | 3,7   |
| IV-35-C <sub>2</sub>                 | 46 840,2  | 0,29 | 135,4   | 14,28 | 6 690,9   | 0,007 | 3,3   |
| IV-73-C <sub>2</sub>                 | 6 796,4   | 0,36 | 24,1    | 21,39 | 1 453,6   | 0,000 | 0,0   |
| Всего C <sub>1</sub> +C <sub>2</sub> | 1 365 839 |      | 4 581,4 |       | 228 997,5 |       | 184,6 |
| В том числе C <sub>1</sub>           | 385 934,7 |      | 591,5   |       | 68 639,2  |       | 90,2  |
| В том числе C <sub>2</sub>           | 979 905,0 |      | 3 989,9 |       | 160 358,3 |       | 94,4  |

Таким образом из общего объема запасов руд на Центральном участке 1 365 839,7 тонн, на категорию C<sub>1</sub> приходится 28,25% и на категорию C<sub>2</sub> – 71,75%. На перевод с категории C<sub>2</sub> на категорию C<sub>1</sub> по участку Центральный необходимо по сетке 1кмх1км пробурить не менее 25 скважин глубиной 1 200м и также на других участках Калдыбайский, Юго-Восточный и Западный пробурить на каждом по 200 скважин глубиной 1200м, что в сумме составит: 30 000п.м. +720 000п.м. = 750 000п.м. или 150 млн.\$.

Эксплуатационная разведка подразделяется на два вида:

- сопровождающая;
- опережающая

Сопровождающая эксплуатационная разведка проводится одновременно с очистными работами. Результаты сопровождающей разведки используются для разведки уточняются: контуры распространения полезного ископаемого, зон замещений, качественные характеристики полезного ископаемого в пределах отрабатываемых очистных блоков, столбов лав и технологические параметры процессов.

Данные опережающей эксплуатационной разведки используются для текущего (месячного, квартального, годового) и перспективного производственного планирования деятельности рудника, расчета нормативных потерь и т. д.

В сводной таблице 2 представлены объемы проведения эксплуатационной разведки.

Таблица 2. Сводная таблица проектируемых эксплуатационно-разведочных работ

| Наименование работ                                                                                                                      | Ед. изм.     | Объем             |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------|-------------------|
| Бурение скважин глубиной 400 м                                                                                                          | скв.         | 3000              |
|                                                                                                                                         | п.м.         | 1200000           |
| Бурение скважин глубиной 5-15 м                                                                                                         | скв.         | 41000             |
|                                                                                                                                         | п.м.         | 410000            |
| Геофизические исследования в скважинах: - комплексом, включающим ГК, НГК, кавернометрию, инклинометрию - комплексом, включающим ГК, НГК | п.м.<br>п.м. | 1200000<br>410000 |
| Отбор проб:<br>Керновое опробование<br>Бороздовое опробование                                                                           | проба        | 1282000<br>377400 |
| Технологические пробы                                                                                                                   | проба        | 2                 |
| Отбор образцов на физ-мех исследования                                                                                                  | обр.         | 3000              |
| на минералого-петрографические исследов.                                                                                                | проба        | 10000             |
| Радиометрическое опробование                                                                                                            | проба        | 41000             |
| Лабораторные исследования:                                                                                                              |              |                   |
| Сокращенный химический анализ                                                                                                           | проба        | 1718039           |
| Полный химический анализ                                                                                                                | проба        | 190893            |
| Полный анализ групповых проб                                                                                                            | проба        | 1000              |
| Физ-мех исследования                                                                                                                    | обр.         | 3000              |
| Минералого-петрографические исследования                                                                                                | проба        | 10000             |

Стоимость бурения глубоких скважин с подземных горных выработок составляет 60\$ за 1п.м., а с поверхности - 300\$ за 1п.м.

Предлагаемая методика подготовки месторождения твердых полезных ископаемых к промышленному освоению с учетом управления инвестиций имеет следующие преимущества.

- ввод месторождения в эксплуатацию отдельными участками, независимо от общего состояния проведенных геологоразведочных работ на всем месторождении, при наличии только одного участка, подготовленного к добыче.

- возможность одновременного проведения добычных работ на отдельно взятом участке и разведки остальных участков из подземных горных выработок.

- снижение объемов поверхностного бурения за счет бурения скважин с подземных горных выработок, где исключается прохождение скважин до глубины нахождения подземных горных выработок, т.е. по вскрышным породам. Бурение с подземных горных выработок проводится только по рудным горным массивам. На месторождении Сатимола, рудные зоны начинаются от 450м и опускаются до глубины 1000-1200м, т.е. при этом исключается 450м с каждой скважины, пробуренной с поверхности. На полную разведку месторождения Сатимола еще необходимо бурение около 200 скважин общим объемом 150 - 160 тысяч п.м., а при использовании предлагаемой методики – 65 тысяч п.м. Затраты на бурение скважин с поверхности – 48 млн. \$., а при подземной – 4 млн. \$. Тогда экономия по геологоразведочным работам составит 44 млн.\$.

- полная разведка месторождения занимает 15 -20 лет при обычном подходе, при внедрении предлагаемого способа ввод месторождения в эксплуатацию занимает в три раза меньше времени, т.е. 5-6 лет.

- за счет досрочного ввода в эксплуатацию месторождения получается дополнительная продукция в объеме 6 млн. тонн калийный удобрений ежегодно. Стоимость 1 тонны

составляет 500\$. Общая стоимость полученной продукции оценивается в 3 млрд. \$ в год.

- позволит равномерно распределить капитальные вложения в реализацию проекта, значительно снижается первоначальный объем капитальных вложений в первоначальный период.

- ускоренный возврат вложенных инвестиций.

- снижается экологическое воздействие на окружающую среду при подземном бурении скважин с подземных горных выработок за счет исключения нарушения земной поверхности, утилизации бурового шлама и выбросов в атмосферу.

Таким образом, внедрение инновационного подхода позволит создать благоприятные условия при освоении минеральных ресурсов при минимальных инвестициях на начальном этапе.

### Список литературы

1. Инструкция о проведении геологоразведочных работ по стадиям (твердые полезные ископаемые). Кокшетау, Комитет геологии, 2006г., 68с.

2. Методические рекомендации по подготовке отчетов о результатах ГРП, минеральных ресурсах и минеральных запасах в соответствии с Кодексом KazRC в редакции 2022г. Алматы, ассоциация KazRC, ПОНЭН РК, 2022г. 119с.

3. Об утверждении Методики классификации запасов месторождений и прогнозных ресурсов, инструкций по подсчету запасов полезных ископаемых, в том числе относящихся к нетрадиционным углеводородам. Приказ и.о. Министра индустрии и инфраструктурного развития Республики Казахстан от 2 февраля 2023 года № 71. Зарегистрирован в Министерстве юстиции Республики Казахстан 4 февраля 2023 года № 31839/.

4. Еньшин Н. Сравнение текущего стандарта отчетности по минеральным ресурсам и запасам по стандартам ГКЗ и CRIRSCO/ KazRC. Алматы, ICMM, 19с.

5. Габдуллин Т. Эффективное использование основных фондов на горнодобывающих предприятиях республики в условиях рыночной экономики. Диссертация на соискание ученой степени кандидата экономических наук. Краганда, 1993г.

6. Заявка на патент №2024-21084 от 26.04.2024г. Способ подготовки месторождения твердых полезных ископаемых к промышленному освоению при подземной отработке. Касенов Т.И., Жанбатыров Н.А., Телибаев Б.К., Сейтмуханов М.С.

МРНТИ 03.20

**Б.Нығметов**

С.Өтебаев атындағы Атырау мұнай және газ университеті, Атырау, Қазақстан,

### **И.ТАЙМАНОВ ПЕН М.ӨТЕМІСОВ БАСТАҒАН ҰЛТ-АЗАТТЫҚ ҚОЗҒАЛЫСЫ МЕТОДОЛОГИЯЛЫҚ МӘСЕЛЕЛЕРІ ХАНЫНДА**

**Аңдатпа.** Исатай Тайманов пен Махамбет Өтемісов бастаған ұлт-азаттық қозғалысты зерттеу әдіснамасының проблемалары. Өзінің саяси тәуелсіздігі үшін күрескен қазақ халқының ұлт-азаттық қозғалысын зерттеу отандық тарихтың басым бағыттарының бірі болып табылады. Қазақстан Республикасының тарихында И.Тайманов пен М.Өтемісовтің басқарған қазақ халқының 1836-1838 жылдардағы ұлт-азаттық қозғалыс, азаттық үшін күрестің жаңа деңгейге көтерілуіне мұрындық болды. Елдің азаттығы жолында ұлттық сана мен сенім қалыптастырып, шыңдады. Еліміздің өркениет жолын таңдауда, оны жүзеге асыруда зор маңызға ие болды.

**Түйінді сөздер:** ұлт-азаттық қозғалыс, Қазақстан тарихының тарихнамасы, отарлау, тарих ғылымының әдіснамасы, зерттеу әдісі, өркениетті тәсіл.

ХІХ-ХХ ғасырлардағы Қазақстанның Батыс өңіріндегі ұлт-азаттық қозғалыстарының шыңы 1836-1838 жылдардағы Исатай Тайманов пен Махамбет Өтемісовтің көтерілісі екендігі ешкімнің таласы жоқ екендігі бәрімізге аян. Көшім Есмағамбетовтың Махамбеттің 200 жылдығына арнаған «Азат рухтың күрескері» атты жинағында «Махамбеттің қарадан тусын, ханнан тусын, ел мүддесіне қызмет еткен, оның азаттығы үшін жанын пидә еткен адам артық, оның құндылықтары мен өмірлік мұраттары осымен ғана өлшенеді»- деп, ұлт-азаттық қозғалысының негізгі қағидаттарын дәл көрсетті. Біздің ойымызша, Көшім Лекерұлы Қазақстандағы ұлт-азаттық қозғалыстарының классикалық методологиясын, тарихнамасын бірізділікке келтірген, ақиқатында негізін қалаушылардың бірі деп айтуға толық негіз бар, өйткені оның еңбегінде айтылған тұжырымдар – соның айғағы. Назар аударайық: біріншіден, тарихи құжаттарға мойынсұнбай, кеңес заманында жасалынған тұжырымдардың бәрін бірдей қайта қарау, ақты қара, қараны ақ деп жазу және оны «жаңа методологиялық ізденіс нәтижесі» ретінде көрсетуге тырысушылық ғылыммен үш қайнаса сорпасы қосылмайды. Екіншіден, орыс философиясы тарихында «құдайізденімпаздық» және «құдайжасамдық» деген ағым болды. Сол сияқты хан шапанын жамылған «орыс ойлы» адамнан тарихи тұлға жасауға ұмтылушылық Исатай Тайманов пен Махамбет Өтемісов күресінің мақсаты мен мұраттарын айналып келгенде теріске шығаруға саяды. Тірісінде бітіспеген антиод екі күштің екеуін де мадақтап, оларды бөліп жатқан терең ордың үстінен бүгінгі заманда көпір салуға талпыныс – тарихи шындыққа қанжар сұғумен бірдей. Қай заманда да тарих ғылымы саясатқа қызмет етіп келді, алайда тарих ғылымын көпе-көрнеу оның құлақкесті құлына айналдыруға болмайды» - деген «тарихи концепциясы» өміршендігімен таң қалдырады.[1,164-б.] Ақиқатында сол дәуірдің оқиғаларын шынайы тарихи әдістерді қолдану арқылы баяндау қажеттілігі, кәсіби тарихшылардың міндеті екендігі айдан анық. Зерттеуші өзіндік тәжірибеге сүйене отыра, объективтік және субъективтік жағдайларды талдай отыра, эмоцияға берілмей, «таптық күрес» идеологиясы тарапынан қарамай, төл тарихымызды өркениеттілік әдістер арқылы сараптаудың маңызы зор. Профессор Талас Омарбеков өзінің пікірін былай деп баяндайды: «Тарихты жазу тарихнама деп аталатын тарихтың өзінің тарихын зерттеуін, ғылымның әдістемелік негіздерін және деректану деп аталатын сан-салалы жазба деректерді, тарихи, археологиялық, этнографиялық, лингвистикалық мәліметтерді, шетелдік ғалымдар ізденістерін, адамдар естеліктерін және т.б. ғылыми деректерді салыстырмалы айналымға түсіретін ғылымнан жан-жақты хабардар болуды қажет етеді. Сонымен қатар, тарихты жазуға талаптанушылар тарихымызды кімнің көзімен, яғни қандай көзқараспен жазамыз? –деген сауалға беретін өздерінің жауаптарын да айқындап алғандары жөн. Бұл - тарихымызды жазудың аса маңызды алғашқы мәселесі» - деп орынды айтқан.[2,7-8б.] Батыс өңірдегі И.Тайманов пен М.Өтемісов бастаған ұлт-азаттық қозғалыс, олардың көшбасшылары жөнінде ізденістер Ресейде ХІХ ғасырдың 30-40 жылдарында бастау алып, көптеген зерттеушілердің ұстанымдары дворяндық-буржуазиялық бағытта болған, Е.П. Ковалевский, Я.В.Ханыков, Н.Ф.Савичев өздерінің ой-пікірлерін, көзқарастарын құжаттарда қалдырғаны белгілі.[3.] Ал, Қазан төңкерісінен кейін ХХ ғасырдың 30-жылдарына дейін Қазақстан тарих ғылымына маркстік методология тұрғысынан зерттеу әдістері ендіріле бастады. Бұл бағыттың өкілдері мен олардың негізгі еңбектерін атасақ: Г.Сербариновтың 1925 жылы жарық көрген «Исатай Тайманов 1836-1838 жылдары Бөкей Ордасындағы халық қозғалысының очеркі», Х.Досмұхамедовтың 1924 жылы «Қазақ батырлар: Исатай,Махамбет» мақаласының «Сәуле» журналында жариялануы, А.Ф.Рязановтың 1926 және 1927 жылдары жарияланған «Қазақ халқының ұлттық тәуелсіздік үшін қырық жылдық күресі (1797-1938ж.)» және «Исатай Таймановтың көтерілісі (1836-1838ж.)» деген жұмыстары дәлел бола алады.[4.] ХХ ғасырдың 30-50 жылдар аралығында Батыс өлкедегі ұлт-азаттық қозғалыстарға тың идеялар мен ізденістер жағынан ерекшеленген зерттеушілердің еңбектерін атап өтуге болады. Бұл кезеңдегі зерттеулер мұрағаттық құжаттарға негізделген біздің ойымызша көтерілістің негізгі себептері, отарлық саясат, жер мәселесі бірізділік бағытында тыңғылықты баяндалды. С.Мұқанов азаттық үшін күресті сипаттайтын поэзияның рөлі туралы, С.Асфендияровтың

«Қазақстан тарихы: Зерттеулер мен құжаттар» деген еңбектерін атауға болады. Сонымен бірге М.Вяткиннің, В.Шахматовтың, С.Зимановтың еңбектерінде ұлт-азаттық қозғалыстың барысындағы таптық күрес, шиеленістің күшеюі сарынында баяндалды.[5.] Өңірдегі ұлт-азаттық қозғалыс жөніндегі ізденістер ХХ ғасырдың 70- жылдарынан күні бүгінге дейін тарихи кеңестікте өз зерттеушілерін тауып, көлемді монографиялар, келелі еңбектердің жариялануына алып келді. Қазақ тарихында бұл тақырыпқа әлі де талай жас тарихшылар, ізденушілер өздерінің сүбелі үлестерін қосады деген ойдамыз. Дегенмен де, тарихта өздерінің оймақтай орындарын қалдырған, еңбектері талай зерттеушілердің ізденістерінің нысаны болатын, аға буын өкілдерінің есімдерін атауға болады. Атап өтсек, С.З.Зимановтың, И.Кенжалиевтің басқа да ғалымдардың еңбектерінде Батыс өлкедегі И.Тайманов пен М.Өтемісов бастаған ұлт-азаттық қозғалыс тарихы жүйеленді, көптеген мәселелер ой елегінен өткізіліп, жаңаша сарапталды. [6.] Бүгінгі күні де ұлт-азаттық қозғалыс туралы елімізге белгілі тарихшылар өз ойларын білдіріп, бұл тақырыпты ғылыми тұрғыда зерделеп, өз тұжырымдарын жеткізуде. Академик Мәмбет Қойгелдиев «Жәңгір хан Ресей патшасының экспансиялық саясатын қазақ қоғамы арасына жүргізуші, әрі өткізуші тұлға», «Исатайдың тұлғасын бүкіл қазақ, орыс қоғамы мойындады, соны ұмытпайық»- деген пікір білдірді. Махамбеттің 200 жылдығына арналған, тарихи деректердің мол қоры негізінде жазылған монография авторы, тарихшы-ғалым Көшім Есмағамбетов Жәңгір ханға орыс тарихнамасында екі түрлі баға берілгендігін саралай келіп, «Патша өкіметіне Жәңгір, өз халқының мұң-мұқтажына жаны жақын адам емес», «барикаданың» өз жағындағы «хан» аталған өкілі, қазақ даласының «тәжірибе алаңы» етіп алған бір бөлігіндегі басқарушы сияқтысы ретінде ғана керек болды», -деп ой қорытты. Зерттеушінің «Жәңгір қайталанбас тұлға» ретінде емес, еуропалық тұрмыс-салтқа көшу жөніндегі бастамалармен белгілі күрделі тұлға ретінде тарихта қалатындығына шүбә жоқ»-деген пікірі тарихи таластарға нүкте қойды, -деп тұжырымдаған профессор Лесқали Бердіғожиннің пікірі орынды.[7.]

XIX ғасырдың барысында қазақ халқы объективтік жағдайларға байланысты күрделі жағдайларға тап болып, сол дәуірде патшалық Ресейге, Қытайға, әлде Орталық Азия хандықтарына бағынышты болу альтернативасы тұрды. «XIX ғасырда қазақ қоғамы шұғыл өзгерістерге түсті және бір тұтастығынан айырылды. Еуразия даласының соңғы ірі мемлекеті Ресей мен Қытай арасындағы қыспақта бұдан әрі «не өмір, не өлім» дилеммасын шешудің алдында тұрды.»[8,230-б.] Елдің батыс өңірінде патшалық Ресей өз саясатын кеңінен жүргізе бастады. Сол кезде хандық биліктің Ресейге бағыныштылығы артып, оның себептері де баршылық еді. Қазақ халқы неліктен өз болашағын Ресеймен орыс халқымен байланыстырды. Бұл мәселені уақытында еңсеру қарапайым халық үшін өте қиын болды, елдің жақсылары мен жайсаңдары қырық пышақ болған кез еді. Патшалық Ресей өзінің отаршылдық саясатын қатаң түрде жүргізіп, қазақ халқын менсінбей, жоғарыдан шешіп, өз ойларында «тон пішіп», шұрайлы жерлерге ие болды. Патша өкіметінің отарлау саясаты қазақ халқының қарсыласу қозғалысының өршуіне алып келіп, патшалық Ресейге деген заңды талаптар күшейді. XIX-XX ғасырлар Отан тарихы үшін шешуші кезең болды. Өйткені, қазақ халқының жүз елу жылға тағдырын анықтап берді. Қазақ мемлекеті тәуелсіздігінің символы болған хандық билік отаршыл саясаттың құрбанына айналды. «Астрахан губернаторының үйінде тәрбие алған Жәңгір хан далаға кейбір салт-дәстүрден бастап, жер қатынастарын, салық саясатын және хан сарайын қоса, хандықтағы қоғамдық тұрмыс пен саяси құрылысты қайта құрудың «аристократиялық-өркениетті» жоспарларын ойластырып оралды. Ол өзіндік салт-дәстүрі бар жартылай көшпелі қазақ қоғамының негізінде хан билігі мен патша тағының саясатына бірдей дәрежеде құлақ асатын, өзінше бір «сауатты» аймақтық хандық құруды ойластырды. Алайда көшпелі және жартылай көшпелі қауымдар ханның бұл «жаңалықтарын» қабылдауға әзір емес еді.» [9,337-б.] Батыс өлкедегі XIX ғасырда Исатай мен Махамбет басқарған ұлт-азаттық қозғалысына назар аударған зерттеуші Жәңгір ханға неге қарсы болғандығын, не үшін жан алысып, жан беріскендігі жөнінде сұрақтарға жауап іздейтіні айдан анық. Біз академик Көшім Есмағамбетовтің пікірлерімен толық келісеміз. «Жәңгір атасы Айшуақтан бастап қазақ даласында орыс саясатын жүргізуші, отарлық тәртіпті нығайтушы болды. Жәңгір заманында

жат жұртшылық езгісі күшейіп, хан билігі орыс әкімшілігі жүйесімен ұласып кеткенді. Хан орыс самодержавиясының шаруашылықты жүргізудің помещиктік жүйесінің, дворяндық білім мен мәдениеттің жақтаушысына айналды. Алым-салық халықты ақсирақ етті. Оған қоса ар мен әділеттілікті аяқ асты етушілік сұлтандар мен хан төңірегіндегі сайлаулы билерге, Қарауыл секілді қожаларға дағдылы іске айналды. Әсіресе, жерден айырылуы халықты хатты ашындырды. Осы кезде ел тәуелсіздігі мен жер мәселесі ажырамас ұғымға айналды. Жайшылықта қой мінезді қараша батырлардан пана іздейтін ежелден бері келе жатқан дәстүр бойынша Исатай мен Махамбетке мұңын төкті»[10,163-б.] Қазақ халқының ұлттық санасына өзіндік із қалдырған, Толыбайұлы Қожаберген (1663-1763) – XVII ғасырдың екінші жартысы мен XVIII ғасырдың бірінші жартысында өмір сүрген жыраудың

Төреден Әйтеке би безін деді,  
Келді ғой көсем сайлар кезін деді.  
Қазақты батыр көсем басқармаса,  
Быт-шыт қылар жау қалмақ, сезін деді,  
Хан, сұлтан, төре күні өткен деді

- деген толғауы қазақ халқының көзі ашық, көкірегі ояу азаматтарының жадында еді. Осы кезден бастап халқымыздың ақсүйектерге, төре, қожаларға деген көзқарастары өзгере бастады. Батыс өлкедегі 1836-1838 жылдардағы ұлт-азаттық көтеріліс барысында бұл тұжырымдардың аясы кеңіп, ақырында хандық билік, төрелерге деген сенім азайып, олардың билік құрылымы ретінде жойылуына итермеледі. Ақырында, билік қарапайым халық арасында өз беделінің төмендеуіне жол берді. Бұл болашақта тарих аренасынан хандық биліктің жойылуына алып келді.

Исатай Тайманов пен Махамбет Өтемісов бастаған көтерілістің жеңіліске ұшырауы заңды еді, бірақ та басты құндылығы, тарихи маңызы - өшіп бара жатқан халықтың рухын көтеріп, азаттық үшін күресте жандарын пидә еткен көтерілісшілер халықтың жадында қалып, күні бүгінге дейін тарихымыздың ең бір талқылауға түсетін кезеңдері екені және тарихи санамызды қалыптастырушы фактор екендігі даусыз. Иә, көтерілістің дұрыс ұйымдастырылмауы, нақты мақсатының болмауы, басқа көтеріліс ошақтарының басшыларымен байланыстың жолға қойылмауы, патша жендеттерінің мұздай қарулануы көтерілісшілерді жеңіліске ұшыратты. Және де көтерілісшілер екі бағытта - әрі патша үкіметіне, әрі хан билігіне қарсы күресуі өте қиын болып, жеңіліске ұшырауға мәжбүр болды. Қорыта келе, біріншіден, көтерілістің ұлт-азаттық сипатын барша зерттеушілер мойындады. Екіншіден, өскелең ұрпақты тарихты қадірлеуге тәрбиелеу басты мақсатымыз. Үшіншіден, егемендік алғаннан кейін ұлт-азаттық көтерілістердің тарихына деген жас ұрпақтың құштарлығын арттыру. Ұлттық мүддеміз - тәуелсіздігімізді сақтап, оны ұрпақтар санасында мәңгілікке қалыптастыру.

### Әдебиеттер тізмі

1. Көшім Есмағамбетов К.Л. Азат рухтың күрескері. «Өркениет» баспасы, Алматы, 2003. 176 бет.
2. Омарбеков Т., Омарбеков Ш. Қазақстан тарихына және тарихнамасына ұлттық көзқарас. – Алматы: Қазақ университеті, 2004. – 388 б.
3. Ковальевский Е.П. Странствователь по суше и морям. СПб, 1843. Ханыков Я.В. Очерк состояния Внутренней орды в 1841 году// Записки РГО. Кн. 2. 1847. Савичев Н.Ф. Исатай Тайманов, старшина Внутренней орды в 1841 году// Уральские Войсковые ведомости. 1876. №43-45, 47-51; 1877. №1. Сербаринов Гр. Исатай Тайманов (очерк народного движения и Букеевской орде в 1836-1838 гг.) Оренбург, 1925.
4. Сербаринов Гр. Исатай Тайманов (очерк народного движения и Букеевской орде в 1836-1838 гг.) Оренбург, 1925. Досмұхамедұлы Х. Тандамалы. А., 1998. Рязанов А.Ф. Сорок лет борьбы за национальную независимость казахского народа (1797-1938 гг.) В 2-х книгах, КзылОрда, 1926.

5. Мұқанов С. Қазақтың XVIII-XIX ғасырлардағы әдебиетінің тарихынан очерктер. А., 1942. Вяткин М. Внутренняя Орда и восстание Исатая Тайманова. // М. Вяткин. Очерки по истории Казахской ССР. Том I. Госполитиздат, 1941; Шахматов В. Ф. Внутренняя орда и восстание Исатая Тайманова. А.-А., 1946. Зиманов С. О политическом строе Букеевской орды // Вестник АН Казахской ССР. 1951. №10(79).

6. Зиманов С.З. Россия и Букеевское ханство. А.-А., 1946. Кенжалиев И. Махамбет Өтемісұлы. А., 1979; соныкі. Тайманұлы Исатай. А., 1977;

7. <http://taisoigan.rz/>

8. Артықбаев Ж.О., Жаркешов Е.С. Қазақ мемлекеттілігі: тарихы, саяси және әкімшілік құрылымы, басқару институттары. - Астана: Қазақстан Республикасы Президентінің жанындағы Мемлекеттік басқару академиясы, 2016. 336 бет.

9. Қазақстан тарихы (көне заманнан бүгінге дейін). Бес томдық, 3-том. – Алматы: «Атамұра», 2002. – 768 бет.

10. Көшім Есмағамбетов К.Л. Азат рухтың күрескері. «Өркениет» баспасы, Алматы, 2003. 176 бет.

**Аннотация.** Методологические аспекты изучения национально-освободительного движения под предводительством Исатая Тайманова и Махамбета Утемисова. Национально-освободительное движение казахского народа, боровшегося за независимость страны является одним из приоритетных направлений исследований в отечественной истории. В истории Республики Казахстан национально-освободительное движение казахского народа под руководством И. Тайманова и М. Утемисова в 1836-1838 годах возглавило подъем борьбы за свободу на новый уровень. На пути свободы страны формировались и укреплялись национальное сознание и вера. Оно имело большое значение в выборе пути цивилизации нашей страны и в его реализации.

**Ключевые слова:** национально-освободительное движение, историография истории Казахстана, колонизация, методология исторической науки, методика изучения, цивилизационный подход.

УДК 622.7.017.2

**А.А. Жанбатыров<sup>1</sup>, Р.М. Искаков<sup>2</sup>**

<sup>1</sup>ТОО «Таскор Интер», <sup>2</sup>Атырауский университет нефти и газа им. С. Утебаева, Казахстан

## **СОЗДАНИЕ НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИХ ЦЕНТРОВ НА СОВМЕСТНОЙ БАЗЕ ПРЕДПРИЯТИЙ И УНИВЕРСИТЕТОВ**

В настоящее время возникла необходимость создания научно-исследовательских центров, особенно для развития новых направлений народного хозяйства, в частности для освоения калийных месторождений в Западном Казахстане /1/.

В Западном Казахстане находятся все калийные месторождения и рудопроявления на территории Прикаспийской впадины в пределах Западно-Казахстанской, Актюбинской и Атырауской областей.

Из более чем 1000 соляных структур для разработки, подготовлены три месторождения – Сатимолла (Западно-Казахстанская область), Жилинское (Актюбинская область) и Индерское (Атырауская область) /2/. На Индерском месторождении добывается только борная руда. Разработка Жилинского месторождения отложена на неопределенное время. Только месторождение Сатимолла реально подготовлено к промышленному освоению.

Создание нового направления в экономике Республики Казахстан – калийная отрасль

химической промышленности должно быть обеспечено не только подготовкой высококвалифицированных специалистов и рабочими соответствующих специальностей, но и сопровождаться собственными научными исследованиями.

Имеющиеся научно-исследовательские центры в Республике Казахстан (Химико-технологический институт Ж.Н. Абишева, ВНИИцветмет, Казмеханобр, ИГД имени Д.А. Кунаева и другие) не соответствуют современным требованиям, материально-техническая база устарела /3/, это подтверждает, проведенные обследования финской компанией «Outotek» в 2010 году.

В Республике Казахстан крупные горнодобывающие предприятия обеспечены ВУЗами и научно-исследовательскими центрами. Например, ТОО «Корпорация Казахмыс» - Жезказганский государственный университет имени О.А. Байконурова, два колледжа (Жезказганский и Балхашский) и Жезказганский научно-исследовательский проектный институт. Группа Машкевича (ERC) обеспечена Рудненским индустриальным институтом и Рудненским горным техникумом, а ТОО «Казцинк» - Восточно-Казахстанский технический университет и ТОО «КазГИПРОцветмет». Также по угольной и фосфорной отрасли (КарГТУ, КарГИПРОшахт, КазНТУ и др.).

Учитывая, сложные горно-технические и горно-геологические условия, а также минералого-литологический состав горизонтов и наличие редких и рассеянных элементов необходимо проведение научно-исследовательских работ по детальному изучению месторождений Прикаспийской впадины /4/.

В странах Украина, Белорусия и Россия, где уже длительный период эксплуатируются рудники по добыче и переработке калийных руд, также одновременно созданы многочисленные научно-исследовательские центры и институты, в которых разрабатываются новые технологии и создаются новая техника, т.е. обеспечивается непрерывная связь – подготовка кадров, научные исследования и внедрение новых технологий и техники с учетом потребности промышленного производства.

С учетом расположения технических ВУЗов в Западном Казахстане наиболее близкорасположенным и подготовленным является Атырауский институт нефти и газа имени Сафи Утебаева (АУНиГ), который готовит высококвалифицированных кадров для нефтегазовой и нефтеперерабатывающей отрасли Казахстана, который также имеет научно-исследовательский центр имени академика М.Д. Диарова с лабораторной базой для изучения минерального сырья. АУНиГ в настоящее время имеет богатый опыт слияния академической подготовки студентов с производственными задачами компаний партнеров в рамках дуального обучения, а также выполнения научно-технического сопровождения технических и технологических проблем компаний и предприятий.

Для этого необходимо расширить области научных исследований и соответственно, обновить и приобрести лабораторное оборудование и приборы.

Со своей стороны промышленное предприятие поможет с решением первой задачи и у себя на площадке организует комплекс миниобогажительных (пилотных) фабрик для проведения опытно-промышленных исследований, при этом студенты могут проходить производственные практики и дуальное обучение непосредственно на предприятии.

С учетом нашего опыта работы университета и бизнеса этот союз, предприятия и университета позволит получить следующие положительные эффекты в повышении производственных компетенций:

- подготовка специалистов с учетом специфики деятельности предприятия.
- привлечение студентов к научно-исследовательской работе.
- прохождение производственных практик.
- подготовка и обучение студентов старших курсов в рамках дуального обучения
- переподготовка работающих специалистов с учетом развития техники и технологии.
- проведение конференций и семинаров.
- обеспечение специалистами предприятий.
- решение технических и технологических проблем предприятия.

- создание Зоны высоких технологий.
- оказание инженерных и других услуг посторонним предприятиям.
- создание условий для непрерывного обучения и повышения квалификации.
- обмен опытом и знаниями с зарубежными коллегиями.
- патентование изобретений и публикация научных статей зарубежом.

Научный центр на базе сотрудничества предприятия и АУНиГ как самостоятельное юридическое лицо при АУНиГ должен иметь возможность самостоятельно выбирать направления исследований с учетом потребности предприятия и первоначально на период становления финансироваться предприятием в счет отчислений 1 (один) процент от затрат на добычу полезного ископаемого по лицензии, что предусмотрено законодательством /5/.

**Предусматривается провести следующие научно-исследовательские работы как примерный перечень научно-технического сопровождения производственных, технологических и технических задач для производства:**

- Разработка технологии переработки сильвинитовых руд месторождения .
- Разработка технологии переработки карналлитовых руд месторождения .
- Разработка технологии переработки бороносных руд месторождения .
- Разработка технологии получения борной кислоты.
- Разработка технологических регламентов по переработке сильвинитовых, карналлитовых и бороносных руд.
- Уточнить методику определения газоносности калийных и боросодовых пластов;
- Определить влияния газонасыщенности пород на их физико-механические свойства;
- Разработать прогноз газодинамических явлений в руднике на стадии ведения подготовительных и очистных работ;
- Разработать меры борьбы с газовыделениями в руднике;
- Разработать методику и способы контроля рудничного воздуха, определить приборы контроля рудничной атмосферы;
- Разработать указания по газовому режиму рудника месторождения .
- Разработать основные геомеханические критерии отработки месторождения;
- Разработать методику расчета и построения междуканальных целиков, предохранительных околоскважинных целиков, целика водозащитной толщи применительно к месторождению;
- Разработать методику расчета времени устойчивости кровли выработанного пространства, методику выбора видов крепления;
- Разработать рекомендаций по мерам охраны рудника от возможного затопления;
- Разработать методику определения ширины предохранительных целиков около аномальных зон;
- Разработать методику определения радиуса скважинного целика по условию его водонепроницаемости в пределах ВЗТ и определение необходимого радиуса скважинного целика по нагрузкам;
- Разработать методику расчета смещений и деформаций горных пород и земной поверхности применительно к месторождению;
- Методику и организацию работ по заложению наблюдательных станций на поверхности и ведение мониторинга на станциях;
- Разработать меры по предотвращению выбросов и горных ударов месторождения;
- Разработать методику по организации наблюдений за проявлениями горного давления в руднике.
- Разработать технологии механизированной отработки борно-калийных руд и определение основных параметров горных выработок с использованием современных высокопроизводительных комбайновых комплексов;
- Разработать технологические параметры системы разработки буровзрывным способом ведения очистных работ с использованием современного бурового, погрузочно-доставочного и дробильного оборудования, машин для крепления и обделки кровли;

- Методику определения нормативов потерь и разубоживания при отработке рудных пластов месторождения механизированным и буровзрывным способом;
- Разработать методику шахтной сейсмической и акустической разведки для определения горно-геологических условий с рекомендациями по подбору оборудования.
- Разработать методику проведения георадиолокационных исследований для выявления зон геологических осложнений, с рекомендациями по подбору оборудования.
- После получения необходимых данных об устойчивости кровли выработок, определения оптимальных параметров целиков будут выбраны базовые варианты систем разработки рудных пластов месторождения, виды и типы крепления камер, основных выработок, сопряжений.
- Уточнить схему обесшламливания с отработкой режима шламовой флотации;
- Определить наиболее эффективные реагенты и отработка реагентного режима применительно к обогащению руд хлоридно-сульфатного типа;
- Провести комплекс работ по проведению перераспределения концентрата в аппаратах пневматического типа (колонная машина, пневмофлотация и др.);
- Провести работы по изучению процессов сгущения шламовых пульп, полученных на стадии обесшламливания в гидроциклонах и на стадии шламовой флотации, поиска наиболее эффективных флокулянтов применительно к шламам данного вида пульпы;
- Методику определения качества оборотной воды для повторного использования в технологических процессах обогатительной фабрики;
- Определение возможности обесшламливания калийных руд методом шламовой флотации;
- Уточнить параметры процессов фильтрования концентратов и хвостов – продуктов переработки руд хлоридно-сульфатного типа.
- Уточнить и отработать режимы кондиционирования готового продукта перед складированием и отгрузкой его потребителям;
- Провести тестовые работы по максимальному использованию минерализованных вод в технологическом процессе.
- Провести гидрогеологический мониторинг в пределах месторождения на постоянной основе.
- Разработка технологий извлечения редкоземельных металлов из отходов обогащения руд и проведение полупромышленных испытаний.
- Разработка получения полупромышленной продукции РЗМ.
- Разработка автоматизированной системы управления технологическими процессами.
- Проведение агрохимических исследований калийных удобрений на опытных сельскохозяйственных станциях.
- Разработка широкого спектра товарной продукции на основе калийных и бороносных руд, а также на основе извлеченных РЗМ.
- Разработать способ закладки выработанных пространств из отходов добычи и переработки.
- Разработать технологический регламент закладочных работ.
- Разработка схемы проветривания при подземной разработке месторождения
- Разработать и согласовать нормативные документы по промышленной безопасности при подземной разработке калийных руд.
- Оценка состояний природных компонентов окружающей среды и социально-экономического развития Западно-Казахстанского региона (области) перед промышленным освоением месторождения
- Внедрение современных принципов электронного управления и роботизация особенно наиболее тяжелых производств и процессов шахтных и рудных работ.
- Научно-обоснованное ИТ сопровождения производств и процессов для компьютерного моделирования основных производств и цифровым управлением предприятия.

Также в данный в данный перечень работ не исключает НИРиОКР, финансируемые по госбюджету, по заказам промышленных предприятий и международным грантам.

### Список литературы

1. Жанбатыров А.А. Необходимость создания исследовательского центра в области недропользования для оказания услуг мирового уровня. Горно-геологический журнал, 2013г., №3-4, с.37-40., г. Житикара.
2. Диаров М.Д. Калиеносность галогенных формаций Прикаспийской впадины. М., Недра, 1974г., 128с.
3. Справка РГП «Национальный центр по комплексной переработке минерального сырья Республики Казахстан. 2010г, 1с.
4. Жанбатыров А.А. Новые технологии изучения состава и структуры минерального сырья, металлов, строительных материалов в Карагандинском технопарке. Журнал «Промышленность Казахстана», №3, 5с., 2008г., г. Алматы.
5. Кодекс РК от 27 декабря 2017 года №125-VI ЗРК «О недрах и недропользовании» с изменениями и дополнениями.

## СОДЕРЖАНИЕ

|                                                                                                                                                                                                                               |           |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------|
| <b>ПРИВЕТСТВЕННАЯ РЕЧЬ СПИКЕРОВ КОНФЕРЕНЦИИ</b>                                                                                                                                                                               | <b>3</b>  |
| <b>ГЛАВА 1. ПРОБЛЕМЫ ГЕОЛОГИИ, БУРЕНИЯ И РАЗРАБОТКИ НЕФТЯНЫХ И ГАЗОВЫХ СКВАЖИН</b>                                                                                                                                            | <b>6</b>  |
| <i>Гуковский Д.А., Садықбек Қ. Е., Аланбаев В.В.</i><br>ГЕОЛОГО-ФИЗИЧЕСКАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА И ОПТИМИЗАЦИЯ РАЗРАБОТКИ ТРЕЩИНОВАТО-ПОРОВОГО КАРБОНАТНОГО МЕСТОРОЖДЕНИЯ X                                                          | 6         |
| <i>Горячкин И.И., Нугманова Н.А.</i><br>ИЗУЧЕНИЕ ОСОБЕННОСТЕЙ РАЗВИТИЯ КОЛЛЕКТОРСКИХ СВОЙСТ КАРБОНАТНЫХ КОЛЛЕКТОРОВ ПРИ ОЦЕНКЕ ЗАПАСОВ НА ПРИМЕРЕ МЕСТОРОЖДЕНИЙ СЕВЕРНОГО ПРИКАСПИЯ (РАЙОН КАШАГАН-ТЕНГИЗ)                    | 15        |
| <i>Сәмен Қ.А.</i><br>СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ МЕТОДОВ ПОВЫШЕНИЯ НЕФТЕОТДАЧИ ПЛАСТОВ ПУТЕМ ПОЛИМЕРНОГО ЗАВОДНЕНИЯ                                                                                                                     | 21        |
| <i>Сулейменова Р.Т., Турдиев М.Ф., Шамшинова А.Е., Итенов А.Б., Мухси А.С.</i><br>БАТЫС ҚАЗАҚСТАН КЕНОРЫНДАРЫНДА ҚАБАТТАРДЫҢ МҰНАЙ БЕРГІШТІГІН АРТТЫРУ МАҚСАТЫНДА БУ МЕН СУДЫ КЕЗЕКПЕН АЙДАУДЫ ЖҮРГІЗУ ЖӘНЕ ОНЫҢ ТЕХНОЛОГИЯСЫ | 26        |
| <i>Сулейменова Р.Т., Турдиев М.Ф., Шамшинова А.Е., Итенов А.Б., Куанышев А.</i><br>X КЕНОРНЫНЫҢ ҰҢҒЫМАЛАРЫН БУ-ЦИКЛДІК ӨНДЕУ – ЖЫЛУЛЫҚ ӨДІСІНІҢ ТЕОРИЯЛЫҚ НЕГІЗДЕМЕСІ                                                         | 33        |
| <i>Касенов Т.И., Жанбатыров А.А.</i><br>К ВОПРОСУ О ВЫБОРЕ СПОСОБА РАЗРАБОТКИ МЕСТОРОЖДЕНИЯ САТИМОЛА                                                                                                                          | 41        |
| <b>ГЛАВА 2. ПРОБЛЕМЫ НЕФТЕХИМИИ И ЭКОЛОГИИ</b>                                                                                                                                                                                | <b>45</b> |
| <i>Надиров К.С.</i><br>СОСТОЯНИЕ И ПЕРСПЕКТИВЫ НЕФТЕПЕРЕРАБОТКИ НА ТОО «ПЕТРОКАЗАХСТАНОЙЛПРОДАКТС»                                                                                                                            | 45        |
| <i>Ақымғалиева Ш.К., Искаков Р.М.</i><br>ПОЛИПРОПИЛЕН НЕГІЗІНДЕГІ ПОЛИМЕРЛІ ЖАБЫНДАРДЫҢ МЕТАЛДЫҚ ҚАСИЕТТЕРІН АРТТЫРУДЫҢ ХИМИЯЛЫҚ МОДИФИКАЦИЯСЫ                                                                                | 50        |
| <i>Нәбидоллаев С.Е., Түсіпқалиев Ж.Ә., Уразғалиева М.Д., Кузнецова Н.В., Жексембаева А.Ж.</i><br>КОНВЕРСИЯ СИНТЕЗ-ГАЗА С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ НЕТРАДИЦИОННЫХ ПОЛИФУНКЦИОНАЛЬНЫХ МЕТАЛЛИЧЕСКИХ КАТАЛИЗАТОРОВ                         | 55        |
| <i>Инхаева Г.Б., Шамбилова Г.К.</i><br>ӨНІМДІЛІКТІҢ ТҰРАҚТЫ ӨСУІН ҚАМТАМАСЫЗ ЕТУ ЖӘНЕ ЖАҒЫМСЫЗ НӘТИЖЕЛЕРДЕГІ ТИІМДІЛІКТІ БАҒАЛАУДАҒЫ МҰНАЙ ӨНЕРКӘСІБІНІҢ ТӘЖІРИБЕСІ                                                           | 64        |
| <i>Инхаева Г.Б., Шамбилова Г.К.</i><br>ЭТИЛЕНДІ СЕЛЕКТИВТІ ОЛИГОМЕРИЗАЦИЯЛАУ ҮШІН ТЕМІР НЕГІЗІНДЕГІ КАТАЛИЗАТОРЛАРДЫ ЗЕРТТЕУ                                                                                                  | 70        |
| <i>Демеуова Ж.М., Есиркепова М. М.</i><br>РАЗРАБОТКА БИТУМНОГО ГИДРОИЗОЛЯЦИОННОГО МАТЕРИАЛА КАРАТУРУНСКОГО МЕСТОРОЖДЕНИЯ                                                                                                      | 79        |
| <i>Досмагамбетова М.К., Кулбатыров Д.К., Жақсиева Г.Р., Балкембай А.С.</i>                                                                                                                                                    |           |

|                                                                                                                                                                                                                                   |     |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| ӨНДІРІСТІК АҒЫНДЫ СУЛАРДЫ МҰНАЙ ӨНІМДЕРІНЕН ОТТЕГІМЕН ҚАНЫҚТЫРЫП ТАЗАРТУ<br><i>Ильясова Н.Н., Карешова Ж.К., Искаков Р.М.</i>                                                                                                     | 84  |
| ХИМИЧЕСКАЯ И МЕХАНИЧЕСКАЯ МОДИФИКАЦИЯ ПОЛИМЕРОВ И ПОЛУЧЕНИЕ ПОЛИМЕРНЫХ КОМПОЗИТОВ НА ОСНОВЕ ИНДУСТРИАЛЬНО ВЫПУСКАЕМЫХ ПОЛИМЕРОВ<br><i>Нәбидоллаев С.Е., Түсіпқалиев Ж. Ә., Уразғалиева М.Д., Кузнецова Н.В., Жексембаева А.Ж.</i> | 89  |
| ИССЛЕДОВАНИЕ ХАРАКТЕРИСТИК БИОПОЛИМЕРОВ: УСТОЙЧИВОСТЬ ГЕЛЛАНА К ДЕСТРУКЦИИ ПОД ВОЗДЕЙСТВИЕМ ВНЕШНИХ ФАКТОРОВ В ПЛАСТОВЫХ УСЛОВИЯХ<br><i>Тілепберген А.Д., Сағынаев А.Т.</i>                                                       | 99  |
| Қ-ГЕКСАДЕКАННЫҢ ТОТЫҒУ ӨНІМДЕРІНІҢ ҚҰРАМЫ МЕН ҚАСИЕТТЕРІН ЗЕРТТЕУ<br><i>Гилажов Е.Г., Уразғалиева М.Д., Жексембаева А.Ж., Кузнецова Н.В.</i>                                                                                      | 106 |
| ЭФФЕКТИВНОСТЬ ТРЕТ-АМИЛ-МЕТИЛОВОГО ЭФИРА И ЭТИНИЛЦИКЛОПЕНТАНОЛА НА ПОВЫШЕНИИ ОКТАНОВОГО ЧИСЛА БЕНЗИНОВЫХ СМЕСЕЙ<br><i>Уакбаева А.С., Сағинаев А.Т.</i>                                                                            | 108 |
| СОВРЕМЕННОЕ СОСТОЯНИЕ И ПЕРСПЕКТИВЫ РАЗВИТИЯ ПОЛУЧЕНИЯ, ПРИМЕНЕНИЯ ДЕПРЕССОРНЫХ ПРИСАДОК ИЗ АСФАЛЬТО-СМОЛО-ПАРАФИНОВЫХ ОТЛОЖЕНИЙ (ОБЗОР)<br><i>Куанышева Г.А., Струняшев А.Ф.</i>                                                 | 114 |
| СОСТОЯНИЕ НИЗШИХ РАКООБРАЗНЫХ СЕВЕРО-ВОСТОЧНОЙ ЧАСТИ КАСПИЯ<br><i>Жаксиева Г.Р., Рахымжанов М.М., Жасыланұлы Е., Қазымбекова Ж.Б., Кулбатыров Д.К.</i>                                                                            | 120 |
| СОЛТҮСТІК-ШЫҒЫС КАСПИЙ ЖАҒАЛАУ БЕЛДЕУІНІҢ АНТРОПОГЕНДІК ӨСЕРГЕ ТОПЫРАҚТЫҢ ТӨЗІМДІЛІГІН БАҒАЛАУ<br><i>Байғужиева М.Б., Кабдолғазиз А. А., Серик Е., Канбетов А.Ш., Муканова А.О.</i>                                               | 124 |
| ЭЛЕКТРООСАЖДЕНИЕ ПЛЕНОК ВЫСОКОЭНТРОПИЙНЫХ СПЛАВОВ CrFeTiNiCuZn И ИССЛЕДОВАНИЕ ИХ КОРРОЗИОННЫХ СВОЙСТВ В АГРЕССИВНОЙ СРЕДЕ<br><i>Канбетов А. Ш., Дюсенғалиева Г.С., Дибиров М.Г., Ғинаятова Д.Е.</i>                               | 132 |
| КАСПИЙ ТЕҢІЗІНІҢ ҚАЗАҚСТАНДЫҚ СЕКТОРЫНЫҢ ГИДРОЛОГИЯЛЫҚ РЕЖИМІН ТАЛДАУ                                                                                                                                                             | 141 |
| <b>ГЛАВА 3. ПРОБЛЕМЫ ЭНЕРГЕТИКИ, ТРАНСПОРТА И СТРОИТЕЛЬСТВА</b>                                                                                                                                                                   | 148 |
| <i>Айманова Г. Р., Куанышкалиева А. Ж., Нұршамиль Н.Ю.</i><br>ПРИМЕНЕНИЕ ИНФОРМАЦИОННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ ДЛЯ РАЗРАБОТКИ УМНОГО ДОМА<br><i>Салтакаева Р. К., Қарасаева Г. Р., Батрхан Н.Б.</i>                                           | 148 |
| ИНФОРМАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ В СТРОИТЕЛЬСТВЕ                                                                                                                                                                                         | 151 |
| <b>ГЛАВА 4. ИНФОРМАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ И ФИЗИКО-МАТЕМАТИЧЕСКИЕ НАУКИ</b>                                                                                                                                                           | 154 |
| <i>Балакай Л., Дедова Т., Бостанбеков К., Абдиманап Г., Елисеева А.</i><br>СИСТЕМА АВТОМАТИЗИРОВАННОГО МОНИТОРИНГА НЕФТЯНОГО ЗАГРЯЗНЕНИЯ АКВАТОРИИ КАСПИЙСКОГО МОРЯ                                                               | 154 |

|                                                                                                                                  |     |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| <i>Zhanay M.</i><br>INFORMATION SYSTEM FOR SOLVING INVESTMENT TASKS IN A FUZZY ENVIRONMENT                                       | 159 |
| <i>Диарова Д.М., Қойбақова Ұ.Қ., Миназова Е.Ш.</i><br>ОҚУ ПРОЦЕСІНДЕ МАТЕМАТИКА КОМПЬЮТЕРЛІК АЛГЕБРА ЖҮЙЕСІН ҚОЛДАНУ             | 165 |
| <b>ГЛАВА 5. ЭКОНОМИКА И СОЦИАЛЬНО–ГУМАНИТАРНЫЕ НАУКИ</b>                                                                         | 170 |
| <i>Османов Ж.Д.</i><br>ИНВЕСТИЦИОННАЯ ПРИВЛЕКАТЕЛЬНОСТЬ НЕФТЕГАЗОВОГО СЕКТОРА КАЗАХСТАНА В УСЛОВИЯХ САНКЦИЙ                      | 170 |
| <i>Жанбатыров Н.А.</i><br>УПРАВЛЕНИЕ ИНВЕСТИЦИЯМИ ПРИ ПОЭТАПНОМ ОСВОЕНИИ МЕСТОРОЖДЕНИЙ ПОЛЕЗНЫХ ИСКОПАЕМЫХ                       | 175 |
| <i>Нығметов Б.</i><br>И.ТАЙМАНОВ ПЕН М.ӨТЕМІСОВ БАСТАҒАН ҰЛТ-АЗАТТЫҚ ҚОЗҒАЛЫСЫ МЕТОДОЛОГИЯЛЫҚ МӘСЕЛЕЛЕРІ ХАНЫНДА                 | 180 |
| <i>Жанбатыров А.А., Искаков Р.М.</i><br>СОЗДАНИЕ НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИХ ЦЕНТРОВ НА СОВМЕСТНОЙ БАЗЕ ПРЕДПРИЯТИЙ И УНИВЕРСИТЕТОВ | 184 |

## ПРАВИЛА ДЛЯ АВТОРОВ

Редакционная коллегия просит авторов при подготовке статей для опубликования в журнале руководствоваться следующими правилами.

### Условия размещения публикаций в журнале

Для публикации принимаются статьи на казахском, русском и английском языках, содержащие ранее не опубликованные проблемные, обзорные, дискуссионные статьи в области естественных и технических наук, где освещаются результаты фундаментальных и прикладных исследований. А также публикуются рецензии, хроники научной жизни и мн. др.

### К оформлению статей предъявляются следующие требования

Объем статьи, включая список литературы, таблицы и рисунки с подрисуночными надписями, аннотации, не должен превышать 15 страниц печатного текста. Минимальный объем статьи для технических направлений — 5 страниц, естественных — 3 страницы. В редакцию необходимо представить электронную версию статьи в полном соответствии с распечаткой. Имя файла должно начинаться фамилией первого автора на латинице (например, Ivanov.doc(rtf)); Страницы статьи должны быть пронумерованы. Указывается код по УДК.

Текст должен быть набран в программе Word любой версии, представляется на CD или другом носителе либо отправляется по электронной почте **vestnik@aogu.edu.kz**.

Шрифт текста — Times New Roman, размер кегля 12 пт, межстрочный интервал - одинарный. Выравнивание по ширине.

Абзацный отступ — 1,25 см. Поля верхнее – 2, нижнее – 2, левое – 2, правое – 2. Гарнитура нормальная. В таблицах, рисунках, формулах не должно быть разночтений в обозначении символов, знаков. Рисунки должны быть четкими, чистыми. На рисунки и таблицы в тексте должны быть ссылки.

В тексте число формул должно быть минимальным. Формулы должны быть набраны в соответствующем редакторе (для математических и химических формул). Таблицы должны быть озаглавлены, не допускается наличия в них пустых граф. Условные сокращения и символы следует пояснять в примечании. Иллюстративные материалы представляются в форматах: для фото, рисунков – tiff или jpeg (300 dpi для черно-белых и цветных); графики, диаграммы. На обороте рисунка или под ним указывается фамилия автора, название статьи и номер рисунка. Иллюстрации могут размещаться по тексту. Подрисуночные подписи даются отдельным списком, в конце статьи. В конце статьи рукопись подписывается всеми авторами.

**Список литературы** должен оформляться в соответствии с ГОСТ 7.1–2003

«Библиографическая запись. Библиографическое описание. Общие требования и правила составления». Ссылки на источники в тексте статьи даются только в квадратных скобках (без цитирования [12], при цитировании или пересказе авторского текста [12, с. 29]). Нумерация ссылок в статье производится по порядковому номеру источника в пристатейном списке литературы. Архивные материалы в список не включаются, ссылки на них помещаются в тексте в круглых скобках. При использовании в статье источников из электронных ресурсов или удаленного доступа (Интернета) в списке литературы приводится библиографическая запись источника и ссылка на сетевой ресурс с полным сетевым адресом в Интернете.

Например (библиографические сведения условны):

Для книг: Фамилии и инициалы авторов. Заглавие. — Сведения о повторности издания.

— Место издания: Издательство, Год издания. — Количество страниц. Например: Ильин В.А., Позняк Э.Г. Линейная алгебра. — 3-е изд. — М.: Наука, 1984. — 294 с.

Для статей из журналов: Фамилии и инициалы авторов. Название статьи // Заглавие издания. (Серия).

— Год издания. — Том. — Номер. — Страницы.

Например: Панчук Д.А., Садакбаева Ж.К., Пуклина Е.А. и др. О структуре межфазного слоя на границе металлическое покрытие–полимерная подложка // Российские

нанотехнологии. — 2009. — Т. 4. — № 5-6. — С. 114–120.

Для материалов конференций, сборников трудов и т.д.: Фамилии и инициалы авторов. Название статьи // Заглавие издания: Вид издания. — Место, год издания. — Том. — Номер. — Страницы.

Например: Приходько Н.Г., Лесбаев Б.Т., Ченчик Д.И., Нажипкызы М., Мансуров З.А. Синтез углеродных наноструктур в пламени при низком давлении // VI Международный симпозиум: Физика и химия углеродных материалов/ Наноинженерия. – Алматы, 2010. - С. 135-138.

Список литературы предоставляется на том языке, на котором цитируется статья. Сведения об авторах

К рукописи прилагаются:

- 1) справка о каждом из авторов статьи с указанием фамилии, имени, отчества; ученой степени; ученого звания; основного места работы; должности; домашнего, служебного или мобильного телефонов; электронного и почтового адресов (для связи с редакцией);
- 2) для магистрантов, аспирантов и соискателей — выписка из протокола заседания кафедры, заверенная в деканате и руководителем темы;
- 3) информация о том, кому из соавторов следует адресовать вопросы ответ.редактора и/или направлять корректуру.

Все статьи, поступившие в редакцию, рецензируются.

Редакция оставляет за собой право внесения в текст редакторских изменений, не искажающих смысла статьи.

Статьи публикуются по мере поступления.

Схематический пример оформления статьи

УДК  
МРНТИ

**В. Борисов, И.Утепов, С.Ранова**

Атырауский университет нефти и газа им. С. Утебаева, Атырау, Казахстан

E-mail: v.borisov@mail.ru

## **ВЛИЯНИЕ ВЫБРОСОВ НПЗ НА ЭКОСИСТЕМУ РЕГИОНА**

**Аннотация.** .....

**Ключевые слова:** .....

Текст статьи.

### **Список литературы**

В конце статьи приводится ФИО авторов, название статьи и аннотация на казахском (русском), английском языках (размер шрифта не меньше, чем основной).

Ответственность за содержание материала несут авторы.

**С уважением, редакция научного журнала «Вестник АУНГ».**

С.Өтебаев атындағы Атырау мұнай газ университетінің хабаршысы  
Ғылыми журнал

Материалдарды компьютерде беттеп, баспадан шығарған Атырау мұнай және газ  
университетінің Баспа орталығы.  
Басуға 31.10.2024ж. қол қойылды.  
Пішімі А4. Көлемі 22,4 б.т. Таралымы 100 дана.

Вестник Атырауского университета нефти и газа им. С. Утебаева  
Научный журнал

Верстано и тиражировано в Издательском центре Атырауского университета нефти и газа.  
Подписано в печать 31.10.2024 г.  
Формат А4. Объем 22,4 п.л. тираж 100 экз.

---

